UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

NATÁLIA THAÍS GONÇALVES KOIYAMA

Levedura na alimentação de poedeiras comerciais e seu impacto sobre o desempenho produtivo e qualidade dos ovos

Pirassununga
2016

NATÁLIA THAÍS GONÇALVES KOIYAMA

Levedura na alimentação de poedeiras comerciais e seu impacto sobre o desempenho produtivo e qualidade dos ovos

Versão corrigida

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Doutor em Ciências do programa de pós-graduação em Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. Lúcio Francelino Araújo

Pirassununga

2016

Ficha catalográfica elaborada pelo
Serviço de Biblioteca e Informação, FZEA/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Koiyama, Natália Thaís Gonçalves
75l Levedura na alimentação de poedeiras comerciais e seu impacto sobre o desempenho produtivo e qualidade dos ovos / Natália Thaís Gonçalves Koiyama ; orientador Lúcio Francelino Araújo. -- Pirassununga, 2016.
108 f.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo.

1. mananoligossacarídeo. 2. nucleotídeo. 3. prebiótico. 4. Saccharomyces cerevisiae. 5. beta-glucano . I. Araújo, Lúcio Francelino, orient. II. Título.

Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte - o autor

Folha de aprovação

Natália Thaís Gonçalves Koiyama

Levedura na alimentação de poedeiras comerciais e seu impacto sobre o desempenho produtivo e qualidade dos ovos

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutora em Zootecnia.

Data: / /

Lúcio Francelino Araújo, Dr.
Orientador (FZEA-USP)

Melina Aparecida Bonato, Drª.
(ICC – Brasil)

Ricardo de Albuquerque, Dr.
(FMVZ-USP)

Daniel Emygdio de Faria Filho, Dr.
(FZEA-USP)

Alexandre Pires Rosa, Dr.
(UFSM)

DEDICATÓRIA

Ao meu pai, Milton Alves Koiyama (*in memoriam*), que um dia buscou na terra do Sol Nascente proporcionar uma condição melhor para nossa família, mesmo tendo que abrir mão de muitas etapas importantes de nossas vidas e passar por tantas situações...

Poucos anos estivemos juntos e que agora são apenas memórias, cujo o tempo não volta, embalado pelos mistérios da vida.

Por mais que o seu objetivo não tenha sido completamente concretizado, o seu esforço é o resultado do meu hoje.

Saudades eterna

“ Talvez não tenhamos conseguido fazer o melhor, mas lutamos para que o melhor fosse feito. Não somos o que deveríamos ser, não somos o que iremos ser...mas Graças a Deus, não somos o que éramos.”

Martin Luther King Jr.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela proteção, providência e todas as graças alcançadas.

À toda a minha família pelo carinho e apoio, especialmente ao meu noivo Prof. Bruno Rogério Locatelli dos Santos que também cooperou para realização deste trabalho.

À Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo pela oportunidade de realização do curso de Doutorado.

À CAPES e ao CNPq pela bolsa concedida.

À empresa ICC, especialmente a pessoa de Melina Bonato pela atenção, suporte e apoio financeiro.

Ao Prof. Lúcio Francelino Araújo pela orientação e por viabilizar a execução do experimento.

Ao Prof. César Gonçalves de Lima pelos ensinamentos com as análises estatísticas.

Ao Prof. Augusto Hauber Gameiro pelos ensinamentos com as análises econômicas.

À Profª. Cristiane Soares da Silva Araújo, Prof. Ricardo de Albuquerque, Edinho, China e todos os colegas do aviário que contribuíram para a realização deste trabalho. Ao Claúdio e todos os funcionários da fábrica de ração e do setor de transporte.

Aos Professores do curso de Pós-graduação e Graduação da FZEA, especialmente ao Prof. Saulo da Luz e Silva, Profª. Roberta Ariboni Brandi, Prof. Juliano Fiorelli, Prof. Daniel Emygdio de Faria Filho, Profª. Maria Estela Gaglianone Moro, Profª. Jacinta Diva Ferrugem Gomes e Profª. Elisabete Maria Macedo Viegas.

Aos amigos: Lívia Rosa, Natália Utimi, Diego Leal, Jéssica Vilela, Tereza de Freitas, Mayra Di Gregorio, Joyce Mangini e Profª. Maria Luiza Poiatti.

À NCSU pela oportunidade de realização do intercâmbio, juntamente ao Departamento de Poultry Science, especialmente ao Prof. Peter Ferket e Prof. Ramon Diniz Malheiros. Sou muito grata ao Prof. Ramon por me ajudar nesse sonho, pelos ensinamentos e amizade, que juntamente com a sua família, Profª. Vera e Dimitri me acolheram e proporcionaram momentos adoravéis.

Ao companheiro de Laboratório Alexandre Lemos pela ajuda com as análises de expressão gênica e principalmente por me ensinar uma grande lição de vida.

Ao casal Renata e Rafael Crivellari pelo suporte, amizade e momentos gourmet.

Muito Obrigada!

RESUMO

KOIYAMA, N.T.G. **Levedura na alimentação de poedeiras comerciais e seu impacto sobre o desempenho produtivo e qualidade dos ovos**. 2016. 108 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da inclusão de leveduras, na forma de parede celular e hidrolisada, na dieta de poedeiras sobre o desempenho produtivo, qualidade dos ovos e viabilidade econômica da suplementação destes aditivos. Dois experimentos foram realizados, para cada um deles foram alojadas 256 poedeiras distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em 8 repetições com 8 aves. Foram avaliados os níveis de 0, 225, 450 e 900 g/t de parede celular de levedura na dieta das aves durante o período de 21 a 67 semanas de idade. Os resultados demonstraram um aumento no consumo de ração, produção e massa de ovos, além de uma maior altura do albúmen e unidade Haugh. A espessura da casca e a cor da gema também foram influenciadas pelos tratamentos. A análise da viabilidade econômica demonstrou que mesmo despendendo mais com a alimentação houve um aumento da margem bruta média, devido ao aumento da produção de ovos. Portanto, o uso da parede celular de levedura apresentou efeitos benéficos sobre o desempenho produtivo das poedeiras, como uma melhora na qualidade interna e externa dos ovos, aliado a uma maior rentabilidade da atividade. Para a levedura hidrolisada foram avaliados os níveis de 0, 1, 2 e 4 kg/t. Dois períodos foram analisados, 21 a 40 e 48 a 67 semanas de idade. A adição de levedura hidrolisada na dieta de poedeiras não apresentou melhoria das características analisadas no primeiro período, porém os benefícios surgiram a partir do segundo período. O uso da levedura além de gerar uma menor quantidade de ovos não comerciais, promoveu o aumento do consumo de ração, produção, massa e peso dos ovos, melhoria na qualidade dos ovos em relação a unidade Haugh, altura do albúmen, espessura e resistência da casca; e ainda melhorou a conversão alimentar por massa e dúzia de ovos. A suplementação de levedura hidrolisada para poedeiras proporcionou

incremento da margem bruta total média em todos os níveis testados, demonstrando-se viável economicamente. A inclusão de levedura hidrolisada na dieta de poedeiras de 48 a 67 semanas de idade exerceu efeito maximizador do desempenho produtivo e qualidade de ovos, sendo economicamente viável seu uso.

Palavras-chave: mananoligossacarídeo, nucleotídeo, prebiótico, *Saccharomyces cerevisiae*, β-glucano

ABSTRACT

KOIYAMA, N.T.G. **Effect of yeast in laying hens feed it is impact on production performance and egg quality**. 2016. 108 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016.

The purpose of this study was to evaluate the effects of including yeast in the form of cell wall and hydrolyzed, in the diet of laying hens on production performance, egg quality and economic viability of these feed additives. Two experiments were conducted, for each of them 256 laying hens were housed and distributed in a completely randomized design with 8 repetitions of 8 birds. The level of 0, 225, 450 and 900 g/t of yeast cell wall were evaluated in the diet of birds from 21 to 67 weeks of age. The results showed an increase in feed intake, egg production and mass as well as a higher albumen height and Haugh unit. The shell thickness and yolk color were also affected by treatments. The economic viability analysis demonstrated that even spending more on feed an increase in the average gross margin due to increased egg production was observed. Therefore, the cell wall yeast showed a beneficial effect on production performance of laying hens, represented by an improvement of internal and external egg quality, combined with higher profitability. Hydrolyzed yeast was evaluated at the levels of 0, 1, 2 and 4 kg/t. Two periods were analyzed, 21-40 and 48-67 weeks of age. The addition of hydrolyzed yeast in the diet of laying hens did not show improvement of the analyzed characteristics in the first period, however the benefits occurred in the second period. The use of yeast although generate a minor amount of non-commercial eggs, promoted an increase in feed consumption, production, egg mass and weight, improving quality of eggs in relation to Haugh unit, albumen height, shell thickness and resistance; and also improves the feed conversion by eggs mass and dozen. The supplementation of hydrolyzed yeast for laying hens provided increase overall average gross margin on all tested levels, demonstrating to be economically viable. The inclusion of hydrolyzed yeast in the diet of laying hens

from 48-67 weeks of age maximized production performance and egg quality, being its use economically viable.

Keywords: mannan-oligosaccharide, nucleotide, probiotic, *Saccharomyces cerevisiae*, β-glucan

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de produção de etanol a partir da cana-de-açúcar.....21

Figura 2 - Ilustração das leveduras íntegra e hidrolisada.....23

Figura 3 - Estrutura dos nucleotídeos 24

Figura 4 - Digestão do ácidos nucleicos da dieta.....25

Figura 5 - Representação esquemática da parede celular de levedura 28

Figura 6 - Mananoligossacarídeos impedindo a infecção bacteriana.....30

Figura 7 - Vista interna do aviário experimental 40

Figura 8 - Detalhe de uma repetição experimental 41

Figura 9 - Bebedouro 41

Figura 10 - Comedouro 41

Figura 11 - Aparelho Digital EggTester 44

Figura 12 - Paquímetro eletrônico.....44

Figura 13 - Ovos com casca quebrada 44

Figura 14 - Ovo sem casca 44

Figura 15 - Consumo de ração das poedeiras alimentadas com níveis de parede celular de levedura.....48

Figura 16 - Produção dos ovos das poedeiras alimentadas com níveis de parede celular de levedura.....49

Figura 17 - Massa de ovos das poedeiras alimentadas com níveis de parede celular de levedura.....49

Figura 18 - Altura do albúmen dos ovos produzidas pelas poedeiras alimentadas com níveis de parede celular de levedura.....51

Figura 19 - Unidade Haugh dos ovos produzidas pelas poedeiras alimentadas com níveis de parede celular de levedura.....51

Figura 20 - Cor da gema dos ovos produzidas pelas poedeiras alimentadas com níveis de parede celular de levedura.....52

Figura 21 - Espessura da casca dos ovos produzidas pelas poedeiras alimentadas com níveis de parede celular de levedura.....52

Figura 22 - Peso dos ovos produzidos pelas poedeiras alimentadas com níveis de levedura hidrolisada nos dois períodos analisados 68

Figura 23 - Consumo de ração pelas poedeiras alimentadas com níveis de levedura hidrolisada no segundo período analisado 69

Figura 24 - Produção de ovos pelas poedeiras alimentadas com níveis de levedura hidrolisada no segundo período analisado 70

Figura 25 - Massa de ovos produzido pelas poedeiras alimentadas com níveis de levedura hidrolisada no segundo período analisado 70

Figura 26 - Conversão alimentar por dúzia de ovos produzidas pelas poedeiras alimentadas com níveis de levedura hidrolisada no segundo período analisado 71

Figura 27 - Conversão alimentar por massa de ovos produzidas pelas poedeiras alimentadas com níveis de levedura hidrolisada no segundo período analisado 71

Figura 28 - Espessura da casca dos ovos de poedeiras alimentadas com níveis de levedura hidrolisada nos dois períodos analisados 73

Figura 29 - Altura do albúmen dos ovos de poedeiras alimentadas com níveis de levedura hidrolisada no segundo período analisado 74

Figura 30 - Unidade Haugh dos ovos de poedeiras alimentadas com níveis de levedura hidrolisada no segundo período analisado 74

Figura 31 - Resistência dos ovos de poedeiras alimentadas com níveis de levedura hidrolisada no segundo período analisado 75

Figura 32 - Porcentagem de ovos não comerciais de poedeiras alimentadas com níveis de levedura hidrolisada no segundo período analisado 75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição e níveis de garantia do produto parede celular de levedura 42

Tabela 2 - Composição nutricional e química das dietas experimentais com parede celular de levedura 43

Tabela 3 - Preços médios dos ingredientes da ração com parede celular de levedura e da dúzia de ovos 46

Tabela 4 - Variáveis de desempenho produtivo e de qualidade dos ovos de poedeiras de 21 a 67 semanas de idade submetidas a níveis de inclusão de parede celular de levedura 48

Tabela 5 - Análise econômica do uso de níveis de parede celular de levedura na dieta de poedeiras durante o período de 47 semanas 55

Tabela 6 - Composição e níveis de garantia do produto levedura hidrolisada 63

Tabela 7 - Composição nutricional e química das dietas experimentais com levedura hidrolisada 64

Tabela 8 - Preços médios em dólares dos ingredientes da ração com levedura hidrolisada e da dúzia de ovos 66

Tabela 9 - Variáveis de desempenho produtivo das poedeiras submetidas a níveis de inclusão de levedura hidrolisada nos dois períodos experimentais 68

Tabela 10 - Variáveis de qualidade dos ovos das poedeiras submetidas a níveis de inclusão de levedura hidrolisada nos dois períodos experimentais 72

Tabela 11 - Análise econômica da produção de ovos de poedeiras suplementadas com levedura hidrolisada de 21 a 40 e de 48 a 67 semanas de idade, considerando preços médios históricos para o milho, farelo de soja e dúzia de ovos 76

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....16

2. OBJETIVO GERAL.....19

2.1 Objetivos específicos.....19

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....20

3.1 Leveduras.....20

3.1.1 Obtenção de Leveduras.....21

3.1.2 Levedura hidrolisada.....23

3.1.3 Parede celular de levedura.....27

3.1.4 Leveduras na avicultura.....31

4. PAREDE CELULAR DE LEVEDURA NA ALIMENTAÇÃO DE POEDEIRAS E SEUS EFEITOS SOBRE A VIABILIDADE ECONÔMICA, PRODUÇÃO E QUALIDADE DOS OVOS.....36

4.1 Introdução.....38

4.2 Material e métodos.....39

4.2.1 Local, instalações e manejo.....39

4.2.2 Tratamentos experimentais.....41

4.2.3 Desempenho produtivo e qualidade dos ovos.....42

4.2.4 Análise estatística.....45

4.2.5 Análise econômica.....45

4.3 Resultados e discussão.....47

4.4 Conclusão.....55

5. LEVEDURA HIDROLISADA NA DIETA DE POEDEIRAS: DESEMPENHO PRODUTIVO, QUALIDADE DOS OVOS E VIABILIDADE ECONÔMICA.....57

5.1. Introdução.....59

5.2. Material e métodos.....60

5.2.1. Local e temperatura 611

5.2.2. Animais e alojamento 61

5.2.3. Dietas experimentais.....622

5.2.4. Desempenho produtivo e qualidade dos ovos.....62

5.2.5. Análise estatística 65

5.2.6. Análise econômica 65

5.3. Resultados.....67

5.3.1. Desempenho produtivo 67

5.3.2. Qualidade dos ovos.....72

5.3.3. Análise econômica 76

5.4. Discussão 77

5.5. Conclusão.....82

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....83

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....84

8. ANEXOS.....91

9. APÊNDICES.....97

1. INTRODUÇÃO

O ovo é um alimento nutritivo de baixo custo e uma fonte de inúmeros nutrientes tais como aminoácidos, vitaminas, minerais, em destaque está sua proteína de excelente qualidade e de fácil aquisição. De acordo com o IBGE (Estatística da Produção Pecuária dezembro de 2015), no 3º trimestre de 2015 o Brasil produziu 749,96 milhões de dúzias de ovos, entre ovos férteis e para consumo. Este valor foi considerado recorde desde 1987, quando a pesquisa foi iniciada. A região Sudeste foi responsável por 47,8% da produção desses ovos, sendo o estado de São Paulo o maior produtor nacional (29,5%).

Em 2014, foram produzidos 37,2 bilhões de unidades de ovos, cerca de 99% dessa produção foi destinada ao consumo interno e apenas 1% foi exportada, no qual 10,51% dos ovos foram processados e o grande montante foi destinado *in natura* (ABPA, 2015). Em 2015 foram totalizados 39,511 bilhões de unidades, apresentando um aumento expressivo na produção, acompanhada também pelo consumo de 191 unidades *per capita* em relação a 182 unidades em 2014 (ABPA, 2016). Neste mesmo ano, outro grande marco foi a conquista de um dos mais exigentes mercados, o japonês.

Comparando o consumo nacional de ovos com o da população de países como França, Itália, Alemanha, Suécia e Estados Unidos que ultrapassam 200 unidades *per capita*, ou ainda países com consumo superior a 300 unidades *per capita* como o Japão, México e China (Instituto Ovos Brasil, 2013), a média nacional de consumo de ovo é considerada baixa, mesmo ele fazendo parte do hábito alimentar dos brasileiros (RODRIGUES & SALAY, 2001).

Diante desse cenário, é possível identificar o potencial de expansão que o setor detém, fazendo-se necessário investimentos, como o acesso da população às informações que esclareçam os mitos com relação ao consumo de ovos, inovações no processamento e em embalagens, aprimoramentos que aumentem a produção e a qualidade dos ovos.

As leveduras vêm sendo utilizadas na alimentação animal como um alimento que, ao serem suplementadas às dietas, atuam melhorando a qualidade dos produtos sem afetar a eficiência alimentar do animal (NUNES *et al*., 2010). Os produtos da levedura são efetivos em melhorar o desempenho e atuarem como imunoestimulantes (YALÇIN *et al*., 2012).

Por volta da década de 80, as leveduras eram apenas vistas como uma fonte proteica alternativa, mas tornaram-se um ingrediente valioso, chamado de aditivo ou microingrediente de alimentação animal, devido aos avanços em seu processamento. Os aditivos são descritos de acordo com a Instrução Normativa Nº 15 de 2009 como, substância, microrganismo ou produto formulado, adicionado intencionalmente, que não é utilizada normalmente como ingrediente, tenha ou não valor nutritivo e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal ou dos produtos animais, que melhore o desempenho dos animais sadios, atenda às necessidades nutricionais ou tenha efeito anticoccidiano (BRASIL, 2009). Em outras palavras, os aditivos são substâncias funcionais utilizadas nas rações com finalidade de modificar beneficamente as características químicas, físicas, microbiológicas e sensoriais das rações com o objetivo de melhoria geral do desempenho dos animais (BERTECHINI, 2006).

As leveduras possuem uma riqueza de vitaminas do complexo B (B1, B2, B6, ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e biotina), minerais, macro e microelementos,

particularmente selênio e fibra dietética, representados por carboidratos da parede celular, principalmente por mananoligossacarídeos e β-glucanos (HALASZ & LÁSZTITY, 1991).

Estudos têm demonstrado efeitos positivos do seu uso sobre a produção animal (BARROSO *et al*., 2013; BOZUKURT *et al*., 2012; SUCUPIRA *et al*., 2007), porém, existe uma variação na resposta ao uso de parede celular de leveduras na alimentação das poedeiras que precisa ser mais bem elucidada, assim como, de levedura hidrolisada que até o presente momento não foram encontrados relatos na literatura do seu uso para poedeiras comerciais.

2. OBJETIVO GERAL

O trabalho teve por objetivo avaliar a utilização de leveduras na forma hidrolisada e de parede celular na alimentação de poedeiras comerciais na fase de produção.

2.1 Objetivos específicos

Verificar o efeito da utilização da levedura hidrolisada e da parede celular de levedura, na dieta de poedeiras no período de 21 a 67 semanas de idade, sobre os aspectos:

- ✓ Desempenho zootécnico (consumo de ração, produção de ovos, massa de ovos, conversão alimentar por kg/dúzia e kg/massa de ovos);
- ✓ Características de qualidade dos ovos (altura de albúmen, unidade Haugh, coloração da gema, peso do ovo, resistência à quebra e espessura da casca);
- ✓ Viabilidade econômica da suplementação.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Leveduras

As leveduras são microganismos eucarióticos unicelulares, anaérobios facultativos que se reproduzem sexuadamente ou assexuadamente por brotamento ou por cissiparidade, pertencente ao Reino Fungi, Filo Ascomycota, largamente utilizadas pela indústria de panificação, cervejaria, farmacêutica e destilaria de álcool. A principal espécie empregada na alimentação animal é a *Saccharomyces cerevisiae*, subproduto das usinas sucroalcoleiras para produção do etanol (álcool combustível). A agregação de valor desse subproduto colabora para que ele tenha um correto destino, visto que juntamente com outros resíduos das indústrias são altamente poluentes ao ambiente (MAIA *et al*., 2002).

Na safra 2015/2016 o Brasil produziu mais de 30 milhões de m^3 de etanol, sendo o segundo maior produtor mundial, ficando atrás apenas dos Estados Unidos que produzem etanol a partir do milho (MAPA, 2016). A produção de etanol pela cana-de-açúcar surgiu inicialmente devido a necessidade de amenizar as sucessivas crises do setor açucareiro e a tentativa de reduzir a dependência do petróleo importado (LEITE & CORTEZ, 2012). Com o passar dos anos ocorreu uma larga expansão da cultura da cana-de-açúcar em vários estados brasileiros, motivados pelo crescente interesse em fontes energéticas menos poluentes.

As usinas passaram a valorizar a levedura, a secagem por prensagem foi substituida pela secagem pelo método de *spray-dries,* dando origem a um ingrediente de melhor valor nutricional. O Brasil tem se apresentado como um dos maiores produtores de levedura do mundo, no qual aproximadamente metade da produção é

destinada ao mercado interno, principalmente para alimentação de aves e suínos e a outra metade ao mercado externo (HISANO *et al*., 2008).

Essas leveduras podem ser comercializadas com diferentes características, como a levedura íntegra, autolisada, hidrolisada, extrato de levedura, parede celular de levedura, resultantes de determinadas diferenciações nos processos de produção.

3.1.1 Obtenção de Leveduras

As leveduras utilizadas neste trabalho foram obtidas da fermentação de uma cepa de *Saccharomyces cerevisiae* proveniente da fermentação da cana-de-açúcar para produção de etanol. Esse processo (Figura 1) basicamente é composto pela moagem da cana para obtenção do caldo/suco da cana-de-açúcar, que passa por eliminação de impurezas como filtração, decantação e aquecimento para eliminação

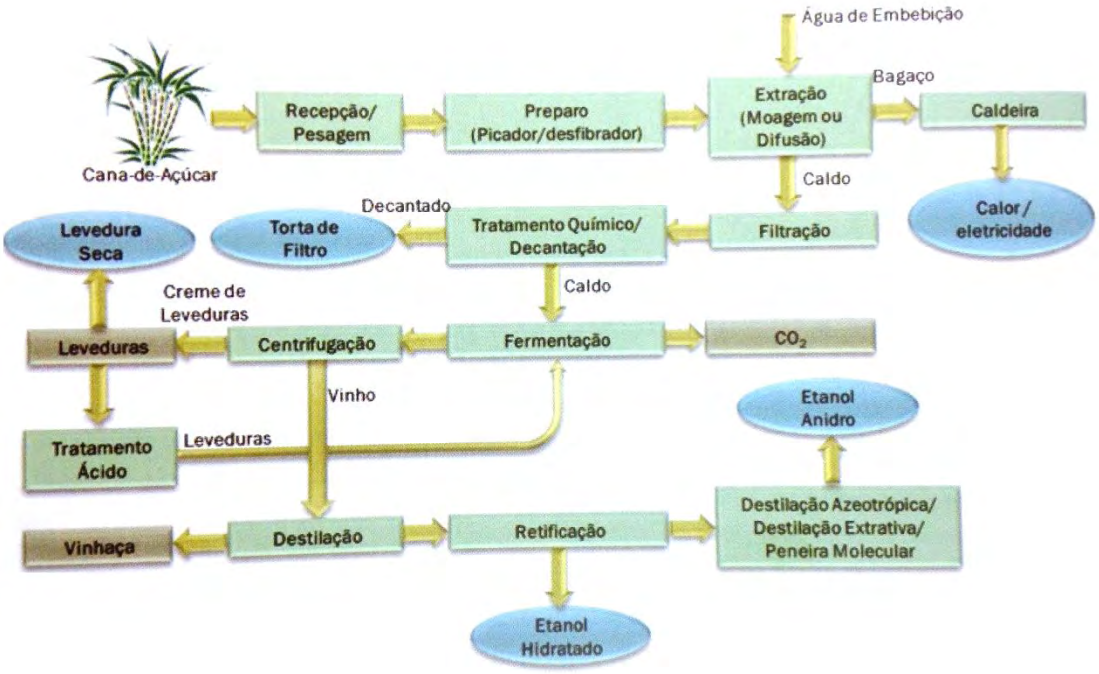


Figura 1 - Fluxograma de produção de etanol a partir da cana-de-açúcar

(Fonte: PACHECO et al., 2013)

de microrganismos. O suco puro é misturado ao melaço (caldo de cana mais concentrado rico em açúcar) e ao creme de leveduras vivas para dar início ao processo de fermentação.

As leveduras são responsáveis em quebrar a glicose ($C_6H_{12}O_6$) em etanol (C_2H_5OH) e gás carbônico (CO_2). Decorrido o processo de fermentação de 6 horas sem oxigênio a uma temperatura de 35°C, é realizado a centrifugação para separação do creme de leveduras, o restante da mistura segue para destilação, resultando na separação da vinhaça e do etanol.

O creme de leveduras é tratado e pode ser utilizado várias vezes para produção de etanol, sistema chamado de *Melle-Boinot, e*ntretanto, verifica-se que cerca de 10% do total da levedura centrifugada normalmente não é recirculada e é destinada para alimentação animal (PACHECO *et al*., 2013).

Após a centrifugação o creme de levedura passa por uma autólise da célula (rompimento da membrana celular), e na sequência o processo de obtenção se diferencia. Para a parede celular de levedura é necessária uma nova centrifugação, para separar o conteúdo intracelular da parede (separação das frações solúvel e insolúvel), obtendo-se assim a parede celular e o extrato ou conteúdo intracelular. Segundo a revisão realizada por Nunes *et al*. (2010), o extrato de levedura além de ter um alto conteúdo proteico, é rico em: inositol, componente das membranas celulares necessário para o funcionamento dos nervos, cérebro e músculos; glutamato, importante para o metabolismo; nucleotídeos, nutrientes essenciais envolvidos no desenvolvimento do músculo esquelético, na função cardíaca, no aumento da resistência imunológica e na melhoria da integridade intestinal e da biota microbiana do trato gastrintestinal com o desenvolvimento de microrganismos benéficos; e peptídeos, que promovem melhoria no desempenho dos animais.

A levedura hidrolisada após a autólise da célula tem o conteúdo intracelular liberado (Figura 2), iniciando-se uma hidrólise do RNA/DNA por um paquete enzimático, onde são liberados os nucleotídeos e nucleosídeos, obtendo-se nucleotídeos e nucleosídeos + conteúdo intracelular e parede celular.

