

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**ESCOLA DE VETERINÁRIA**  
**Colegiado de pós-graduação em Zootecnia**

Utilização de complexo enzimático em dietas de poedeiras

**LUIZ FELIPE PINHO PEREIRA**

**BELO HORIZONTE**  
**ESCOLA DE VETERINÁRIA-UFMG**  
**2012**

LUIZ FELIPE PINHO PEREIRA

Utilização de complexo enzimático em dietas de poedeiras

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

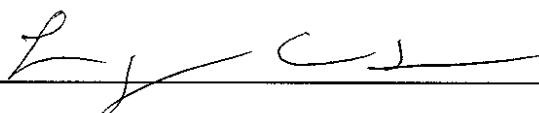
Área: Produção Animal - Zootecnia

Orientador: Prof. Dr. Leonardo José Camargos Lara

Belo Horizonte

2012

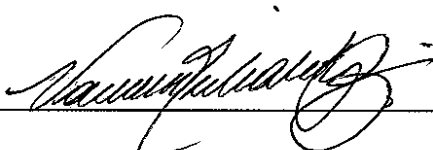
Dissertação apresentada como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Zootecnia da Universidade Federal de Minas Gerais, submetida à aprovação da banca examinadora composta pelos seguintes membros:



---

Prof. Dr. Leonardo José Camargos Lara

(Orientador)



---

Dra. Vanessa Michalsky Barbosa



---

Prof. Dr. Nelson Carneiro Baião

Belo Horizonte, 15 de fevereiro de 2012

**Dedico este trabalho aos meus pais e a Ana Paola que sempre me incentivaram e acreditaram em meu sucesso.**

## **AGRADECIMENTOS**

**A Deus que me permitiu a vida e a oportunidade de evoluir.**

**À Pro Vida, por grandes conhecimentos.**

Aos meus pais Francisco e Ângela que muito e sempre me incentivaram e ajudaram.

À Ana Paola pelo amor, paciência, carinho, exemplo de dedicação e por estar sempre ao meu lado.

À minha irmã Luciana, pelo carinho e incentivo.

Aos meus avôs pelo apoio e ajuda.

À amiga Imaculada, pela amizade, conselhos, orações e cuidado para comigo.

Ao meu Orientador, Professor Leonardo Lara, pelos ensinamentos, paciência, orientação, disponibilidade, confiança e amizade.

Ao Professor Baião pelos ensinamentos, orientação, disponibilidade, amizade e grande ajuda na correção desta dissertação.

Ao Professor David Lee Nelson pela disponibilidade e ajuda no teste de resistência dos ovos.

Ao Professor Ricardo pela amizade e ajuda no LAMA.

Ao Professor Bolivar, pela amizade, exemplo e incentivo.

Aos amigos Bruno Ronaldo e Bruno Reis pela amizade e ajuda profissional.

Aos amigos Maurício e Rodrigo, pelos incentivos e ajuda constante.

À Jenniffer, pela ajuda no manejo das aves durante o ensaio de metabolismo.

À Vanessa Michalsky, pela grande contribuição nas análises dos ovos e na correção desta dissertação.

À Marilane, pela grande ajuda nas análises laboratoriais.

À Mariana e Júlia, pelas análises estatísticas.

Aos amigos da avicultura (Gustavo, Ed, Paulinha, Winne, Pedro, Chris, Camila, Cadu e Marília) pela amizade e contribuição na execução deste projeto.

Ao Toninho, pela amizade e grande ajuda nas análises no Laboratório de Nutrição Animal.

Aos secretários da pós-graduação em zootecnia da UFMG (Eloíza, Paula e Marcos).

Aos porteiros do LAMA, Roberto e Sr. Nilson, pela amizade e ajuda durante o experimento.

Aos funcionários da Fazenda Experimental Hélio Barbosa (Renato, Elaine, Eliane, Fabiana, Ronaldo e Iolanda).

À Escola de Veterinária da UFMG, pela estrutura e apoio.

À Agnes Mori, diretora e representante da Adisseo Brasil, por tornar este projeto viável.

À Empresa Adisseo, pela confiança e financiamento deste projeto.

Às aves que serviram de animais experimentais e geraram os dados para este trabalho.

A todos aqueles que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho.

---

## SUMÁRIO

---

	<b>Pág</b>
<b>RESUMO</b> .....	9
<b>ABSTRACT</b> .....	10
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	12
2.1. Definição e características das enzimas.....	12
2.2. Produção e utilização de enzimas.....	12
2.3. Polissacarídeos amiláceos e não amiláceos.....	14
2.4. Enzimas exógenas e seus substratos.....	16
2.5. Efeitos da suplementação de enzimática na ração de poedeiras sobre o metabolismo de nutrientes	17
2.6. Efeitos da suplementação enzimática na ração de poedeiras sobre o desempenho zootécnico e qualidade dos ovos	28
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	22
<b>3.1. EXPERIMENTO I: DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS</b> .....	22
<b>3.1.1. Condições experimentais</b> .....	22
3.1.1.1. Local e período.....	22
3.1.1.2. Aves.....	22
3.1.1.3. Manejo.....	22
3.1.1.4. Tratamentos.....	23
3.1.1.5. Rações.....	23
3.1.2. <b>Dados obtidos</b> .....	25
<b>3.1.2.1. Parâmetros de desempenho</b> .....	25
3.1.2.1.1. Peso das aves.....	25
3.1.2.1.2. Produção de ovos.....	25
3.1.2.1.3. Consumo de ração.....	25
3.1.2.1.4. Conversão alimentar por dúzia de ovos.....	25
3.1.2.1.5. Peso médio dos ovos.....	26
3.1.2.1.6. Conversão alimentar por Kg de ovos.....	26
<b>3.1.2.2. Parâmetros de qualidade dos ovos</b> .....	26
3.1.2.2.1. Unidades Haugh.....	26
3.1.2.2.2. Porcentagens de gema, casca e albúmen.....	26
3.1.2.2.3. Peso específico.....	27

3.1.2.2.4.	Espessura da casca.....	27
3.1.2.2.5.	Resistência da casca.....	27
3.1.2.3.	Delineamento experimental.....	28
<b>3.2.</b>	<b>EXPERIMENTO II: ENSAIO DE METABOLISABILIDADE.....</b>	<b>29</b>
3.2.1	Condições experimentais.....	29
3.2.1.1.	Local e período.....	29
3.2.1.2.	Aves.....	29
3.2.1.3.	Manejo.....	30
3.2.1.4.	Tratamentos.....	30
3.2.1.5.	Rações.....	30
3.2.2.	<b>Dados obtidos.....</b>	<b>30</b>
3.2.2.1	<b>Parâmetros de Metabolismo.....</b>	<b>30</b>
3.2.2.1.1.	Consumo de ração.....	30
3.2.2.1.2.	Coleta de excretas.....	30
3.2.2.1.3.	Análises laboratoriais.....	30
3.2.3.	Delineamento experimental.....	30
<b>3.3.</b>	<b>Comitê de Ética em Experimentação Animal.....</b>	<b>31</b>
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>32</b>
4.1.	Experimento I: Desempenho Zootécnico e qualidade de ovos.....	32
4.2.	Experimento II: Ensaio de Metabolizabilidade.....	39
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>41</b>
<b>6.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>42</b>

---

---

### LISTA DE TABELAS

---

Tabela 1-	Composição percentual e valores nutricionais calculados das rações	24
Tabela 2-	Matriz nutricional indicada pelo complexo enzimático em dietas de poedeiras	25
Tabela 3-	Peso das aves com 26 semanas de idade, no início do experimento, após uma semana de adaptação com as rações experimentais	32
Tabela 4-	Produção de ovos das aves com 26 semanas de idade, no início do experimento, após uma semana de adaptação com as rações experimentais	32
Tabela 5-	Peso final das aves com 36 semanas de idade	32
Tabela 6-	Produção de ovos no período de 27 a 36 semanas de idade	33
Tabela 7-	Consumo de ração por ave no período de 27 a 36 semanas de idade	33
Tabela 8-	Conversão alimentar por dúzia de ovos no período de 27 a 36 semanas de idade	34
Tabela 9-	Peso dos ovos no período de 27 a 36 semanas de idade	34
Tabela 10-	Conversão alimentar por quilograma de ovos no período de 27 a 36 semanas de idade	35
Tabela 11-	Unidades Haugh dos ovos produzidos pelas aves na 36ª semana de idade	36
Tabela 12-	Porcentagem de gema dos ovos das aves na 36ª semana de idade	36
Tabela 13-	Porcentagem de casca dos ovos das aves na 36ª semana de idade	37
Tabela 14-	Porcentagem de albúmen dos ovos das aves na 36ª semana de idade	37
Tabela 15-	Peso específico dos ovos das aves na 36ª semana de idade	37
Tabela 16-	Espessura da casca dos ovos dos ovos das aves na 36ª semana de idade	38
Tabela 17-	Força de resistência à quebra dos ovos das aves na 36ª semana de idade	38
Tabela 18-	Coefficiente de metabolizabilidade de matéria seca na 32ª semana de idade	39
Tabela 19-	Coefficiente de metabolizabilidade de nitrogênio na 32ª semana de idade	39
Tabela 20-	Coefficiente de metabolizabilidade de extrato etéreo na 32ª semana de idade	40
Tabela 21-	Coefficiente de metabolizabilidade de matéria mineral na 32ª semana de idade	40
Tabela 22-	Coefficiente de metabolizabilidade de cálcio das aves com 32ª semanas de idade	40
Tabela 23-	Coefficiente de metabolizabilidade de fósforo das aves na 32ª semana de idade	41

---

---

### LISTA DE FIGURAS

---

Quadro 1-	Enzimas disponíveis comercialmente, seus substratos e efeitos	13
Figura 1-	Gaiolas de produção com seis aves por gaiola na densidade de 375 cm <sup>2</sup> /ave	23
Figura 2-	Equipamento utilizado para a análise do peso específico dos ovos	27
Figura 3-	Equipamento TA.XT2 Texture Analyser utilizado para a realização do teste de resistência da casca dos ovos	28
Figura 4-	Gaiolas em baterias para coleta total de excretas com cinco aves por gaiola na densidade de 2000 cm <sup>2</sup> /ave	29

---

---

### LISTA DE ABREVIATURAS

---

Ca	Cálcio
EM	Energia metabolizável
EE	Extrato etéreo
P	Fósforo
G	Gramas
Mg	Miligramas
MM	Matéria mineral
MS	Matéria seca
N	Nitrogênio
Kcal	Quilocaloria
Kg	Quilograma
PB	Proteína bruta

---

## RESUMO

Foram conduzidos dois experimentos para avaliar os efeitos da inclusão de um complexo enzimático, com e sem sua valorização nutricional em dietas para poedeiras Hy-line<sup>®</sup> sobre o desempenho produtivo, qualidade dos ovos produzidos e metabolizabilidade de nutrientes. O experimento de desempenho produtivo foi realizado no período de 27 a 36 semanas de idade das aves e a qualidade dos ovos produzidos, avaliada na 36<sup>a</sup> semana. O ensaio de metabolizabilidade dos nutrientes foi realizado na 32<sup>a</sup> semana de idade das aves. Os delineamentos experimentais foram inteiramente casualizados em um fatorial 2x2 (com ou sem a inclusão do complexo enzimático x com e sem sua valorização). Os tratamentos foram: A- Dieta Controle: dieta sem adição de complexo enzimático, sem valorização; B- Dieta Controle Positivo: dieta com adição de complexo enzimático, com valorização; C- Dieta “On Top”: dieta com adição de complexo enzimático, sem valorização; D- Dieta Controle Negativo: dieta sem adição de complexo enzimático, com valorização. Não houve diferença ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos para os parâmetros de desempenho produtivo (peso inicial e final das aves, produção de ovos, consumo de ração, conversão alimentar por dúzia de ovos, peso dos ovos e conversão alimentar por quilograma de ovos), qualidade dos ovos (Unidades Haugh, porcentagem de gema, albúmen e casca, peso específico dos ovos, espessura da casca e resistência da casca) e metabolizabilidade dos nutrientes (coeficiente de metabolizabilidade de matéria seca, nitrogênio, extrato etéreo, matéria mineral, cálcio e fósforo). Para resistência da casca houve efeito de valorização, obtendo os ovos provenientes de dietas não valorizadas maior resistência ( $p \leq 0,05$ ). As alterações nutricionais determinadas pela valorização ou não do complexo enzimático não foram suficientes para influenciar os resultados de desempenho, qualidade de ovos (com exceção da resistência da casca) e coeficientes de metabolizabilidade dos nutrientes de poedeiras. Concluiu-se que a dieta com o menor nível nutricional utilizado foi suficiente para manutenção e produção das aves.

**PALAVRAS CHAVE:** Poedeiras, enzimas exógenas, desempenho, qualidade dos ovos e metabolizabilidade de nutrientes.

## ABSTRACT

Two experiments were conducted to evaluate the effects of inclusion of an enzyme complex, with and without its nutritional value in diets of laying hens Hy-line w-36<sup>®</sup> on productivity performance, quality of eggs produced and metabolizability of nutrients. The productivity performance experiment was conducted between 27 and 36 weeks of age of birds and the quality of eggs produced, evaluated at 36 weeks. The metabolizability of nutrients essay was conducted at 32 weeks of age birds. The experimental designs were completely randomized in a factorial 2x2, (with or without the inclusion of the enzyme complex, with and without its nutritional value). The treatments were: The treatments were: A- Control Diet: diet without addition of enzyme complex and its valuation; B- Positive Control Diet: diet with enzyme complex and its valuation; C-"On Top" Diet: diet with enzyme complex, without its valuation; D-Negative Control Diet: diet without enzyme supplementation, with its valuation. There was no significant differences ( $p > 0.05$ ) between treatments for productivity performance (initial and final weight of the birds, egg production, feed intake, feed conversion per dozen egg, egg weight and feed conversion per egg kilogram), egg quality (Haugh unit, yolk percentage, albumen and shell, egg specific gravity, shell thickness and strength of the shell) and metabolizability of nutrients (metabolizability coefficient of dry matter, nitrogen, ether extract, matter mineral, calcium and phosphor). To shell strength there was effect of valorization, getting the eggs from diets not valued higher resistance ( $p \leq 0.05$ ). Nutritional changes determined by valuation or not the enzyme complex were not sufficient to influence the results of productivity performance, egg quality (except for shell strength) and metabolizability coefficients of nutrients in laying hens. It was concluded that diet with lowest nutritional level was sufficient for maintenance and productivity of the birds.

**KEY WORDS:** Laying hens, exogenous enzymes, performance, egg quality and metabolizability of nutrients

## 1. INTRODUÇÃO

Na indústria avícola normalmente as rações são formuladas para atender as exigências das aves com o mínimo custo. Para conseguir uma dieta equilibrada de menor custo, tanto a composição exata de nutrientes dos alimentos, como as exigências das aves precisam estar bem definidas. Porém, este conceito na prática é de extrema complexidade, pois segundo Bedford (1996), a digestibilidade e conseqüentemente a absorção dos nutrientes podem variar entre os ingredientes da dieta e mesmo entre amostras de um mesmo ingrediente. Motivos para tais observações incluem diferenças na quantidade de fibra, conteúdo de fatores antinutricionais, danos causados pelo processamento e o conteúdo de formas menos digeríveis em um mesmo ingrediente.

Com o objetivo de atingir este ideal e um bom desempenho das aves, o uso da biotecnologia aplicada à nutrição animal tem permitido o desenvolvimento de enzimas exógenas, com o objetivo de incluir enzimas não produzidas no trato digestório das aves e complementar as enzimas produzidas, melhorando, conseqüentemente, a digestão e absorção dos nutrientes presentes na dieta. Outros possíveis benefícios com a utilização de enzimas seriam o aumento da acurácia e a flexibilidade em formulações com menor custo.

A razão para utilização comercial de enzimas exógenas inicialmente era o aumento da digestibilidade dos nutrientes, focando na remoção dos fatores antinutricionais da dieta como os arabinosilanos e  $\beta$ -glucanos em dietas a base de grãos viscosos como: trigo, centeio, cevada ou triticale. Posteriormente a utilização de enzimas expandiu-se considerando outros nutrientes que não os polissacarídeos não amiláceos e outros benefícios que não só o aumento da digestibilidade dos nutrientes. A fitase foi um primeiro exemplo, onde não somente visava aumentar a utilização do fitato, mas também reduzir a excreção de fósforo na excreta e conseqüentemente no ambiente. Mais recentemente, tem havido interesse de produzir enzimas para inclusão em dietas à base de cereais não viscosos como sorgo e milho, além de enzimas que têm a função de aumentar a digestibilidade das fontes de proteína vegetal dietética. Embora esta aplicação não seja tão incomum em algumas partes do mundo, a indústria ainda está em busca de enzimas que tenham realmente efeito nestes grãos. Outra recente aplicação deste aditivo é como alternativa ao uso de antibióticos, promotores de crescimento, por reduzir a quantidade de nutrientes que chegam ao intestino grosso que são substratos para o crescimento de agentes patogênicos (Choct, 2006).

O uso de enzimas na nutrição de aves visa tanto à suplementação de enzimas que são produzidas pelo trato digestório do animal como (amilases, lipases e proteases), quanto o fornecimento de enzimas que não são produzidas como (fitases, celulasas, xilanasas, glucanasas, pectinasas, galactanasas e mananases) (Silva, 2009).

O presente trabalho objetivou avaliar o efeito da adição de um complexo enzimático produzido por um fungo não geneticamente modificado (*Penicillium funiculosum*), composto principalmente por xilanasas e  $\beta$ -glucanasas em dietas de poedeiras comerciais sobre o desempenho produtivo, qualidade dos ovos e metabolizabilidade dos nutrientes.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DAS ENZIMAS**

As enzimas são responsáveis por catalisar reações sucessivas pelas quais as moléculas dos nutrientes são degradadas. A energia química é conservada e transformada e as macromoléculas biológicas são sintetizadas a partir de moléculas precursoras elementares.

Estas têm alto grau de especificidade por seus substratos, aceleram as reações químicas e funcionam em soluções aquosas sob condições muito sensíveis de temperatura e pH. Com exceção de um pequeno grupo de moléculas de RNA que apresentam propriedades catalíticas, todas as enzimas são proteínas. A atividade catalítica depende da integridade e da sua conformação protéica. Se uma enzima for desnaturada ou dissociada em subunidades, a atividade catalítica é sempre perdida (Nelson e Cox, 2011).

As moléculas enzimáticas contêm uma região específica, em forma de fenda ou bolso, chamada de sítio ativo, que contém cadeias laterais de aminoácidos, as quais criam uma superfície tridimensional complementar ao substrato. O sítio ativo liga ao substrato, formando um complexo enzima-substrato. Este complexo é convertido em enzima-produto, que posteriormente se dissocia em enzima e produto (Champe et al., 2009).

As enzimas são divididas nas seguintes classes: oxidoreductases, transferases, hidrolases, liases, isomerases, ligases. Na nutrição animal, utilizam-se exclusivamente as hidrolases, que são enzimas catalisadoras das reações de hidrólises das ligações covalentes (Dourado, 2008).

### **2.2. PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE ENZIMAS**

A produção em escala industrial de enzimas para alimentação animal consiste na fermentação de culturas aeróbicas de bactérias, fungos e leveduras a partir de determinado substrato em reatores. O primeiro passo após a fermentação consiste na extração e separação enzimática da biomassa produzida. Posteriormente passam pelo processo de purificação e transformação física, de acordo com a forma de aplicação do produto a ser comercializado (sólido ou líquido). Apesar de serem de origem biológica, as enzimas devem ser produzidas como produtos padronizados e analisados quanto a sua unidade de atividade por grama ou ml de produto final (Cowan, 1993).

Comercialmente os produtos estão disponíveis no mercado de duas formas: complexos enzimáticos (associação de duas ou mais enzimas) ou isoladamente. Segundo Wenk et al. (1993), a utilização de uma enzima específica isoladamente deve ser feita quando se tem o objetivo de degradar um determinado fator antinutricional conhecido, que venha a prejudicar o aproveitamento dos nutrientes da dieta ou quando se sabe que o uso de determinada enzima em conjunto pode diminuir a atividade de ambas. Devido ao fato das enzimas serem muito específicas, o emprego de complexos enzimáticos tem sido proposto no uso em dietas à base de milho e farelo de soja, no intuito de melhorar o desempenho de aves (Brum et al., 2006). Contudo, não se conhece exatamente o efeito das interações entre enzimas e este tipo de utilização pode gerar resultados controversos (Albino et al., 2007).

Para Dourado (2008), economicamente, as enzimas exógenas podem ser incorporadas nas formulações das dietas dos animais de duas formas: uma aplicação chamada “on top”, que

consiste em suplementar com as enzimas uma formulação padrão, sem alterar os níveis nutricionais, com intuito de melhorar o desempenho, e a outra consiste em alterar a formulação da ração, reduzindo os nutrientes e adicionando enzimas exógenas para restaurar o valor nutricional da dieta padrão, visando o mesmo desempenho de uma dieta com os níveis nutricionais normais, de forma mais econômica. Entretanto, críticas são feitas ao uso da utilização denominada “on top”, pois, uma vez que todos os níveis nutricionais são atendidos, não adianta aumentar a disponibilidade de nutrientes, visto que não serão aproveitados.

As enzimas disponíveis comercialmente são classificadas de acordo com os seus substratos em carbohidrases, proteases, lipases e fitases. As carbohidrases são as xilanases, glucanases, pectinases, celulases, galactosídases, mananases e amilases e os seus respectivos substratos são os arabinosilanos,  $\beta$ -glucanos, pectinas, celulose, galactosídeos, mananos e o amido. As proteases e as lipases têm como substratos as proteínas e os lipídios. As fitases são enzimas que têm como função atuar no ácido fítico, que é a principal forma de armazenamento do fósforo nos vegetais (Quadro 1).

Quadro 1- Enzimas disponíveis comercialmente, seus substratos e efeitos

<i>Enzima</i>	<i>Substrato</i>	<i>Efeitos</i>
<b>Xilanase</b>	Arabinosilanas	Redução da viscosidade da digesta.
<b>Glucanases</b>	$\beta$ -glucanos	Redução da viscosidade da digesta. Menor umidade na cama.
<b>Pectinases</b>	Pectinas	Redução da viscosidade da digesta.
<b>Celulases</b>	Celulose	Degradação da celulose e liberação de nutrientes.
<b>Proteases</b>	Proteínas	Suplementação das enzimas endógenas. Degradação mais eficiente de proteínas.
<b>Amilases</b>	Amido	Suplementação das enzimas endógenas. Degradação mais eficiente do amido.
<b>Fitase</b>	Ácido fítico	Melhora a utilização do fósforo dos vegetais. Remoção do ácido fítico.
<b>Galactosídases</b>	Galactosídios	Remoção de Galactosídios.
<b>Lipases</b>	Lipídios e ácidos graxos	Melhora a utilização de gorduras animais e vegetais.

Adaptado de Cleóphas et al., (1995).

As enzimas utilizadas na alimentação animal devem resistir e conservar a atividade depois dos processos de fabricação e digestão. Os fatores que podem influenciar sua estabilidade, entre outros, são: a origem (microorganismo), o tipo de atividade, a composição da ração, a condição de processamento (temperatura), o armazenamento, as condições durante o processo digestivo e a ação de enzimas endógenas (Francesch, 1996).

Para Marquardt e Bedford (2001), as características desejáveis na produção de enzimas são: especificidade pelo substrato; resistência à inativação por calor, pH e enzimas proteolíticas; segurança toxicológica; baixo custo de produção; boa vida de prateleira e ausência de interações com a matriz do alimento para facilitar a determinação quantitativa de enzima na dieta completa.

Segundo Bedford (2000), o principal objetivo do uso das enzimas é reduzir as variações entre as amostras boas e ruins de um ingrediente e atender melhor as exigências dos animais com menores quantidades de ingredientes. No entanto, com relação ao uso destas

enzimas, o autor relatou existir grandes divergências entre respostas obtidas em detrimento a grande variedade de produtos e formas de utilização.

Segundo De Lima et al. (2007) a utilização de enzimas na alimentação de aves se justifica por reduzir os efeitos dos fatores antinutricionais presentes em muitos ingredientes, aumentar a disponibilidade de nutrientes encapsulados pela parede celular ou ligados a estruturas químicas que a ave seria incapaz de digerir e suplementar a atividade enzimática do trato gastrintestinal.

Para Vasconcellos et al. (2011) o uso de enzimas na alimentação animal se justifica pela utilização de alimentos alternativos como a cevada, aveia, farelo de trigo, farelo de arroz, entre outros, que contém grandes concentrações de fatores antinutricionais, em substituição ao (milho e farelo de soja) pelo aumento em seus custos. Outra função seria o uso de enzimas como alternativa ao uso de promotores de crescimento, uma vez que, estas objetivam aumentar a digestibilidade dos nutrientes e diminuir a quantidade de substratos disponíveis para o crescimento de bactérias patogênicas.

### **2.3. POLISSACARÍDEOS AMILÁCEOS E NÃO AMILÁCEOS**

A oxidação dos carboidratos é a principal via metabólica fornecedora de energia para as células animais. Os mesmos são divididos em três classes principais, de acordo com o seu tamanho: monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos. A maioria dos carboidratos da natureza são polissacarídeos, que são polímeros de média a alta massa molecular. São classificados em homopolissacarídeo (apenas um tipo de unidade monométrica) e heteropolissacarídeo (duas ou mais unidades monométricas). Alguns homopolissacarídeos servem como forma de armazenamento de monossacarídeos, empregados como combustíveis pelas células; como por exemplo o amido e a celulose.

O amido é o polissacarídeo amiláceo mais importante das células vegetais, ocorrendo intracelularmente como agregados ou grânulos. As suas moléculas são altamente hidratadas, porque possuem grupos hidroxila expostos e capazes de formar pontes de hidrogênio com a água. O amido é abundante nos tubérculos, como as batatas, e nas sementes, como no grão de milho. Quando ingeridos na dieta, são hidrolizados por  $\alpha$ -amilases, enzimas da saliva e das secreções intestinais que rompem as ligações glicosídicas ( $\alpha$  1-4) (Nelson e Cox, 2011).

Os polissacarídeos não amiláceos ou polissacarídeos estruturais da parede celular dos vegetais constituem-se basicamente de polímeros de pentoses (arabinose e xilose) e hexoses (glicose, frutose e galactose), unidades básicas que se combinam dando origem a dois grupos principais,  $\beta$ - glicanos e heteroglicanos. No primeiro se encontra a celulose e no segundo, as pectinas e as hemiceluloses. Estes carboidratos, juntamente com a lignina (polímero aromático de ésteres fenólicos) constituem as principais frações da “fibra”, ou seja, a parte do alimento que não pode ser digerida pelas enzimas digestivas dos animais, porém, susceptível de degradação em intensidade variável pela atuação microbiana simbiótica no ceco-cólon (Arruda et al., 2003).

A celulose pode ser caracterizada como um homopolissacarídeo de alto peso molecular, de cadeia linear e de elevado grau de polimerização das unidades D-glicose unidas por ligações do tipo  $\beta$ -1,4 e  $\beta$  -1,6. Assim, possuem configuração alongada e agrega-se lado a lado formando microfibrilas insolúveis unidas por fortes ligações inter e intramoleculares

como as pontes de hidrogênio, impregnada por uma matriz de propriedades cimentantes que formam uma rede fibrilar cristalina, geralmente associada à lignina, apresentando-se insolúvel em meio alcalino, mas solúvel em meio ácido. A relação lignina/celulose determina a intensidade de degradação microbiana da parede celular, igualmente condicionada pela presença de outras substâncias incrustantes como a sílica e a cutina, além de fatores macromoleculares intrínsecos da própria celulose, como a cristalinidade e especificidade de suas ligações químicas, tanto para ruminantes como em não-ruminantes (Van Soest, 1994; Brett e Waldron, 1996).