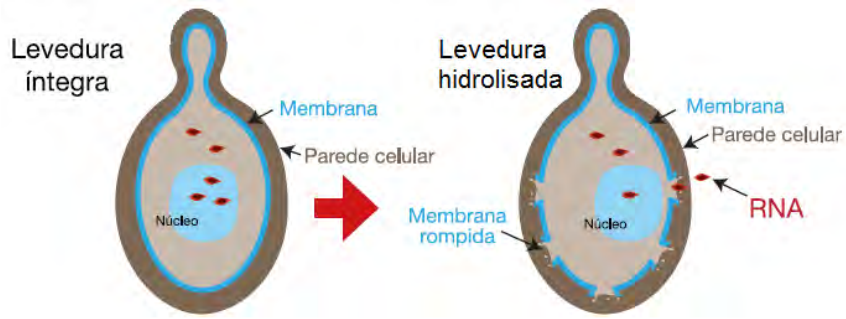


Figura 2 - Ilustração das leveduras íntegra e hidrolisada

(Fonte: Adaptado ICC)

3.1.2 Levedura hidrolisada

A levedura hidrolisada é uma fonte de nucleotídeos e nucleosídeos livres, que desempenham importantes funções celulares e metabólicas. São subunidades que compõem os ácidos nucleicos (DNA e RNA), atuam no metabolismo energético, componentes de coenzimas, mediadores fisiológicos e ativadores intermediários (CARVER & WALKER, 1995).

Os nucleotídeos são compostos de uma base nitrogenada pertecente a família das purinas ou das pirimidinas, uma pentose e um, dois ou três grupos fosfato (CHAMPE *et al*., 2006) (Figura 3). A adenina, guanina, hipoxantina e xantina são as bases nitrogenadas das purinas (Anexo A); e a uracila, citosina e timina compõe as

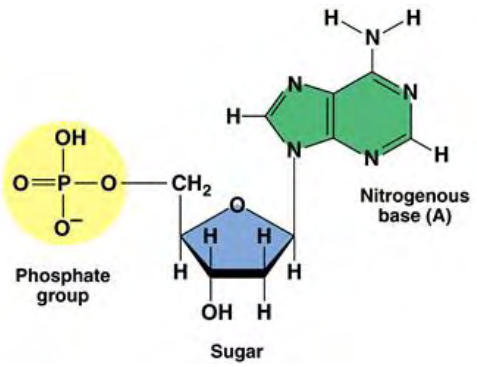


Figura 3 - Estrutura dos nucleotídeos

(Fonte: Ulcho)

pirimidinas (CARVER & WALKER, 1995) (Anexo B). A pentose pode ser formada por 2-desoxirribose para o DNA (ácido de desoxirribonucleico) e ribose para o RNA (ácido ribonucleico); as nomenclaturas seguem de acordo com a sua estrutura (Anexo C e D). Os nucleosídeos são constituídos por uma base nitrogenada e uma pentose através de ligações glicosídicas, portanto se diferem dos nucleotídeos, pois não possuem o agrupamento fosfato.

Os nucleotídeos estão naturalmente presentes em todos os alimentos de origem animal e vegetal na forma de nucleótidos livres e ácidos nucleicos (LI & GATLIN III, 2006). Estes podem ser sintetizados endogenamente e, portanto, são tidos como nutriente não essenciais. Entretanto, a sua suplementação através da dieta em humanos pode trazer benefícios no sistema imune, crescimento e desenvolvimento do intestino delgado, metabolismo lipídico e na função hepática. Torna-se essenciais em algumas condições de determinadas doenças, períodos de ingestão de nutrientes limitada ou de rápido crescimento, presença de fatores de regulação ou de desenvolvimento que interferem na expressão total da capacidade de síntese endógena. Sob estas condições, a ingestão dietética desse nutriente poupa

o custo do organismo de síntese pela via *de novo* ou de salvamento podendo otimizar a função do tecido intermediários (CARVER & WALKER, 1995).

A biossíntese dos nucleotídeos pela via *de novo* é um processo metabolicamente custoso, pois requer uma grande quantidade de energia na forma de ATP. Em mamíferos ela ocorre no interior das células a partir dos precursores de aminoácidos da glutamina, ácido aspártico, glicina, tetrahidrofolato e dióxido de carbono. A via de salvamento é mais simples, logo menos energia é dispendida em relação a anterior devida a ligação da ribose fosfato as bases livres, pela degradação hidrolítica de ácidos nucleicos e nucleotídeos. Entretanto, existem tecidos com limitada capacidade de biossíntese pela via *de novo* e utilizam preferencialmente a via de salvamento, como as células da mucosa intestinal, células hematopoiéticas da medula óssea e cérebro, as quais podem se beneficiar pela suplementação de fontes exógenas (COSGROVE, 1998; YAMAMOTO *et al*., 1997).

Os ácidos nucléicos (DNA/RNA) ingeridos pela dieta em humanos são desnaturados pelo baixo pH do estômago e pela ação de nucleases (ribonuclease e desoxirribonuclease) secretadas pelo pâncreas, produzindo principalmente os oligonucleotídeos (Figura 4). No intestino delgado as fosfodiesterases pancreáticas formam uma mistura de mononucleotídeos, pela ação de uma família de nucleotidases, os grupos fosfato são removidos

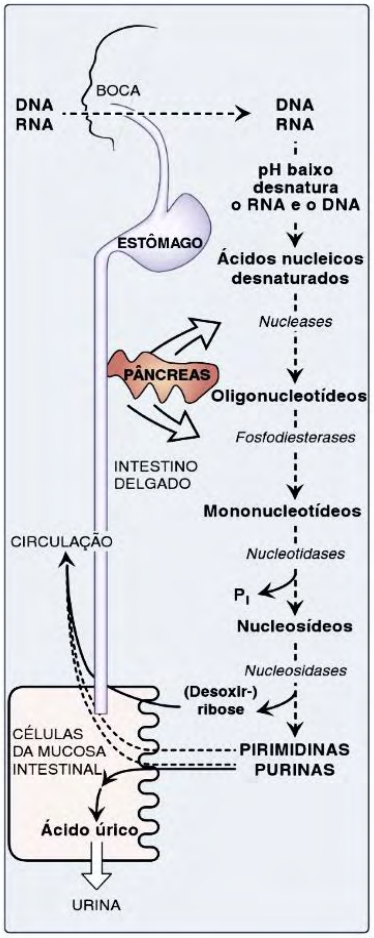


Figura 4 - Digestão do ácidos nucleicos da dieta

(Fonte: CHAMPE *et al*., 2006)

hidroliticamente, liberando nucleosídeos que podem ser absorvidos pelas células da mucosa intestinal (CHAMPE *et al*., 2006). No caso da levedura hidrolisada devido ao seu processo de obtenção, os nucleotídeos e nucleosídeos se encontram prontamente assimiláveis pelos enterócitos. As pesquisas sobre a utilização de nucleotídeos na dieta de aves são escassas, entretanto, como base podemos extrapolar um comparativo aos processos de digestão e absorção que ocorrem em humanos, salvas as particularidades fisiológicas existentes.

A levedura hidrolisada é rica em proteína, apresentando uma quantidade significativa de lisina, ácido glutâmico, ácido aspartíco, entre outros. Similarmente a uma fonte de proteína vegetal, possui baixa quantidade de aminoácidos sulfurados.

De acordo com Cosgrove (1998) as evidências em estudos com animais e humanos sustenta a teoria que os nucleotídeos exógenos são importantes para uma ótima função de vários componentes do sistema imune. Em crianças, estimulam a maturação das células linfóides e linfoproliferativa à aloantígenos e mitógenos; contribuindo para a resposta dos linfócitos T, aumentando a resistência a infecções, regulando a quantidade de células *natural killer* e macrófagos promovendo a síntese de imunoglobulinas (MALDONADO *et al*., 2001). Similarmente, salmonídeos suplementados com nucleotídeos (0,03%), apresentaram aumento da resistência a infecções virais, bacterianas e parasitárias (BURRELLS *et al*., 2001).

Em frangos de corte a suplementação com nucleotídeos (0,07%) promoveu aceleração no processo de renovação da mucosa intestinal e na regeneração após danos causados por coccidiose, demostrando ser um aliado importante para a manutenção da função da mucosa intestinal (Pelícia *et al*., 2011). Sakamoto *et al*. utilizando 0,5% de nucleotídeos verificaram uma maior relação vilo:cripta das aves

aos 7 dias de idade, vacinadas ou não contra coccidiose em relação ao tratamento controle, entretanto as demais mensurações de morfometria intestinal não diferiram.

A altura das vilosidades e profundidade de cripta, no duodeno, foram beneficiadas com uso de nucleotídeos (0,05%), mesmo com uma dieta com baixa proteína bruta, podendo ser ocasionado pela melhora na integridade intestinal das aves (Faveri et al., 2015). Bruno (2009) encontrou efeito positivo no desempenho de frangos de corte utilizando níveis crescentes de nucleotídeos (0%; 0,01%; 0,02%; 0,03%; 0,04% e 0,05%) na dieta no período de 1 a 21 dias de idade.

O uso desta levedura como fonte proteica apresenta restrições, pois 20% do nitrogênio da proteína bruta encontra-se na forma de ácidos nucléicos, os quais em excesso pode elevar os níveis séricos de ácido úrico. Os altos níveis de ácido úrico (hiperuricemia) pode levar à gota úrica (formas visceral ou articular), formação de depósitos de urato nos rins, urolitíase e lesão renal com insuficiência crônica do órgão. Em poedeiras comerciais e em frangos de corte alimentados com dieta de elevado nível proteico é verificado a maior frequência de casos de gota visceral, podendo estar associado a fatores predisponentes como a hereditariedade, temperatura ambiental, restrição hídrica e etc (COELHO, 2002).

3.1.3 Parede celular de levedura

As paredes celulares de levedura são constituídas por carboidratos não digestíveis, que apresentam impacto no sistema imunológico e habilidade em prevenir a colonização de microrganismos indesejáveis no trato gastrintestinal (FERKET *et al*., 2002). Conhecidos como prebióticos, muito empregado na indústria de rações, podendo ser utilizados como nutrientes pelas bactérias eutróficas promovendo a

saúde da biota intestinal (FLEMMING & FREITAS, 2005). Os prebióticos de acordo com Gibson & Roberfroid (1995), não devem ser metabolizados ou absorvidos durante a passagem pelo trato gastrintestinal superior; devendo servir de substrato para as bactérias intestinais benéficas, que serão estimuladas a crescer e/ou tornar-se metabolicamente ativas; portanto sendo capazes de alterar a biota intestinal em prol a uma composição saudável; e induzir efeitos benéficos sistêmicos ou apenas no intestino para a saúde do hospedeiro.

A parede celular de leveduras ocupa cerca de 15% do volume total da célula, seu papel principal está relacionado a proteção física, ao controle osmótico e propriedades de permeabilidade da célula (FELDMANN, 2012). São formadas por três principais grupos de polissacarídeos, polímeros de manose (manoproteínas, aproximadamente 40% da matéria seca da célula), polímeros de glicose (β-glucano, aproximadamente 60% da matéria seca da parede celular) e polímeros de N-acetilglucosamina (quitina, aproximadamente 2% da matéria seca da parede celular) (AGUILAR-USCANGA & FRANÇOIS, 2003) (Figura 5).

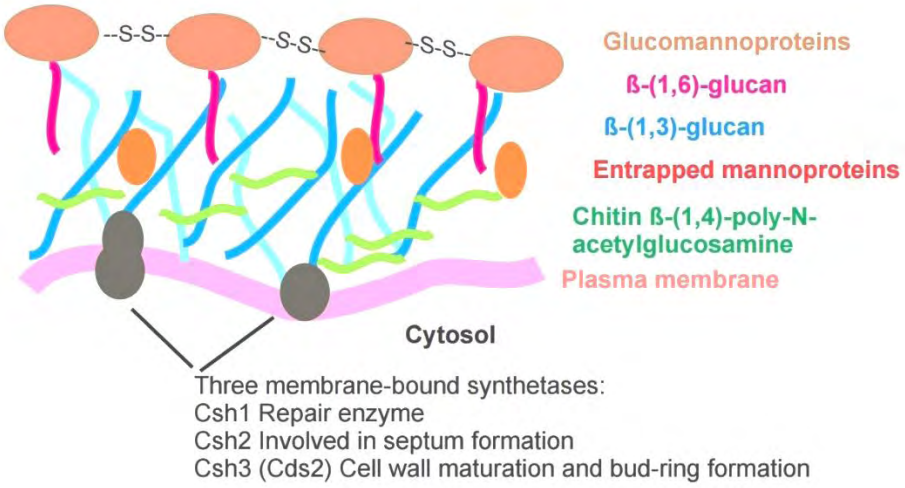


Figura 5 - Representação esquemática da parede celular de levedura

(Fonte: FELDMANN, 2012)

Desta forma, a parede celular de levedura apresenta em sua composição uma expressiva quantidade de β-glucanos e mananoligossacarídeos.

Os β-glucanos ($C_{18}H_{32}O_{16}$) são polímeros de glicose que formam as paredes das células das leveduras, mas também de vários organismos, incluindo fungos e bactérias, e se diferenciam pelo tipo de ligação entre as unidades de D-glicose (anéis tipo β-D-glucopiranose) da cadeia principal e pelas ramificações que se conectam a essa cadeia (MAGNANI & CASTRO-GÓMEZ, 2008) (Anexo E). Os β-glucanos das leveduras são constituídos por resíduos de β-(1,3)-D-glucopiranose presentes em alto grau de polimerização, com ligações ramificadas variavéis β-(1,3) ou β-(1,6)-D-glucopiranose (ARENA *et al*., 2015).

A atividade imunomoduladora dos β-glucanos é expressada através da ligação específica entre os receptores encontrados na superfície celular, incluindo os monócitos, macrófagos, neutrófilos, células de Langerhans, eosinófilos, células *natural killer*, células endoteliais, células alveolar epitelial e fibroblastos, são capazes de desencadear uma estimulação imunológica que aumenta a capacidade de defesa contra infecções e/ou processos inflamatórios (ARENA *et al*., 2015). No estudo realizado por Zhang *et al*. (2012) frangos de corte suplementados com β-glucanos (1 g/kg) apresentaram maior peso relativo do baço, orgão linfóide secundário relacionado a defesa do organismo.

A fração de mananoligossacarídeos ($C_{24}H_{42}O_{21}$) pode bloquear o sítio de ligação das bactérias Gram negativas, como *Salmonella* spp e *E. coli*, impedindo à fixação nos enterócitos sendo eliminadas do organismo do animal juntamente com a fibra indigestível (FERKET *et al*., 2002) (Anexo F). Isto ocorre, pois, as bactérias patogênicas necessitam se aderir na superfície intestinal para o desenvolvimento das enfermidades, através das fímbrias bacterianas tipo I, que reconhecem determinados

açúcares da superfície do epitélio intestinal (Figura 6). Desta forma, a ligação dessas bactérias a um açúcar ou oligossacarídeo dietético ao invés da mucosa intestinal, impede a infecção entérica dos animais, consequentemente melhora a imunidade do trato intestinal (SILVA, 2006).

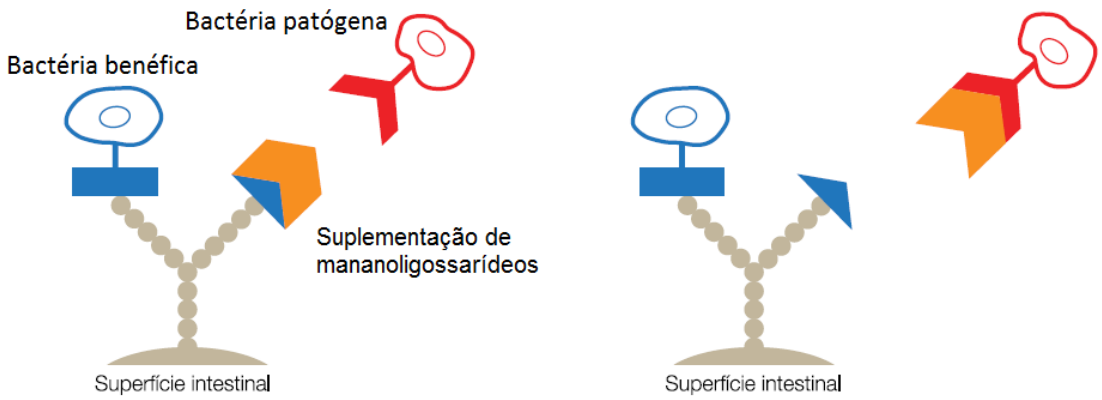


Figura 6 - Mananoligossacarídeos impedindo a infecção bacteriana

(Fonte: Adaptado ICC)

Os prebióticos podem ser utilizados como substrato fermentativo pelas bactérias benéficas, produtoras de ácidos graxos de cadeia curta (acético, propiônico e butírico) e ácido lático, que reduzem o pH intestinal, promovendo o equilíbrio ou inibição das bácterias patogênicas. A absorção dos ácidos graxos, contribuem como fonte de energia para os enterócitos do hospedeiro (SAAD, 2006).

A administração de prebióticos também podem resultar em modificações anatômicas, MACARI & MAIORKA (2000) verificaram um aumento significativo na altura do vilo nos três segmentos do intestino delgado, em frangos de corte com 7 dias de idade que receberam 0,2% de mananoligossacarídeos na dieta. O que resulta em maior área de absorção de nutrientes, e consequentemente maior ganho de peso. Baurhoo et al. (2009) utilizando mananoligossacarídeos para frangos de corte encontraram um maior número de células caliciformes na membrana do vilo, estimularam o crescimento das

bactérias benéficas e reduziram a colonização das patógenas. As células caliciformes são células glandulares que sintetizam e secretam glicoproteínas de alto peso molecular, conhecidas como mucina, responsável por manter o muco que lubrifica o trato intestinal, transportar nutrientes entre o conteúdo luminal e o epitélio, além de ser a primeira linha de defesa contra patógenos e suas toxinas.

Existem algumas diferenças entre a parede celular de leveduras obtidas da fermentação da cana-de-açúcar em relação as obtidas dos processos de panificação e cervejaria, como por exemplo, a quantidade de carboidratos, gorduras, β-glucanos e entre outros. Segundo Baurhoo et al. (2009) vários fatores podem interferir na resposta da saúde intestinal, como a diferença na composição das manoproteínas, manose e glicose que ocorre dependendo da cepa de levedura utilizada, das condições de crescimento, meio de fermentação e produção do produto. Portanto, é necessário conhecer a origem da levedura/produto que está sendo adquirida.

3.1.4 Leveduras na avicultura

As leveduras têm sido muito utilizadas como alternativa aos antibióticos e quimioterápicos na produção animal, demonstrando efeitos positivos sobre o desempenho ou em outras características dos animais, especialmente no epitélio intestinal. Uma vez que, o uso de antimicrobianos têm se restringido pela preocupação da transmissão e proliferação de bactérias resistentes através da cadeia alimentar. A inclusão de parede celular de levedura na alimentação de frangos de corte tem apresentado efeitos benéficos sobre o desempenho zootécnico (BARROSO *et al*., 2013). A suplementação de parede celular ou levedura íntegra na dieta de frangos de corte, favoreceram o desenvolvimento das vilosidades intestinais e proporcionam um

melhor desempenho zootécnico (ZHANG *et al*., 2005; MACARI & MAIORKA, 2000). De maneira semelhante, Loddi (2003) concluiu que a adição de 0,1% de mananoligossacarídeos em dietas para frangos resultou em vilos mais altos e com maior perímetro, comparados com aves que consumiram dietas sem aditivos. Barbalho (2009) também verificou uma maior altura de vilos em frangos suplementados com 1% de levedura hidrolisada, favorecendo ainda o peso corporal e o ganho de peso. Outros benefícios conjuntamente têm sido demonstrados na melhora da taxa de mortalidade, taxa de imunidade humoral e no rendimento de carcaça particularmente na região torácica (músculos peitorais) quando suplementados com leveduras vivas (FATHI *et al*., 2012). A *Saccharomyces cerevisae* também pode ser utilizada na alimentação de aves em substituição de até 10% do farelo de soja, como verificado por Latrille *et al*. (1976), os frangos de corte não apresentaram prejuízos no desempenho produtivo.

Nas aves produtoras de ovos como as codornas, a suplementação de níveis de levedura (*S. cerevisiae*) na dieta de 3 a 15%, no período de 14 a 23 semanas de idade, aumentaram linearmente o peso do ovo com o acréscimo da levedura (SUCUPIRA *et al*., 2007).

A parede celular de levedura apresentou efeito promotor sobre a produção para poedeiras criadas em piso, sendo esta uma alternativa ao uso de antibiótico promotor de crescimento (MARTÍNEZ *et al*., 2010), pois pôde aumentar a qualidade da casca dos ovos (BOZUKURT *et al*., 2012), a produção de ovos e diminuir a taxa de mortalidade (ÇABUK *et al*., 2006). A adição dos níveis de 2, 3 e 4 g/kg levedura autolisada (*S. cerevisiae*) no período de 22 a 38 semanas de idade das poedeiras, resultou em um acréscimo na eficiência alimentar, resposta imune humoral, produção

e peso dos ovos, além de uma diminuição do nível de colesterol da gema dos ovos e dos níveis séricos de colesterol e triglicerídeos das aves (YALÇIN *et al*., 2010).

Os componentes das leveduras também podem apresentar outras atuações, no estudo realizado por Zaghini *et al*. (2005), os mananoligossacarídeos demonstram a capacidade de adsorver e degradar a aflatoxina B1, reduzindo a absorção gastrintestinal de micotoxinas e os seus níveis no fígado em galinhas poedeiras. Lensing *et al*. (2012) ao desafiarem as poedeiras (Brown Nick) de 22 semanas de idade com *Eimeria maxima*, suplementadas no período de 18 a 23 semanas de idade com um produto comercial da fermentação de *S. cerevisiae* (0,75 g/kg), verificaram uma redução das lesões intestinais causadas por esse patógeno. Similarmente, Hassanein & Soliman (2010) verificaram que a adição de 0,4% ou 0,8% de levedura viva (*S. cerevisiae*) na dieta de poedeiras, melhora o desempenho produtivo e a utilização de nutrientes através do efeito inibitório da levedura contra bactérias patogênicas. Line *et al*. (1998), utilizando leveduras do gênero *Saccharomyces boulardi*, constataram a redução da colonização de salmonelas, em frangos em estado de estresse por transporte, nos valores de 53,3% de positividade para 40%, após a administração de levedura. Matur *et al*. (2010), concluíram que a adição de 1 g/kg de extrato de *S. cerevisiae,* reduz os efeitos tóxicos sobre a atividade da lipase pancreática e quimiotripsina de matrizes alimentadas com dieta contendo níveis de 100 ug/kg de aflatoxina.

A adição de leveduras em algumas circunstâncias pode não apresentar efeito direto sobre a produtividade, mas na qualidade dos produtos oriundos dos animais que receberam a inclusão de leveduras na dieta. No caso das poedeiras, muitas vezes existe um efeito benéfico sobre a qualidade dos ovos produzidos. Yousefi & Karkoodi (2007) verificaram que a adição de *S. cerevisiae,* nos níveis de 0,05; 0,1 e 0,15% e

probiótico na dieta de poedeiras (Hy-Line) de 63 a 75 semanas de idade, não exerceram efeito sobre as características produtivas, mas resultaram em maior espessura da casca e peso da gema, e menor colesterol da gema do ovo com relação ao controle. Nunes *et al*. (2010), forneceram 1,4% de extrato de levedura na dieta de poedeiras, de 47 a 75 semanas de idade, e constataram uma melhor gravidade específica dos ovos. A gravidade específica está diretamente relacionada com a resistência da casca do ovo à quebra (ABDALLAH *et al*., 1993), importante no momento do seu manejo e transporte, visto que, ocorrem grandes perdas na produção devido as quebras (SOLOMON, 1991).

Maia *et al*. (2002) encontraram que inclusão de até 28% de levedura seca nas rações de poedeiras comerciais intensificou a cor da gema e foi considerada uma prática viável pela análise econômica. A intensidade da coloração da gema é influenciada pela concentração de carotenoides, mesmo que não exista relação entre a coloração das gemas e a quantidade de nutrientes presentes nas mesmas, acaba sendo um critério de decisão em relação à preferência do consumidor (BISCARO & CANNIATTI-BRAZACA, 2006). Logo, a intensificação da coloração da gema agrega valor comercial ao produto.

A suplementação com levedura seca (*S. cerevisiae*), nos níveis de 0,25; 0,50; 0,75 e 1% na dieta de poedeiras no período de 17 a 35 semanas de idade, foram analisadas por Ayanwale *et al*. (2006). Os autores concluíram que o peso do ovo, peso da casca, peso e altura das gemas produzidas pelas aves alimentadas com 0,75% de levedura foram superiores aos demais tratamentos. Por outro lado, Nunes *et al*. (2008) avaliando o efeito de níveis crescentes (0%, 1%, 2% e 3%) do extrato de levedura sobre o desempenho produtivo de poedeiras (Hy-Line W36), no período de 47 a 75 semanas de idade, não verificaram melhora no desempenho produtivo das poedeiras.

Da mesma forma que Gentilini *et al*. (2009), também não verificaram efeito sobre o desempenho produtivo das poedeiras, nem sobre a qualidade externa e interna dos ovos, utilizando o extrato de levedura (0%, 1%, 2% e 3%) na dieta de poedeiras (Hysex Brown) no período de 26 a 42 semanas de idade.

Diversos trabalhos têm demonstrado os efeitos benéficos do uso de leveduras na Avicultura, principalmente com relação à sua inclusão para frangos de corte, entretanto, a aplicação para poedeiras necessita ser melhor compreendida, visto que a maioria dos estudos foram realizados em períodos isolados de inclusão deste aditivo. Salientando-se, portanto a necessidade de verificar os efeitos da inclusão de leveduras durante um período prolongado na dieta das poedeiras. Partiu-se da hipótese que a levedura hidrolisada e parede celular de levedura, usadas na forma de aditivo zootécnico na dieta de poedeiras, podem promover ação benéfica sobre o desempenho produtivo e/ou sobre a qualidade dos ovos.

4. PAREDE CELULAR DE LEVEDURA NA ALIMENTAÇÃO DE POEDEIRAS E SEUS EFEITOS SOBRE A VIABILIDADE ECONÔMICA, PRODUÇÃO E QUALIDADE DOS OVOS

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar o uso de parede celular de levedura na dieta de poedeiras comerciais sobre o desempenho produtivo, qualidade dos ovos e viabilidade econômica da suplementação deste aditivo. Foram utilizados 256 poedeiras distribuídas em delineamento casualizado em 4 tratamentos com níveis de 0, 225, 450 e 900 g/t de parede celular de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) e 8 repetições com 8 aves cada. O período experimental foi de 21 a 67 semanas de idade das aves. A suplementação de parede celular de levedura apresentou efeito sobre o consumo de ração, produção e massa de ovos, no qual o máximo estimado para o consumo de ração foi de 100,44 g ao nível de 671,15 g/t do aditivo, produção de ovos de 89,25% ao nível de 658,54 g/t e massa de ovos de 53,70 g/ave/dia ao nível de 661,71 g/t do aditivo. A qualidade dos ovos apresentaram os valores máximo de 8,06 mm para a altura do albúmen ao nível de 547 g/t do aditivo, 89,03 unidades Haugh ao nível de 536,02 g/t e a cor da gema de 5,05 ao nível de 748,28 g/t de parede celular de levedura. A espessura da casca apresentou resposta linear decrescente, o maior valor de 0,37 mm foi verificado com o uso de 450 g/t do aditivo e sem a sua inclusão. A análise da viabilidade econômica demonstrou que mesmo gastando mais com a alimentação é possível produzir mais ovos, resultando em aumento da margem bruta mais que proporcionalmente com o uso dos níveis de 225 a 900 g/t de inclusão, com destaque para o nível de 450 g/t do aditivo que proporcionou a maior margem bruta. Entretanto, o nível a ser utilizado depende da margem bruta a ser alcançada, elegendo entre atingir o melhor desempenho produtivo ou qualidade dos ovos. Conclui-se que

o uso da parede celular de levedura apresentou efeitos benéficos sobre o desempenho produtivo das poedeiras, melhora na qualidade interna e externa dos ovos, aliado a uma melhor rentabilidade da atividade. Para se obter uma melhor produção de ovos recomenda-se o uso de 658,54 g/t de parede celular de levedura.