As hemiceluloses caracterizam-se como heteropolissacarídeos, unidos por ligações glicosídicas  $\beta$ , aliados a açúcares residuais como xilose, arabinose, glicose, manose, galactose e ácido glicurônico. Assim, as hemiceluloses podem ser classificadas em pentosanas contendo polímeros de D-xilose unidos por ligações  $\beta$ -<sub>1,4</sub> contendo cadeias laterais curtas de rabinose, ácido glucurônico, galactose e mesmo glicose (xilanos); ou contendo resíduos de galactose unidos por ligações  $\beta$ -<sub>1,3</sub> e  $\beta$ -<sub>1,6</sub> cujas cadeias laterais são formadas por arabinose arabinogalactanos). As hemiceluloses também são classificadas em hexanos contendo predominantemente glicose e manose unidas por ligações  $\beta$ -<sub>1,4</sub> (mananos), polímeros compostos de resíduos de glicose unidos por ligações  $\beta$ -<sub>1,3</sub> e  $\beta$ -<sub>1,4</sub> ( $\beta$ -glicanos) que se diferenciam da celulose pela solubilidade em meio alcalino, e os polímeros compostos por unidades de glicopirranose unidas por ligações  $\beta$ -<sub>1,4</sub> contendo cadeias laterais de xilanopirranose unidas por ligações  $\beta$ -<sub>1,6</sub> (xiloglicanos) (Hatfield, 1989; Jung, 1989; Van Soest, 1994; Brett e Waldron, 1996).

As pectinas são polímeros do ácido 1,4- $\beta$ -Dgalacturônico que se encontram principalmente na lamela média e parede primária da célula vegetal, atuando como elemento “cimentante” entre membranas. A cadeia helicoidal de ácidos galacturônicos possivelmente está associada lateralmente com arabinoxilanos e galactomananos, sendo que os grupamentos ácidos estão geralmente combinados com sais de cálcio e metil-ésteres. As pectinas diferem das moléculas amiláceas pela posição axial da ligação no carbono- 4, não sendo atacadas pelas amilases, porém, susceptíveis a ação microbiana (Van Soest et al., 1991; Ferreira, 1994; Van Soest, 1994).

As propriedades físico-químicas da fibra vegetal se caracterizam por influir sobre o trânsito digestivo, a absorção de minerais e a absorção dos sais biliares e metabolismo dos lipídios. A capacidade higroscópica ou de retenção de água da fibra está particularmente relacionada com o seu conteúdo de hemiceluloses e pectinas. As substâncias pécticas, entre os polissacarídeos da parede celular vegetal, são os que têm mais importância no processo de retenção de água. Ainda, como sua degradação pode não ser completa, pode haver liberação e disponibilidade destas substâncias para a flora bacteriana intestinal. Já a lignina, influencia negativamente no processo de digestão por impedir a ação das enzimas endógenas sobre os polissacarídeos e por ligar-se covalentemente aos mesmos. Além disto, possuem forte capacidade de ligação iônica com elementos minerais fazendo com que as dietas ricas em fibra interfiram negativamente na absorção dos minerais (Arruda et al., 2003).

Somente as ligações  $\alpha$  <sub>1-4</sub> e  $\alpha$  <sub>1-6</sub> do amido, a  $\alpha$  <sub>1-2</sub> entre a frutose da sacarose,  $\beta$  <sub>1-4</sub> entre a glicose e a galactose da lactose e a  $\alpha$  <sub>1-1</sub> entre as unidades de glicose da trealose podem ser clivadas por enzimas endógenas de aves e mamíferos não ruminantes. Todas as outras

ligações glicosídicas são resistentes às enzimas digestivas, mas podem ser clivadas por enzimas derivadas de microorganismos. Como os monogástricos não produzem enzimas capazes de hidrolisar estes carboidratos, estes impedem o acesso das enzimas endógenas aos nutrientes contidos nas células dos grãos (Tavernari et al., 2008).

Dependendo da solubilidade dos seus constituintes, os polissacarídeos não amiláceos são classificados em solúveis e insolúveis. Os insolúveis são as celuloses, as ligninas e algumas hemiceluloses. Os solúveis são compostos por pectinas, gomas e principalmente pelas hemiceluloses. As propriedades antinutricionais dos polissacarídeos não amiláceos estão principalmente nos solúveis, por promoverem o aumento na viscosidade do conteúdo intestinal. Sendo assim, tanto a mistura do alimento ingerido com os sucos digestivos como o acesso das enzimas aos nutrientes do alimento são prejudicados, gerando perdas na digestibilidade de proteínas, gorduras ou outros açúcares (Silva, 2009).

O conteúdo de polissacarídeos não amiláceos nas plantas varia não só de acordo com as espécies, mas também entre o genótipo ou cultivar da mesma espécie. Além disso, as condições agrônômicas de cultivo, tais como fatores ambientais antes da colheita e condições de armazenamento após a colheita podem influenciar no conteúdo destes elementos (Caprita et al., 2010).

Segundo Malathi e Devegowda (2001), o milho e farelo de soja possuem 9,32 e 29,02% de polissacarídeos não amiláceos totais, respectivamente. Ruiz et al. (2008) reportaram valores próximos a 9,7 e 10,3%. Tavernari et al. (2008) relataram teores de 8,10 e 30,3% de polissacarídeos não amiláceos para tais ingredientes. Os valores encontrados pelos diferentes pesquisadores demonstram grandes variações entre as frações destes elementos dentro das mesmas espécies de alimentos.

## **2.4. ENZIMAS EXÓGENAS E SEUS SUBSTRATOS**

Ao serem adicionadas às dietas, as carboidrases têm como alvo de atuação os polissacarídeos não amiláceos. Tais polissacarídeos, ao serem digeridos por estas enzimas, são transformados em açúcares simples e absorvidos, o que não seria possível em condições de não suplementação das mesmas, já que animais monogástricos não as produzem no trato digestório. Isto também aumenta a eficiência das enzimas próprias dos animais, que irão acessar nutrientes como proteínas, lipídios e amido que estariam encapsulados pelas paredes celulares dos vegetais. Como exemplos de carboidrases, temos celulasas, xilanases, glucanases, pectinases, galactosidases e mananases. Outro efeito das carboidrases é a redução da viscosidade da digesta, que melhora o contato dos substratos com as enzimas e os sucos digestíveis, aumentando assim a hidrólise e absorção de nutrientes no intestino (Silva, 2009).

Segundo Campestrini et al. (2005), a celulase pode ser obtida através da extração da fermentação do fungo *Trichoderma viride*. A sua atividade é mensurada em unidade de celulase ativa por grama (UCA/g). Uma UCA é definida como a quantidade de enzima que libera 1  $\mu\text{mol}$  de glicose em uma solução com 5% (peso/volume) de celulase em uma hora, a pH 5,0 e temperatura de 37°C por duas horas de incubação. Esta enzima tem como função atuar na celulose.

De acordo com Choct et al. (2004), a xilanases pode ser obtida a partir da fermentação de diferentes microorganismos como: *Thermomyces lanuginosus*, *Humicola insolens* e

*Aspergillus aculeatus*. São responsáveis, principalmente, pela hidrólise das ligações  $\beta$ -1,4 presentes na xilana vegetal (pentose que faz parte das hemiceluloses). Os arabinoxilanos são o principal polissacarídeo não amiláceo solúvel do centeio, trigo e do farelo de arroz.

A  $\beta$ -glucanase pode ser obtida comercialmente a partir da fermentação de *Bacillus circulans*, *Bacillus subtilis* e *Penicillium emersonii* (Vambelle, 1992, citado por Borges, 1997). Têm como alvo de ação os  $\beta$ -glucanos, que são polímeros de glicose com ligações  $\beta$ -1,4 e  $\beta$ -1,3, que rompem a linearidade da molécula impedindo a formação de fibrilas. São os principais polissacarídeos da cevada e da aveia (Tavernari et al., 2008).

As galactosidases são obtidas a partir da fermentação de *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae* e *Trichoderma reesei* (Vambelle, 1992, citado por Borges, 1997). Esta enzima tem a função de hidrolizar os galactosídeos que são oligossacarídeos compostos por uma molécula de sacarose ligada a diferentes quantidades de moléculas de D-galactose, em ligações  $\alpha$ -1,6. Desta forma, ocorre a hidrólise da rafiose, estaquiose e verbascose em açúcares simples, como glicose, galactose e frutose. Estes galactosídeos estão presentes em grandes concentrações no farelo de soja (Ott, 2005).

De acordo Wu et al. (2005),  $\beta$ -mananases podem ser produzidas a partir da fermentação *Bacillus lentus*, e sua ação é a hidrólise dos  $\beta$ -mananos. Os  $\beta$ -mananos são polissacarídeos não lineares compostos por repetições de  $\beta$ -1,4 manose, 1-6 galactose e glicose ligada a uma estrutura de  $\beta$ -mananos, sendo que um grande número de associações tem sido encontrado entre mananos heteropolissacarídeos (glucomananos, galactomananos e galactoglucomananos), celulose e polímeros (Chanzy e Voung, 1985).

As pectinases têm como substratos as pectinas, que têm como principal constituinte o ácido D-galacturônico, interligado principalmente por ligações  $\alpha$ -1,4. As suas ramificações laterais são diversas e contêm arabinose, galactose e na maior parte ramnose. Os números de grupos carboxílicos livres podem variar assim como o grau de esterificação. Devido à natureza hidrofílica de suas ramificações, são compostos com grande capacidade de formação de gel (Tavernari et al., 2008).

## **2.5. EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO DE CARBOHIDRASES NA RAÇÃO DE POEDEIRAS SOBRE O METABOLISMO DE NUTRIENTES**

Scheideler et al. (2005) trabalharam com a inclusão ou não do complexo enzimático Avizime 1500<sup>®</sup> composto por xilanase,  $\alpha$ -amilase e protease em dietas a base de milho e farelo de soja com dois diferentes níveis de energia metabolizável (2890 e 2805 Kcal/kg) em duas linhagens de poedeiras (Babcock B-300<sup>®</sup> e Hy-line w-36<sup>®</sup>) de 25 a 40 semanas de idade. A suplementação enzimática aumentou significativamente a retenção de proteína e cálcio ( $P < 0,05$ ) e teve efeito negativo ( $p < 0,05$ ) na retenção do fósforo.

A inclusão ou não de um complexo enzimático composto por  $\alpha$ -amilase (*Bacillus amyloliquifaciens*), protease (*Bacillus subtilis*) e  $\beta$ -xylanase (*Trichoderma longibrachiatum*), foi avaliada por Norvak et al. (2008), em dietas a base de milho, farelo de soja e farelo de trigo para poedeiras de linhagem Bovans White Leghorn<sup>®</sup> no período de 18 a 60 semanas de idade, variando em níveis de energia metabolizável e proteína bruta de acordo com a produção de ovos em três períodos, conforme descrito a seguir. Primeira fase: 18 a 38 semanas, 2.871 e 2.785 kcal/kg X 18 e 15% proteína bruta (PB), segunda fase: 39 a 50

semanas, 2.871 e 2.785 kcal/kg X 17 e 14% PB e terceira fase: 51 a 60 semanas, 2.882 e 2.795 kcal/kg X 16,5 e 13,5% PB. A porcentagem de retenção de energia e proteína aumentou ( $p \leq 0,05$ ) quando a proteína dietética diminuiu. A retenção de energia foi menor ( $p \leq 0,05$ ) com o uso de energia dietética mais baixa. A inclusão do complexo enzimático não teve efeito ( $p \leq 0,05$ ) na retenção de proteína e energia. Os autores concluíram que a redução de energia não afetou o desempenho das aves, pois a menor energia dietética em todas as fases foi suficiente para atender as exigências de manutenção e produção das aves.

Viana et al. (2009) verificaram o efeito da adição do complexo enzimático Rovabio Max<sup>®</sup>, composto por glucanases, xilanases, pectinases, proteases e fitase sobre o desempenho e o metabolismo de poedeiras Bovans Goldline<sup>®</sup> no período de 24 a 36 semanas de idade alimentadas com rações a base de milho e farelo de soja. Os três tratamentos experimentais foram: controle positivo (2.900 kcal/kg), controle negativo (2.850 kcal/kg) e o tratamento controle negativo mais a adição do complexo enzimático. Nas aves mantidas com a dieta controle negativo, a adição de complexo enzimático na dieta melhorou o percentual de postura e a conversão alimentar por dúzia de ovos produzidos ( $p \leq 0,05$ ). A suplementação com o complexo enzimático nas dietas com menores níveis nutricionais melhorou os valores de EMA, resultando em valores similares aos obtidos nas aves alimentadas com a ração controle positivo. As aves alimentadas com a ração controle positivo apresentaram maior ingestão, excreção e retenção de fósforo (mg/ave/dia). Entretanto, quando a ração foi suplementada com complexo enzimático, ocorreu maior retenção de fósforo pelas aves ( $p \leq 0,01$ ).

O metabolismo de nutrientes de poedeiras Bovans Goldline<sup>®</sup> no período de 24 a 48 semanas de idade foi avaliado, utilizando dietas experimentais à base de milho e farelo de soja, com dois níveis de energia metabolizável (2.900 e 2.755 Kcal/kg) e a inclusão ou não de xilanase (*Econase XT25*<sup>®</sup>). O valor médio da energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio foi maior em dietas com maior nível de energia metabolizável (2.900 kcal/kg), porém, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) no coeficiente de metabolizabilidade aparente da matéria seca, e no coeficiente de metabolizabilidade da energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio entre as dietas experimentais. As aves alimentadas com dietas dos tratamentos controle positivo (maior nível de energia metabolizável) e controle positivo mais o complexo enzimático apresentaram maior balanço de nitrogênio, contudo, não houve efeito ( $p > 0,05$ ) com a suplementação da xilanase (Viana et al., 2011).

## **2.6. EFEITOS DA SUPLEMENTAÇÃO ENZIMÁTICA EM DIETAS DE POEDEIRAS SOBRE O DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E QUALIDADE DOS OVOS**

Jackson et al. (1999) trabalharam com a inclusão ou não de  $\beta$  mananase em dietas a base de milho e farelo de soja com diferentes níveis de energia metabolizável, no período de 18 a 66 semanas de idade, que foram alterados com 33 e 43 semanas de idade (2.926 e 2.907; 2.885 e 2.827 e 2.808 e 2.786 kcal/kg) para duas linhagens de poedeiras comerciais (Hy-Line W-36<sup>®</sup> e W-77<sup>®</sup>). Os dados foram analisados em quatro ciclos de 12 semanas. A inclusão de  $\beta$ -mananase aumentou ( $p \leq 0,05$ ) a produção de ovos por ave/dia e por ave/alojada após o primeiro ciclo de produtivo. A produção por ave/dia do grupo com  $\beta$ -mananase foi 0,7, 1,7 e 1,5% maior quando comparadas ao grupo controle no 2º, 3º e 4º ciclo de produção

respectivamente ( $p \leq 0,01$ ). Para a variável, peso específico dos ovos, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ). Os autores relataram que a inclusão de  $\beta$ -mananase aumentou a produção de ovos, retardando a queda da postura pós-pico de produção.

O efeito da inclusão ou não de 0,1% de um complexo enzimático comercial composto de  $\alpha$ -amilase, xilanase e protease específico, para dietas à base de milho e farelo de soja, sobre o desempenho de poedeiras da linhagem Hy-Line com 68 semanas de idade no segundo ciclo de produção, foi avaliado em duas dietas com diferentes níveis de energia metabolizável (2.850 e 2.750 kcal/kg). Os autores concluíram que a suplementação de enzimas nas dietas não afetou porcentagem de postura (ovos/ave/dia), consumo de ração (g/ave/dia), peso dos ovos (g), conversão alimentar (kg de ração/kg de ovo) e o ganho de peso das poedeiras (g) (Freitas et al., 2000).

Sohail et al. (2003) trabalharam com galinhas Hy-line W-36<sup>®</sup> com 21 semanas de idade, alimentadas com dietas com três níveis de lisina (0,75, 0,83 e 0,92%), dois níveis de energia (2.906 e 2.820 Kcal/kg) e a inclusão ou não de complexo enzimático composto por xilanase, amilase e protease (Avizime 1500<sup>®</sup>). A fórmula das rações também continha fitase na inclusão de (0,05%). A inclusão do complexo enzimático em interação com o nível de energia e lisina da dieta influenciou o consumo de ração, e a produção de ovos. O ganho de peso das aves foi afetado linearmente pelos níveis de lisina. O complexo enzimático aumentou ( $p \leq 0,05$ ) o consumo de ração em galinhas alimentadas com alta energia, quando as dietas tinham 0,75 e 0,83% de lisina, mas o mesmo não ocorreu para o nível de 0,92%. Este aumento não foi observado em aves alimentadas com dietas com baixa energia. A inclusão do complexo enzimático aumentou ( $p \leq 0,05$ ) a produção dos ovos nos níveis mais baixos de lisina, mas o mesmo não ocorreu para o nível mais alto. Para a variável peso dos ovos, os níveis de lisina (0,75 a 0,92%) aumentaram ( $p \leq 0,01$ ) o peso dos ovos. Estes níveis também diminuíram o peso específico dos ovos ( $p \leq 0,05$ ). Os níveis de energia e a inclusão do complexo enzimático não influenciaram ( $p > 0,05$ ) o peso dos ovos. Os autores concluíram que o complexo enzimático influenciou na utilização da energia e da lisina pelas aves, porém mais pesquisas devem ser feitas para saber como maximizar os efeitos do complexo enzimático na utilização da energia pelas mesmas.

A inclusão ou não de  $\beta$ -Mananase em dietas a base de milho e farelo de soja foi avaliada em poedeiras da linhagem Hy-line com 98 semanas de idade por (Wu et al., 2005) As dietas experimentais eram: alta energia metabolizável (2.951 kcal/kg), baixa energia metabolizável (2.831 kcal/kg) e baixa energia metabolizável (2.831 kcal/kg) com a adição da enzima. O período experimental foi de 12 semanas. A adição da enzima melhorou ( $p \leq 0,05$ ) a conversão alimentar por grama de ovo na dieta com menor nível de energia metabolizável quando comparado à dieta de maior nível. O consumo de ração, produção de ovos, peso das aves e peso específico dos ovos não foram influenciados pelos tratamentos ( $p > 0,05$ ).

Scheideler et al. (2005) trabalharam com a inclusão ou não do complexo enzimático (Avizime 1500<sup>®</sup>) composto por xilanase,  $\alpha$ -amilase e protease em dietas a base de milho e soja com dois diferentes níveis de energia metabolizável (2.890 e 2.805 kcal/kg) em duas linhagens de poedeiras (Babcock B-300<sup>®</sup> e Hy-line W-36<sup>®</sup>) de 25 a 40 semanas de idade. A produção de ovos foi afetada diferentemente nas duas linhagens avaliadas. Em galinhas Hy-Line W-36 a produção de ovos foi maior ( $p \leq 0,05$ ) no tratamento com inclusão do complexo

enzimático e com o nível de energia EM de 2.805 kcal/kg. Em galinhas Babcock B-300<sup>®</sup> a produção de ovos foi maior ( $p \leq 0,05$ ) no tratamento com inclusão do complexo enzimático e nível de EM de 2890 kcal/kg. Somente a inclusão do complexo enzimático não houve efeito ( $p > 0,05$ ) na conversão alimentar, produção de ovos, peso corporal, peso dos ovos e massa de ovos. A inclusão do complexo enzimático não teve efeito ( $p > 0,05$ ) nas variáveis peso específico dos ovos, unidades haugh, porcentagem de albúmen, gema e casca e sólidos do albúmen e da gema.

Yörük et al. (2006) trabalharam com poedeiras Lohmann<sup>®</sup> para avaliar a adição de três níveis de inclusão de complexo enzimático (0, 1 e 2g/ Kg de ração), (composto por xilanase fúngica, 5-glucanase fúngica, 3-amilase, endo-5-gluconase, pentosonase, pectinase e hemicelulases) em dietas a base de soja e milho no período de 30 a 46 semanas de idade, sob a produção de ovos e a qualidade dos ovos. A suplementação com o complexo enzimático não afetou o peso corporal das aves e a produção de ovos, mas diminuiu o consumo alimentar das aves, melhorando a conversão alimentar (kg/kg). Exceto para porcentagem de gema que foi influenciada ( $p \leq 0,05$ ) pela inclusão do complexo enzimático, os outros parâmetros de qualidade dos ovos produzidos (resistência da casca Kg/cm<sup>2</sup>), espessura da casca, coloração da gema, porcentagem de albúmen e unidade haugh não foram influenciados ( $p > 0,05$ ).

Jalal et al. (2007) avaliaram quatro linhagem de poedeiras comerciais (Hy-Line W-36<sup>®</sup>, Hy-Line Brown<sup>®</sup>, Babcock B300<sup>®</sup> e Shaver White<sup>®</sup>) alimentadas com dietas de alta energia metabolizável (2900 kcal/kg), baixa energia metabolizável (2810 kcal/kg) e baixa energia metabolizável com complexo enzimático (Avizime, 1500<sup>®</sup>) de 22 a 50 semanas. O complexo enzimático utilizado era composto por xilanases, proteases e  $\alpha$ -amilase, sendo incluído na concentração de 0,075%. Não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) de dieta, linhagens e suas interações sobre consumo de ração e ganho de peso das aves. A adição do complexo enzimático para todas as linhagens de poedeiras e dietas estudadas não influenciaram ( $p > 0,05$ ) o consumo de ração, peso dos ovos, qualidade dos ovos (gravidade específica, porcentagem de albúmen, gema e casca) e mortalidade das aves. Os autores concluíram que o menor nível de energia metabolizável (2.810 kcal/kg) pode ter sido alto demais para o complexo enzimático expressar melhora na utilização de energia pelas aves.

A inclusão ou não de um complexo enzimático composto por  $\alpha$ -amilase (*Bacillus amyloliquifaciens*), protease (*Bacillus subtilis*) e  $\beta$ -xylanase (*Trichoderma longibrachiatum*) foi avaliada em dietas a base de milho, soja e farelo de trigo, para poedeiras de linhagem Bovans White Leghorn<sup>®</sup>, por um período de 18 a 60 semanas de idade, variando em níveis de energia metabolizável e proteína bruta de acordo com a produção de ovos em 3 períodos: Primeira fase: 18 a 38 semanas, 2.871 e 2.785 kcal/kg X 18 e 15% proteína bruta (PB), segunda fase: 39 a 50 semanas, 2.871 e 2.785 kcal/kg X 17 e 14% PB e terceira fase: 51 a 60 semanas, 2.882 e 2.795 kcal/kg X 16,5 e 13,5% PB. A redução da proteína da dieta diminuiu ( $p \leq 0,05$ ) a produção dos ovos e o peso dos ovos. Também diminuiu ( $p \leq 0,05$ ) a massa de ovos, piorou a conversão alimentar (g/g), reduziu a porcentagem de albúmen, enquanto aumentou a porcentagem de casca e gema e a cor da gema. O complexo enzimático aumentou ( $p \leq 0,05$ ) o peso dos ovos e piorou a conversão alimentar (g/g). Para as características de qualidade de ovos avaliadas (peso específico, porcentagem de gema, albúmen e casca), a inclusão do complexo enzimático não teve efeito significativo ( $p > 0,05$ ). Os autores

concluíram que adição do complexo enzimático aumentou o custo total para produzir um quilo de ovo e por isso não foi viável economicamente (Novak et al., 2008).

Araújo et al. (2008) estudaram os efeitos da inclusão de farelo de trigo (0, 3, 6 e 9%) na ração (2.750 kcal/kg e 15% PB), com ou sem a suplementação de um complexo enzimático composto por  $\beta$ -galactosidase, galactomananase, xilanase e  $\alpha$ -glucanase (0 ou 100 g/100kg), sobre o desempenho e a produção de ovos de poedeiras da linhagem Lohmann Brown<sup>®</sup> em fase de produção. A adição do complexo enzimático não influenciou ( $p>0,05$ ) o consumo de ração, produção de ovos, peso final das aves, massa de ovos, conversão alimentar por massa de ovos (Kg/kg), conversão alimentar por dúzia de ovos (kg/dúzia) e peso específico dos ovos, mas aumentou ( $p\leq 0,05$ ) o peso do ovo, que passou de 62,74 para 64,28 g.

Gunawardana et al. (2009) conduziram um experimento com galinhas da linhagem Hy-line W-36<sup>®</sup>, no período de 87 a 98 semanas de idade, para avaliar o efeito da adição do complexo enzimático Rovabio<sup>®</sup>, composto por xilanases (endo-1,4- $\beta$ -xilanase,  $\alpha$ -arabinofuranosidase,  $\beta$ -xilosidase, feruloil esterase, endo-1,5- $\alpha$ -arabinanase),  $\beta$ -glucanases (endo-1,3  $\beta$ -glucanases,  $\beta$ -1,3- glucanase, endo-1,4- $\beta$ -glucanase, cellobiohidrolase,  $\beta$ -glucosidase), mannanases (endo- 1,4- $\beta$ -mannanase,  $\beta$ -mannosidase), pectinases (pectinase, poligalacturonase, pectina esterase), e proteases (aspartico protease, metaloprotease) em dietas a base de milho e farelo de soja, com quatro diferentes níveis de energia metabolizável (2.791, 2.857, 2.923 e 2.989 kcal/kg) e dois níveis de proteína bruta (15,5 e 16,1% de PB) sobre o desempenho zootécnico e qualidade dos ovos durante 12 semanas. A diminuição da proteína da dieta aumentou ( $p<0,05$ ) o consumo de ração e diminuiu a coloração ( $p<0,05$ ) da gema dos ovos. O aumento da energia metabolizável da dieta de 2.791 para 2.989 Kcal/kg diminuiu o consumo de ração ( $p<0,05$ ) de 98,0 para 94,9 g por ave/ dia e aumentou ( $p<0,05$ ) a coloração da gema. A inclusão do complexo enzimático Rovabio<sup>®</sup> aumentou o peso dos ovos ( $p\leq 0,05$ ) na terceira e quinta semana, mas não influenciou o peso médio dos ovos durante as 12 semanas. Uma interação entre proteína da dieta, nível de energia e o complexo enzimático aumentou ( $p<0,05$ ) a produção de ovos, o peso corporal, a massa de ovos e melhorou a conversão alimentar (g/g). As variáveis peso específico dos ovos, unidades haugh, sólidos totais dos ovos, gema e albúmen não foram influenciadas ( $p>0,05$ ) pela inclusão do complexo enzimático.

Viana et al. (2009) verificaram o efeito da adição do complexo enzimático Rovabio Max<sup>®</sup>, composto por glucanases, xilanases, pectinases, proteases e fitase sobre o desempenho e o metabolismo de poedeiras Bovans Goldline<sup>®</sup> no período de 24 a 36 semanas de idade, alimentadas com rações a base de milho e farelo de soja. Os três tratamentos experimentais foram: controle positivo (2.900 kcal/kg), controle negativo (2.850 kcal/kg) e o tratamento controle negativo mais a adição do complexo enzimático. Nas aves que receberam dietas controle negativo, a adição do complexo enzimático melhorou ( $p<0,05$ ) a porcentagem de postura e a conversão alimentar por dúzia em relação ao grupo controle negativo e o grupo controle positivo. Para as variáveis consumo de ração, peso dos ovos, massa de ovos e conversão por massa de ovos, não houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) entre os tratamentos. O grupo controle negativo com adição do complexo enzimático teve o menor peso de albúmen ( $p\leq 0,05$ ) em relação aos outros tratamentos. Para peso da gema, peso da casca,

porcentagem de gema e de albúmen não houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) entre os tratamentos.