4.1 Introdução

O uso de aditivos na avicultura é uma constante, visa aumentar a produtividade e/ou reduzir os custos de produção. É uma opção para os avicultores que enfrentam cerca de 70% do custo de produção com a alimentação das aves. Todavia, ao escolher um aditivo é preciso levar em consideração o aspecto econômico e a segurança alimentar.

A parede celular de levedura é um aditivo prebiótico rico em carboidratos não digestíveis como o mananoligossacarídeo que impedem a ligação das bactérias patogênicas na superfície intestinal excretando-as do organismo do animal, e o β-glucano que modulam o sistema imune pelo seu reconhecimento pelos macrófagos no intestino. Vêm sendo utilizadas como alternativa ao uso de antibióticos melhoradores de desempenho, após o levantamento de questões ao uso de níveis subterapêuticos de antibióticos e o potencial de desenvolvimento da resistência microbiana (HASHIM *et al*., 2013). Este aditivo é obtido do subproduto da produção de etanol por via fermentativa, no qual a principal espécie empregada é a *Saccharomyces cerevisiae*. Diariamente milhões de litros de biocombustível são produzidos especialmente no Brasil, a agregação de valor desse subproduto colabora para que ele tenha um correto destino, visto que juntamente com outros resíduos das indústrias são altamente poluentes ao ambiente (MAIA *et al*., 2002).

Estudos com frangos de corte evidenciaram que o uso da parede celular de levedura na dieta favorece o desenvolvimento das vilosidades ileais, resultando em um melhor desempenho zootécnico (KIM *et al*., 2011), além de aumentar a resposta imune humoral (GAO *et al*., 2008; MUTHUSAMY *et al*., 2011). Para poedeiras, demonstraram melhorar a eficiência econômica da produção de ovos (HASSAN &

RAGAB, 2007), aumentar a qualidade da casca dos ovos (KIM *et al*., 2011; BOZKURT *et al*., 2012a), aumentar a produção de ovos e diminuir a taxa de mortalidade (ÇABUK *et al*., 2006). Entretanto, galinhas criadas em gaiolas podem apresentar uma menor resposta ao uso de leveduras por não possuírem um grande desafio sanitário (MARTÍNEZ *et al*., 2010). Esse aditivo também demonstrou atenuar os efeitos prejudiciais das micotoxinas em frangos de corte (LI *et al*., 2012; JIANG *et al*., 2014), e até reduzir a sua absorção gastrintestinal em poedeiras, pela capacidade de adsorver e degradá-las (ZAGHINI *et al*., 2005). Contudo, o uso da parede celular de levedura é mais difundido em frangos de corte, existem poucas pesquisas com aplicações para poedeiras comerciais. Portanto, objetivou-se avaliar os níveis de parede celular de levedura na dieta de poedeiras comerciais no período de 21 a 67 semanas de idade, sobre a viabilidade econômica de seu uso, efeitos sobre o desempenho produtivo e da qualidade dos ovos.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Local, instalações e manejo

O experimento foi conduzido de 30 de maio de 2013 a 07 de maio de 2014 no Laboratório de Pesquisa em Aves da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, Campus de Pirassununga, SP, com localização geográfica latitude sul 21°57', longitude oeste 47°27', a 627 metros de altitude. Os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de São Paulo (14.1.370.74.1).

Foram alojadas 256 poedeiras (Hy-Line W-36) em aviário experimental (Figura 7), distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em 4 tratamentos, 8 repetições com 8 aves.

Figura 7 - Vista interna do aviário experimental

Cada repetição foi composta por uma gaiola de arame galvanizado com quatro compartimentos (45 cm de comprimento × 25 cm de largura × 40 cm de altura) (Figura 8), alojando as aves aos pares, apresentando densidade de 562,5 cm^2/ave, equipadas com bebedouros tipo taça (Figura 9) e comedouros tipo calha (Figura 10), providos com água e ração *ad libitum*.

O programa de iluminação utilizado foi o preconizado pelo manual da Hy-Line. A média de temperatura registrada durante o período experimental máxima foi de 21,64 ± 2,86°C e a mínima de 21,41 ± 2,86°C (Apêndice A).

Figura 8 - Detalhe de uma repetição experimental

Figura 9 - Bebedouro

Figura 10 - Comedouro

4.2.2 Tratamentos experimentais

Os tratamentos consistiram de dietas com a inclusão de 0, 225, 450 e 900 g/t de parede celular de *Saccharomyces cerevisiae*. O produto de parede celular de levedura (*Immunowall®, ICC Brazil*) é um produto comercial, sendo recomendado pelo fabricante o nível de 1 kg/t do aditivo para aves. O aditivo foi suplementado *on top*

realizando-se a troca por milho, o valor de proteína bruta não foi utilizado para contribuição nutricional à dieta. A composição e níveis de garantia do aditivo podem ser verificados na Tabela 1.

Tabela 1 - Composição e níveis de garantia do produto parede celular de levedura

Composição parede celular de levedura		
Proteína bruta (g/kg)		316,1
β-Glucanos (1-3, 1-6) (g/kg)		328,2
Mananoligossacarídeos (g/kg)		209,4
Umidade (g/kg)		53,5
Fibra bruta (g/kg)		3,1
Cinzas (g/kg)		42,3
Extrato etéreo (g/kg)		27,1
Carboidrato (g/kg)		559,5
Garantias		
Proteína bruta (g/kg)	máx.	350,0
β-Glucanos (1-3, 1-6) (g/kg)	min.	300,0
Mananoligossacarídeos (g/kg)	min.	170,0
Umidade (g/kg)	máx.	80,0
Cinzas (g/kg)	máx.	70,0

Fonte: ICC

As dietas foram formuladas à base de milho e farelo de soja, seguindo os níveis nutricionais praticados pela indústria baseados nas recomendações de Rostagno *et al*. (2011) (Tabela 2). Após duas semanas (19 a 20 semanas de idade) de adaptação à dieta experimental, iniciou-se o período experimental de 21 a 67 semanas de idade das aves.

4.2.3 Desempenho produtivo e qualidade dos ovos

A cada 28 dias foram avaliados os dados de desempenho produtivo: consumo de ração (g/ave/dia), produção de ovos (%), peso do ovo (g), massa de ovos (produção x peso do ovo, g), conversão alimentar por dúzia (consumo de

ração/produção de ovos x 12, kg/dz) e conversão alimentar por massa de ovo (consumo de ração/massa de ovos, kg/kg). A avaliação da qualidade dos ovos foi

Tabela 2 - Composição nutricional e química das dietas experimentais com parede celular de levedura

Ingredientes (%)	Parede celular de levedura (g/t)			
	0	225	450	900
Milho	62,41	62,39	62,37	62,32
Farelo de soja	26,30	26,30	26,30	26,30
Fosfato bicálcico	1,18	1,18	1,18	1,18
Calcário	9,35	9,35	9,35	9,35
Sal	0,36	0,36	0,36	0,36
Parede celular de levedura	0,000	0,025	0,045	0,090
Suplemento vitamínico-mineral[1]	0,40	0,40	0,40	0,40
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada				
Energia metabolizável (kcal/kg)	2.748	2.748	2.748	2.748
Proteína bruta (%)	17,28	17,28	17,28	17,28
Cálcio (%)	3,96	3,96	3,96	3,96
Fósforo total (%)	0,54	0,54	0,54	0,54
Fósforo disponível (%)	0,45	0,45	0,45	0,45
Sódio (%)	0,17	0,17	0,17	0,17
Metionina (%)	0,39	0,39	0,39	0,39
Cistina (%)	0,28	0,28	0,28	0,28
Metionina + cistina total (%)	0,67	0,67	0,67	0,67
Lisina (%)	0,91	0,91	0,91	0,91
Triptofano (%)	0,21	0,21	0,21	0,21
Isoleucina (%)	0,74	0,74	0,74	0,74
Treonina (%)	0,65	0,65	0,65	0,65
Valina (%)	0,82	0,82	0,82	0,82
Colina (mg/kg)	1,24	1,24	1,24	1,24
Ácido linoléico (%)	1,41	1,41	1,41	1,41

[1] Níveis de garantia por kg de produto: vitamina A - 1.750.000 UI; vitamina D_3 - 500.000 UI; vitamina E - 1.250 UI; vitamina K_3 - 400 mg; vitamina B_2 - 750 mg; vitamina B_{12} - 2.000 mcg; niacina - 5.000 mg; colina - 58.590 g; metionina - 247.500 g; ácido pantotênico - 1.250 mg; cobre - 2.000 mg; ferro - 12.500 g; mangânes - 17.500 g; zinco - 12.500 g; iodo - 300 mg; selênio - 50 mg; fitase - 75.000 FTU; bacitracina de zinco 5.000 mg.

realizada dois dias antes do fim do ciclo de 28 dias (ao 26° e 27° dia), no qual dois ovos da produção do dia por repetição foram amostrados e analisados no aparelho Digital EggTester (Nabel Co., Ltd.) (Figura 11): 1 - peso do ovo (g), 2 - resistência à quebra (kgf), 3 - cor da gema (DSM Yolk Colour Fan), 4 - altura de albúmen (mm) e

cálculo da unidade Haugh (HU = 100 x log (altura do albúmen – 1,7 x peso do ovo^{0,37} + 7,6)), e 5 - espessura de casca (mm) em paquímetro eletrônico (Mitutoyo) (Figura 12).

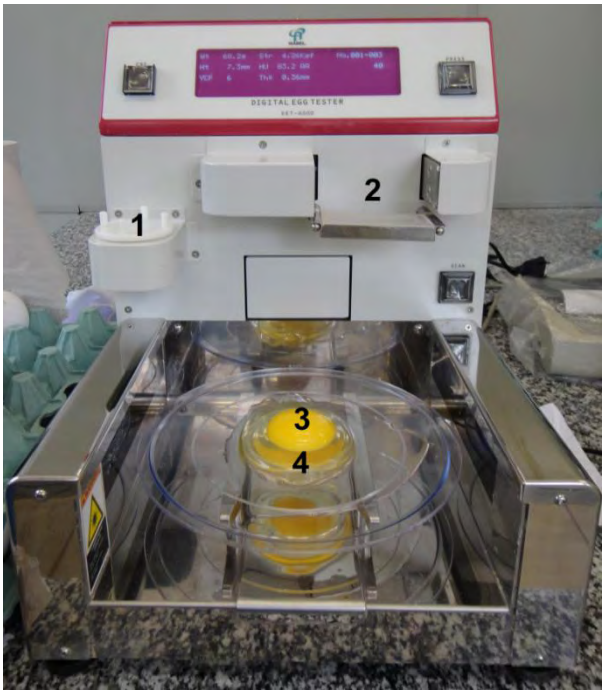


Figura 11 - Aparelho Digital EggTester

Figura 12 - Paquímetro eletrônico

Os ovos não comerciais, que incluem ovos trincados e quebrados (Figura 13), de casca mole ou sem casca (Figura 14), também foram registrados e apresentados na forma de porcentagem para cada uma das dietas experimentais.

Figura 13 - Ovos com casca quebrada

Figura 14 - Ovo sem casca

4.2.4 Análise estatística

Os dados de desempenho produtivo e qualidade dos ovos foram submetidos à análise de variância, após a verificação da distribuição normal e homogeneidade das variâncias. Utilizou-se o PROC GLM para variáveis que atendiam as premissas e em caso contrário o PROC MIXED. Para as variáveis sem distribuição normal, foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis, mantendo as médias amostrais. O nível alfa de 0,05 foi utilizado para determinar a significância. Realizou-se a análise de regressão polinomial para os níveis de parede celular de levedura utilizando o PROC REG. Todas as análises foram realizadas através do software SAS (ver. 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

4.2.5 Análise econômica

Foram coletados do Instituto de Economia Agrícola (IEA - APTA) os preços médios mensais do milho, farelo de soja e da dúzia de ovos tipo grande no período de outubro/2004 a setembro/2014, para se obter os preços nominais históricos representativos. Os preços nominais foram corrigidos pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para o mês de setembro de 2014, de acordo com Hoffmann (2006).

$$PQcorrigido, t = PQnominal, t \times \left(\frac{INPC\ setembro_2014}{INPC\ t}\right)$$

Sendo $PQcorrigido,t$ o preço real do ingrediente no mês t, corrigido para o mês de setembro de 2014; $PQnominal,t$ o preço do ingrediente no mês t; $INPC\ setembro_2014$ índice para o mês de setembro de 2014; e o $INPC\ t$ o índice para o mês t. Através dos preços corrigidos do milho, farelo de soja e dúzia de ovos foram obtidos os seus preços médios reais (Tabela 4). Para o fosfato bicálcico, calcário, sal, suplemento vitamínico-mineral e o aditivo composto por parede celular de levedura, pelo fato de não se dispor de séries históricas públicas, foram utilizados os preços pagos na sua aquisição em junho de 2013, também corrigidos pelo INPC para setembro de 2014. Através dos preços médios reais dos ingredientes das rações (Tabela 3), procedeu-se os cálculos dos custos das rações experimentais (Tabela 5).

Tabela 3 - Preços médios dos ingredientes da ração com parede celular de levedura e da dúzia de ovos

	Preço médio
Milho	0,23 US$/kg
Farelo de soja	0,51US$/kg
Dúzia de ovos tipo grande	0,88 US$/Dúzia
Fosfato bicálcico	1,05 US$/kg
Calcário	0,21 US$/kg
Sal	0,08 US$/kg
Suplemento vitamínico-mineral	4,20 US$/kg
Parede celular de levedura	2,89 US$/kg

Através dos dados de conversão alimentar por dúzia de ovos multiplicado pelo custo médio da ração experimental por tratamento, foram calculados os custos médio da produção de uma dúzia de ovos. O total médio de dúzias de ovos produzidas durante o período de 47 semanas por tratamento foi utilizado para o cálculo da receita bruta total média. A quantidade total média de ração consumida por tratamento foi multiplicada pelo custo de sua respectiva ração, obtendo-se o custo total médio da alimentação das poedeiras para cada dieta experimental. Salientando que não foram realizados cálculos totais por tratamento, mas sim cálculos através de médias por

tratamentos. Por exemplo, foram utilizados o consumo médio das repetições por tratamento e não o consumo total que seria a soma do consumo das repetições do tratamento.

A margem bruta total média por tratamento foi obtida subtraindo o valor da receita bruta total média e as despesas com o custo total médio da alimentação. Ressaltando que para o cálculo da margem bruta total média foram subtraídos apenas os custos com a alimentação, pois considerou-se que os custos com energia, mão de obra e outros, foram equivalentes para todos os tratamentos. Calculou-se a variação percentual do custo total médio da alimentação, da receita bruta total média e da margem bruta total média dos tratamentos com a inclusão de níveis de parede celular de levedura em relação ao controle. Todos os dados básicos estavam em moeda brasileira (Real), sendo que todas as contas foram feitas nessa base. Os valores finais resultantes foram convertidos para o dólar norte-americano considerando a taxa de câmbio de US$ 1,00 = R$ 2,0348, que foi uma taxa média do período que foi considerado para fazer as médias dos preços dos ingredientes da ração, coletada do Banco Central do Brasil.

4.3 Resultados e discussão

Os níveis de parede celular de levedura apresentaram efeito sobre o consumo de ração, produção e massa de ovos através de uma resposta polinomial cúbica (Tabela 4). Por meio dos testes das derivadas das equações, foram encontrados os valores de máximo, o consumo de 100,44 g ao nível de 671,15 g/t de parede celular de levedura (Figura 15), produção de ovos de 89,25% ao nível de 658,54 g/t (Figura 16) e massa de ovos de 53,70 g/ave/dia ao nível de 661,71g/t do aditivo (Figura 17).

Tabela 4 - Variáveis de desempenho produtivo e de qualidade dos ovos de poedeiras de 21 a 67 semanas de idade submetidas a níveis de inclusão de parede celular de levedura

	Parede celular de levedura (g/t)				EPM	*P* valor
	0	225	450	900		
Consumo (g/ave/dia)	95,59	95,36	98,47	96,78	0,74	0,0128*
Produção (%)	82,50	83,31	87,18	84,60	1,13	0,0029* [1]
Massa (g/ave/dia)	49,36	49,41	52,13	50,28	0,62	0,0059*
CA/dúzia (kg/dz)	1,41	1,39	1,36	1,38	0,01	0,1969 [1]
CA/massa (kg/kg)	1,95	1,95	1,89	1,94	0,02	0,0833 [1]
Peso do ovo (g)	59,86	59,40	59,75	59,43	0,40	0,8088
Altura do albúmen (mm)	7,75	7,86	8,11	7,90	0,09	0,0301*
Unidade Haugh	87,18	88,01	89,24	88,07	0,53	0,0526* [2]
Espessura (mm)	0,37	0,36	0,37	0,36	0,03	0,0123*
Resistência (kgf)	3,71	3,72	3,84	3,75	0,04	0,1130
Cor da gema	4,93	4,75	4,87	4,96	0,04	0,0054*
Mortalidade (%)	2,01	1,94	3,01	2,39	0,62	0,5583
Ovos não comerciais (%)	1,11	0,74	0,66	0,96	0,18	0,3088

* Efeito significativo a 5% de probabilidade. CA – Conversão alimentar. DZ – Dúzia. EPM – Erro padrão da média.
[1] PROC MIXED; [2] Teste de Kruskal-Wallis.

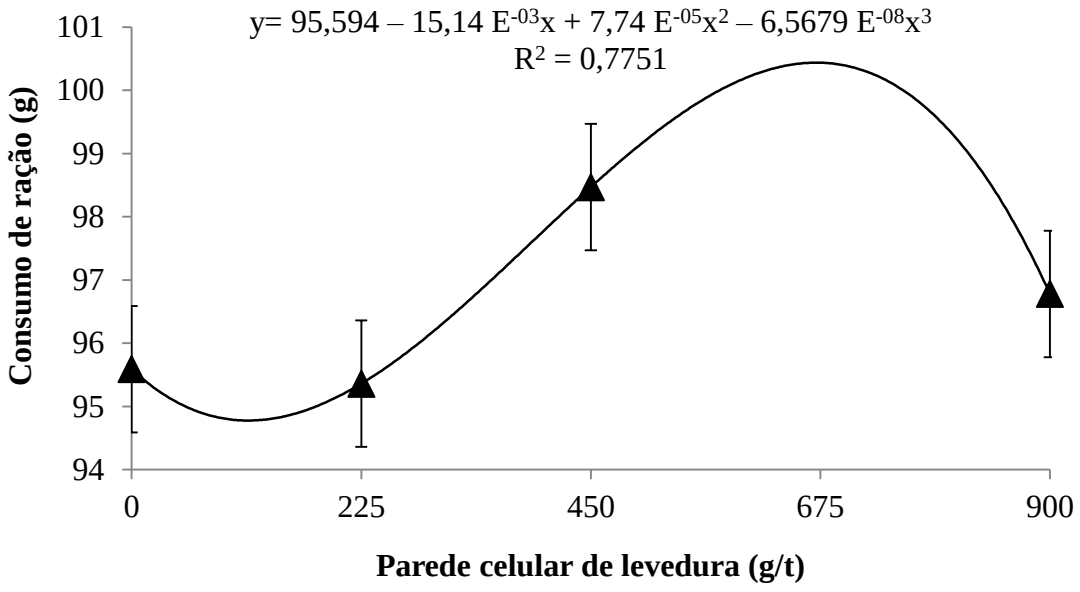


Figura 15 - Consumo de ração das poedeiras alimentadas com níveis de parede celular de levedura

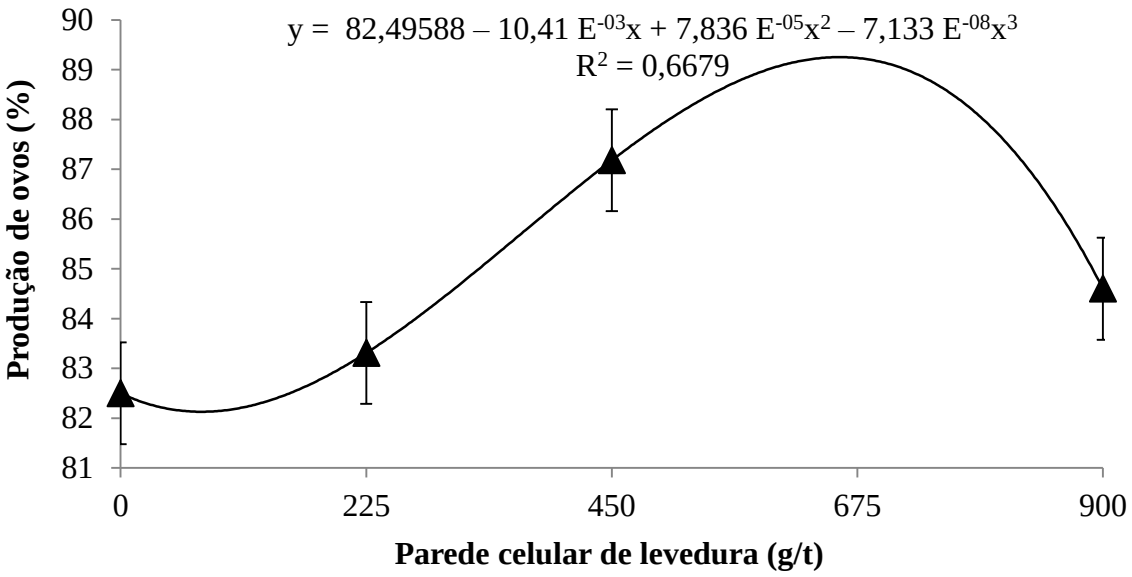


Figura 16 - Produção dos ovos das poedeiras alimentadas com níveis de parede celular de levedura

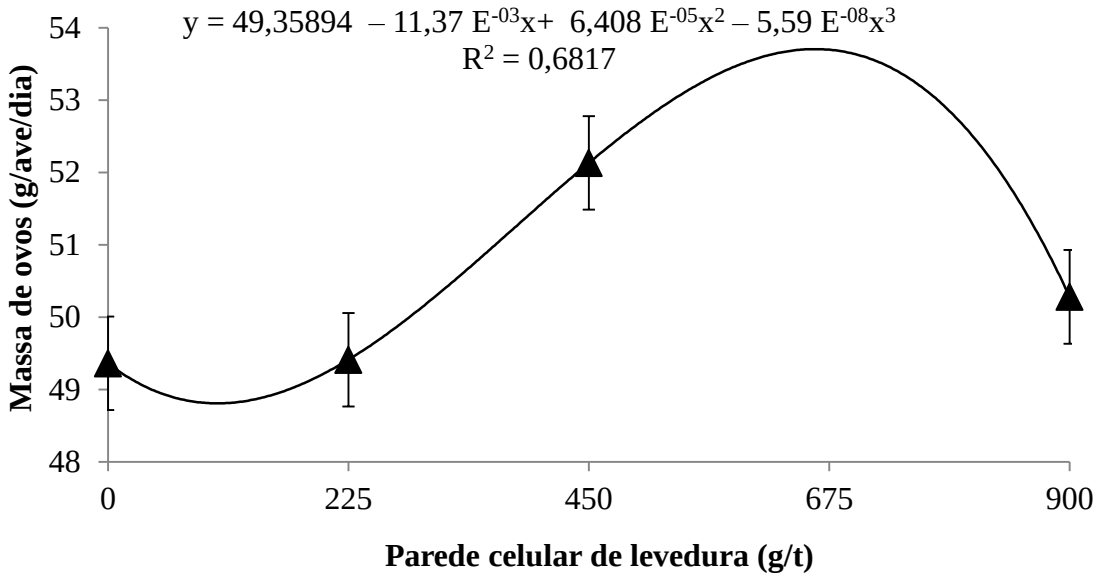


Figura 17 - Massa de ovos das poedeiras alimentadas com níveis de parede celular de levedura

Não foi possível verificar diferença significativa entre os tratamentos sobre peso do ovo, conversão alimentar por dúzia e por massa de ovos (Tabela 4). As taxas de mortalidades não apresentaram efeito significativo, portanto, não foram relacionadas aos tratamentos. Contrariamente, Hashim *et al*. (2013) não encontraram diferença no

consumo de ração e na produção de ovos de poedeiras suplementadas com 250 e 500 g/t de parede celular de levedura, porém também não verificaram efeito sobre a conversão alimentar por dúzia de ovos. Da mesma forma, Gurbuz *et al*. (2011) constataram que a suplementação de 50 g/t de parede celular de levedura aumentou a produção de ovos, consumo de ração e o peso das aves, mas não verificaram efeito sobre o peso do ovo, taxa de mortalidade e da conversão alimentar. Já o uso de mananoligossacarídeos (1.000 g/t) de acordo com Çabuk *et al*. (2006) apresentou aumento na produção de ovos e menor taxa de mortalidade entre os tratamentos, no entanto, não houve efeito sobre o consumo de ração das aves.

Houve efeito quadrático do nível de parede celular de levedura sobre a altura do albúmen e unidade Haugh, que são medidas diretamente relacionadas, pois a unidade Haugh é a altura do albúmen corrigida para o peso do ovo (Tabela 4). Os ovos que apresentam valores superiores a 72 unidades Haugh são considerados de qualidade excelente, valores de 60 a 72 unidades Haugh são de qualidade alta e valores inferiores a 60 unidades Haugh são de qualidade inferior de acordo com o Manual de classificação de ovos dos E.U.A. (USDA, 2000). Portanto, verifica-se que os ovos de ambos os tratamentos apresentaram qualidade excelente, contudo, o uso do aditivo pôde melhorar a qualidade interna dos ovos. Pela derivada da equação da altura do albúmen foi encontrado o valor de máximo de 8,06 mm ao nível de 547 g/t do aditivo (Figura 18) e a unidade Haugh valor de máximo de 89,03 unidades Haugh ao nível de 536,02 g/t do aditivo (Figura 19).