O desempenho zootécnico de poedeiras Bovans Goldline<sup>®</sup> no período de 24 a 48 semanas de idade foi avaliado utilizando dietas experimentais à base de milho e farelo de soja, com diferentes níveis de energia metabolizável (2.900 e 2.755 Kcal/kg) e a inclusão ou não de xilanase (*Econase XT25*<sup>®</sup>). A produção de ovos e a massa de ovos foram menores ( $p\leq 0,05$ ) e a conversão alimentar por massa de ovos, pior ( $p\leq 0,05$ ) no grupo alimentado com as dietas sem a adição de xilanase. No caso da ração com o menor nível de energia metabolizável, a adição da xilanase melhorou ( $p\leq 0,05$ ) a produção de ovos e a massa de ovos em média 2,8% em comparação à dieta controle com mesmo nível de energia metabolizável (controle negativo). No entanto, a taxa de postura e a massa de ovos das aves alimentadas com a ração controle negativo + xilanase não diferiram ( $p>0,05$ ) do observado para as aves do grupo alimentado com a ração de maior nível de energia metabolizável (2.900 kcal/kg) sem suplementação de enzima. Também não foram observados efeitos ( $p>0,05$ ) da suplementação de xilanase sobre consumo de ração e conversão alimentar (g/g e kg/dúzia). A composição dos ovos não foi influenciada pelas dietas ( $p<0,05$ ) (Viana et al., 2011).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. EXPERIMENTO 1: DESEMPENHO E QUALIDADE DE OVOS**

##### **3.1.1. Condições Experimentais**

###### **3.1.1.1. Local e período**

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental “Prof. Hélio Barbosa”, localizada no município de Igarapé – Minas Gerais, no período de 02 de junho a 26 de agosto de 2011.

As aves foram alojadas em galpão de postura convencional, não climatizado, equipado com gaiolas na densidade de 375 cm<sup>2</sup>/ave, com um total de seis aves por gaiola (figura 1). Os tratamentos foram devidamente identificados. As repetições de cada tratamento foram isoladas por um separador de madeira, impedindo o acesso das aves à ração de outra repetição.

###### **3.1.1.2. Aves**

Foram utilizadas 768 poedeiras Hy-Line<sup>®</sup>, de 25 a 36 semanas de idade, sendo duas semanas referentes à adaptação das aves e 10 semanas experimentais, totalizando 12 semanas. O critério de seleção das aves para o experimento foi o peso corporal e a produção de ovos, baseando-se na uniformidade entre as unidades experimentais.

###### **3.1.1.3. Manejo**

O manejo das aves foi o mesmo adotado na Fazenda Experimental. O arraçamento foi realizado diariamente e a coleta de ovos quatro vezes ao dia. O programa de luz utilizado

foi de 16 horas de luz/dia, sendo de 12 horas de luz natural e 4 horas de luz artificial, fornecida, metade pela manhã e o restante no período da noite.

As gaiolas foram equipadas com comedouros tipo cocho de PVC, com alimentação manual e bebedouros do tipo nipple (um bebedouro para duas gaiolas). As aves receberam água e ração à vontade.



Figura 1- Gaiolas de produção com seis aves por gaiola na densidade de 375 cm<sup>2</sup>/ave. Arquivo Pessoal.

#### 3.1.1.4. Tratamentos

Os tratamentos foram definidos pela inclusão ou não do complexo enzimático, com ou sem valorização:

**Tratamento A:** Controle (ração usual sem complexo enzimático e sem valorização).

**Tratamento B:** Controle positivo (adição do complexo enzimático com valorização).

**Tratamento C:** “On top” (adição do complexo enzimático e sem valorização).

**Tratamento D:** Controle negativo (sem adição do complexo enzimático e com valorização).

#### 3.1.1.5. Rações

As rações foram formuladas visando atender às exigências nutricionais das poedeiras de acordo com a idade e a fase de produção. Os cálculos dos níveis nutricionais foram feitos de acordo com a composição química e os valores energéticos dos ingredientes descritos por (Rostagno et al., 2011). As composições das dietas com seus respectivos valores nutricionais

calculados encontram-se na tabela 1. Estas foram formuladas com base na matriz nutricional e dosagem do complexo enzimático (tabela 2).

Tabela 1 - Composição em (Kg) e valores nutricionais calculados das rações de produção

Ingredientes	Tratamentos			
	A	B	C	D
Milho moído	622,0	595,0	622,0	595,0
Farelo de soja (45%PB)	245,0	228,0	245,0	228,0
Calcário calcítico (38,5%)	84,3	85,25	84,3	85,25
Farinha de carne e ossos (44%PB)	40,0	38,0	40,0	38,0
Farelo de trigo	-	45,0	-	45,0
Sal comum	3,5	3,5	3,5	3,5
Suplemento vitamínico-mineral <sup>1</sup>	2,0	2,0	2,0	2,0
DL-metionina	1,65	1,7	1,65	1,7
Complexo enzimático*	-	0,05	0,05	-
Total	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0
<b>Níveis Nutricionais</b>				
EMAn (Kcal/Kg)	2740	2740	2740	2690
Proteína Bruta (PB%)	18,0	18,0	18,0	17,6
Cálcio (%)	3,87	3,85	3,87	3,85
Fósforo Disponível (%)	0,36	0,36	0,36	0,35
Lisina Digestível (%)	0,83	0,82	0,82	0,80
Met+Cis Digestível (%)	0,65	0,65	0,65	0,64
Metionina Digestível (%)	0,41	0,41	0,41	0,41
Treonina Digestível (%)	0,60	0,59	0,59	0,58

<sup>1</sup> Suplemento vitamínico mineral (composição por kg do produto): Vit. A 8.000.000 UI, Vit. D<sub>3</sub> 2.100.000 UI, Vit E 7.000 mg, Vit. K<sub>3</sub> 2.000 mg, Vit. B<sub>1</sub> 1.000 mg, Vit. B<sub>2</sub> 3.000 mg, Vit. B<sub>6</sub> 700 mg, Vit. B<sub>12</sub> 6.000 mcg, Ácido Fólico 100 mg, Biotina 10 mg, Niacina 20.000 mg, Pantotenato de cálcio 10.000mg, Antioxidante 2.000mg, Manganês 55.000 mg, Zinco 40.000 mg, Ferro 50.000 mg, Cobre 6.000 mg, Cobalto 100mg, Iodo 1.000 mg, Selênio 200 mg.

\* Rovabio<sup>®</sup> Excel AP – 50(g)/1000(Kg)

Tabela 2 – Matriz nutricional indicada para o complexo enzimático em dietas de poedeiras

Matriz Nutricional		Complexo Enzimático
Proteína Bruta	%	7200
Energia Metabolizável	Kcal/Kg	1.000.000
Lisina	%	170
Lisina digestível	%	150
Metionina	%	80
Metionina digestível	%	70
Metionina + Cistina	%	150
Metionina + Cistina digestível	%	120
Treonina	%	140
Treonina digestível	%	120
Arginina	%	190
Arginina digestível	%	170
Triptofano	%	40
Triptofano	%	35

Fonte: Adisseo, (2011)

### **3.1.2. Dados obtidos**

#### **3.1.2.1. Parâmetros de desempenho**

##### **3.1.2.1.1. Peso das aves**

As aves foram pesadas após uma semana de alimentação com as rações experimentais e ao final do período experimental, ou seja, com 26 e 36 semanas de idade.

##### **3.1.2.1.2. Produção de ovos**

A produção de ovos foi registrada diariamente, de acordo com cada repetição experimental, sendo posteriormente calculada a porcentagem de postura semanal. Ao final do período experimental foi calculado o percentual médio de produção.

##### **3.1.2.1.3. Consumo de ração**

O consumo de ração foi obtido a partir da quantidade de ração oferecida a cada semana subtraindo-se a sobra ao final da mesma. Foi calculado o consumo médio diário de acordo com as repetições e os tratamentos, considerando-se o número de aves mortas na semana. Ao final do período experimental foi calculado consumo médio de ração por ave por dia.

##### **3.1.2.1.4. Conversão alimentar por dúzia de ovos**

Os dados de conversão alimentar (Kg de ração consumida / dúzia de ovos produzidos) foram obtidos dividindo o consumo de ração semanal e a produção acumulada de ovos na semana, levando em consideração a mortalidade diária, de acordo com as repetições e os tratamentos. Ao final do período experimental foi calculado a conversão alimentar média por dúzia de ovos.

### 3.1.2.1.5. Peso médio dos ovos

Uma vez por semana, todos os ovos produzidos no dia foram coletados, identificados e pesados para obtenção do peso médio dos ovos (em gramas), de acordo com as repetições de cada tratamento. Ao final do período experimental foi calculado o peso médio dos ovos produzidos.

### 3.1.2.1.6. Conversão alimentar por quilograma de ovos

Os dados de conversão alimentar por quilograma de ovos (Kg de ração consumida / Kg de ovos) foram obtidos dividindo o consumo de ração semanal pelo peso total dos ovos produzidos na semana, de acordo com as repetições e os tratamentos. Ao final do período experimental foi calculado a conversão alimentar média por quilograma de ovos.

### 3.1.2.2. Parâmetros de qualidade dos ovos

As análises dos parâmetros de qualidade dos ovos foram realizadas nos ovos das aves experimentais com 36 semanas de idade.

#### 3.1.2.2.1. Unidades Haugh

Para as medidas de unidade Haugh, os ovos foram pesados individualmente em balança analítica digital de sensibilidade 0,01g (Modelo Automarte® AS 2.000) e posteriormente foram quebrados em mesa com superfície lisa, onde foi aferida a medida da altura de albúmen, utilizando um aparelho medidor de Unidades Haugh – Ames modelo S-8400, Massachussets, EUA) (Haugh, 1937). A partir dos dados de peso do ovo e a altura do albúmen, a UH foi obtida pela fórmula seguinte, de acordo com (Brant et al., 1951).

$$UH = 100 \log \left[ \left[ H - \frac{\sqrt{G(30W^0,37 - 100)}}{100} \right] + 1,9 \right]$$

em que:

H = altura do albúmen denso (milímetros);

G = constante gravitacional de valor 32;

W = peso do ovo (gramas).

#### 3.1.2.2.2. Porcentagem de gema, casca e albúmen

Para as avaliações das proporções de gema, de albúmen e de casca em relação ao peso do ovo, foram utilizados os mesmos ovos previamente pesados para a análise de Unidades Haugh. Após a quebra dos ovos, separou-se o albúmen, a gema e a casca. A separação da gema foi realizada manualmente, e o resíduo de clara, aderido à gema, foi removido com o auxílio de papel absorvente. Após este procedimento as gemas foram pesadas individualmente. As cascas, depois de lavadas em água corrente para retirada de resíduos do albúmen, secaram a temperatura ambiente durante 24 horas, e foram pesadas individualmente. O peso do albúmen foi obtido pela diferença entre o peso do ovo inteiro e o peso da gema mais o peso da casca:

Peso do albúmen = Peso do ovo inteiro – (Peso da gema + Peso da casca)

### 3.1.2.2.3. Peso específico

As avaliações de peso específico foram realizadas um dia após a postura, no Laboratório de Metabolismo Animal LAMA, da Escola de Veterinária da UFMG. O método de análise foi baseado no princípio de Arquimedes, onde os valores de peso específico, expressos em (g/mL H<sub>2</sub>O) foram obtidos pela seguinte fórmula:

$$\text{(Peso do ovo no ar)}$$

$$\text{(Peso do ovo no ar - Peso do ovo em água)}$$

O equipamento utilizado para esta avaliação foi montado com uma balança de precisão de 0,5g, e suporte de ferro utilizado para sustentar um recipiente contendo água destilada, que possuía espaço adequado para a pesagem do ovo no ar. Lateralmente, foi colocada outra estrutura de ferro, da qual descia uma haste com aro apropriado para a pesagem do ovo dentro da água (figura 2). O equipamento foi colocado sobre a balança que em seguida foi zerada. Iniciou-se então, a pesagem dos ovos, sempre com a balança zerada antes da próxima pesagem. Os pesos dos ovos dentro e fora da água foram anotados para o cálculo posterior do peso específico.

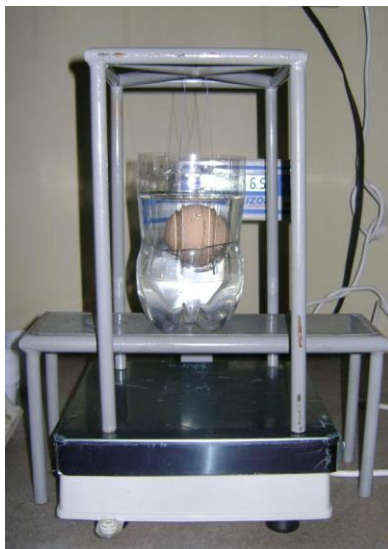


Figura 2. Equipamento utilizado para a análise do peso específico dos ovos. Arquivo pessoal.

### 3.1.2.2.4. Espessura da Casca

Os mesmos ovos utilizados para determinação do peso específico foram utilizados para determinação da espessura de casca. A espessura da casca foi medida utilizando-se um micrômetro digital da marca Digimess<sup>®</sup>, com precisão de 0,001 mm, em três pontos distintos da casca (região apical, equatorial e basal). O resultado foi obtido pela média dos três pontos, expresso em (mm).

### 3.1.2.2.5. Resistência da casca

Para as avaliações de resistência da casca, ao final do período experimental foi coletada uma amostra ao acaso de seis ovos por repetição, 48 ovos por tratamento, sendo cada ovo considerado uma repetição. A força necessária para quebrar a casca (g) foi determinada utilizando-se o TA.X T2 Texture Analyser (Stable Micro Systems, Surrey, England). Foi

utilizada a sonda P4 DIA Cylinder de aço inoxidável, de 4 mm de diâmetro a velocidade pré, durante e pós-teste de 3,0; 0,5; e 5,0; mm/s e uma distância de 6 mm. A força de gatilho utilizada foi de 3.0g. O teste utilizado foi fratura por compressão. O ovo inteiro foi colocado longitudinalmente (Rodríguez-Navarro, 2002) sobre suporte de metal em forma de anel (5 cm de diâmetro) dentro de um cadinho de porcelana. A casca foi pressionada até que ocorresse a fratura (figura 3).



Figura 3- Equipamento TA.XT2 Texture Analyser utilizado para a análise de resistência da casca dos ovos. Arquivo pessoal.