Para a cor da gema e espessura da casca dos ovos foi observado efeito significativo cúbico (Tabela 4). O valor de máximo da cor da gema foi de 5,05 ao nível de 748,28 g/t do aditivo (Figura 20). Embora a parede celular de levedura apresente carotenoides o uso como pigmentante da gema não é o objetivo, mas é uma

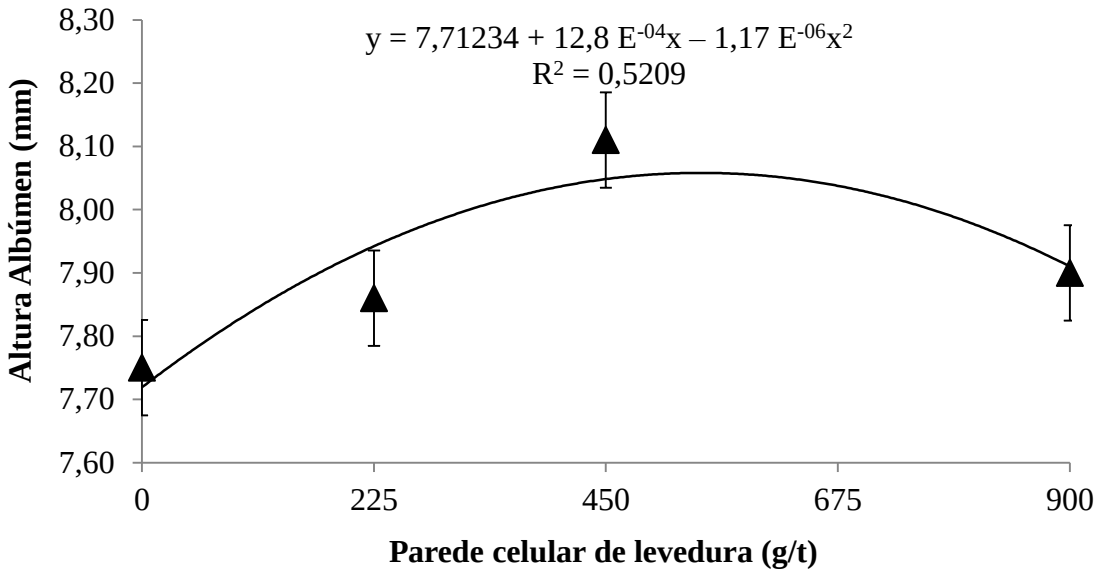


Figura 18 - Altura do albúmen dos ovos produzidas pelas poedeiras alimentadas com níveis de parede celular de levedura

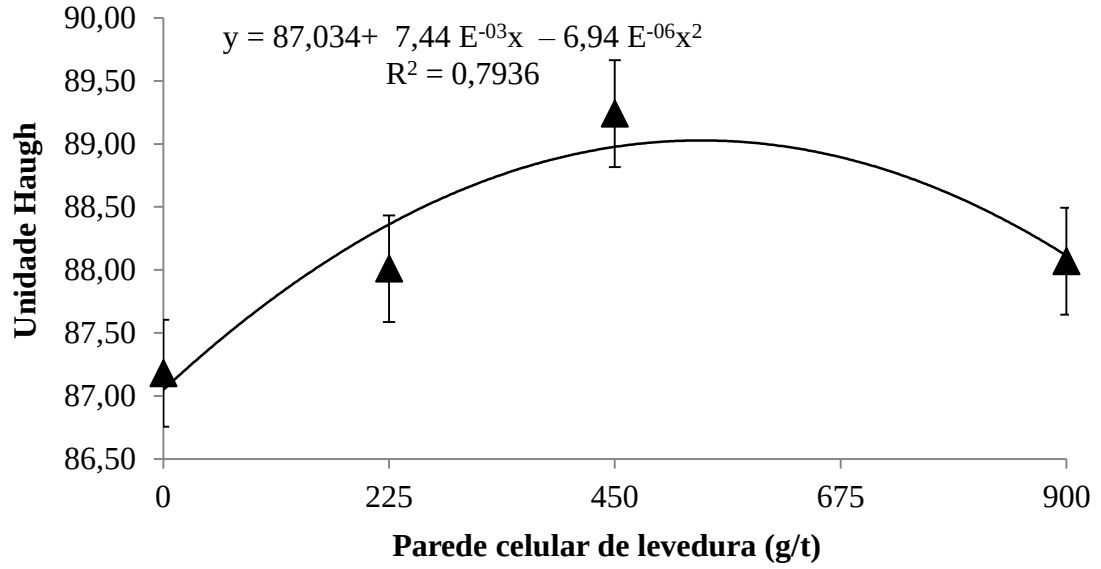


Figura 19 - Unidade Haugh dos ovos produzidas pelas poedeiras alimentadas com níveis de parede celular de levedura

consequência que melhora a aceitação do produto pelos consumidores. A espessura da casca do ovo apresentou resposta linear decrescente, no qual o maior valor foi de 0,37 mm verificado para o nível de 0 e 450 g/t de parede celular de levedura (Figura

21) em relação aos níveis de 225 e 900 g/t. Em contrapartida, não foi possível observar efeitos dos tratamentos sobre a resistência da casca. Diversos estudos encontraram

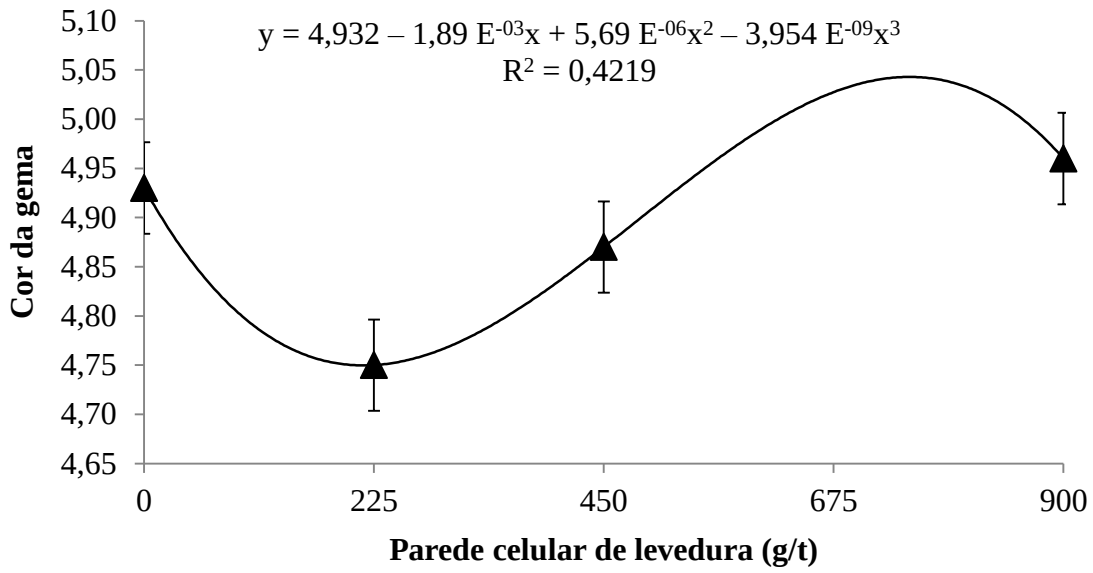


Figura 20 - Cor da gema dos ovos produzidas pelas poedeiras alimentadas com níveis de parede celular de levedura

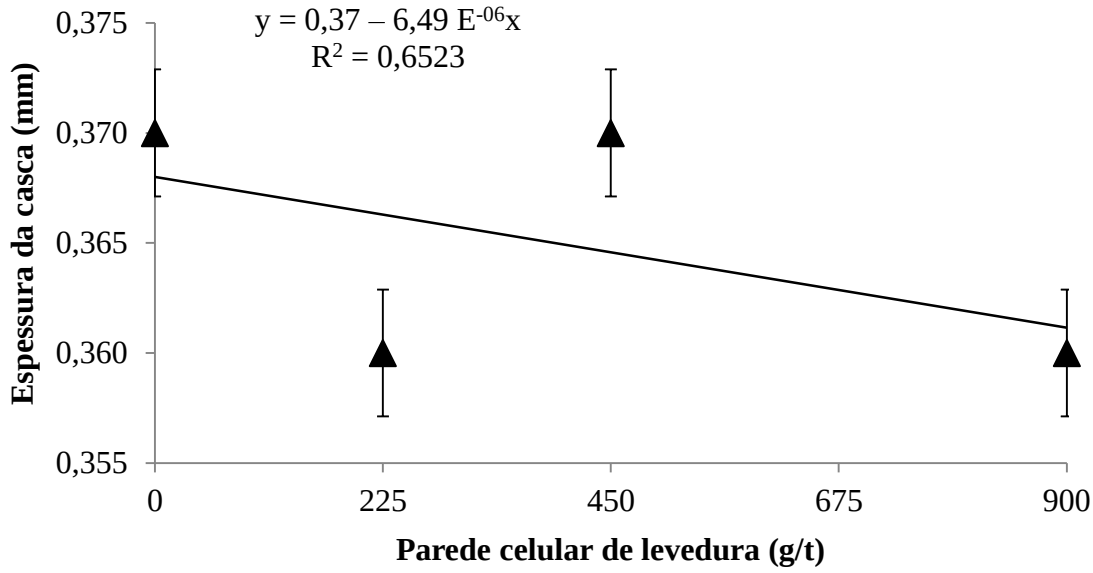


Figura 21 - Espessura da casca dos ovos produzidas pelas poedeiras alimentadas com níveis de parede celular de levedura

efeitos benéficos sobre a casca dos ovos com o uso de mananoligossacarídeos, porém os mecanismos envolvidos ainda não são bem conhecidos (BOZKURT *et al*., 2012b; HASHIM *et al*., 2013). As altas temperaturas são conhecidas por afetar a qualidade da casca dos ovos, Bozkurt *et al*. (2012a) utilizou 1 g/kg de mananoligossacarídeos para poedeiras criadas sob condições climáticas moderadas e quentes e não verificaram também efeito sobre a resistência da casca. No entanto, houve maior taxa de mortalidade, diminuição da altura do albúmen e da unidade Haugh. Indicando que o estresse por calor influenciou negativamente o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos, mesmo com a suplementação de 1 g/kg de mananoligossacarídeos**.**

A porcentagem de ovos não comerciais não apresentaram efeito significativo dos tratamentos (Tabela 4). Assim como Gurbuz *et al*. (2011) que também não observaram diferença dos ovos trincados e sujos com o uso de parede celular de levedura para as poedeiras. A adição de parede celular de leveduras em algumas circunstâncias, apresenta efeito apenas na qualidade dos ovos, não demonstrando influência sobre a produtividade das aves. Em muitos casos a não expressão das respostas biológicas na nutrição animal pode estar relacionada com a composição química dos demais ingredientes da dieta, com a dosagem adicionada, com a adaptação e a seletividade da biota ao prebiótico, ou com o nível de estresse do animal (SILVA & NÖRNBERG, 2003). Outra hipótese é que galinhas criadas em gaiolas podem apresentar uma menor resposta ao uso de leveduras por não estarem em uma condição de maior desafio sanitário. No estudo realizado por Martínez *et al*. (2010) utilizando 500 g/t de parede celular de leveduras na dieta de poedeiras (Bovans White com 45 semanas de idade) criadas em gaiolas, não foram encontradas diferenças para produção de ovos, consumo de ração, conversão alimentar, unidade

Haugh, espessura da casca e cor da gema. Contudo, no segundo experimento realizado com poedeiras (Isa Brown com 43 semanas de idade) alojadas em piso, verificaram uma melhor conversão alimentar, produção e massa de ovos com a inclusão de parede celular de levedura, esses resultados foram iguais aos encontrados com o uso de bacitracina de zinco. Essa ação pode ser devido aos mananoligossacarídeos afetar as concentrações bacterianas no trato gastrintestinal, atuando como sítios alternativos para a ligação de bactérias patogênicas e impedindo à fixação de patógenos na parede intestinal (SPRING *et al*., 2000), associado a presença de 1,3/1,6-β-D-glucanos, estimula o sistema imune inato que é a primeira linha de defesa do organismo contra os agentes patogênicos (COX & DALLOUL, 2010). Portanto, um melhor desempenho produtivo das aves como o aumento da produção e massa de ovos, pode estar relacionado a maior disponibilidade e digestibilidade dos nutrientes da dieta, devido o melhor equilíbrio da biota intestinal.

Os dados de desempenho produtivo e qualidade dos ovos apresentados por ciclos podem ser encontrados no Apêndice B.

A inclusão de parede celular de levedura não onera de maneira exorbitante os custos por tonelada de ração, devido a pequena quantidade que foi utilizada (Tabela 5). O custo médio para produzir uma dúzia de ovos com a utilização de 450 g/t do aditivo foi 2,22% menor em relação aos demais tratamentos.

A produção total de dúzia de ovos com as suplementações do aditivo foram numericamente maiores em relação ao controle, o nível de 450 g/t foi 4,08% superior à produção das aves do controle. Consequentemente, a receita bruta foi maior com a suplementação do aditivo, podendo ser constatada através de sua variação de 1,46% a 4,08%, respectivamente em relação ao controle.

Tabela 5 - Análise econômica do uso de níveis de parede celular de levedura na dieta de poedeiras durante o período de 47 semanas

	Parede celular de levedura (g/t)			
Indicadores	0	225	450	900
Custo da ração (US$/t)	323,48	324,08	324,67	325,87
Custo médio p/ produzir a dúzia de ovos (US$)	0,456	0,450	0,442	0,450
Dúzia de ovos produzidos total médio (dz)	177,24	179,82	184,48	179,82
Receita bruta total média (US$)	156,79	159,07	163,19	159,07
Consumo de ração total médio (kg)	246,99	246,55	249,50	246,80
Custo da alimentação total médio (US$)	80,11	79,97	80,93	80,05
Margem bruta total média (US$)	76,67	79,10	82,26	79,02
Variação da receita bruta total média (%)	0,00	1,46	4,08	1,46
Variação custo da alimentação total média (%)	0,00	-0,18	1,02	-0,07
Variação da margem bruta total média (%)	0,00	3,17	7,29	3,06

Aves suplementadas com 450 g/t do aditivo exibiram um consumo de ração aproximadamente 1,2% maior em relação às dos demais tratamentos. Em decorrência, o custo com a alimentação deste tratamento apresentou uma variação de 1,02% em relação ao controle. Por outro lado, o custo com a alimentação com a suplementação de 225 e 900 g/t do aditivo foram 0,18% e 0,07% menores em relação ao controle.

A variação da receita bruta total aponta para uma geração maior de receita, quando se utiliza a parede celular de levedura na dieta das poedeiras em relação ao controle. Estes dados indicam a viabilidade econômica do uso deste aditivo na produção de ovos, pois mesmo gastando mais com a alimentação, no caso do uso de 450 g/t do aditivo, é possível produzir mais ovos, resultando em aumento da margem bruta mais que proporcionalmente com o uso do aditivo.

4.4 Conclusão

A parede celular de levedura na alimentação de poedeiras leves de 21 a 67 semanas de idade resulta em melhor desempenho produtivo e da qualidade dos ovos.

Para se obter uma melhor produção de ovos recomenda-se o uso de 658,54 g/t de parede celular de levedura.

A suplementação na dieta de poedeiras é viável economicamente, proporciona incremento da margem bruta, aumentando a rentabilidade de produtores de ovos que buscam a maximização de lucros. Dentre os níveis testados a inclusão de 450 g/t de parede celular de levedura apresentou os melhores resultados econômicos.

5. LEVEDURA HIDROLISADA NA DIETA DE POEDEIRAS: DESEMPENHO PRODUTIVO, QUALIDADE DOS OVOS E VIABILIDADE ECONÔMICA

Resumo: O propósito deste estudo foi investigar os efeitos da suplementação de levedura hidrolisada na dieta de poedeiras sob o desempenho produtivo, qualidade dos ovos e analisar economicamente a viabilidade de seu uso. Foram utilizadas 256 poedeiras distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em 4 tratamentos com níveis de 0, 1, 2 e 4 kg/t de levedura hidrolisada (*Saccharomyces cerevisiae*) e 8 repetições com 8 aves cada. Dois períodos foram analisados, de 21 a 40 e de 48 a 67 semanas de idade. A adição de levedura hidrolisada na dieta de poedeiras não apresentou melhoria dos resultados no primeiro período, porém os benefícios surgiram no segundo período. A produção de ovos foi de 92,77% ao nível de 3,12 kg/t do aditivo, peso dos ovos de 62,38 g ao nível de 3,10 kg/t, conversão alimentar por massa de ovos 1,77 kg/kg ao nível de 3,30 kg/t. A qualidade dos ovos apresentou os valores máximo de 89,65 unidade Haugh ao nível de 2,69 kg/t, resistência da casca 3,55 kgf com a inclusão de 2,30 kg/t e 0,67% de ovos não comerciais com o uso de 2,82 kg/t de levedura hidrolisada. A suplementação de levedura hidrolisada para poedeiras proporcionou incremento da margem bruta total média mais que proporcionalmente em todos os níveis testados, demonstrando-se viável economicamente. Os resultados apontam que a levedura hidrolisada pode ser utilizada na faixa de 1 a 4 kg/t de inclusão, dependente da margem bruta a ser alcançada, elegendo entre atingir o máximo desempenho produtivo ou a máxima qualidade dos ovos. Para se obter uma melhor produção de ovos recomenda-se o uso de 3,12 kg/t de levedura hidrolisada. Conclui-se que o a inclusão de levedura

hidrolisada na dieta de poedeiras de 48 a 67 semanas de idade exerceu efeito maximizador do desempenho produtivo e qualidade de ovos, sendo o seu uso viável economicamente.

5.1. Introdução

As leveduras são ricas em vitaminas do complexo B (B1, B2, B6, ácido pantotênico, niacina, ácido fólico e biotina), minerais, macro e microelementos, particularmente, selênio e fibra dietética que são representados por carboidratos da parede celular principalmente por mananoligossacarídeos e β-glucanos (HALASZ & LÁSZTITY, 1991). A partir dos avanços no processamento do subproduto da fermentação de destilarias de álcool, a *Saccharomyces cerevisiae* passou de uma fonte proteica, a um ingrediente ainda mais valioso na nutrição animal. A suplementação de leveduras na dieta de poedeiras pode melhorar o desempenho produtivo e a utilização de nutrientes, através do efeito inibitório contra bactérias patogênicas, aumentando a produção, peso dos ovos, espessura da casca, eficiência alimentar, resposta imune humoral, diminuindo o nível de colesterol da gema do ovo, e os níveis séricos de colesterol e triglicérideos das aves (YOUSEFI & KARKOODI, 2007; YALÇIN *et al*., 2010; HASSANEIN & SOLIMAN, 2010). Dessa forma, a atuação das leveduras pode ser tanto na qualidade dos ovos quanto no desempenho e saúde das poedeiras.

A levedura hidrolisada é o resultado da célula de *Saccharomyces cerevisiae* após autólise e hidrólise enzimática, que favorece a digestibilidade e a liberação dos nucleotídeos e nucleosídeos (cerca de 6 a 8%), e todo o conteúdo intracelular como, glutamina (cerca de 5%) e polipepitídios (cerca de 36%), além da presença de mananoligossacarídeos (cerca de 12%) e β-glucanos (cerca de 20%). Os nucleotídeos na dieta favorecem o desenvolvimento e maturação do intestino e a função imunológica (UAUY *et al*., 1990), devido ao papel na divisão celular, crescimento celular e a modulação do sistema imune, portanto podem, ajudar a manter a saúde

intestinal e assim reduzir a incidência de doenças entéricas como uma alternativa ao uso dos antibióticos (MATEO *et al*., 2004). Os nucleosídeos podem ser considerados um nutriente semi-essencial para um ótimo crescimento e desenvolvimento do intestino, esses resultados foram encontrados em ratos desmamados (UAUY *et a*., 1990). Os mananoligossacarídeos e β-glucanos atuam seletivamente promovendo o crescimento e/ou a atividade de bactérias encontradas no cólon, chamados de prebióticos (GIBSON & ROBERFROID, 1995), estimulam o sistema imune, realizam a aglutinação de patógenos, além da adsorção de micotoxinas.

O uso de levedura hidrolisada na dieta de frangos de corte tem melhorado o desempenho produtivo, conversão alimentar, rendimento de peito, resposta imune humoral, verificados através do aumento das vilosidades intestinais e do número da população de Lactobacillus spp. (MUTHUSAMY *et al*., 2011; GÓMEZ *et al*., 2011). A literatura relata também benefícios na nutrição de leitões recém desmamados com melhoras na conversão alimentar, morfometria de órgãos e a histologia do epitélio intestinal (KOGAN & KOCHER, 2007; MOLIST *et al*., 2014), em vacas no início da lactação melhora o percentual de proteínas do leite e a saúde da glândula mamária (NOCEK *et al*., 2011). Para galinhas poedeiras nenhum trabalho foi encontrado até o momento sobre a sua utilização na dieta. Portanto, o objetivo deste estudo foi investigar os efeitos da suplementação de níveis de levedura hidrolisada na dieta de poedeiras sob o desempenho produtivo, qualidade dos ovos e análise econômica do seu uso.

5.2. Material e métodos

5.2.1. Local e temperatura

O experimento foi conduzido de 30 de maio de 2013 a 07 de maio de 2014 no Laboratório de Pesquisa em Aves da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, Campus de Pirassununga, Brasil, localização geográfica latitude sul 21°57', longitude oeste 47°27', a 627 metros de altitude. A média de temperatura registrada durante o primeiro período experimental foi máxima de 19,21 ± 1,75°C e mínima de 18,98 ± 1,75°C, para o segundo período a máxima foi de 23,81 ± 1,93°C e mínima de 23,57 ± 1,93°C (Apêndice A).

5.2.2. Animais e alojamento

Os procedimentos experimentais foram aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de São Paulo (14.1.370.74.1).

Foram utilizadas 256 poedeiras de 21 a 67 semanas de idade, Hy-Line W-36, selecionadas de acordo com o peso médio, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em 4 tratamento e 8 repetições com 8 aves por unidade experimental cada. As aves foram alojadas aos pares em gaiolas de arame galvanizado (45 cm de comprimento × 25 cm de largura × 40 cm de altura) com densidade de 562,5 cm^2/ave, equipadas com bebedouros tipo *nipple* e comedouros tipo calha, providos com água e ração *ad libitum*. O programa de iluminação utilizado foi o preconizado pelo manual da linhagem (Hy-Line).

5.2.3. Dietas experimentais

Os tratamentos consistiram de dietas com a inclusão de 0, 1, 2 e 4 kg/t de levedura hidrolisada de *Saccharomyces cerevisiae*. O produto levedura hidrolisada é um produto comercial (*Hilyses®, ICC Brazil*), sua composição e níveis de garantia podem ser verificados na Tabela 6. O nível recomendado do aditivo pelo fabricante para aves em produção é de 0,5 a 2,0 kg/t. O aditivo foi suplementado *on top* realizando-se a troca por milho, seus valores nutricionais não foram considerados na dieta.

Após duas semanas (19 a 20 semanas de idade) de adaptação à dieta experimental, iniciou-se o primeiro período experimental de 21 a 40 semanas de idade e depois o segundo período experimental de 48 a 67 semanas de idade. Entretanto, as aves consumiram ração experimental mantendo os níveis do aditivo para cada um dos tratamentos ininterruptamente das 19 as 67 semanas de idade.

As dietas foram formuladas à base de milho e farelo de soja (Tabela 7), seguindo os níveis nutricionais praticados pelas indústrias baseados nas recomendações de Rostagno *et al*. (2011).

5.2.4. Desempenho produtivo e qualidade dos ovos

A cada 28 dias foram avaliados os dados de desempenho produtivo: consumo de ração (g/ave/dia), produção de ovos (%), peso do ovo (g), massa de ovos (produção x peso do ovo, g), conversão alimentar por dúzia (consumo de ração/produção de ovos x 12, kg/dz) e conversão alimentar por massa de ovo (consumo de ração/massa de ovos, kg/kg). A avaliação da qualidade dos ovos foi

Tabela 6 - Composição e níveis de garantia do produto levedura hidrolisada

Composição levedura hidrolisada		
Energia bruta (kcal/kg)		5.122,0
Energia metabolizável (kcal/kg)		2.422,3
Proteína bruta (g/kg)		415,0
Nucleotídeos livres/Nucleosídeos (g/kg)		63,0
β-glucanas		235,0
Mananoligossacarídeos (g/kg)		142,0
Umidade (g/kg)		55,0
Fibra bruta (g/kg)		12,0
Cinzas (g/kg)		53,0
Extrato etéreo (g/kg)		22,0
Garantias		
Umidade (g/kg)	máx.	70,0
Proteína bruta (g/kg)	min.	380,0
Cinzas (g/kg)	máx.	80,0
Aminoácidos digestíveis em aves		
Alanina (%)		2,33
Arginina (%)		1,30
Ácido Aspartíco (%)		2,56
Glicina (%)		1,53
Isoleucina (%)		0,73
Leucina (%)		1,19
Ácido glutâmico (%)		3,64
Lisina (%)		2,53
Cistina + Cisteína (%)		0,22
Metionina (%)		0,38
Fenilalanina (%)		0,81
Tirosina (%)		1,18
Treonina (%)		1,17
Prolina (%)		1,19
Valina (%)		0,70
Histidina (%)		0,51
Serina (%)		1,63
Vitaminas		
Tiamina (B1) (ppm)		78,9
Riboflavina (B2) (ppm)		34,8
Piridoxina (B6) (ppm)		9,0
Cobalamina (B12) (ppm)		0,9
Ácido fólico (ppm)		15,6
Biotina (ppm)		1 – 5
Colina (ppm)		1.000 – 5.000
Minerais		
Cálcio (g/kg)		2,10 ± 0,5
Fósforo (g/kg)		3,35 ± 0,1
Potássio (g/kg)		2,21 ± 0,15
Magnésio (g/kg)		0,69 ± 0,1
Sódio (g/kg)		6,85 ± 0,5

Fonte: ICC

Tabela 1 - Composição nutricional e química das dietas experimentais com levedura hidrolisada

Ingredientes (%)	Levedura hidrolisada (kg/t)			
	0	1	2	4
Milho	62,41	62,31	62,21	62,01
Farelo de soja	26,30	26,30	26,30	26,30
Fosfato bicálcico	1,18	1,18	1,18	1,18
Calcário	9,35	9,35	9,35	9,35
Sal	0,36	0,36	0,36	0,36
Levedura hidrolisada	0,00	0,10	0,20	0,40
Suplemento vitamínico-mineral[1]	0,40	0,40	0,40	0,40
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Composição calculada				
Energia metabolizável (kcal/kg)	2.748	2.748	2.748	2.748
Proteína bruta (%)	17,28	17,28	17,28	17,28
Cálcio (%)	3,96	3,96	3,96	3,96
Fósforo total (%)	0,54	0,54	0,54	0,54
Fósforo disponível (%)	0,45	0,45	0,45	0,45
Sódio (%)	0,17	0,17	0,17	0,17
Metionina (%)	0,39	0,39	0,39	0,39
Cistina (%)	0,28	0,28	0,28	0,28
Metionina + cistina total (%)	0,67	0,67	0,67	0,67
Lisina (%)	0,91	0,91	0,91	0,91
Triptofano (%)	0,21	0,21	0,21	0,21
Isoleucina (%)	0,74	0,74	0,74	0,74
Treonina (%)	0,65	0,65	0,65	0,65
Valina (%)	0,82	0,82	0,82	0,82
Colina (mg/kg)	1,24	1,24	1,24	1,24
Ácido linoléico (%)	1,41	1,41	1,41	1,41

[1] Níveis de garantia por kg de produto: vitamina A - 1.750.000 UI; vitamina D_3 - 500.000 UI; vitamina E - 1.250 UI; vitamina K_3 - 400 mg; vitamina B_2 - 750 mg; vitamina B_{12} - 2.000 mcg; niacina - 5.000 mg; colina - 58.590 g; metionina - 247.500 g; ácido pantotênico - 1.250 mg; cobre - 2.000 mg; ferro - 12.500 g; mangânes - 17.500 g; zinco - 12.500 g; iodo - 300 mg; selênio - 50 mg; fitase - 75.000 FTU; bacitracina de zinco 5.000 mg.

realizada dois dias antes do fim do ciclo de 28 dias (ao 26° e 27° dia), no qual dois ovos da produção do dia por repetição foram amostrados e analisados no aparelho Digital EggTester (Nabel Co., Ltd.): altura de albúmen (mm), cor da gema (DSM Yolk Colour Fan), unidade Haugh (HU = 100 x log (altura do albúmen – 1,7 x peso do ovo^{0,37} + 7,6)), resistência à quebra (kgf) e espessura de casca (mm). Os ovos não comerciais, que incluem ovos trincados, quebrados, de casca mole ou sem casca,

também foram registrados e apresentados na forma de porcentagem para cada uma das dietas experimentais.

5.2.5. Análise estatística

Os dados de desempenho produtivo e qualidade dos ovos foram submetidos à análise de variância, após a verificação da distribuição normal e homogeneidade das variâncias. Utilizou-se o PROC GLM para variáveis que atendiam as premissas e em caso contrário o PROC MIXED. Para as variáveis sem distribuição normal, foi aplicado o teste de Kruskal-Wallis, mantendo as médias amostrais. O nível alfa de 0,05 foi utilizado para determinar a significância. Realizou-se a análise de regressão polinomial para os níveis de levedura hidrolisada utilizando o PROC REG. Todas as análises foram realizadas através do software SAS (ver. 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

5.2.6. Análise econômica

Foram coletados do Instituto de Economia Agrícola (IEA - APTA) os preços médios mensais do milho, farelo de soja e da dúzia de ovos tipo grande no período de outubro/2004 a setembro/2014, para se obter os preços nominais históricos representativos. Os preços nominais foram corrigidos pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para o mês de setembro de 2014, de acordo com Hoffmann (2006).

$$PQcorrigido, t = PQnominal, t \times \left(\frac{INPC\ setembro_2014}{INPC\ t}\right)$$

Sendo $PQcorrigido, t$ o preço real do ingrediente no mês t, corrigido para o mês de setembro de 2014; $PQnominal, t$ o preço do ingrediente no mês t; $INPC\ setembro_2014$ índice para o mês de setembro de 2014; e o $INPC\ t$ o índice para o mês t. Através dos preços corrigidos do milho, farelo de soja e dúzia de ovos, foram obtidos os seus preços médios reais (Tabela 8). Para o fosfato bicálcico, calcário, sal, suplemento vitamínico-mineral e o aditivo composto por levedura hidrolisada, pelo fato de não se dispor de séries históricas públicas, foram utilizados os preços pagos na sua aquisição em junho de 2013, também corrigidos pelo INPC para setembro de 2014. Por meio dos preços médios reais dos ingredientes das rações (Tabela 8), procederam-se os cálculos dos custos das rações experimentais (Tabela 10).

Tabela 2 - Preços médios em dólares dos ingredientes da ração com levedura hidrolisada e da dúzia de ovos

	Preço médio
Milho	0,23 US$/kg
Farelo de soja	0,51US$/kg
Dúzia de ovos tipo grande	0,88 US$/Dúzia
Fosfato bicálcico	1,05 US$/kg
Calcário	0,21 US$/kg
Sal	0,08 US$/kg
Suplemento vitamínico-mineral	4,20 US$/kg
Levedura hidrolisada	4,62 US$/kg

Através dos dados de conversão alimentar por dúzia de ovos multiplicado pelo custo médio da ração experimental por tratamento, foram calculados os custos médio da produção de uma dúzia de ovos. O total médio de dúzias de ovos produzidas durante o período de 47 semanas por tratamento foi utilizado para o cálculo da receita

bruta total média. A quantidade total média de ração consumida por tratamento foi multiplicada pelo custo de sua respectiva ração, obtendo-se o custo total médio da alimentação das poedeiras para cada dieta experimental. Salientando que não foram realizados cálculos totais por tratamento, mas sim cálculos através de médias por tratamentos. Por exemplo, foram utilizados o consumo médio das repetições por tratamento e não o consumo total que seria a soma do consumo das repetições do tratamento.

A margem bruta total média foi obtida subtraindo o valor da receita bruta total média e as despesas com o custo total médio da alimentação. Ressaltando que para o cálculo da margem bruta total média foram subtraídos apenas os custos com a alimentação, pois considerou-se que os custos com energia, mão de obra e outros, foram equivalentes para todos os tratamentos. Calculou-se a variação percentual do custo total médio da alimentação, da receita bruta total média e da margem bruta total média dos tratamentos com a inclusão de níveis de levedura hidrolisada em relação ao controle. Todos os dados básicos estavam em moeda brasileira (Real), sendo que todas as contas foram feitas nessa base. Os valores finais resultantes foram convertidos para o dólar norte-americano considerando a taxa de câmbio de US$ 1,00 = R$ 2,0348, que foi uma taxa média do período considerado para fazer as médias dos preços dos ingredientes da ração, coletada do Banco Central do Brasil.

5.3. Resultados

5.3.1. Desempenho produtivo

No primeiro período experimental (21 a 40 semanas de idade) o consumo de

ração, produção e massa de ovos, conversão alimentar por massa e dúzia de ovos das aves não apresentaram (P>0,05) efeito dos tratamentos (Tabela 9). O peso do ovo apresentou resposta linear decrescente (Figura 22), no qual as aves do tratamento sem aditivo produziram ovos de maior peso.

Tabela 3 - Variáveis de desempenho produtivo das poedeiras submetidas a níveis de inclusão de levedura hidrolisada nos dois períodos experimentais

		Levedura hidrolisada (kg/t)					
Variáveis	Semanas	0	1	2	4	EPM	*P valor*
Consumo (g/ave/dia)	21 – 40	91,52	92,18	92,27	90,41	1,31	0,7925
	48 – 67	98,78	96,94	100,79	101,15	0,55	<0,0001*
Produção (%)	21 – 40	85,37	85,25	83,73	85,14	1,92	0,8563 [2]
	48 – 67	79,75	82,30	88,61	88,64	0,97	<0,0001*
Massa (g/ave/dia)	21 – 40	48,68	47,43	46,68	47,08	1,23	0,7100
	48 – 67	50,30	51,63	57,16	56,78	0,60	<0,0001*
CA/dúzia (kg/dz)	21 – 40	1,29	1,30	1,33	1,30	0,03	0,6509
	48 – 67	1,44	1,41	1,37	1,37	0,02	0,0077* [1]
CA/massa (kg/kg)	21 – 40	1,92	1,98	2,01	1,96	0,05	0,5791
	48 – 67	1,91	1,89	1,77	1,78	0,03	<0,0001* [1]
Peso do ovo (g)	21 – 40	57,19	55,57	55,85	55,18	0,36	0,0018*
	48 – 67	63,08	62,64	64,57	64,29	0,37	0,0006*
Mortalidade (%)	21 – 67	1,25	1,50	2,13	2,27	0,52	0,5150

* Efeito significativo a 5% de probabilidade. CA – Conversão alimentar. DZ – Dúzia. EPM – Erro padrão da média.
[1] PROC MIXED; [2] Teste de Kruskal-Wallis.

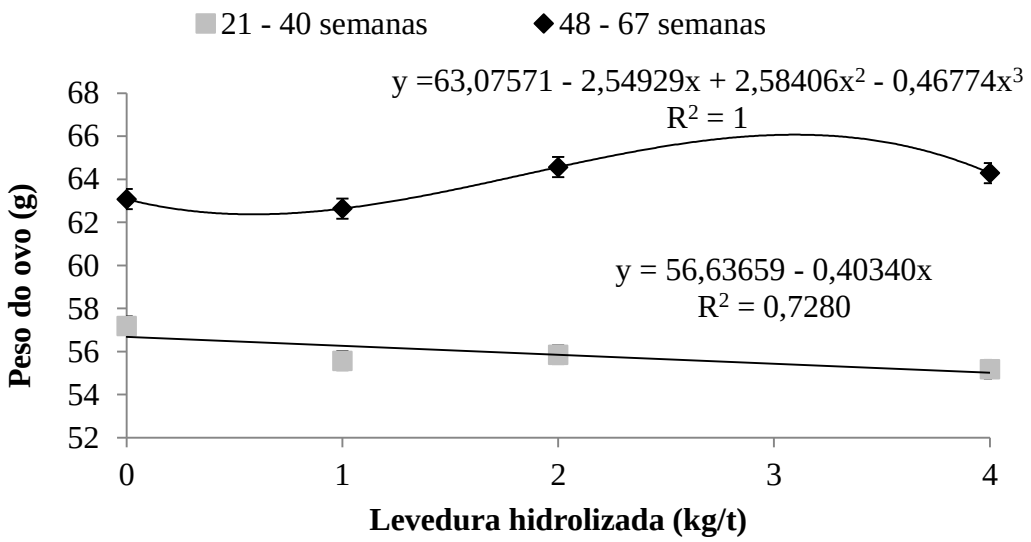


Figura 22 - Peso dos ovos produzidos pelas poedeiras alimentadas com níveis de levedura hidrolisada nos dois períodos analisados

No segundo período (48 a 67 semanas de idade) houve resposta polinomial cúbica para o consumo de ração (Figura 23), produção (Figura 24), massa (Figura 25) e peso dos ovos (Figura 22) (Tabela 9). Aplicando o teste da primeira e da segunda derivada, classificamos os pontos críticos das equações como máximos, para o consumo 104,33 g/ave/dia a o nível de 3,17 kg/t do aditivo, produção de 92,77% ao nível de 3,12 kg/t, massa de 60,92 g ao nível de 3,10 kg/t e peso dos ovos de 62,38 g ao nível de 3,10 kg/t.

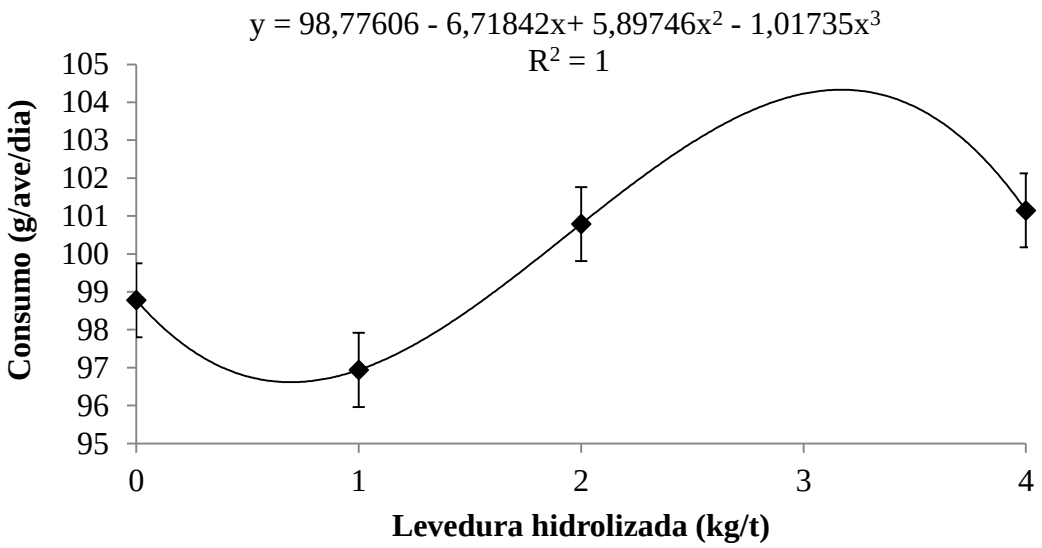


Figura 23 - Consumo de ração pelas poedeiras alimentadas com níveis de levedura hidrolisada no segundo período analisado

A conversão alimentar por dúzia de ovos (Figura 26) apresentou resposta linear decrescente, os níveis de 2 e 4 kg/t do aditivo não diferiram entre si. Já a conversão alimentar por massa de ovos (Figura 27) apresentou resposta quadrática, demonstrando a melhor conversão de 1,77 kg/kg ao nível de 3,30 kg/t de levedura hidrolisada.

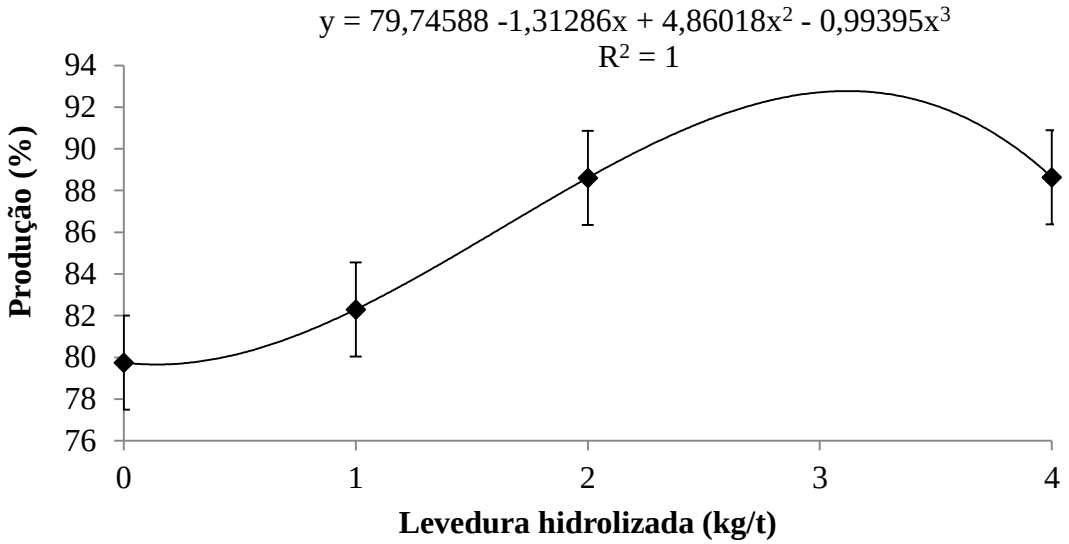


Figura 24 - Produção de ovos pelas poedeiras alimentadas com níveis de levedura hidrolisada no segundo período analisado

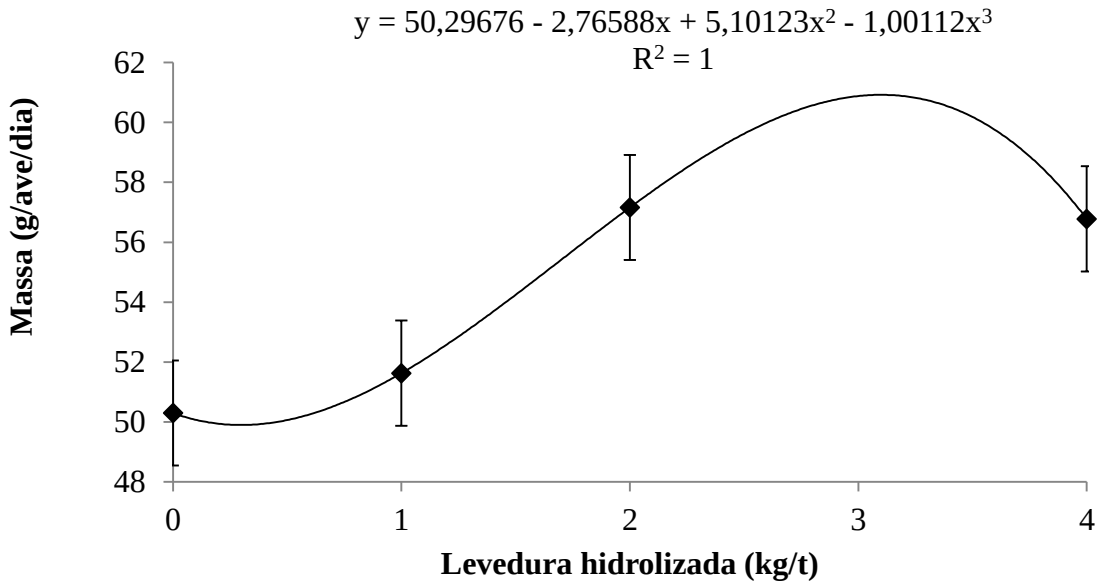


Figura 25 - Massa de ovos produzido pelas poedeiras alimentadas com níveis de levedura hidrolisada no segundo período analisado

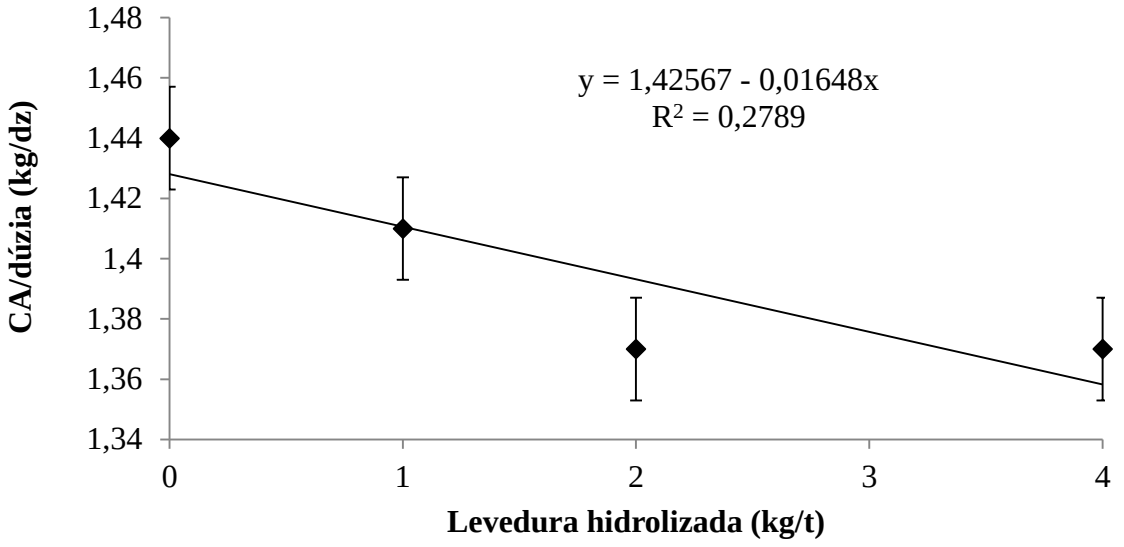


Figura 26 - Conversão alimentar por dúzia de ovos produzidas pelas poedeiras alimentadas com níveis de levedura hidrolisada no segundo período analisado

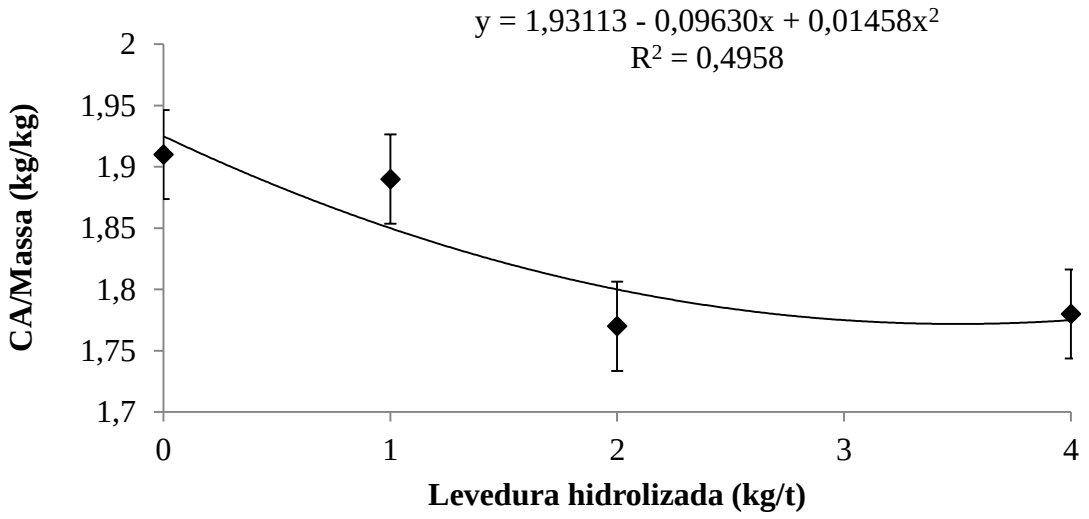


Figura 27 - Conversão alimentar por massa de ovos produzidas pelas poedeiras alimentadas com níveis de levedura hidrolisada no segundo período analisado

As taxas de mortalidades não apresentaram efeito significativo, portanto, não foram relacionadas aos tratamentos (Tabela 9).

Os dados de desempenho produtivo apresentados por ciclos podem ser encontrados no Apêndice C.

5.3.2. Qualidade dos ovos

Para as variáveis de qualidade dos ovos no primeiro período analisado não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos para a altura do albúmen, unidade Haugh, resistência, cor da gema e ovos não comerciais (Tabela 10). A espessura da casca (Figura 28) apresentou resposta linear decrescente, em que a inclusão de 4 kg/t de levedura hidrolisada apresentou o menor valor, e os demais tratamentos não diferiram entre si.

Tabela 4 - Variáveis de qualidade dos ovos das poedeiras submetidas a níveis de inclusão de levedura hidrolisada nos dois períodos experimentais

		Levedura hidrolisada (kg/t)					
Variáveis	Semanas	0	1	2	4	EPM	*P* valor
Altura do albúmen (mm)	21 – 40	7,55	7,37	7,78	7,72	0,17	0,2905
	48 – 67	7,80	7,90	8,29	8,16	0,10	0,0025*
Unidade Haugh	21 – 40	86,12	85,28	87,85	87,44	1,06	0,1525 [2]
	48 – 6 7	87,02	88,45	89,57	89,00	0,60	0,0147* [2]
Espessura (mm)	21 – 40	0,38	0,38	0,38	0,37	0,002	0,0009*
	48 – 67	0,35	0,36	0,36	0,36	0,002	0,0381*
Resistência (kgf)	21 – 40	4,12	4,14	4,19	3,97	0,06	0,0574
	48 – 67	3,28	3,55	3,49	3,43	0,06	0,0055* [1]
Cor da gema	21 – 40	4,99	4,81	4,99	4,92	0,06	0,1633
	48 – 67	4,85	4,88	4,92	5,04	0,08	0,3507
Ovos não comerciais (%)	21 – 40	0,26	0,27	0,38	0,27	0,08	0,6880
	48 – 67	2,17	1,35	0,76	0,94	0,26	0,0049*

* Efeito significativo a 5% de probabilidade. EPM – Erro padrão da média.
[1] PROC MIXED; [2] Teste de Kruskal-Wallis.

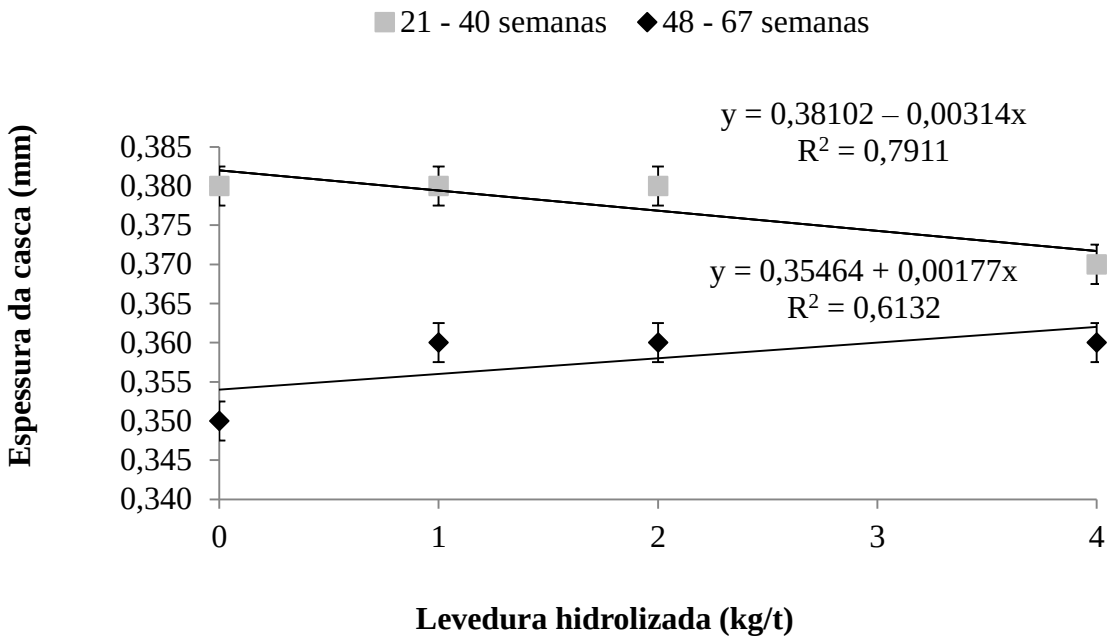


Figura 28 - Espessura da casca dos ovos de poedeiras alimentadas com níveis de levedura hidrolisada nos dois períodos analisados

No segundo período ocorreram respostas polinomiais quadráticas para a altura do albúmen (Figura 29), unidade Haugh (Figura 30), resistência da casca (Figura 31) e porcentagem de ovos não comerciais (Figura 32) (Tabela 10). Aplicando o teste da primeira derivada e o conhecimento gráfico da função quadrática, classificamos os pontos críticos das equações em valores de máximo de 8,25 mm de altura do albúmen ao nível de 2,93 kg/t do aditivo, unidade Haugh de 89,65 ao nível de 2,69 kg/t, resistência da casca de 3,55 kgf com a inclusão de 2,30 kg/t e valor de mínimo de 0,67% de ovos não comerciais com o uso de 2,82 kg/t de levedura hidrolisada. A espessura da casca dos ovos (Figura 28) foram 2,86% superiores com o uso da levedura hidrolisada em relação ao controle. Não foram observadas diferenças significativas para a cor da gema dos ovos entre os tratamentos nos dois períodos analisados.

Os dados de qualidade dos ovos apresentados por ciclos podem ser encontrados no Apêndice C.