### 3.1.3.3. Delineamento experimental

Para avaliações de desempenho zootécnico o delineamento experimental foi em esquema fatorial inteiramente ao acaso constituído de quatro tratamentos com oito repetições de 24 aves cada, sendo 192 aves por tratamento. Para avaliação da qualidade dos ovos o delineamento experimental foi o mesmo utilizado anteriormente, com diferença no número de repetições por tratamento que foram de 24, considerando cada ovo como uma repetição. Para as análises de resistência da casca foram utilizados seis ovos por repetição, sendo 48 ovos por tratamento. A normalidade e homocedasticidade dos dados foram verificadas pelo teste de Lilliefors e Cochran e Bartlett respectivamente. Os dados normais e homogêneos foram submetidos às análises de variância e as médias comparadas pelo teste F ao nível de significância de ( $p \leq 0,05$ ). Os dados das variáveis porcentagem de gema e resistência para quebra da casca violaram o princípio de normalidade e homocedasticidade e foram portanto analisados pelo teste de Kruskal-Wallis e transformados pela equação:  $\text{Log}^{10}(\text{resistência para a quebra da casca})$  respectivamente (Sampaio, 2002). Para análises dos dados foi utilizado o programa o programa SAEG versão 9.1 (Sistema..., 2007).

## 3.2. EXPERIMENTO 2: ENSAIO DE METABOLIZABILIDADE

### 3.2.1. Condições Experimentais

#### 3.2.1.1. Local e período

O experimento foi realizado no Laboratório de Metabolismo Animal (LAMA) da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, localizado em Belo Horizonte – MG, no período de 12 a 30 de julho de 2011.

As aves foram alojadas (cinco por gaiola) na sala de metabolismo, equipadas com gaiolas metálicas de (1m<sup>2</sup>), com bandejas próprias para coleta de excretas. As repetições foram separadas e devidamente identificadas. Todas as gaiolas foram equipadas com comedouro tipo calha (fora da gaiola) e bebedouro do tipo nipple com aparador, permitindo, assim, o livre acesso das aves à ração e à água (figura 4).



Figura 4- Gaiolas em baterias para coleta total de excretas com cinco aves por gaiola na densidade de 2000 cm<sup>2</sup>/ave. Arquivo Pessoal.

#### 3.2.1.2. Aves

Foram utilizadas 120 poedeiras Hy-Line<sup>®</sup>, com 31 semanas de idade, totalizando 19 dias de experimento, com 15 dias de adaptação e quatro dias de coletas. O critério de seleção das aves para o experimento foi à produção de ovos (Produção média: 95,8% às 32 semanas de idade), baseando-se na uniformidade entre as unidades experimentais.

### **3.2.1.3. Manejo**

O manejo foi o mesmo adotado no Experimento I. Exceto a coleta de ovos que foi durante todo o dia evitando a quebra dos ovos e a contaminação das excretas. O programa de luz utilizado foi de 16 horas de luz/dia (100% artificial).

### **3.2.1.4. Tratamentos**

Os tratamentos foram os mesmos utilizados no Experimento I.

### **3.2.1.5. Dietas**

As rações foram às mesmas utilizadas no Experimento I.

## **3.2.2. Dados obtidos**

### **3.2.2.1. Parâmetros de Metabolismo**

#### **3.2.2.1.1. Consumo de ração**

O consumo de ração foi obtido a partir da quantidade de ração oferecida durante o período de coleta subtraindo-se a sobra ao final do mesmo. Foi calculado o consumo médio diário de acordo com as repetições e os tratamentos.

#### **3.2.2.1.2. Coleta de excretas**

Sob as gaiolas foram colocadas bandejas metálicas revestidas com plástico para permitir a coleta das excretas, realizada duas vezes por dia, durante quatro dias após os 15 dias de adaptação.

As excretas recolhidas foram transferidas para sacos plásticos devidamente identificados, pesadas e armazenadas em câmara fria a -18°C. Posteriormente, foram descongeladas, reunidas por repetição, homogeneizadas, retirando-se uma alíquota de 300 g. Estas alíquotas foram pré-secadas em estufa ventilada a 55°C, posteriormente pesadas, moídas e acondicionadas para as análises. As quantidades de excretas produzidas foram registradas.

#### **3.2.2.1.3. Análises Laboratoriais**

As análises laboratoriais de matéria seca, nitrogênio, extrato etéreo, matéria mineral, cálcio e fósforo, das rações e das excretas seguiram a metodologia descrita por Silva (1990). As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFMG e da PUC Minas Betim. Após a obtenção dos resultados das análises laboratoriais das dietas e das excretas foram calculados os coeficientes de metabolizabilidade aparente da matéria seca (MS), matéria mineral (MM), nitrogênio (N), extrato etéreo (EE), cálcio (CA) e fósforo (P).

$$\text{Coeficiente de metabolizabilidade (\%)} = \frac{\text{X consumido} - \text{Y excretado}}{\text{X consumido}} * 100$$

## **3.2.3. Delineamento Experimental**

Para o ensaio de metabolismo foram utilizados os mesmos tratamentos experimentais do experimento I, com seis repetições de cinco aves, distribuídas em delineamento

inteiramente ao acaso, em esquema fatorial 2x2, da mesma forma do experimento I. A normalidade e homocedasticidade dos dados foram verificadas pelo teste de Lilliefors e Cochran e Bartlett, respectivamente. Os dados normais e homogêneos foram submetidos às análises de variância e as médias comparadas pelo teste F ao nível de significância de ( $p \leq 0,05$ ). (Sampaio, 2002). Para análises dos dados foi utilizado o programa SAEG versão 9.1 (Sistema..., 2007).

### **3.3. Comitê de Ética em Experimentação Animal**

A metodologia utilizada neste experimento foi aprovada pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal da Universidade Federal de Minas Gerais – CETEA, sob protocolo nº 181/11.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Experimento I: Desempenho zootécnico e qualidade dos ovos

Conforme as tabelas 3 a 4, podemos observar os resultados de peso das aves (g) e produção de ovos (%) no início do período experimental.

Tabela 3- Peso (g) das aves com 26 semanas de idade, no início do experimento, após uma semana de adaptação com as rações experimentais

VALORIZAÇÃO	ENZIMA		MÉDIA
	Sem	Com	
Com	1407,0	1406,7	1406,9
Sem	1419,7	1429,9	1424,8
MÉDIA	1413,4	1418,3	

Médias não seguidas de letras são semelhantes entre si pelo teste de F ( $p>0,05$ ). CV=2,1%

Tabela 4- Produção de ovos (%) das aves com 26 semanas de idade, no início do experimento, após uma semana de adaptação com as rações experimentais

VALORIZAÇÃO	ENZIMA		MÉDIA
	Sem	Com	
Com	90,1	91,9	91,0
Sem	89,4	90,0	89,7
MÉDIA	89,7	90,9	

Médias não seguidas de letras são semelhantes entre si pelo teste de F ( $p>0,05$ ). CV=4,2%

Na tabelas 3 e 4 é possível observar que os pesos e a produção de ovos iniciais das aves não eram significativamente diferentes ( $p>0,05$ ) entre os tratamentos experimentais. Isto assegura uniformidade de peso e produção de ovos ao início do período experimental.

As tabelas de 5 a 10 nos mostram os dados de peso final (g) das aves, produção de ovos (%), consumo de ração (g/ave/dia), conversão alimentar por dúzia de ovos (Kg/dúzia), peso médio dos ovos (g) e conversão alimentar (kg de ração/ kg de ovos), no período de 27 a 36 semanas de idade das aves.

Tabela 5- Peso (g) das aves com 36 semanas de idade

VALORIZAÇÃO	ENZIMA		MÉDIA
	Com	Sem	
Com	1596,3	1509,8	1553,0
Sem	1516,9	1490,6	1503,7
MÉDIA	1556,6	1500,2	

Médias não seguidas de letras são semelhantes entre si pelo teste de F ( $p>0,05$ ). CV=2,55%

De acordo com os dados apresentados na tabela 5, verifica-se que os pesos finais das aves não foram influenciados pelas diferenças na valorização e inclusão do complexo enzimático às dietas experimentais ( $p>0,05$ ). Apesar de terem avaliado a variável ganho de peso das aves estes resultados são semelhantes aos encontrados por Freitas et al. (2000), Scheideler et al. (2005), Yörük et al. (2006), Jalal et al. (2007) e Araújo et al. (2008), que

trabalharam com complexos enzimáticos à base de carboidrases em diferentes fases de produção das aves. Jackson et al. (1999) relataram que o uso de níveis maiores de energia metabolizável (2.926, 2.885 e 2808 kcal/kg) aumentou significativamente ( $p \leq 0,05$ ) o ganho de peso das aves. Sohail et al. (2003), avaliando a inclusão na dieta de três níveis de lisina (0,75, 0,83 e 0,92%), mostraram que houve aumento linear no ganho de peso ( $p \leq 0,05$ ).

Tabela 6- Produção de ovos (%) no período de 27 a 36 semanas de idade

VALORIZAÇÃO	ENZIMA		MÉDIA
	Com	Sem	
Com	93,9	93,2	93,6
Sem	93,6	92,6	93,1
MÉDIA	93,7	92,9	

Médias não seguidas de letras são semelhantes entre si pelo teste de F ( $p > 0,05$ ). CV= 2,0%

Não houve diferença significativa na média de produção de ovos ( $p > 0,05$ ), em função dos tratamentos (tabela 6). A provável explicação para tais resultados deve-se ao excesso de nutrientes utilizado nas dietas, o que pode ser comprovado pela igualdade principalmente entre os tratamentos controle e controle negativo, tendo pouca influência os possíveis nutrientes disponibilizados pelo complexo enzimático, estando de acordo com os resultados observados por Freitas et al. (2000), Wu et al. (2005) e Yörük et al. (2006). Estes dados também estão de acordo com Jalal et al. (2007), em estudo sobre a inclusão de complexo enzimático em dietas com diferentes níveis de energia metabolizável (2900 e 2810 Kcal/kg) para poedeiras da linhagem Hy-line W-36<sup>®</sup> e Hy-line Brown<sup>®</sup>, porém, o mesmo não aconteceu com as linhagens Babcock B-300<sup>®</sup> e Shaver White<sup>®</sup>. Entretanto, Sohail et al. (2003) observaram que a inclusão do complexo enzimático aumentou ( $p \leq 0,05$ ) a produção dos ovos nos níveis mais baixos de lisina, mas o mesmo não ocorreu para o nível mais alto. No experimento de Gunawardana et. al. (2009) a produção de ovos foi influenciada ( $p \leq 0,05$ ) por uma interação complexa entre os níveis de proteína, energia metabolizável e o complexo enzimático Rovábio Excel<sup>®</sup>. Diferentemente do presente experimento e dos outros autores citados acima Jackson et al. (1999), Viana et al. (2009) e Viana et al. (2011) encontraram resultados significativos ( $p \leq 0,05$ ) com a inclusão de enzima ao grupo controle negativo quando comparado ao grupo controle negativo sem inclusão, o que pode estar relacionado aos níveis de valorização e diferenças nas enzimas utilizadas.

Tabela 7- Consumo de ração por ave (g) no período de 27 a 36 semanas de idade

VALORIZAÇÃO	ENZIMA		MÉDIA
	Com	Sem	
Com	100,1	100,6	100,4
Sem	101,5	99,8	100,7
MÉDIA	100,8	100,2	

Médias não seguidas de letras são semelhantes entre si pelo teste de F ( $p > 0,05$ ). CV=1,9%

É possível observar na tabela 7 que não houve diferença significativa no consumo de ração por ave por dia ( $p > 0,05$ ) em função dos tratamentos. Estes resultados podem ser explicados pela não percepção das aves às pequenas variações entre os níveis nutricionais

utilizado nas rações experimentais. Além disso, o menor nível nutricional, sem utilização do complexo enzimático, na dieta controle negativo, foi suficiente para manutenção e produção das aves, pois estas não aumentaram o consumo de ração em relação ao grupo que recebeu dietas não valorizadas, com ou sem a suplementação do complexo enzimático. Estes valores são semelhantes aos encontrados por Freitas et al. (2000), Wu et al. (2005), Scheideler et al. (2005), Jalal et al. (2007), Araujo et al. (2008), Novak et al. (2008) e Viana et al. (2009). Diferentemente, Jackson et al. (1999) e Viana et al. (2011) encontraram maior consumo de ração ( $p \leq 0,05$ ) para os grupos alimentados com menor nível de energia metabolizável. Porém, os níveis nutricionais maiores usados pelos autores podem ter limitado o consumo das aves quando comparado aos níveis menores. O uso de enzimas não reduziu o consumo em nenhum dos trabalhos citados. Para Sohail et al. (2003), a utilização do complexo enzimático (Avizyme 1500<sup>®</sup>), em conjunto com a presença de fitase na formulação, aumentou significativamente ( $p \leq 0,05$ ) o consumo de ração nas aves alimentadas com alta energia quando as dietas tinham 0,75 e 0,83% de lisina, mas o mesmo não ocorreu para o nível de 0,92%. Este aumento não foi observado em aves alimentadas com dietas com baixa energia metabolizável.

Tabela 8- Conversão alimentar (kg de ração/dúzia de ovos) no período de 27 a 36 semanas de idade

VALORIZAÇÃO	ENZIMA		MÉDIA
	Com	Sem	
Com	1,28	1,29	1,28
Sem	1,30	1,29	1,29
MÉDIA	1,29	1,29	

Médias não seguidas de letras são semelhantes entre si pelo teste de F ( $p > 0,05$ ). CV=2,6%

De acordo com os dados apresentados na tabela 8, não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para conversão alimentar (Kg/dúzia de ovos) em função dos tratamentos. Estes resultados podem ser explicados pela pequena diferença entre os níveis nutricionais utilizados nas dietas, valorizadas ou não. Além disso, estes estão acima das exigências nutricionais das aves para manutenção e produção. Viana et al. (2009) verificaram que a utilização do complexo enzimático Rovabio Max<sup>®</sup>, composto por glucanases, xilanases, pectinases, proteases e fitase na dieta controle negativo melhorou significativamente ( $p \leq 0,05$ ) a conversão alimentar (Kg/dúzia de ovos), em relação ao grupo controle negativo e controle positivo, sendo esta melhora proveniente de uma maior produção de ovos.