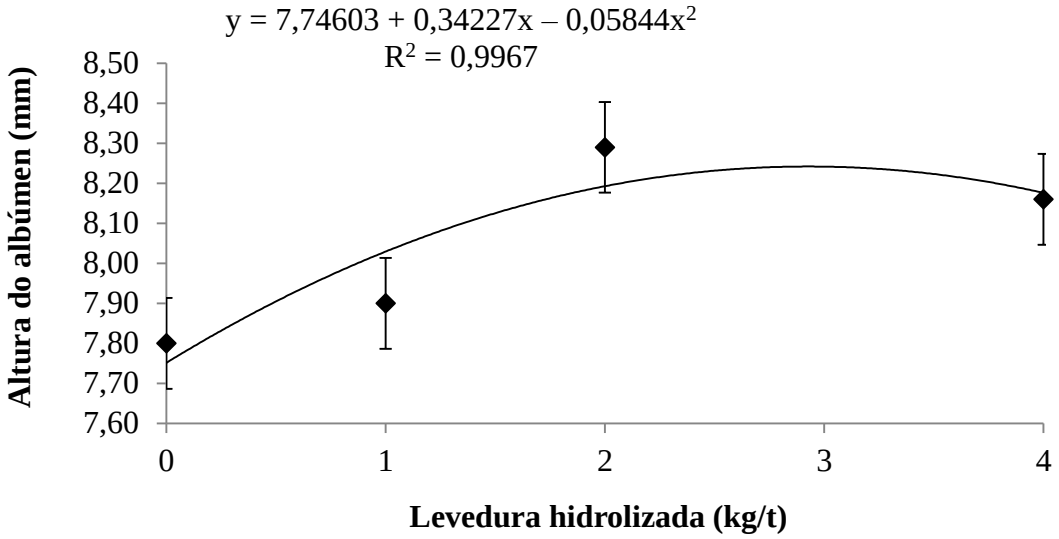


Figura 29 - Altura do albúmen dos ovos de poedeiras alimentadas com níveis de levedura hidrolisada no segundo período analisado

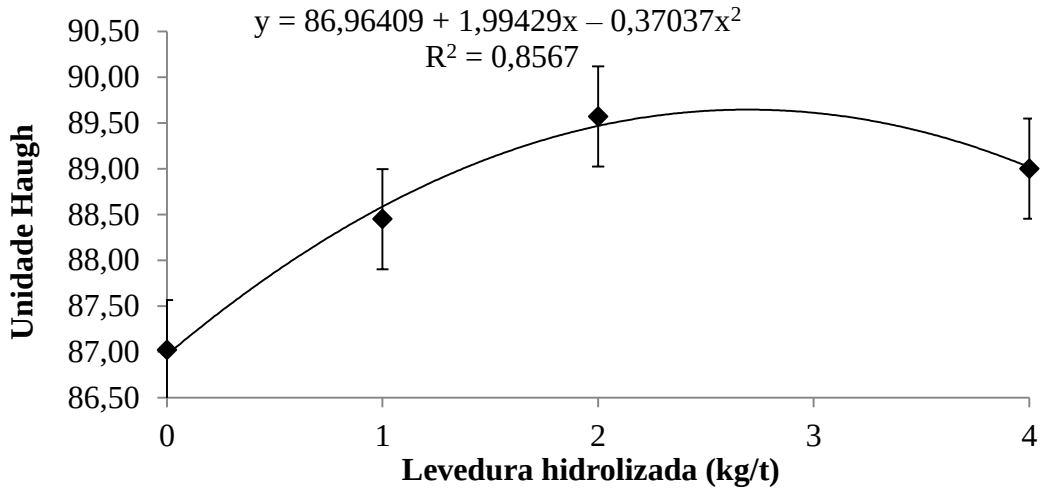


Figura 30 - Unidade Haugh dos ovos de poedeiras alimentadas com níveis de levedura hidrolisada no segundo período analisado

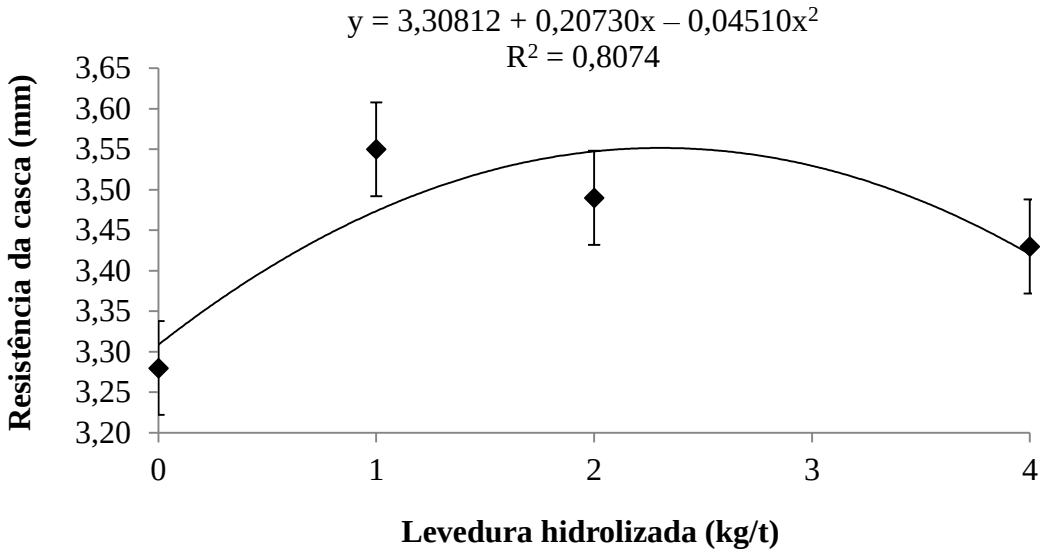


Figura 31 - Resistência dos ovos de poedeiras alimentadas com níveis de levedura hidrolisada no segundo período analisado

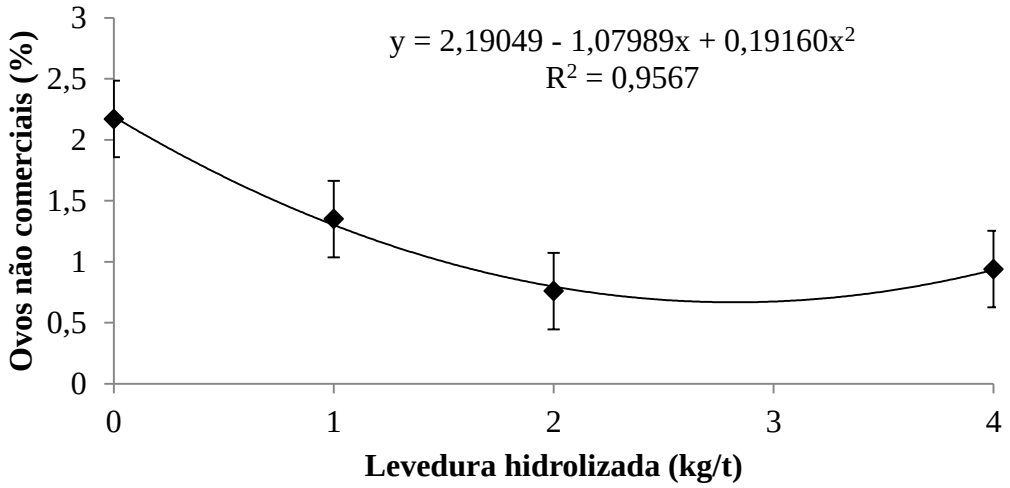


Figura 32 - Porcentagem de ovos não comerciais de poedeiras alimentadas com níveis de levedura hidrolisada no segundo período analisado

5.3.3. Análise econômica

Os custos por tonelada de ração dos tratamentos com inclusão do aditivo, como já se previa, foram superiores ao custo do tratamento sem inclusão (Tabela 11). Ao multiplicar a conversão alimentar média por dúzia de ovos pelo custo da ração, foram encontrados os custos médio para produzir uma dúzia de ovos. Os tratamentos com a inclusão de 1 e 2 kg/t de levedura apresentaram custos iguais.

A produção total média de dúzia de ovos do período com a suplementação do aditivo, foi numericamente maior em relação ao controle, o nível de 4 kg/t foi 3,95% superior à produção das aves do controle. Consequentemente, a receita bruta foi maior com as suplementações do aditivo, podendo ser constatada através de suas respectivas variações de 2,20% (1 kg/t), 3,02% (2 kg/t) e 4,12% (4 kg/t) em relação ao controle. As aves do controle exibiram numericamente um menor consumo de ração total médio, em relação as aves do tratamento com levedura. Em decorrência, o controle apresentou um menor custo com a alimentação, constatado pela variação de 2,14% (1 kg/t), 3,44% (2 kg/t) e 6,30% (4 kg/t) com a inclusão de levedura

Tabela 5 - Análise econômica da produção de ovos de poedeiras suplementadas com levedura hidrolisada de 21 a 40 e de 48 a 67 semanas de idade, considerando preços médios históricos para o milho, farelo de soja e dúzia de ovos

	Levedura hidrolisada (kg/t)			
Indicadores	0	1	2	4
Custo da ração (US$/t)	326,79	333,18	335,57	344,35
Conversão alimentar média por dúzia (kg/dz)	1,39	1, 37	1,36	1,33
Custo médio p/ produzir a dúzia de ovos (US$)	0,454	0,456	0,456	0,458
Dúzia de ovos produzidos total médio (dz)	151,85	155,19	156,43	158,10
Receita bruta total média (US$)	133,63	136,57	137,66	139,13
Consumo de ração total médio (kg)	208,81	210,45	210,34	210,68
Custo da alimentação total médio (US$)	68,24	69,70	70,59	72,54
Margem bruta total média (US$)	65,39	66,87	67,07	66,59
Variação do custo da alimentação (%)	0,00	2,14	3,44	6,30
Variação da receita bruta (%)	0,00	2,20	3,02	4,12
Variação da margem bruta (%)	0,00	2,26	2,57	1,84

em relação ao controle. A margem bruta foi 2,5% superior com a suplementação de 2 kg/t de levedura h idrolisada em comparação ao tratamento controle. A variação da margem bruta demonstra que o uso do aditivo pode aumentar a margem bruta em 2,26% (1 kg/t), 2,57% (2 kg/t) e 1,84% (4 kg/t) em relação ao não uso da levedura hidrolisada na dieta das poedeiras.

5.4. Discussão

A suplementação da levedura hidrolisada na dieta das poedeiras no primeiro período analisado, não apresentou resultados positivos sobre o desempenho produtivo e na qualidade dos ovos. Em contrapartida, durante o segundo período experimental houveram ganhos significativos. Provavelmente, estes benefícios podem ser decorrentes devido ao maior período de suplementação, pois as aves foram alimentadas mantendo as dietas e os níveis do aditivo de 19 a 67 semanas de idade, favorecendo o sistema enzimático digestivo e o aumento das vilosidades intestinais, outro possível fator é a idade das aves (48 a 67 semanas de idade). Entretanto, nenhuma análise foi realizada para afirmar estas hipóteses. Abdelqader *et al*. (2013) concluíram que a produção e a qualidade da casca de ovos podem ser aumentadas na fase final de produção (64 a 75 semanas de idade) pela inclusão na dieta de prebiótico (*B. Subtilis*) e probiótico (inulina). Aves suplementadas com 250 ppm de parede celular de levedura de 21 a 28 semanas de idade, apresentaram maior peso dos ovos em relação as aves de 29 a 36 semanas de idade que receberam 500 ppm de parede celular de levedura (HASHIM *et al*., 2013). Entretanto, os autores não verificaram diferença no consumo de ração, conversão alimentar e na produção de ovos.

Outra hipótese é com relação ao aumento do desafio sanitário nas instalações, uma vez que, os efeitos dos aditivos são mais evidentes em condições subótimas. Poedeiras que receberam a suplementação de mannanoligossacarídeos (0,1 e 0,15%), em condições de desafio bacteriano, melhoraram o desempenho produtivo e a digestibilidade dos nutrientes por meio da alteração da população das bactérias intestinais (JAHANIAN & ASHNAGAR, 2015). Por trás dessa ação, estão outros efeitos exercidos pelos mannanoligossacarídeos, como a redução dos efeitos adversos de metabólitos da biota intestinal, redução da taxa de *turnover* dos enterócitos, aumento da relação vilo:cripta, melhora a saúde da borda em escova permitindo a absorção de nutrientes vitais, aumento do número de células caliciformes e secreção de muco aumentando a colonização das bactérias benéficas (FERKET *et al*., 2002).

Por meio dos valores preditos pela derivada das equações, para se obter o maior consumo de ração, produção, conversão alimentar por massa de ovos, massa e peso dos ovos, foi encontrado o valor médio de 3,16 kg/t da inclusão de levedura hidrolisada. O consumo de ração não é uma variável determinante para expressão dos benefícios do uso da levedura. De acordo com Yalçin *et al*. (2010), poedeiras de 22 a 38 semanas de idade que receberam 2, 3 e 4 g/kg de levedura autolisada (*S. cerevisiae*), não manifestaram diferença no consumo. Porém, apresentaram um aumento na produção, peso dos ovos, eficiência alimentar, resposta imune humoral, diminuição do nível de colesterol da gema do ovo e dos níveis séricos de colesterol e triglicerídeos nas aves. Contrariamente, Hassanein & Soliman (2010) não verificaram influência no peso dos ovos de poedeiras com inclusão de leveduras vivas na dieta.

Os melhores valores da conversão alimentar por dúzia de ovos e por massa de ovos ficaram em torno do nível de 2 kg/t a 3,30 kg/t do aditivo. Este nível foi acima do

utilizado por Ayanwale *et al*. (2006), que verificaram que a adição de 0,75% de levedura seca (*Saccharomyces cerevisiae*) na dieta de frangas, resultou na melhor conversão alimentar. Estes autores pressupõem que este efeito seja devido a melhor oferta de fósforo fítico e a biodisponibilidade de certos micronutrientes.

A adição de leveduras em algumas circunstâncias pode não apresentar efeito direto sobre o desempenho produtivo das aves, mas em sua qualidade, como uma melhor unidade Haugh, gravidade específica, maior peso do ovo, espessura e peso da casca dos ovos (AYANWALE *et al*., 2006; HASHIM *et al*., 2013).

No primeiro período analisado a espessura da casca foi menor com a inclusão de 4 kg/t de levedura hidrolisada. Contudo, no segundo período o uso da levedura hidrolisada foi melhor em relação ao controle, da mesma forma que a resistência da casca. A espessura e resistência da casca dos ovos são medidas correlacionadas que representam a qualidade da casca, muito importantes na indústria avícola, pois influenciam diretamente a rentabilidade econômica da produção de ovos. Além, de sua importância para conservação a proteção contra a penetração de bactérias patogênicas como Salmonella spp. (SHALAEI *et al*., 2014). Hashim *et al*. (2013) encontraram que o uso de parede celular de levedura para poedeiras aumentou a qualidade da casca dos ovos, verificados pela melhor gravidade específica, peso, espessura e porcentagem da casca. A fração prebiótica é conhecida pelos efeitos na qualidade da casca, as quais podem ser atribuídas pelo aumento da disponibilidade dos minerais em função do aumento da área de absorção (vilo:cripta) (ABDELQADER *et al*., 2013). A porcentagem de ovos não comerciais está diretamente relacionada com essas variáveis, pois quanto pior a qualidade da casca maior a porcentagem de ovos que não chegam ao mercado. Portanto, através da suplementação das aves com

levedura hidrolisada no segundo período analisado, verificou-se que essa porcentagem pode ser diminuída.

Ovos que apresentam valores de unidade Haugh superior a 72 são considerados de qualidade excelente, valores de unidade Haugh de 60 a 72 são de qualidade alta e valores inferiores a 60 unidade Haugh são de qualidade inferior (USDA, 2000). Verifica-se que todos tratamentos nos períodos analisados, apresentaram ovos de qualidade excelente. Porém, a unidade Haugh foi maior com o uso do aditivo no segundo período analisado. A altura do albúmen no segundo período apresentou o melhor valor ao nível de 2,93 kg/t do aditivo. Estas duas variáveis são as principais responsáveis pela qualidade interna do ovo, as quais foram beneficiadas pela suplementação de levedura hidrolisada. Com o passar do tempo de estocagem ocorre uma diminuição na altura do albúmen, e consequentemente da unidade Haugh dos ovos. Portanto, quanto melhor a qualidade interna dos ovos, produzidos no campo, melhor será para o consumidor. Salientando, que a temperatura e o tipo de embalagem dos ovos também exercem influência sobre sua qualidade, sendo necessários outros estudos para avaliar essas variáveis e a interação com os níveis de levedura hidrolisada.

As leveduras possuem carotenoides podendo portanto, intensificar a cor das gemas dos ovos. Entretanto, não foram verificados influência sobre a coloração das gemas, possivelmente devido a pequena quantidade de inclusão na dieta das aves. Maia *et al*. (2002) verificaram a cor amarela da gema intensificada com a inclusão de levedura seca na dieta das poedeiras em proporções de até 28%.

As pesquisas com o uso de leveduras na alimentação de poedeiras apresentam uma variação de efeitos sobre o desempenho produtivo e de qualidade dos ovos, necessitando ser melhor elucidada, principalmente em relação a diferenciação dos

processos de obtenção das leveduras e sua atuação no trato gastrintestinal dos animais.

Por meio dos valores preditos pela derivada das equações para à obtenção da maior altura do albúmen, unidade Haugh, resistência e menor porcentagem de ovos não comerciais, foi encontrado o valor médio de 2,69 kg/t da inclusão de levedura hidrolisada.

O uso do aditivo gerou um custo por tonelada de ração superior ao tratamento sem a sua inclusão, entretanto, a produção total média de dúzia de ovos foram maiores com a utilização do aditivo. Dessa forma, o uso do aditivo resultou em uma maior receita bruta, mesmo as aves aumentando o consumo de ração, os resultados da margem bruta apontam que o uso da levedura hidrolisada na dieta de poedeiras é viável economicamente. Maia *et al*. (2002) encontraram que inclusão de até 28% de levedura seca nas rações de poedeiras, foi considerada uma prática viável pela análise econômica.

A variação da receita bruta total aponta para uma maior geração de receita, quando se utiliza levedura hidrolisada na dieta das poedeiras, apesar da variação do custo total da alimentação ser maior que o controle, à variação da margem bruta de todos os níveis do aditivo foram superiores ao controle. Esses dados apontam a viabilidade econômica do uso da levedura hidrolisada na produção de ovos, pois mesmo despendendo mais com a alimentação é possível produzir mais ovos, o que resultou em um aumento da margem bruta mais que proporcionalmente com o uso de levedura hidrolisada. Corroborando com Ayanwale *et al*. (2006) que verificaram maior lucro com o uso de 0,75% de levedura seca na dieta das poedeiras associado a melhor qualidade interna dos ovos.

5.5. Conclusão

A adição de levedura hidrolisada na dieta de poedeiras aumentou o desempenho produtivo e a qualidade dos ovos durante o período de 48 a 67 semanas de idade. O nível médio de 3,16 kg/t da inclusão de levedura hidrolisada proporciona o máximo desempenho produtivo das aves, enquanto que o nível médio de 2,69 kg/t do aditivo proporciona a máxima qualidade dos ovos. A suplementação de levedura hidrolisada para poedeiras durante 21 a 40 e 48 a 67 semanas de idade demonstrou ser viável economicamente em todos os níveis testados. A inclusão de 2 kg/t de levedura hidrolisada proporcionou incremento da margem bruta total média, podendo aumentar a lucratividade dos avicultores. Dessa forma, a levedura hidrolisada pode ser utilizada na faixa de 1 a 4 kg/t de inclusão, dependente da margem bruta a ser alcançada, escolhendo entre atingir o máximo desempenho produtivo ou a máxima qualidade dos ovos. Para se obter uma melhor produção de ovos recomenda-se a suplementação de 3,12 kg/t de levedura hidrolisada.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos pilares do sucesso da Avicultura é a nutrição e os seus constantes avanços. Os aditivos são um dos protagonistas, responsáveis por otimizar os resultados zootécnicos e econômicos da produção animal. As restrições ao uso de antimicrobianos (antibióticos e quimioterápicos) como melhoradores de desempenho, devido aos riscos de contaminação cruzada e resíduos nos produtos animais, movimenta a busca de alternativas de aditivos mais seguros, naturais e de menor impacto ambiental. O uso de leveduras na nutrição animal se encontra bem difundido, entretanto, as modernizações no processo de obtenção tem resultado em produtos inovadores. Esses produtos além de apresentarem benefícios ao desempenho animal precisam demonstrar resultados econômicos positivos que reforcem a importância de sua utilização. Portanto neste estudo, em ambos os experimentos, tanto o uso da parede celular de leveduras quanto a levedura hidrolisada, foram interessantes do ponto de vista econômico, produtivo e de qualidade dos ovos. Entretanto, o melhor nível a ser utilizado fica a critério do produtor. Os resultados apontam que a escolha do nível é dependente da lucratividade almejada, elegendo entre atingir o máximo desempenho produtivo ou a máxima qualidade dos ovos, ou também manter-se ao nível intermediário.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLAH, A.G. *et al*. Various methods of measuring shell quality in relation to percentage of cracked eggs. **Poultry Science**, v.72, p. 2038 - 2043, 1993.

ABDELQADER, A. *et al*. Effects of dietary Bacillus subtilis and inulin supplementation on performance, eggshell quality, intestinal morphology and microflora composition of laying hens in the late phase of production. **Animal Feed Science and Technology**, v.179, p. 103 - 111, 2013.

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual** 2015. Disponível em <http://abpa-br.com.br/files/RelatorioAnual_UBABEF_2015_DIGITAL.pdf>. Acesso em 09 de março de 2016.

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual** 2016. Disponível em <http://abpar.com.br/storage/files/versao_final_para_envio_digital_1925a_final_abpa_relatorio_anual_2016_portugues_web1.pdf>. Acesso em 09 de setembro de 2016.

AGUILAR-USCANGA, B.; FRANÇOIS, J.M. A study of the yeast cell wall composition and structure in response to growth conditions and mode of cultivation. **Letters in Applied Microbiology**, v. 37, p. 268-274, 2003.

ARENA, M. P. *et al*. β-Glucans and Synbiotic Foods. In. WATSON, R. R.; PREEDY, V. R. **Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics**. Bioactive Foods in Health Promotion, London: Academic Press, 2015. 938 p.

AYANWALE, B. A. *et al*. The effect of supplementing Saccharomyces cerevisiae in the diets on egg laying and egg quality characteristics of pullets. **International Journal of Poultry Science**, v.5, p.759 - 763, 2006.

BARBALHO, R. L. C. **Suplementação de levedura hidrolisada (Hilyses®) nas dietas de frango de corte**. 59 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

BARROSO, D. C. *et al*. Adição da parede celular de levedura (Saccharomyces cerevisiae) na dieta para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.65, n.4, p.1139 - 1148, 2013.

BAURHOO, B. *et al*. Purified cell wall of Saccharomyces cerevisiae increases **protection against intestinal pathogens in broiler chickens.** International Journal of Poultry Science, v.8 (2), p.133-137, 2009.

BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Ed. UFLA, 2006. 301p.

BISCARO, L. M.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Cor, betacaroteno e colesterol em gema de ovos obtidos de poedeiras que receberam diferentes dietas. **Ciência Agrotécnica**, v.30, n.6, p.1130 - 1134, 2006.

BOZKURT, M. *et al*. Effects of dietary mannan oligosaccharide and herbal essential oil blend supplementation on performance and oxidative stability of eggs and liver in laying hens. **Italian Journal of Animal Science**, v.11, p. 223 - 229, 2012b.

BOZKURT, M. *et al*. Performance, egg quality, and immune response of laying hens fed diets supplemented with mannan oligosaccharide or an essential oil mixture under moderate and hot environmental conditions. **Poultry Science**, v. 91, p.1379 - 1386, 2012a.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa** nº 15 de 26 de Maio de 2009. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=2113570100>. Acesso em: 20 Novembro de 2015.

BRUNO, J.B.C. **Efeito dos diferentes níveis de nucleotídeos em frangos de corte alimentados com probióticos.** Dissertação (Mestrado). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

BURRELLS, C. *et al.* Dietary nucleotides: a novel supplement in fish feeds 1. Effects on resistance to diseases in salmonids. **Aquaculture**, v.199, p.159-169, 2001.

ÇABUK, M. *et al*. Effect of a dietary essential oil mixture on performance of laying hens in the summer season. **South African Journal of Animal Science**, v.36, p. 215 - 221, 2006.

CARVER, J.D.; WALKER, W.A. The role of nucleotides in human nutrition. J**ournal of Nutritional Biochemistry**, v.6 (2), p.58-72, 1995.

CHAMPE, P. C. *et al.* Metabolismo dos nucleotídeos. In: **Bioquímica Ilustrada**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006, p. 289-304.

COELHO, H.E. **Patologia veterinária**. São Paulo: Manole, 2002. 234p.

COSGROVE, M. Nucleotides. Perinatal and infant nutrition. **Nutrition**, v.14 (10), p.748-751, 1998.

COX, C. M.; DALLOUL, R. A. Beta-glucans as immunomodulators in poultry: use and potential applications. **Avian Biology Research,** v.3, n.4, p.171 - 178, 2010.

FATHI, M. M. *et al*. Effect of yeast culture supplementation on carcass yield and humoral immune response of broiler chicks. **Veterinary World**, v.5, n.11, p.651 - 657, 2012.

FAVERI, J. C. *et al*. Desempenho e morfologia intestinal de frangos de corte na fase de crescimento, com e sem adição de nucleotídeos na dieta, em diferentes níveis proteicos. **Pesquisa Veterinária Brasileira,** v.35, n.3, p.291 - 296, 2015.

FELDMANN, H. Yeast Cell Architecture and Functions. In: **Yeast: Molecular and Cell Biology**. 2 ed. Weinheim: Wiley-Blackwell, 2012, p. 5-24.

FERKET, P. R.; PARKS, C. W.; GRIMES, J. L. **Benefits of dietary antibiotic and mannanoligosaccharide supplementation for poultry**. In: Multi-State Poultry Meeting, 2002, Proceedings … Indianapolis, EUA, p.22, 2002.

FLEMMING, J. S.; FREITAS, R. J. S. Avaliação do efeito de prebióticos (MOS), probióticos (*Bacillus licheniformis* e *Bacillus subtilis)* e promotor de crescimento na alimentação de frangos de corte. **Archives of Veterinary Science**, v.10, n.2, p.41 - 47, 2005.

GAMEIRO, A. H. Avaliação Econômica Aplicada à Zootecnia: avanços e desafios. In. SANTOS, M. V.; PRADA E SILVA, L. F.; RENNÓ, F. P.; ALBUQUERQUE, R. (Ed.). **Novos Desafios da Pesquisa em Nutrição e Produção Animal**, Pirassununga: Editora 5D, 2009. 215 p.

GAO, J. *et al*. Effects of yeast culture in broiler diets on performance and immunomodulatory functions. **Poultry Science**, v.87, p.1377 - 1384, 2008.

GENTILINI, F. P. *et al*. Desempenho produtivo e qualidade de ovos de poedeiras semipesadas com adição de extrato de leveduras na dieta. **Ciência Animal Brasileira**, v.10, n.4, p.1110 - 1114, 2009.

GIBSON, G. R.; ROBERFROID, M. B. Dietary modulation of the human colonic microbiota: introducing the concept of prebiotics. **Journal of Nutrition**, v.125, n.6, p.1401 - 1412, 1995.

GÓMEZ, S. *et al*. Combination of an enzymatically hydrolyzed yeast and yeast culture with a direct-fed microbial in the feeds of broiler chickens. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v.25, p.665 - 673, 2012.

GURBUZ, E. *et al*. Use of yeast cell walls and *Yucca schidigera* extract in layer hens diet. **Italian Journal of Animal Science**, v.10, p.134 - 138, 2011.

HALASZ, A.; LÁSZTITY, R. Chemical composition and biochemistry of yeast biomass. In: **Use of yeast biomass in food production**. CRC Press Inc., Boca Raton, 1991, p. 23 - 41.

HASHIM, M. *et al*. Effects of yeast cell wall on early production laying hen performance. **Journal of Applied Poultry Research**, v.22, p.792 - 797, 2013.

HASSAN, H. A.; RAGAB, M. S. Single and combined effects of mannan oligosaccharide (MOS) and dietary protein on the performance and immunity response of laying hens. **Egyptian Poultry Science**, v.27, p.969 - 987, 2007.

HASSANEIN, S. M.; SOLIMAN, N. K. Effect of probiotic (*Saccharomyces cerevisiae*) adding to diets on intestinal microflora and performance of Hy-Line layers hens. **Journal of American Science**, v.6, n.11, p.159 - 169, 2010.

HISANO, H. *et al*. Desempenho produtivo de alevinos de tilápia-do-nilo alimentados com levedura e derivados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1035 - 1042, 2007.

HOFFMANN, R. **Estatística para economistas**. 4ª ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006, 446p.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: **Estatística da Produção Pecuária Setembro de 2013**. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/producaoagropecuaria/abate-leite-couro-ovos_201302_publ_completa.pdf>. Acesso em 05 de Outubro de 2013.

INSTITUTO OVOS BRASIL. **Informa** Nº 01, 2013. Disponível em: <http://www.ovosbrasil.com.br/uploads/download/Informa012013.pdf>. Acesso em 13 de Janeiro de 2015.

JAHANIAN, R.; ASHNAGAR, M. Effect of dietary supplementation of mannan-oligosaccharides on performance, blood metabolites, ileal nutrient digestibility, and gut microflora in *Escherichia coli*-challenged laying hens. **Poultry Science**, v.94, n.9, p.2165 - 2172, 2015.

JIANG, S. Z. *et al*. Effects of Fusarium mycotoxins with yeast cell wall absorbent on hematology, serum biochemistry, and oxidative stress in broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, v.23, p.165 - 173, 2014.