Tabela 9- Peso dos ovos (g) no período de 27 a 36 semanas de idade

VALORIZAÇÃO	ENZIMA		MÉDIA
	Com	Sem	
Com	59,6	59,7	59,6
Sem	60,0	60,1	60,1
MÉDIA	59,8	59,9	

Médias não seguidas de letras são semelhantes entre si pelo teste de F ( $p > 0,05$ ). CV=1,5%

Não houve diferença significativa no peso médio dos ovos ( $p>0,05$ ) em função da valorização e inclusão do complexo enzimático às dietas experimentais (tabela 9). As modificações nutricionais observadas com a utilização do complexo enzimático não foram capazes de alterar o peso dos ovos. Isto pode ser explicado pelas mesmas considerações descritas anteriormente na tabela 7 e 8. Tais resultados são semelhantes ao encontrado por Freitas et al. (2000), Wu et al. (2005), Yörük et al. (2006), Jalal et al. (2007), Gunawardana et al. (2009), Viana et al. (2009) e Viana et al. (2011). Contrariamente, Jackson et al. (1999) encontraram maior peso dos ovos ( $p\leq 0,05$ ) para o grupo de aves alimentadas com maior energia metabolizável, entretanto não houve efeito significativo ( $p>0,05$ ) em função do uso da enzima. Sohail et al., (2003) já citados anteriormente observaram que o peso dos ovos aumentaram ( $p\leq 0,01$ ) com o aumento dos níveis de lisina utilizados (0,75, 0,82 e 0,92%).

Tabela 10- Conversão alimentar (Kg de ração /Kg de ovos) no período de 27 a 36 semanas de idade

VALORIZAÇÃO	ENZIMA		MÉDIA
	Com	Sem	
Com	1,79	1,82	1,80
Sem	1,81	1,80	1,80
MÉDIA	1,80	1,81	

Médias não seguidas de letras são semelhantes entre si pelo teste de F ( $p>0,05$ ). CV=2,5%

Não houve diferença significativa na conversão alimentar por quilograma de ovos ( $p>0,05$ ), (tabela 10), em função dos tratamentos experimentais. Estes resultados podem também ser explicados pelas considerações feitas nas tabelas 7 e 8 e são semelhantes aos encontrados por Freitas et al. (2000). Wu et al. (2005) trabalharam com  $\beta$ -Mananase em dietas com dois diferentes níveis de energia metabolizável (2.951 e 2.831 Kcal/kg) e observaram que a adição da enzima melhorou significativamente ( $p\leq 0,05$ ) a conversão alimentar por peso de ovo na dieta com menor nível de energia metabolizável quando comparado à de maior nível. Yörük et al. (2006) avaliaram a inclusão de complexo enzimático composto por xilanase fúngica, 5-glucanase fúngica, 3-amilase, endo-5-gluconase, pentosonase, pectinase e hemicelulases em poedeiras no período de 30 a 46 semanas de idade e relataram também que o complexo enzimático melhorou a conversão alimentar (kg de ração por kg de ovos produzidos). Scheideler et al. (2005) trabalharam com a inclusão ou não do complexo enzimático em dietas com diferentes níveis de energia metabolizável (2.890 e 2.805 Kcal/kg) em duas linhagens de poedeiras (Babcock B-300<sup>®</sup> e Hy-line W-36<sup>®</sup>) a partir de 25 semanas de idade e observaram que o maior nível de energia metabolizável utilizado melhorou ( $p\leq 0,05$ ) a conversão alimentar (kg/kg), entretanto, não houve efeito da adição de enzima. Novak et al. (2008) trabalharam com um complexo a base de  $\alpha$ -amilase, protease e  $\beta$ -xylanase, variando os níveis de energia metabolizável e proteína bruta. A adição do complexo enzimático piorou ( $p\leq 0,05$ ) a conversão alimentar por grama de ovo, enquanto o maior nível de proteína bruta melhorou ( $p\leq 0,05$ ). Gunawardana et al. (2009) encontraram uma interação entre proteína da dieta, nível de energia e a inclusão do complexo enzimático melhorando ( $p\leq 0,05$ ) a conversão alimentar (kg/kg). Viana et al. (2009) verificaram que a conversão alimentar por massa de ovos não sofreu influência ( $p>0,05$ ) dos tratamentos. Porém, Viana et al., (2011) utilizaram

níveis de energia metabolizável de 2.900 e 2.750 kcal/kg com e sem xilanase e encontraram pior ( $p \leq 0,05$ ) conversão por massa de ovos para as aves alimentadas com menor nível de energia metabolizável e sem xilanase. Para este parâmetro, existem grandes variações entre os trabalhos referenciados, em função de grandes diferenças entre os níveis nutricionais utilizados, enzimas utilizadas e ainda, linhagem e idade das aves.

Seguem abaixo as tabelas com os resultados de Unidades Haugh, porcentagem de gema, casca e albúmen, peso específico (g/ml H<sub>2</sub>O), espessura da casca (mm) e resistência da casca (gf) dos ovos dos ovos produzidos na 36ª semana de idade das aves, após serem alimentadas por 12 semanas com as dietas experimentais.

Tabela 11. Unidades haugh dos ovos das aves na 36ª semana de idade

VALORIZAÇÃO	ENZIMA		MÉDIA
	Com	Sem	
Com	104,3	106,5	105,4
Sem	105,4	104,8	105,1
MÉDIA	104,8	105,7	

Médias não seguidas de letras são semelhantes entre si pelo teste de F ( $p > 0,05$ ). CV= 3,6%

Não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para os dados de Unidades Haugh em função da valorização e inclusão do complexo enzimático às dietas experimentais. Estes resultados são semelhantes ao encontrado por Gunawardana et al. (2009) que não obtiveram efeito ( $p > 0,05$ ) nesta variável quando utilizaram o mesmo complexo enzimático, com diferentes níveis de energia metabolizável (2.791, 2.857, 2.923 e 2.989 kcal/kg) e proteína bruta (15,5 e 16,1%). Scheideler et al. (2005) também não encontraram efeito ( $p > 0,05$ ) para este parâmetro com adição do complexo enzimático e também para diferentes níveis de energia metabolizável (2.890 e 2.805 kcal/kg) das dietas, porém estes autores encontraram efeito sobre linhagem, tendo a linhagem Hy-line® apresentado melhor ( $p \leq 0,05$ ) índice de Unidades Haugh quando comparado a Babcock B-300®. Tais resultados ainda estão de acordo com Yörük et al. (2006), que avaliaram a inclusão de complexo enzimático em dietas para poedeiras no período de 30 a 46 semanas de idade, onde não houve efeito ( $p > 0,05$ ) da inclusão do complexo enzimático sobre esta variável.

Tabela 12. Porcentagem de gema dos ovos das aves na 36ª semana de idade

VALORIZAÇÃO	ENZIMA	
	Com	Sem
Com	25,1	24,7
Sem	25,0	24,7

Medianas não seguidas de letras são semelhantes pelo teste de Kruskal-Wallis ( $p > 0,05$ ).

Tabela 13. Porcentagem de casca dos ovos das aves na 36ª semana de idade

VALORIZAÇÃO	ENZIMA		MÉDIA
	Com	Sem	
Com	9,2	9,0	9,1
Sem	8,9	8,9	8,9
MÉDIA	9,0	9,0	

Médias não seguidas de letras são semelhantes entre si pelo teste de F ( $p>0,05$ ). CV=9,1%

Tabela 14. Porcentagem de albúmen dos ovos das aves com 36ª semanas de idade

VALORIZAÇÃO	ENZIMA		MÉDIA
	Com	Sem	
Com	65,63	65,70	65,7
Sem	66,13	66,13	66,1
MÉDIA	65,88	65,91	

Médias não seguidas de letras são semelhantes entre si pelo teste de F ( $p>0,05$ ). CV=2,7%

Nos dados apresentados nas tabelas 12 a 14, é possível observar que não houve diferença significativa na porcentagem de gema, casca e albúmen ( $p>0,05$ ) em função dos tratamentos. Isto pode ser explicado pelas mesmas considerações descritas anteriormente na tabela 7 e 8. Gunawardana et al. (2009) encontraram efeito semelhante quando utilizaram o mesmo complexo enzimático, com diferentes níveis de energia metabolizável (2.791, 2.857, 2.923 e 2.989 kcal/kg) e proteína bruta (15,5 e 16,1%). Estes resultados também estão de acordo com Viana et al. (2011) que utilizaram xilanase na dieta para poedeiras Bovans Goldline® no período de 24 a 48 semanas de idade. Scheideler et al. (2005) não encontraram efeito ( $p>0,05$ ) de energia metabolizável e inclusão do complexo enzimático sobre porcentagem de albúmen e casca, porém houve efeito de linhagem e energia metabolizável para porcentagem de gema, tendo as aves da linhagem Babcock B-300® com energia metabolizável de 2.805 Kcal/kg maior ( $p\leq 0,05$ ) percentual de gema. Yörük et al. (2006) avaliaram a inclusão de um complexo enzimático e não verificaram ( $p>0,05$ ) efeito para porcentagem de albúmen, no entanto, encontraram efeito linear ( $p<0,05$ ) para porcentagem de gema.

Tabela 15. Peso específico (g/ml H<sub>2</sub>O) dos ovos das aves na 36ª semana de idade

VALORIZAÇÃO	ENZIMA		MÉDIA
	Com	Sem	
Com	1,078	1,079	1,078
Sem	1,078	1,080	1,079
MÉDIA	1,078	1,079	

Médias não seguidas de letras são semelhantes entre si pelo teste de F ( $p>0,05$ ). CV=0,5%

O peso específico dos ovos não foi influenciado ( $p>0,05$ ) pelos tratamentos (tabela 15). Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Jackson et al. (1999), Wu et al. (2005) e Novak et al. (2008). Também estão de acordo com Scheideler et al. (2005) e Jalal et al. (2007), entretanto, estes autores observaram diferença significativa ( $p\leq 0,05$ ) entre as linhagens utilizadas. Soil et al. (2003) também não encontraram efeito do nível de energia metabolizável e uso do complexo enzimático, porém, o peso específico do ovo foi

significativamente maior ( $p \leq 0,05$ ) quando os níveis de lisina aumentaram. Gunawardana et al. (2009) não encontraram efeito do complexo enzimático usado nas dietas, no entanto, observaram interação entre os níveis de proteína e energia, sendo o peso específico maior ( $p \leq 0,05$ ) quando os níveis de energia metabolizável da dieta eram menores em níveis de proteína bruta dietética baixa. Os autores relataram que pode ser devido a redução significativa ( $p \leq 0,05$ ) do consumo de ração, quando os níveis de energia metabolizável da dieta eram altos.

Tabela 16. Espessura da casca dos ovos das aves na 36ª semana de idade

VALORIZAÇÃO	ENZIMA		MÉDIA
	Com	Sem	
Com	0,3480	0,3484	0,3482
Sem	0,3485	0,3502	0,3493
MÉDIA	0,3482	0,3493	

Médias não seguidas de letras são semelhantes entre si pelo teste de F ( $p > 0,05$ ). CV=5,6%

Não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para a espessura da casca dos ovos em função da valorização e inclusão do complexo enzimático às dietas experimentais. Yörük et al. (2006), apesar de não terem trabalhado com variados níveis de valorização, não observaram diferença significativa em diversos níveis de inclusão de um complexo enzimático semelhante ao utilizado no presente experimento, composto por xilanase fúngica, 5-glucanase fúngica, 3-amilase, endo-5-gluconase, pentosonase, pectinase e hemicelulases em dietas para poedeiras Lohmann no período de 30 a 46 semanas de idade.

Tabela 17. Força de resistência à quebra (g) dos ovos das aves com 36ª semanas de idade

VALORIZAÇÃO	ENZIMA		MÉDIA
	Com	Sem	
Com	3154,3	3144,1	3149,2B
Sem	3341,2	3334,3	3337,7A
MÉDIA	3247,7 a	3239,2 a	

Dados transformados pela função  $\text{Log}^{10}$ .

Médias seguidas de letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, são diferentes pelo teste de F ( $p = 0,05$ ). CV=18,68%

Não foi observado efeito significativo ( $p > 0,05$ ) do uso do complexo enzimático sobre a resistência da casca dos ovos, no entanto houve efeito para este parâmetro em relação à valorização da dieta, obtendo-se maior resistência da casca dos ovos provenientes de dietas não valorizadas (tabela 17). Estes resultados são semelhantes ao encontrado por Yörük et al. (2006), que não observaram diferença em níveis de inclusão de um complexo enzimático semelhante em dietas para poedeiras Lohmann® no período de 30 a 46 semanas de idade, no entanto, estes autores não trabalharam com valorização das dietas.

## 4.2. Experimento II: Ensaio de metabolizabilidade

Seguem abaixo as tabelas com os resultados de coeficiente de metabolizabilidade de matéria seca (MS%), nitrogênio (N%), extrato etéreo (EE%), matéria mineral (MM%), cálcio (Ca%) e Fósforo (%) das aves submetidas ao ensaio de metabolismo com 32 semanas de idade.

Tabela 18. Coeficiente de metabolizabilidade de matéria seca (%MS) na 32ª semana de idade

VALORIZAÇÃO	ENZIMA		MÉDIA
	Com	Sem	
Com	70,9	70,5	70,7
Sem	71,3	71,0	71,2
MÉDIA	71,1	70,7	

Médias não seguidas de letras são semelhantes entre si pelo teste de F ( $p>0,05$ ). CV=2,62%

De acordo com os dados demonstrados na tabela 18 não houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) para o coeficiente de metabolizabilidade de matéria seca em função dos tratamentos. O complexo enzimático e as diferentes valorizações não foram capazes de alterar a digestibilidade da matéria seca. Viana et al. (2009) trabalharam com a utilização de Rovabio Max<sup>®</sup> em dietas com dois níveis de energia metabolizável (2.900 e 2.850 kcal/kg) para poedeiras Bovans Goldline<sup>®</sup> no período de 24 a 36 semanas e também não encontraram diferença para coeficiente de metabolizabilidade de matéria seca. Estes dados ainda foram semelhantes aos encontrados por Viana et al. (2011), quando trabalharam com dois níveis de energia metabolizável (2.900 e 2.755 Kcal/ kg) e a inclusão de xilanase em dietas para poedeiras Bovans Goldline<sup>®</sup>. No entanto, os autores não relataram uma provável justificativa.