KIM, G,-B. *et al*. Effect of dietary prebiotic supplementation on the performance, intestinal microflora, and immune response of broilers. **Poultry Science**, v.90, p.75 - 82, 2011.

KOGAN, G.; KOCHER, A. Role of yeast cell wall polysaccharides in pig nutrition and health protection. **Livestock Science**, v.109, p.161 - 165, 2007.

LATRILLE, L. L. *et al*. Evaluación de dos tipos de leveduras (Torula utilis y *Saccharomyces cerevisae*), como fuente proteica para raciones de pollos en crecimiento. **Avance en producion animal**, v.1, p.45 - 51, 1976.

LEITE, R. C.; CORTEZ, L. A. B. E. O Etanol Combustível no Brasil. In: **Biocombustíveis no Brasil: realidades e perspectivas**. Brasília: Arte Impressora Gráfica LTDA, 2012, p. 60-75.

LENSING, M. *et al*. Efficacy of *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product on intestinal health and productivity of coccidian-challenged laying hens. **Poultry Science**, v.91, p.1590 - 1597, 2012.

LI, P.; GATLIN III, D.M. Nucleotide nutrition in fish: Current knowledge and future applications. **Aquaculture**, v. 251, p.141-152, 2006.

LI, Z. *et al*. Effects of feed-borne Fusarium mycotoxins with or without yeast cell wall adsorbent on organ weight, serum biochemistry, and immunological parameters of broiler chickens. **Poultry Science**, v.91, p.2487 - 2495, 2012.

LINE, J. E. *et al*. Effect of yeast suplemented feed on Salmonella and Campylobacter populations in broilers. **Poultry Science**, v.77, p.405 - 410, 1998.

LODDI, M. M. **Probióticos, prebióticos e acidificante orgânico em dietas para frangos de corte.** 52 f. Tese (Doutorado). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2003.

MACARI, M.; MAIORKA, A. Função gastrintestinal e seu impacto no rendimento avícola. In: **Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas**, 2000, Campinas, Anais...Campinas: Fundação Avícola de Ciência e Tecnologia Avícolas, v.2, p. 161 - 174, 2000.

MAGNANI, M.; CASTRO-GÓMEZ, R. J. H. β-glucana de *Saccharomyces cerevisiae:* constituição, bioatividade e obtenção.**Semina: Ciências Agrárias**, v.29, n.3, p. 631 - 650, 2008.

MAIA, G. A. R. *et al*. Qualidade dos ovos de poedeiras comerciais alimentadas com levedura seca de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.9, p.1295 - 1300, 2002.

MALDONADO, J. *et al*. The influence of dietary nucleotides on humoral and cell immunity in the neonate and lactating infant. **Early Human Development**, v. 65, p.69-74, 2001.

MAPA. **Produção Brasileira de Etanol: Setor Sucroalcooleiro**_17_05_2016. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/estatisticas/producao/JUNHO_2016/05_prodetanolsafra.pdf>. Acesso em 13 de Janeiro de 2015.

MARTÍNEZ, B. F. *et al.* Use of *Saccharomyces cerevisiae* cell walls in diets for two genetic strains of laying hens reared in floor and cages. **International Journal of Poultry Science**, v.9, n.2, p. 105 - 108, 2010.

MATEO, C. D. *et al.* Nucleotides in sow colostrum and milk at different stages of lactation. **Journal of Animal Science**, v.82, p.1339 - 1342, 2004.

MATUR, E. *et al*. The effects of *Saccharomyces cerevisiae* extract on the weight of some organs, liver, and pancreatic digestive enzyme activity in breeder hens fed diets contaminated with aflatoxins. **Poultry Science**, v.89, p.2213 - 2220, 2010.

MOLIST, F. *et al*. Effects of inclusion of hydrolyzed yeast on the immune response and performance of piglets after weaning. **Animal Feed Science and Technology**, v.195, p.136 - 141, 2014.

MUTHUSAMY, N. *et al*. Effects of hydrolysed *Saccharomyces cerevisiae* yeast and yeast cell wall components on live performance, intestinal histo-morphology and humoral immune response of broilers. **British Poultry Science**, v.52, n.6, p.694 - 703, 2011.

NOCEK, J. E. *et al.* Effects of supplementation with yeast culture and enzymatically hydrolyzed yeast on performance of early lactation dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.94, p.4046 - 4056, 2011.

NUNES, J. K. *et al*. Suplementação de extrato de levedura na dieta de poedeiras comerciais: desempenho produtivo. **Ciência Animal Brasileira**, v.9, n.2, p.357 - 364, 2008.

NUNES, J. K. *et al*. Suplementação de extrato de levedura na dieta de poedeiras: Qualidade de ovos. **Archivos de Zootecnia**, v.59, n.227, p.369 - 377, 2010.

PACHECO, T. F. *et al.* **Produção de etanol**. In: MACHADO, C. M. M., Microrganismos na produção de biocombustíveis líquidos. Editora Técnica, Embrapa Agroenergia, Brasília, p. 213-255, 2013.

PELICIA, V. C. *et al*. Nucleotídeos na dieta de frangos de corte e seus efeitos sobre taxa de turnover da mucosa intestinal antes e após lesões causadas por coccidiose. **Ciência Rural**, v.41, n.9, p.1652 – 1659, 2011.

RODRIGUES, K. R. M.; SALAY, E. Atitudes de granjeiros, atacadistas, varejistas e consumidores em relação à qualidade sanitária do ovo de galinha *in natura*. **Revista de Nutrição**, v.14, n.3, p.185 - 193, 2001.

ROSTAGNO, H. S. *et al*. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3ª ed. Viçosa: UFV/Departamento de Zootecnia, 2011, 252p.

SAAD, S.M.I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.42 (1), p.1-16, 2006.

SHALAEI, M. *et al.* Effect of different supplements on eggshell quality, some characteristics of gastrointestinal tract and performance of laying hens. **Veterinary Research Forum**, v.5, p.277 - 286, 2014.

SAKAMOTO, M. I. **Desempenho, desenvolvimento e atividade enzimática da mucosa intestinal de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com gluatamina e nucleotídeos**. 117 f. Tese (Doutorado). Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

SILVA, L. P.; NÖRNBERG, J. L. Prebióticos na nutrição de não ruminantes. **Ciência Rural**, v.33, n.4, p.983 - 990, 2003.

SILVA, V.K. **Extrato de levedura (S*accharomyces cerevisiae*) e prebiótico na dieta pré-inicial para frangos de corte criados em diferentes temperaturas**.151 f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Ciencias Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

SOLOMOM, S. E. **Egg and eggshell quality**. London: Wolfe Publishing Ltd, 1991, 149p.

SPRING, P. *et al*. The effects of dietary mannan oligosaccharides on cecal parameters and the concentrations of enteric bacteria in the ceca of Salmonella-challenged broiler chicks. **Poultry Science**, v.79, p.205 - 211, 2000.

SUCUPIRA, F. S. *et al*. Alimentação de codornas de postura com rações contendo levedura de cana-de-açúcar. **Ciência Rural***,* v.37, p.528 - 532, 2007.

UAUY, R. *et al*. Effect of dietary nucleosides of growth and maturation of the developing gut in rat. **Journal of Pediatric Gastroenterolgy and Nutrition**, v.10, p.497 - 503, 1990.

USDA. **Egg-Grading Manual**. Agricultural Handbook Number 75. Washington: Departament of Agriculture, 2000, 56p, Disponível em: <http://www.ams.usda.gov/AMSv1,0/getfile?dDocName=STELDEV3004502>. Acesso em 13 de Janeiro de 2015.

YALÇIN, S. *et al*. Effects of dietary yeast autolysate (*Saccharomyces cerevisiae*) on performance, egg traits, egg cholesterol content, egg yolk fatty acid composition and humoral immune response of laying hens. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.90, p.1695 - 1701, 2010.

YALÇIN, S. *et al*. Effects of dietary yeast autolysate (*Saccharomyces cerevisiae*) and black cumin seed (*Nigella sativa* L,) on performance, egg traits, some blood characteristics and antibody production of laying hens. **Livestock Science**, v.145, p.13 - 20, 2012.

YAMAMOTO, S. *et al*. Role of nucleotides and nucleosides in immune system, gut reparation after injury and brain function. **Nutrition**, v.13 (4), p.372-374, 1997.

YOUSEFI, M.; KARKOODI, K. Effect of probiotic Thepax® and *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on performance and egg quality of laying hens. **International Journal of Poultry Science**, v.6, p. 52 - 54, 2007.

ZAGHINI, A. *et al*. Effects on egg quality, aflatoxins b1 and m1 residues in eggs, and aflatoxin b1 levels in liver. **Poultry Science**, v.84, p.825 - 832, 2005.

ZHANG, A. W. *et al*. Effects of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) cell components on growth performance, meat quality, and ileal mucosa development of broiler chicks. **Poultry Science**, v.84, p.1015 - 1021, 2005.

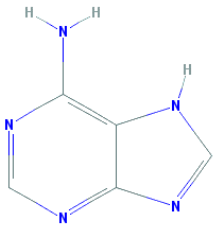
ZHANG, Z. F. *et al*. Effects of β-glucan and *Bacillus subtilis* on growth performance, blood profiles, relative organ weight and meat quality in broilers fed maize–soy bean meal based diets. **Livestock Science**, v.150, p. 419 - 424, 2012.

8. ANEXOS

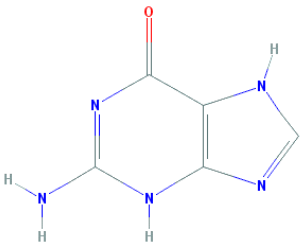
Anexo A: Estrutura das base nitrogenadas das purinas (PubChem)

Purinas

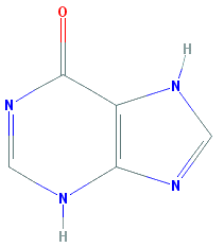
Adenina



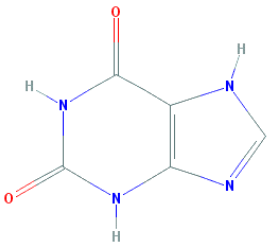
Guanina



Hipoxantina



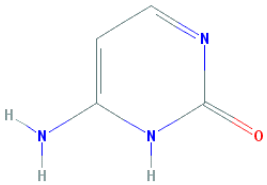
Xantina



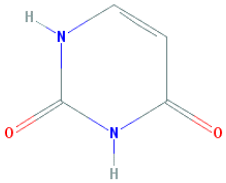
Anexo B: Estrutura das base nitrogenadas das pirimidinas (PubChem)

Pirimidinas

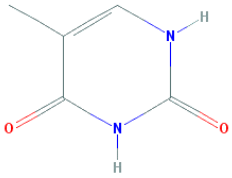
Citosina



Uracila



Timina

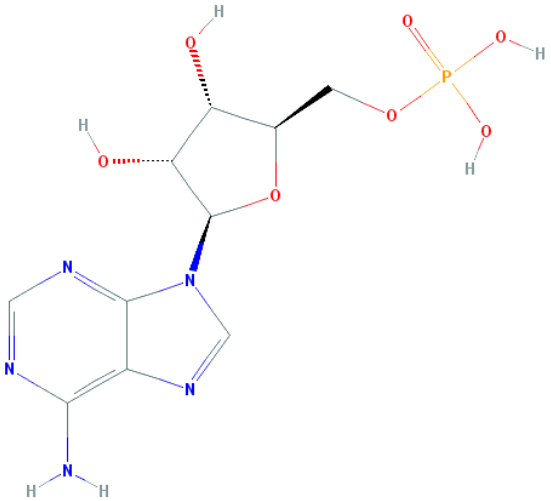


Anexo C: Nomenclatura dos nucleotídeos (CARVER & WALKER, 1995; PubChem)

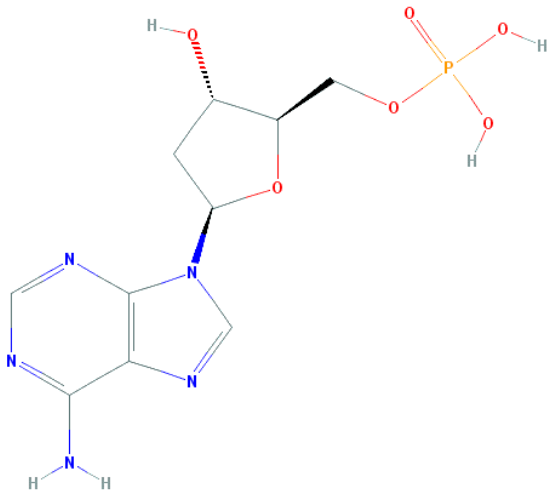
Base nitrogenada	Nucleosídeo	Ribonucleotídeo	Desoxiribonucleotídeo
Purinas			
Adenina	Adenosina	Amp	dAMP
Guanina	Guanosina	GMP	dGMP
Hipoxantina	Inosina	IMP	
Pirimidinas			
Citosina	Citidina	CMP	dCMP
Uracila	Uridina	UMP	
Timina	Timidina		dTMP

Anexo D: Nucleotídeos da adenina (CARVER & WALKER, 1995)

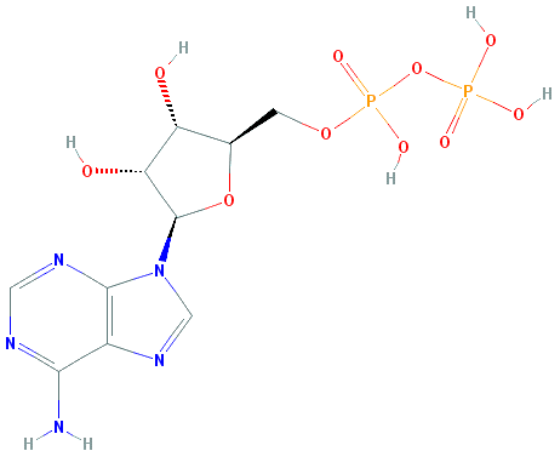
Adenosina 5’ fosfato



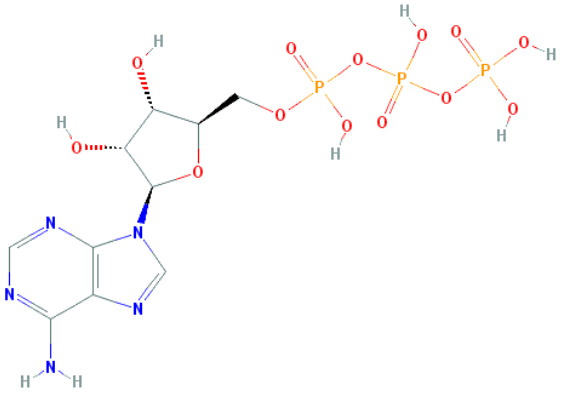
Desoxiadenosina 5’ fosfato



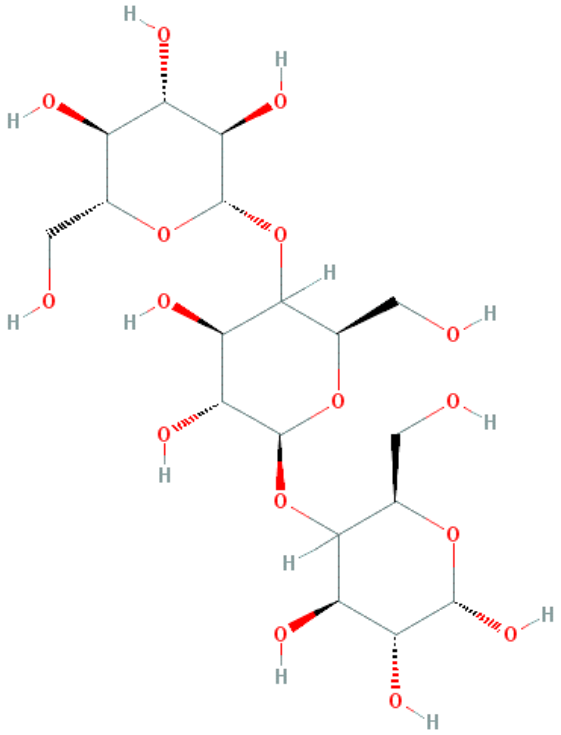
Adenosina 5’ difosfato



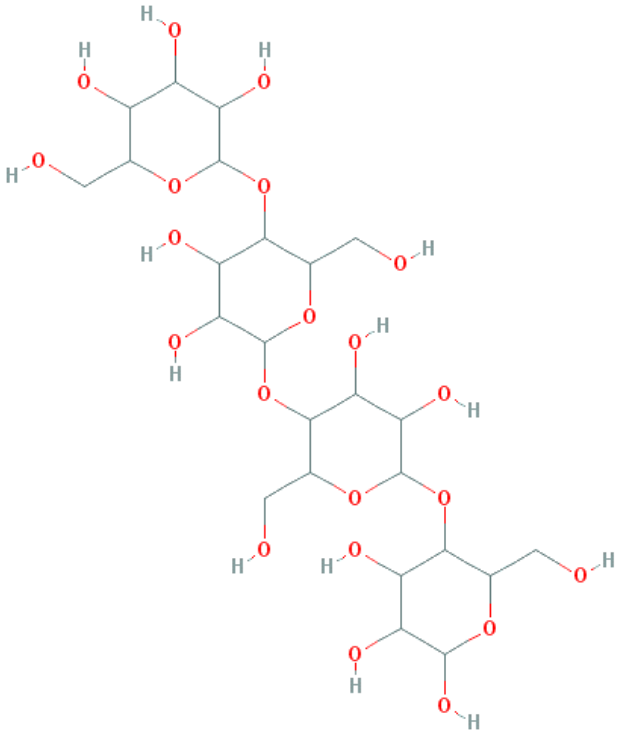
Adenosina 5’ trifosfato



Anexo E: Estrutura dos β-glucanos (PubChem)



Anexo F: Estrutura dos mananoligossacarídeos (PubChem)



9. APÊNDICES

APÊNDICE A:Temperatura máxima e mínima mensal durante o período de 30 de maio de 2013 a 07 de maio de 2014

	Temperatura máxima	Temperatura mínima
Maio/2013	18,32	18,16
Junho/2013	18,52	18,31
Julho/2013	16,93	16,68
Agosto/2013	18,43	18,14
Setembro/2013	21,05	20,79
Outubro/2013	22,07	21,85
Novembro/2013	23,30	23,09
Dezembro/2013	24,66	24,44
Janeiro/2014	25,56	25,31
Fevereiro/2014	25,68	25,43
Março/2014	24,17	23,94
Abril/2014	22,50	22,28
Maio/2014	20,20	19,94

Fonte: Estação Meteorológica da USP - Campus Pirassununga

APÊNDICE B: Análises de desempenho e qualidade dos 12 ciclos de produção das poedeiras submetidas a níveis de inclusão de parede celular de levedura

Tabela 1 - Desempenho produtivo e qualidade dos ovos das poedeiras de 21 a 24 semanas de idades (1 ciclo) submetidas a níveis de inclusão de parede celular de levedura

	Níveis de parede celular de levedura					
	0	225	450	900	EPM	Valor de P
Consumo (g/ave/dia)	82,25	89,15	90,62	85,85	1,60	0,0045
Produção (%)	89,49	87,68	90,63	87,92	1,17	0,2640
Massa (g/ave/dia)	49,76	49,76	51,06	49,50	1,00	0,6846
CA/dúzia (kg/dz)	1,13	1,22	1,20	1,17	0,01	0,0009
CA/massa (kg/kg)	1,66	1,79	1,78	1,74	0,03	0,0079
Peso do ovo (g)	56,92	56,73	56,35	56,27	0,45	0,6992
Altura do albúmen (mm)	5,82	6,35	6,14	6,20	1,07	0,8286
Unidade Haugh	76,81	80,63	79,17	79,87	2,84	0,7974
Espessura (mm)	0,39	0,38	0,38	0,38	0,005	0,2350
Resistência (Kgf)	4,23	4,27	4,47	4,49	1,04	0,3346
Cor da gema	5,81	4,90	5,62	5,83	0,98	<0,0001

EPM: erro padrão da média; Valor de P significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Consumo = $82,48611 + 0,03458x – 3,436.10^{-5}x^2$; $R^2 = 0,3624$

CA/dz = $1,13 + 8,0648.10^{-4}x – 2,06.10^{-6}x^2 + 1,353452.10^{-9}x^3$; $R^2 = 0,4419$

CA/massa = $1,66883 + 5,0927.10^{-4}x – 4,83165.10^{-7}x^2$; $R^2 = 0,2806$

Cor da gema = $5,78125 – 0,00990x + 3,110.10^{-5}x^2 – 2,22908.10^{-8}x^3$; $R^2 = 0,3684$

Tabela 2 - Desempenho produtivo e qualidade dos ovos das poedeiras de 25 a 28 semanas de idades (2 ciclo) submetidas a níveis de inclusão de parede celular de levedura

	Níveis de parede celular de levedura					
	0	225	450	900	EPM	Valor de P
Consumo (g/ave/dia)	101,89	101,75	105,21	105,30	1,10	0,0412
Produção (%)	97,69	97,19	97,76	95,20	1,20	0,2560
Massa (g/ave/dia)	55,53	55,48	56,62	55,06	0,96	0,7012
CA/dúzia (kg/dz)	1,27	1,28	1,29	1,33	0,02	0,3177
CA/massa (kg/kg)	1,84	1,84	1,86	1,91	0,03	0,3177
Peso do ovo (g)	57,59	57,83	58,01	57,90	0,80	0,9869
Altura do albúmen (mm)	7,71	8,55	8,62	8,78	0,40	0,1961
Unidade Haugh	87,05	91,72	91,75	93,08	2,31	0,2349
Espessura (mm)	0,38	0,37	0,37	0,37	1,02	0,6835
Resistência (Kgf)	4,17	3,88	4,09	4,00	0,10	0,2704
Cor da gema	4,84	4,62	4,72	4,81	0,89	0,2721

EPM: erro padrão da média; Valor de P significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Consumo = $101,80892 + 0,00438x$; $R^2 = 0,1838$

Tabela 3 - Desempenho produtivo e qualidade dos ovos das poedeiras de 29 a 32 semanas de idades (3 ciclo) submetidas a níveis de inclusão de parede celular de levedura

	Níveis de parede celular de levedura					
	0	225	450	900	EPM	Valor de P
Consumo (g/ave/dia)	101,72	89,87	94,89	86,61	1,76	<0,0001
Produção (%)	95,86	92,64	94,19	90,63	1,46	0,0952
Massa (g/ave/dia)	57,71	51,43	53,37	48,30	1,23	0,0002
CA/dúzia (kg/dz)	1,27	1,17	1,20	1,17	0,02	0,0013
CA/massa (kg/kg)	1,76	1,75	1,77	1,80	0,03	0,6784
Peso do ovo (g)	60,23	55,52	56,56	54,45	0,77	0,0001
Altura do albúmen (mm)	9,04	8,44	8,73	8,14	2,23	0,1779
Unidade Haugh	94,04	91,08	92,12	89,19	1,73	0,7516
Espessura (mm)	0,37	0,37	0,38	0,37	1,01	0,1912
Resistência (Kgf)	3,93	4,22	4,26	4,20	0,12	0,2559
Cor da gema	4,61	4,22	4,44	4,81	0,10	0,0002

EPM: erro padrão da média; Valor de P significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Consumo = $101,72286 – 0,11573x + 3,3692.10^{-4}x^2 – 2,52199.10^{-7}x^3$; $R^2 = 0,5908$

Peso = $60,23143 – 0,04167x + 1,0976.10^{-4}x^2 – 7,84382.10^{-8}x^3$; $R^2 = 0,5223$

Massa = $57,70857 – 0,05862x + 1,642.10^{-4}x^2 – 1,22984.10^{-7}x^3$; $R^2 = 0,5137$

CA/dz = $1,27429 – 9,8611.10^{-4}x + 2,64.10^{-6}x^2 – 1,85773.10^{-9}x^3$; $R^2 = 0,4350$

Cor da gema = $4,54910 – 1,26.10^{-3}x + 1,74.10^{-6}x^2$; $R^2 =0,1233$

Tabela 4 - Desempenho produtivo e qualidade dos ovos das poedeiras de 33 a 36 semanas de idades (4 ciclo) submetidas a níveis de inclusão de parede celular de levedura

	Níveis de parede celular de levedura					
	0	225	450	900	EPM	Valor de P
Consumo (g/ave/dia)	88,58	88,72	93,08	90,33	1,37	0,1058
Produção (%)	78,50	72,94	78,55	72,21	1,98	0,0507
Massa (g/ave/dia)	44,19	39,80	44,13	40,47	1,28	0,0387
CA/dúzia (kg/dz)	1,36	1,46	1,38	1,51	0,03	0,0064
CA/massa (kg/kg)	2,00	2,24	2,04	2,24	0,05	0,0059
Peso do ovo (g)	56,54	54,57	56,06	56,11	0,84	0,4002
Altura do albúmen (mm)	8,06	8,14	8,50	8,53	0,25	0,2630
Unidade Haugh	90,03	91,04	92,37	92,88	1,56	0,2967
Espessura (mm)	0,40	0,39	0,38	0,39	0,005	0,3639
Resistência (Kgf)	4,26	4,21	4,44	4,59	0,14	0,2124
Cor da gema	5,01	5,38	5,45	5,62	1,08	0,0030

EPM: erro padrão da média; Valor de P significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Produção = $78,503 – 0,069x + 2,366.10^{-4}x^2 – 1,869.10^{-7}x^3$; $R^2 = 0,25$

Massa = $44,194 – 0,053x + 1,812.10^{-4}x^2 – 1,408.10^{-7}x^3$; $R^2 = 0,26$

CA/dz = $1,358 + 1,22.10^{-3}x – 3,99.10^{-6}x^2 + 3,133.10^{-9}x^3$; $R^2 = 0,37$

CA/massa = $2,001 + 0,003x – 8,92.10^{-6}x^2 + 6,875.10^{-9}x^3$; $R^2 = 0,38$

Cor da gema = $5,08784 + 6,1722.10^{-4}X$; $R^2=0,0924$

Tabela 5 - Desempenho produtivo e qualidade dos ovos das poedeiras de 37 a 40 semanas de idades (5 ciclo) submetidas a níveis de inclusão de parede celular de levedura

	Níveis de parede celular de levedura					
	0	225	450	900	EPM	Valor de P
Consumo (g/ave/dia)	84,47	95,92	95,37	93,62	1,31	<0,0001
Produção (%)	68,32	81,01	82,07	77,49	2,96	0,0165
Massa (g/ave/dia)	36,05	45,19	45,73	42,25	1,78	0,0038
CA/dúzia (kg/dz)	1,52	1,43	1,40	1,47	0,10	0,7287
CA/massa (kg/kg)	2,36	2,11	2,09	2,24	1,05	0,2058
Peso do ovo (g)	53,11	56,25	55,72	54,37	1,05	0,1977
Altura do albúmen (mm)	7,08	7,44	7,55	6,95	1,83	0,2191
Unidade Haugh	84,02	87,19	87,21	82,08	1,71	0,5630
Espessura (mm)	0,38	0,37	0,37	0,36	0,005	0,0539
Resistência (Kgf)	4,13	3,92	3,83	3,76	1,03	0,2179
Cor da gema	4,68	3,59	4,13	4,09	0,12	<0,0001

EPM: erro padrão da média; Valor de P significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Consumo = $84,47 + 0,09061x – 0,00020564x^2 + 1,291724.10^{-7}x^3$; $R^2 = 0,6248$

Produção = $69,18976 + 0,05507x – 0,00005126x^2$; $R^2 = 0,2907$

Massa = $36,70168 + 0,03926x – 0,000037x^2$; $R^2 = 0,3575$

Cor da gema = $4,67857 – 0,01061x + 3,063.10^{-5} x^2 – 2,17356.10^{-8}x^3$; $R^2 =0,2526$

Tabela 6 - Desempenho produtivo e qualidade dos ovos das poedeiras de 41 a 44 semanas de idades (6 ciclo) submetidas a níveis de inclusão de parede celular de levedura

	Níveis de parede celular de levedura					
	0	225	450	900	EPM	Valor de P
Consumo (g/ave/dia)	92,72	93,74	94,58	101,93	1,45	0,0005
Produção (%)	74,84	81,36	83,76	86,27	2,21	0,0106
Massa (g/ave/dia)	42,69	47,70	48,31	51,78	1,47	0,0028
CA/dúzia (kg/dz)	1,49	1,39	1,36	1,42	0,04	0,1494
CA/massa (kg/kg)	2,19	1,98	1,98	1,97	0,06	0,0757
Peso do ovo (g)	57,00	58,56	57,42	60,10	0,68	0,0173
Altura do albúmen (mm)	8,06	7,90	7,85	8,28	0,31	0,4843
Unidade Haugh	89,17	88,55	88,09	90,09	1,94	0,6338
Espessura (mm)	0,39	0,38	0,38	0,36	0,007	0,0805
Resistência (Kgf)	3,69	3,77	3,80	3,72	0,13	0,9500
Cor da gema	5,25	4,94	5,00	4,78	0,11	0,0269

EPM: erro padrão da média; Valor de P significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Consumo = $91,57189 + 0,01050x$; $R^2 = 0,4299$

Produção = $77,11595 + 0,01146x$; $R^2 =0,2801$

Massa = $44,10622 + 0,00904x$; $R^2 = 0,3561$

Peso = $57,09162 + 0,00299x$; $R^2 = 0,2105$

Cor da gema = $5,16216 – 4,3865.10^{-4}x$; $R^2 = 0,0567$

Tabela 7 - Desempenho produtivo e qualidade dos ovos das poedeiras de 45 a 47 semanas de idades (7 ciclo) submetidas a níveis de inclusão de parede celular de levedura

	Níveis de parede celular de levedura					
	0	225	450	900	EPM	Valor de P
Consumo (g/ave/dia)	107,92	103,73	107,05	105,64	2,04	0,5218
Produção (%)	85,14	84,49	87,82	87,91	2,68	0,7325
Massa (g/ave/dia)	52,68	51,39	54,22	53,11	1,71	0,7051
CA/dúzia (kg/dz)	1,53	1,49	1,47	1,45	0,04	0,1953
CA/massa (kg/kg)	2,06	2,06	1,99	1,99	0,06	0,7843
Peso do ovo (g)	61,92	60,88	61,70	60,41	0,71	0,4273
Altura do albúmen (mm)	8,19	7,68	8,36	8,10	0,26	0,6145
Unidade Haugh	89,52	88,37	90,68	90,18	1,44	0,8127
Espessura (mm)	0,37	0,36	0,38	0,35	0,005	0,0294
Resistência (Kgf)	3,71	3,50	3,91	3,68	0,18	0,2249
Cor da gema	4,76	4,56	4,93	4,97	0,99	0,0227

EPM: erro padrão da média; Valor de P significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Espessura = $0,37464 – 2,0133.10^{-4}x + 6,220878.10^{-7}x^2 – 4,7003.10^{-10}x^3$; $R^2 = 0,0725$

Cor da gema = $4,71429 – 0,00312x + 1,202.10^{-5}x^2 – 9,19552.10^{-9}x^3$; $R^2 = 0,0784$

Tabela 8 - Desempenho produtivo e qualidade dos ovos das poedeiras de 48 a 51 semanas de idades (8ciclo) submetidas a níveis de inclusão de parede celular de levedura

	Níveis de parede celular de levedura					
	0	225	450	900	EPM	Valor de P
Consumo (g/ave/dia)	101,85	97,43	101,55	96,95	1,47	0,0460
Produção (%)	84,00	86,30	86,98	87,85	2,01	0,6503
Massa (g/ave/dia)	53,91	53,06	54,29	55,10	1,72	0,8674
CA/dúzia (kg/dz)	1,41	1,36	1,40	1,33	0,03	0,2758
CA/massa (kg/kg)	1,90	1,85	1,88	1,77	0,05	0,4178
Peso do ovo (g)	61,74	61,62	61,99	63,16	0,72	0,4277
Altura do albúmen (mm)	8,17	8,59	8,48	7,74	0,21	0,0845
Unidade Haugh	90,47	92,19	91,31	87,02	1,18	0,0772
Espessura (mm)	0,36	0,35	0,36	0,36	0,004	0,7555
Resistência (Kgf)	3,39	3,55	3,50	3,80	0,12	0,1222
Cor da gema	4,21	4,09	4,25	4,31	0,12	0,6170

EPM: erro padrão da média; Valor de P significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Consumo = $101,84571 – 0,05285x + 1,7927.10^{-4}x^2 – 1,40653.10^{-7}x^3$; $R^2 = 0,2526$

Tabela 9 - Desempenho produtivo e qualidade dos ovos das poedeiras de 52 a 55 semanas de idades (9 ciclo) submetidas a níveis de inclusão de parede celular de levedura

	Níveis de parede celular de levedura					
	0	225	450	900	EPM	Valor de P
Consumo (g/ave/dia)	99,19	98,05	99,78	97,18	1,16	0,4143
Produção (%)	82,00	80,95	88,51	86,54	2,54	0,1422
Massa (g/ave/dia)	49,78	50,23	54,76	53,62	1,87	0,3137
CA/dúzia (kg/dz)	1,46	1,43	1,36	1,36	0,04	0,1519
CA/massa (kg/kg)	2,00	1,94	1,82	1,84	0,06	0,1232
Peso do ovo (g)	60,75	61,93	62,15	61,81	0,77	0,1247
Altura do albúmen (mm)	7,49	8,36	8,25	8,04	0,24	0,2581
Unidade Haugh	85,25	90,59	89,99	88,53	1,51	0,3461
Espessura (mm)	0,34	0,34	0,35	0,35	0,005	0,3578
Resistência (Kgf)	3,34	3,26	3,42	3,38	0,11	0,7874
Cor da gema	4,43	4,81	4,03	4,31	0,11	<0,0001

EPM: erro padrão da média; Valor de P significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Cor da gema=$4,42857 + 0,00627x – 2,469.10^{-5}x^2 + 1,953099.10^{-8}x^3$; $R^2 = 0,1876$

Tabela 10 - Desempenho produtivo e qualidade dos ovos das poedeiras de 56 a 59 semanas de idades (10 ciclo) submetidas a níveis de inclusão de parede celular de levedura

	Níveis de parede celular de levedura					
	0	225	450	900	EPM	Valor de P
Consumo (g/ave/dia)	98,11	96,83	100,69	97,40	1,56	0,2804
Produção (%)	79,35	81,12	87,11	84,18	2,36	0,1387
Massa (g/ave/dia)	50,78	50,24	55,11	52,55	1,65	0,1841
CA/dúzia (kg/dz)	1,44	1,44	1,39	1,43	0,03	0,6675
CA/massa (kg/kg)	1,94	1,93	1,83	1,90	1,03	0,4466
Peso do ovo (g)	64,02	61,97	63,27	62,32	0,67	0,1635
Altura do albúmen (mm)	8,03	7,87	8,54	8,38	1,83	0,0852
Unidade Haugh	88,51	89,48	90,99	91,43	1,00	0,1271
Espessura (mm)	0,36	0,35	0,36	0,34	0,005	0,0823
Resistência (Kgf)	3,18	3,39	3,64	3,16	0,14	0,0556
Cor da gema	4,00	4,06	4,19	4,34	0,11	0,1427

EPM: erro padrão da média; Valor de P significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 11 - Desempenho produtivo e qualidade dos ovos das poedeiras 60 a 63 semanas de idades (11 ciclo) submetidas a níveis de inclusão de parede celular de levedura

	Níveis de parede celular de levedura					
	0	225	450	900	EPM	Valor de P
Consumo (g/ave/dia)	94,78	95,25	99,80	98,97	1,79	0,1443
Produção (%)	77,39	78,94	84,49	81,23	2,83	0,3513
Massa (g/ave/dia)	49,76	49,27	53,00	50,40	1,91	0,5323
CA/dúzia (kg/dz)	1,48	1,46	1,42	1,48	0,05	0,7729
CA/massa (kg/kg)	1,90	1,95	1,89	1,97	1,03	0,7318
Peso do ovo (g)	64,39	62,26	62,65	62,07	0,74	0,1629
Altura do albúmen (mm)	8,06	7,78	8,18	8,08	0,21	0,5815
Unidade Haugh	89,16	87,78	89,48	89,14	1,10	0,7157
Espessura (mm)	0,35	0,36	0,36	0,35	0,005	0,3294
Resistência (Kgf)	3,20	3,27	3,36	3,35	0,15	0,8607
Cor da gema	6,19	5,97	6,00	5,91	0,08	0,1367

EPM: erro padrão da média; Valor de P significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 12 - Desempenho produtivo e qualidade dos ovos das poedeiras de 64 a 67 semanas de idades (12 ciclo) submetidas a níveis de inclusão de parede celular de levedura

	Níveis de parede celular de levedura					
	0	225	450	900	EPM	Valor de P
Consumo (g/ave/dia)	95,56	95,46	99,01	99,38	2,02	0,3751
Produção (%)	76,60	76,41	84,30	79,79	3,16	0,0126
Massa (g/ave/dia)	49,42	49,36	54,90	51,20	1,71	0,0703
CA/dúzia (kg/dz)	1,44	1,51	1,41	1,50	0,04	0,1665
CA/massa (kg/kg)	1,86	1,95	1,80	1,96	0,05	0,1067
Peso do ovo (g)	64,48	64,69	65,17	64,16	0,98	0,9028
Altura do albúmen (mm)	7,64	7,66	8,22	7,73	1,66	0,0669
Unidade Haugh	84,72	86,07	89,05	86,35	1,15	0,1992
Espessura (mm)	0,36	0,36	0,36	0,36	0,005	0,9682
Resistência (Kgf)	3,35	3,39	3,38	2,95	0,14	0,0810
Cor da gema	5,50	5,91	5,84	5,78	0,08	0,0194

EPM: erro padrão da média; Valor de P significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Produção = A análise estatística desses resultados não permitiu ajuste de equação de regressão para esta variável.

Cor da gema = $5,54525 + 0,00143x - 1,31.10^{-6}x^2$; $R^2 = 0,0725$

APÊNDICE C: Análises de desempenho e qualidade dos 10 ciclos de produção das poedeiras submetidas a níveis de inclusão de levedura hidrolisada

Tabela 1 - Desempenho produtivo e qualidade dos ovos das poedeiras de 21 a 24 semanas de idades (1 ciclo) submetidas a níveis de inclusão de levedura hidrolisada

	Níveis de levedura hidrolisada					
	0	1	2	4	EPM	Valor de P
Consumo (g/ave/dia)	82,25	85,43	86,60	86,38	1,74	0,2862
Produção (%)	87,44	89,07	87,49	90,21	2,17	0,7657
Massa (g/ave/dia)	49,76	50,27	50,31	49,96	1,15	0,9845
CA/dúzia (kg/dz)	1,13	1,15	1,17	1,14	0,02	0,3039
CA/massa (kg/kg)	1,66	1,70	1,74	1,75	0,03	0,1767
Peso do ovo (g)	56,92	55,82	56,38	55,38	0,38	0,0447
Altura do albúmen (mm)	5,82	5,53	6,66	6,62	1,07	0,1407
Unidade Haugh	76,81	74,76	82,71	82,88	2,88	0,1094
Espessura (mm)	0,39	0,37	0,37	0,37	0,004	0,0012
Resistência (Kgf)	4,23	4,32	4,32	4,18	0,11	0,7553
Cor da gema	5,78	5,59	5,91	6,03	0,09	0,0034

EPM: erro padrão da média; Valor de P significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Peso = 56,71113 – 0,32355x; R^2 = 0,1732

Espessura = 0,3829 – 0,00452x; R^2 =0,0846

Cor da gema = 5,78125 – 0,60417x + 0,5x^2 – 0,08333x^3; R^2 = 0,1038

Tabela 2 - Desempenho produtivo e qualidade dos ovos das poedeiras de 25 a 28 semanas de idades (2 ciclo) submetidas a níveis de inclusão de levedura hidrolisada

	Níveis de levedura hidrolisada					
	0	1	2	4	EPM	Valor de P
Consumo (g/ave/dia)	101,89	105,36	105,75	100,84	1,20	0,0152
Produção (%)	97,69	98,22	97,26	97, 70	0,40	0,3923
Massa (g/ave/dia)	55,53	56,26	54,94	56,50	0,84	0,5604
CA/dúzia (kg/dz)	1,27	1,29	1,33	1,25	0,02	0,0333
CA/massa (kg/kg)	1,84	1,87	1,93	1,79	0,03	0,0162
Peso do ovo (g)	57,59	57,28	57,48	58,44	0,63	0,5854
Altura do albúmen (mm)	7,71	8,55	8,31	8,99	0,36	0,0883
Unidade Haugh	87,05	92,09	89,86	93,84	2,17	0,1266
Espessura (mm)	0,38	0,37	0,37	0,37	1,02	0,7295
Resistência (Kgf)	4,17	4,13	4,13	3,80	0,11	0,0571
Cor da gema	4,82	4,66	4,63	4,59	0,09	0,2986

EPM: erro padrão da média; Valor de P significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Consumo = 101,99567 + 4,23963x – 1,13438x^2; R^2 = 0,3140

CA/dz = 1,26162 + 0,05674x – 0,01463x^2; R^2 =0,2330

CA/massa = 1,82911 + 0,09061x – 0,02516x^2; R^2 =0,2868

Tabela 3 - Desempenho produtivo e qualidade dos ovos das poedeiras de 29 a 32 semanas de idades (3 ciclo) submetidas a níveis de inclusão de levedura hidrolisada

	Níveis de levedura hidrolisada					
	0	1	2	4	EPM	Valor de P
Consumo (g/ave/dia)	101,72	92,18	89,14	88,26	1,66	<0,0001
Produção (%)	97,25	91,85	91,97	92,37	0,84	0,0009
Massa (g/ave/dia)	57,71	50,53	49,93	49,02	0,89	<0,0001
CA/dúzia (kg/dz)	1,27	1,18	1,18	1,15	0,02	0,0009
CA/massa (kg/kg)	1,76	1,77	1,79	1,80	0,04	0,8663
Peso do ovo (g)	60,23	55,01	55,20	53,09	0,70	<0,0001
Altura do albúmen (mm)	9,04	8,17	8,00	7,71	2,28	0,0294
Unidade Haugh	94,04	88,33	87,35	85,64	2,30	0,4343
Espessura (mm)	0,37	0,37	0,37	0,37	1,01	0,8137
Resistência (Kgf)	3,93	3,95	4,02	4,03	0,14	0,9474
Cor da gema	4,61	4,72	4,78	4,94	0,09	0,1173

EPM: erro padrão da média; Valor de P significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Consumo = $101,281 – 9,687x + 1,616x^2$; $R^2 = 0,57$

Produção = $96,696 – 4,633x + 0,897x^2$; $R^2 = 0,41$

Peso = $60,231 – 9,487x + 5,045x^2 – 0,78x^3$; $R^2 = 0,66$

Massa = $57,709 – 12,086x + 5,719x^2 – 0,81x^3$; $R^2 =0,67$

CA/dz = $1,242 – 0,027x$; $R^2 = 0,33$

Albúmen = $8,56419 – 0,34357x$; $R^2 = 0,0578$

Tabela 4 - Desempenho produtivo e qualidade dos ovos das poedeiras de 33 a 36 semanas de idades (4 ciclo) submetidas a níveis de inclusão de levedura hidrolisada

	Níveis de levedura hidrolisada					
	0	1	2	4	EPM	Valor de P
Consumo (g/ave/dia)	88,58	91,69	87,44	86,98	1,62	0,1866
Produção (%)	78,50	76,68	70,45	73,71	2,10	0,0665
Massa (g/ave/dia)	44,19	41,32	38,69	39,61	1,22	0,0253
CA/dúzia (kg/dz)	1,357	1,44	1,49	1,42	0,03	0,0260
CA/massa (kg/kg)	2,00	2,23	2,27	2,20	0,04	0,0015
Peso do ovo (g)	56,55	53,97	54,87	53,74	0,76	0,0743
Altura do albúmen (mm)	8,06	7,69	8,28	8,14	0,27	0,3623
Unidade Haugh	90,03	88,49	92,08	90,90	1,64	0,3538
Espessura (mm)	0,40	0,38	0,40	0,39	0,005	0,2107
Resistência (Kgf)	4,26	4,26	4,43	4,34	0,15	0,8306
Cor da gema	4,96	5,09	5,42	5,26	0,12	0,0432

EPM: erro padrão da média; Valor de P significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Massa = $44,36261 – 4,17731x + 0,74446x^2$; $R^2 = 0,2830$

CA/dz = $1,35444 + 0,11706x – 0,02520x^2$; $R^2 = 0,2839$

CA/massa = $2,01557 + 0,22931x – 0,04580 x^2$; $R^2 = 0,4116$

Cor da gema = A análise estatística desses resultados não permitiu ajuste de equação de regressão para esta variável.

Tabela 5 - Desempenho produtivo e qualidade dos ovos das poedeiras de 37 a 40 semanas de idades (5 ciclo) submetidas a níveis de inclusão de levedura hidrolisada

	Níveis de levedura hidrolisada					
	0	1	2	4	EPM	Valor de P
Consumo (g/ave/dia)	84,47	86,26	92,45	89,59	1,53	0,0063
Produção (%)	68,32	70,43	74,62	72,69	4,20	0,7548
Massa (g/ave/dia)	36,05	38,76	41,37	40,29	2,37	0,4625
CA/dúzia (kg/dz)	1,52	1,51	1,53	1,51	0,09	0,9984
CA/massa (kg/kg)	2,38	2,28	2,30	2,28	0,13	0,9533
Peso do ovo (g)	54,29	55,12	55,35	55,24	0,63	0,6984
Altura do albúmen (mm)	7,08	7,03	7,61	7,20	1,88	0,3224
Unidade Haugh	84,02	82,75	87,37	84,05	1,89	0,3650
Espessura (mm)	0,38	0,38	0,37	0,36	0,006	0,0604
Resistência (Kgf)	4,20	4,04	4,07	3,51	0,14	0,0048
Cor da gema	4,68	4,00	4,22	3,78	0,10	<0,0001

EPM: erro padrão da média; Valor de P significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Consumo = $83,595 + 5,757x – 1,048x^2$; $R^2 = 0,2888$

Resistência = $4,24926 – 0,16883x$; $R^2 = 0,0893$

Cor da gema = $4,67857 – 1,42448x + 0,89453x^2 – 0,14862 x^3$; $R^2 = 0,2504$

Tabela 6 - Desempenho produtivo e qualidade dos ovos das poedeiras de 48 a 51 semanas de idades (6 ciclo) submetidas a níveis de inclusão de levedura hidrolisada

	Níveis de levedura hidrolisada					
	0	1	2	4	EPM	Valor de P
Consumo (g/ave/dia)	101,85	97,78	102,61	103,97	1,19	0,0071
Produção (%)	84,00	85,65	90,10	91,53	1,33	0,0024
Massa (g/ave/dia)	51,99	53,92	57,70	57,23	1,18	0,0098
CA/dúzia (kg/dz)	1,45	1,35	1,37	1,36	0,04	0,0827
CA/massa (kg/kg)	1,90	1,83	1,78	1,82	0,07	0,3235
Peso do ovo (g)	61,74	60,65	64,26	63,17	0,70	0,0062
Altura do albúmen (mm)	8,26	8,26	8,55	8,17	1,70	0,4373
Unidade Haugh	89,46	90,43	90,93	88,81	1,06	0,4991
Espessura (mm)	0,36	0,36	0,36	0,36	0,005	0,8716
Resistência (Kgf)	3,39	3,73	3,88	3,45	0,11	0,0084
Cor da gema	4,21	4,22	4,38	4,44	0,12	0,4373

EPM: erro padrão da média; Valor de P significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Consumo = $101,84 – 11,441x + 8,832x^2 – 1,460x^3$; $R^2 = 0,3561$

Produção = $84,489 + 1,935x$; $R^2 = 0,3770$

Massa = $53,007 + 1,296x$; $R^2 = 0,2378$

Peso = $61,739 – 5,311x + 5,155x^2 – 0,934x^3$; $R^2 = 0,3624$

Resistência = $3,39075 + 0,46593x – 0,11290 x^2$; $R^2 =0,0926$

Tabela 7 - Desempenho produtivo e qualidade dos ovos das poedeiras de 52 a 55 semanas de idades (7 ciclo) submetidas a níveis de inclusão de levedura hidrolisada

	Níveis de levedura hidrolisada					
	0	1	2	4	EPM	Valor de P
Consumo (g/ave/dia)	99,19	96,38	99,49	100,66	1,31	0,1527
Produção (%)	82,00	84,04	90,96	90,78	2,17	0,0134
Massa (g/ave/dia)	49,78	51,77	56,85	58,11	1,36	0,0005
CA/dúzia (kg/dz)	1,46	1,39	1,32	1,34	0,05	0,0427
CA/massa (kg/kg)	2,00	1,87	1,76	1,74	0,05	0,0020
Peso do ovo (g)	60,75	61,69	62,48	64,04	0,76	0,0393
Altura do albúmen (mm)	7,67	7,98	8,43	8,43	1,92	0,0640
Unidade Haugh	85,25	88,28	90,48	90,00	1,45	0,6083
Espessura (mm)	0,34	0,34	0,36	0,36	0,005	0,0461
Resistência (Kgf)	3,32	3,33	3,47	3,46	0,87	0,6574
Cor da gema	4,43	4,44	4,25	4,50	0,12	0,5072

EPM: erro padrão da média; Valor de P significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Produção = 82,91946 + 2,31691x; R^2 = 0,2389

Massa = 50,36811 + 2,15908x; R^2 = 0,4095

Peso = 60,81865 + 0,81396x; R^2 = 0,2616

CA/dz = 1,4658 – 0,11044x+0,01943x^2; R^2 = 0,2295

CA/massa = 2,00569 – 0,17713x + 0,02776x^2; R^2 = 0,4146

Espessura = 0,34114 + 0,00428x; R^2 = 0,0445

Tabela 8 - Desempenho produtivo e qualidade dos ovos das poedeiras de 56 a 59 semanas de idades (8 ciclo) submetidas a níveis de inclusão de levedura hidrolisada

	Níveis de levedura hidrolisada					
	0	1	2	4	EPM	Valor de P
Consumo (g/ave/dia)	98,11	97,66	101,99	100,97	1,25	0,0573
Produção (%)	79,35	81,48	89,45	88,65	2,08	0,0039
Massa (g/ave/dia)	50,78	50,94	58,19	56,90	1,32	0,0004
CA/dúzia (kg/dz)	1,44	1,44	1,37	1,37	1,02	0,1611
CA/massa (kg/kg)	1,88	1,92	1,76	1,78	0,04	0,0183
Peso do ovo (g)	64,02	62,61	65,07	64,21	0,74	0,1528
Altura do albúmen (mm)	8,03	7,90	8,39	8,25	1,84	0,3455
Unidade Haugh	88,51	88,55	89,91	89,39	1,18	0,7770
Espessura (mm)	0,36	0,36	0,36	0,36	0,005	0,7716
Resistência (Kgf)	3,22	3,85	3,50	3,53	0,91	0,0051
Cor da gema	4,00	4,09	4,16	4,22	0,11	0,5527

EPM: erro padrão da média; Valor de P significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Produção = 80,44081 + 2,47080x; R^2 = 0,2675

Massa = 50,78143 – 6,47188x + 8,17375x^2 – 1,54330x^3; R^2 = 0,4843

CA/massa = 1,87833 + 0,22906x – 0,22536x^2 + 0,04047x^3; R^2 = 0,3155

Resistência = 3,17893 + 1,28607x – 0,84488x^2 + 0,13520x^3; R^2 = 0,0782

Tabela 9 - Desempenho produtivo e qualidade dos ovos das poedeiras de 60 a 63 semanas de idades (9 ciclo) submetidas a níveis de inclusão de levedura hidrolisada

	Níveis de levedura hidrolisada					
	0	1	2	4	EPM	Valor de P
Consumo (g/ave/dia)	96,74	96,77	100,26	99,69	1,13	0,0778
Produção (%)	77,39	79,41	86,81	86,40	2,11	0,0071
Massa (g/ave/dia)	49,76	49,99	56,45	54,33	1,37	0,0040
CA/dúzia (kg/dz)	1,43	1,47	1,39	1,38	1,02	0,1623
CA/massa (kg/kg)	1,90	1,94	1,78	1,82	1,02	0,0489
Peso do ovo (g)	64,39	63,00	65,03	63,24	0,68	0,1398
Altura do albúmen (mm)	8,06	8,25	8,29	8,26	0,20	0,8603
Unidade Haugh	89,33	89,98	89,67	90,07	13,78	0,9647
Espessura (mm)	0,35	0,36	0,35	0,36	0,005	0,1712
Resistência (Kgf)	3,20	3,58	3,19	3,40	0,13	0,1138
Cor da gema	6,19	5,81	5,91	6,03	0,07	0,0031

EPM: erro padrão da média; Valor de P significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Produção = 78,35054 + 2,39006x; R^2 = 0,2565

Massa = 49,76286 – 5,71167x + 7,34063x^2 – 1,40682x^3; R^2 = 0,3846

CA/massa = 1,91143 + 0,20115 x – 0,20984 x^2 + 0,03852x^3; R^2 = 0,2434

Cor da gema= 6,13864 – 0,28736x + 0,06595 x^2; R^2 = 0,0802

Tabela 10 - Desempenho produtivo e qualidade dos ovos das poedeiras de 64 a 67 semanas de idades (10 ciclo) submetidas a níveis de inclusão de levedura hidrolisada

	Níveis de levedura hidrolisada					
	0	1	2	4	EPM	Valor de P
Consumo (g/ave/dia)	97,52	96,10	100,89	100,46	0,96	0,0027
Produção (%)	76,60	79,07	85,72	85,86	2,27	0,0064
Massa (g/ave/dia)	49,42	51,54	56,62	57,33	1,56	0,0021
CA/dúzia (kg/dz)	1,44	1,42	1,40	1,40	0,02	0,5167
CA/massa (kg/kg)	1,86	1,83	1,77	1,76	0,03	0,1048
Peso do ovo (g)	64,48	65,26	66,02	66,78	0,66	0,1192
Altura do albúmen (mm)	7,64	7,54	8,09	7,98	1,73	0,1440
Unidade Haugh	84,72	85,14	87,90	86,92	1,25	0,3710
Espessura (mm)	0,36	0,37	0,37	0,37	0,005	0,1409
Resistência (Kgf)	3,35	3,41	3,49	3,47	0,13	0,8928
Cor da gema	5,50	5,87	5,91	5,94	0,11	0,0086

EPM: erro padrão da média; Valor de P significativo ao nível de 5% de probabilidade.

Consumo = 97,52333 – 6,91301x + 6,68225x^2 – 1,19257x^3; R^2 = 0,4265

Produção = 77,63919 + 2,40402x; R^2 = 0,2385

Massa = 50,17946 + 2,03994x; R^2 = 0,3220

Cor da gema = 5,52920 + 0,32878x – 0,05735 x^2; R^2 = 0,1248