Tabela 19. Coeficiente de metabolizabilidade de nitrogênio (%N) na 32ª semana de idade

VALORIZAÇÃO	ENZIMA		MÉDIA
	Com	Sem	
Com	38,7	37,7	38,2
Sem	36,4	37,4	36,9
MÉDIA	37,6	37,6	

Médias não seguidas de letras são semelhantes entre si pelo teste de F ( $p>0,05$ ). CV=10,4%

Não houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) para o coeficiente de metabolizabilidade de nitrogênio (N) em função da valorização e inclusão do complexo enzimático às dietas experimentais. Estes resultados são semelhantes aos de Viana et al. (2009), previamente citados, que, apesar de terem mensurado a retenção (g) de (N/ave/dia), não encontraram diferença significativa ( $p>0,05$ ) em função da valorização e do complexo enzimático Rovabio Max<sup>®</sup>, que é semelhante ao usado no presente experimento, porém, com a adição de fitase. Entretanto, Novak et al. (2008) observaram que a porcentagem de retenção de proteína aumentou ( $P\leq 0,05$ ) quando a proteína dietética diminuiu e que a inclusão do complexo enzimático também não teve efeito significativo sobre este parâmetro. Da mesma forma, Viana et al. (2011), não observaram efeito ( $p>0,05$ ) da suplementação com xilanase na retenção de N, porém relataram que o maior nível de energia (2.900 kcal/kg) aumentou

( $p \leq 0,05$ ) a quantidade de N retido. Scheideler et al. (2005) encontraram que o maior nível de energia metabolizável e inclusão do complexo enzimático aumentaram a porcentagem de retenção de N.

Tabela 20. Coeficiente de metabolizabilidade de extrato etéreo (%EE) na 32ª semana de idade

VALORIZAÇÃO	ENZIMA		MÉDIA
	Com	Sem	
Com	77,7	73,8	75,7
Sem	73,5	73,8	73,7
MÉDIA	75,6	73,8	

Médias não seguidas de letras são semelhantes entre si pelo teste de F ( $p > 0,05$ ). CV= 3,62%

Tabela 21. Coeficiente de metabolizabilidade de matéria mineral (%MM) na 32ª semana de idade

VALORIZAÇÃO	ENZIMA		MÉDIA
	Com	Sem	
Com	59,8	58,7	59,2
Sem	58,1	58,6	58,4
MÉDIA	59,9	58,6	

Médias não seguidas de letras são semelhantes entre si pelo teste de F ( $p > 0,05$ ). CV= 6,1%

Os dados das tabelas 20 e 21 mostraram não haver diferença significativa para coeficiente de metabolizabilidade de extrato etéreo e matéria mineral em função da valorização e inclusão do complexo enzimático às dietas experimentais. Na literatura consultada, não houve dados para comparações de resultados.

Tabela 22. Coeficiente de metabolizabilidade de cálcio (% Ca) das aves com 32ª semanas de idade

VALORIZAÇÃO	ENZIMA		MÉDIA
	Com	Sem	
Com	67,6	68,5	68,1
Sem	65,0	68,3	66,7
MÉDIA	66,3	68,4	

Médias não seguidas de letras são semelhantes entre si pelo teste de F ( $p > 0,05$ ). CV= 6,1%

De acordo com os dados da tabela 23 não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) para os dados de coeficiente de metabolizabilidade de cálcio em função da valorização e inclusão do complexo enzimático às dietas experimentais. Viana et al.(2009) também não encontraram efeito ( $p \leq 0,05$ ) da suplementação enzimática com Rovabio Max<sup>®</sup> e da variação dos níveis de energia metabolizável utilizados sobre a retenção de cálcio nas dietas experimentais. Diferentemente dos dados obtidos no presente experimento, Scheideler et al. (2005) não encontraram efeito positivo na retenção de cálcio para diferentes níveis de energia metabolizável, entretanto relataram que o complexo enzimático utilizado (Avizyme 1500<sup>®</sup>) foi positivamente eficiente ( $P < 0,05$ ) para este parâmetro quando comprado ao grupo controle sem enzima.

Tabela 23. Coeficiente de metabolizabilidade de fósforo (% P) das aves na 32ª semana de idade

VALORIZAÇÃO	ENZIMA		MÉDIA
	Com	Sem	
Com	39,6	40,8	40,2
Sem	35,2	41,8	38,5
MÉDIA	37,4	41,3	

Médias não seguidas de letras são semelhantes entre si pelo teste de F ( $p>0,05$ ). CV= 12,5%

Na tabela 23 é possível observar que não houve diferença significativa ( $p>0,05$ ) para os dados de coeficiente de metabolizabilidade de fósforo em função da valorização e inclusão do complexo enzimático às dietas experimentais. Scheideler et al. (2005) não encontraram diferença significativa ( $p>0,05$ ) para a retenção de fósforo em função da valorização da dieta, porém, encontraram efeito negativo ( $p<0,05$ ) para este parâmetro quando utilizaram a inclusão do complexo enzimático. Viana et al. (2009) encontraram resultados maiores ( $p>0,05$ ) na retenção de fósforo em dietas não valorizadas e efeito positivo para este parâmetro quando utilizaram o complexo Rovabio Max em dietas valorizadas.

A semelhança entre os tratamentos para coeficiente de metabolizabilidade de matéria seca, nitrogênio, extrato etéreo, matéria mineral, cálcio e fósforo pode ser explicada pelo excesso de nutrientes utilizados na formulação e pela pequena diferença na valorização dos níveis nutricionais das dietas experimentais, uma vez que o menor nível nutricional utilizado foi suficiente para atender as exigências das aves.

## 5. CONCLUSÕES

A partir dos dados obtidos, os menores níveis nutricionais utilizados foram suficientes para manutenção e produção das aves.

Não houve efeito do complexo enzimático e/ou da valorização dos níveis nutricionais no desempenho zootécnico, qualidade dos ovos produzidos (com exceção da resistência à casca) e nos coeficientes de metabolizabilidade da matéria seca, nitrogênio, extrato etéreo, matéria mineral, cálcio e fósforo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, L.F.T.; BÜNZEN, S.; ROSTAGNO, H.S. Ingredientes promotores de desempenho para frangos de corte. In: VII SEMINÁRIO DE AVES E SUÍNOS, 2007, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: AVESUI, 2007. p.73-90.
- ARAUJO, D. M.; SILVA, J.H.V.; MIRANDA, E. C. Farelo de trigo e complexo enzimático na alimentação de poedeiras semipesadas na fase de produção. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.5, p.843-848, 2008.
- ARRUDA, A. M. V.; PEREIRA, E. S.; MIZIBUTI, I. Y. et al. Importância da fibra na nutrição de coelhos. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v.24, n.1, p.181-190, 2003.
- BEDFORD, M.R. Exogenous enzymes in monogastric nutrition-their current value and future benefits. *Animal Feed Science and Technology*. v.86, p.1-13, 2000.
- BEDFORD, M. R. The effects of enzymes on digestion. *Journal of Applied Poultry Research*.v.5, p.370-378, 1996.
- BORGES, F.M. Utilização de enzimas em dietas avícolas. *Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG*, Belo Horizonte, n.20, p.5-30, 1997.
- BRANT, A.W.; OTTE, A. W.; NORRIS, K.H. Recommend standards for scoring and measuring opened egg quality. *Food Technology*, v.5, p.356-361, 1951.
- BRETT, C. T. e WALDRON, K.W. *Physiology and biochemistry of plant cell walls*. 2ed. Cambridge:C&H Books, 1996, p. 194.
- BRUM, P.A.R.; AVILA, V.S.; LIMA, G.J.M.M. et al. Efeito da utilização de alfa-amilase em dietas a base de milho e farelo de soja na digestibilidade da energia das rações e no desempenho de frangos de corte. Embrapa. Concórdia. *Comunicado técnico*, nº 425, 2006.
- CAMPESTRINI, E.; SILVA, V.T.M; APPELT, M.D. Utilização de enzimas na alimentação animal. *Revista Eletrônica Nutritime*, v.2, n.6, p.254-267, 2005.
- CAPRITA, R.; CAPRITA, A.; JULEAN, C. Biochemical Aspects of Non-Starch Polysaccharides/ Sientific Papers. *Animal Science and Biotechnology*, v.43, n.1, p. 368- 374, 2010.
- CHANZY, H.; VUONG, R. Ultra structure and morphology of crystalline polysaccharides. In: ATKINS, E.D.T. Polysaccharides Topics in structure and morphology. MacMillan: London, 1985, 41 p.
- CHAMPE, P. C.; HARVEY,R. A.; FERRIER, D.R. *Bioquímica Ilustrada*. Tradução Carla Dalmaz et. al., 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009, p. 528.
- CHOCT, M. A. Enzymes for the feed industry: past, present and future. *World's Poultry Science Journal*, v.62, p.5-15, 2006.
- CHOCT M.; KOCHER A.; WATERS D.L.E., et al. A comparison of three xylanases on the nutritive value of two wheats for broiler chickens. *British Journal of Nutrition*, v.92, p.53-61, 2004.
- CLÉOPHAS, G.M.L.; HARTINGSVELDT, W.V.; SOMERS, W.A.C. et al. Enzymes can play an important role in poultry nutrition. *World Poultry*, v.11, n.4, p.12-15, 1995.
- COWAN, W.D. Understanding the manufacturing distribution, application, and overall quality of enzymes in poultry feeds. *Journal of Applied Poultry Research*, v.1, n.1, p.93-99, 1993.

- DE LIMA, M. R., DA SILVA, J. H. V., DE ARAUJO, J. A. et al. Enzimas exógenas na alimentação de aves. *Acta Vet. Brasílica*, v.1, n.4, p. 99-110, 2007.
- DOURADO, L. R. B. Enzimas exógenas em dietas para frangos de corte. 2008. 80f. Tese de Doutorado - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.
- FERREIRA, W. M. Os componentes da parede celular vegetal na nutrição de não-ruminantes. In: 31º Simpósio Internacional de Produção de Não Ruminantes, 1994, Maringá. *Anais...* Maringá: SBZ, 1994. p.85-113.
- FRANCESCH, M. Bases de la utilización de complejos enzimáticos en avicultura. In: Curso de Especialización Avances en Nutrición Alimentación Animal, 12., 1996, Madrid. *Anais...* Madrid: FEDNA, 1996. p.118-131.
- FREITAS, E. R.; FUENTES, M. F. F.; ESPÍNDOLA, G. B. Efeito da Suplementação Enzimática em Rações à Base de Milho/Farelo de Soja sobre o Desempenho de Poedeiras Comerciais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 29, n.4, p.1103-1109, 2000.
- GUNAWARDANA, P.; ROLAND, Sr. D. A.; BRYANT, M. M. Effect of dietary energy, protein, and a versatile enzyme on hen performance, egg solids, egg composition, and egg quality of Hy-Line W-36 hens during second cycle, phase two. *Journal of Applied Poultry Research*.v.18, p.43-53, 2009.
- HATFIELD, R. D. Structural polysaccharides in forages and their degradation. *Agronomy Journal*, Madison, v.81, n.1, p.39-46, 1989.
- HAUGH, R.R. The Haugh unit for measuring egg quality. *United States Egg Poultry Magazine*, v.43, p.552-555, 1937.
- JACKSON, M.E.; FODGE, D.W.; HSIAO, H.Y. Effects of  $\beta$ -mannanase in cornsoybean meal diets on laying hen performance. *Poultry Science*. v.78, p.1.737-1.741, 1999.
- JALAL, M.A.; SCHEIDELER, S.E.; PIERSON, E.M. Strain response of laying hens to varying dietary energy levels with and without Avizyme supplementation. *Journal of Applied Poultry Research*, v.16, p. 289–295, 2007.
- JUNG, H.G. Forage lignins and their effects on fiber digestibility. *Agronomy Journal*, Madison, v.81, n.1, p.33- 38, 1989.
- MALATHI, V. e DEVEGOWDA, G. In vitro evaluation of nonstarch polysaccharide digestibility of feed ingredients by enzymes. *Poultry Science*, v.80, p. 302-305, 2001.
- MARQUARDT, R.R.; BEDFORD, M.R. Future Horizons. In: BEDFORD, M.R.; PARTRIDGE, G.G. *Enzymes in Farm Animal Nutrition*. CABI: London, UK, 2001, p.389-398.
- NELSON D.L.; COX, M.M. *Princípios de Bioquímica de Lehninger*. Coordenação da tradução: Fabiana Horn; revisão técnica: Carla Dalmaz, Sandra Estrazulas Farias. 5. ed, Porto Alegre: Artemed, 2011, 1274p.
- NOVAK, C. L.; YAKOUT, H. M. ; REMUS, J. Response to Varying Dietary Energy and Protein With or Without Enzyme Supplementation on Leghorn Performance and Economics. 2. Laying Period. *Journal Applied Poultry Research Spring*. v.17, p.17-33, 2008.
- OTT, R. P. Utilização de carboidrases em dietas para frangos de corte. 2005. 83 f. Dissertação de Mestrado em Zootecnia-Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

- RODRIGUEZ-NAVARRO, A.; KALIN, O.; GARCIA-RUIZ, J.M. Influence of microstructure on the shell strength of eggs laid by hens of different ages. *British Poultry Science*, v. 43, p. 395-403, 2002.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 3. ed. – Viçosa, MG: UFV, DZO, 2011, 252p.
- SAEG. Sistemas de análises estatísticas e genéticas. Versão 9.1. Universidade Federal de Viçosa, MG, 2007.
- SAMPAIO, I.B.M. *Estatística aplicada à experimentação animal*. 2.ed., Belo Horizonte: FEPMVZ, 244p., 2002.
- SCHEIDELER, S. E.; BECK, M. M.; ABUDABOS, A. et al. Multiple-enzyme (Avizyme) supplementation of cornsoy based layer diets. *Journal Applied Poultry Research*, v.14, p. 77-86, 2005.
- SILVA, A. S. J. Interações químico-fisiológicas entre acidificantes, probióticos, enzimas e lisofosfolípidios na digestão de leitões. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p.238-245, 2009 (supl. especial).
- SILVA, D.J. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. Viçosa: UFV. 166p, 1990.
- SOHAIL, S. S. ; BRYANT, M. M. ; ROLAND SR D. A. et al. Influence of Avizyme 1500 on performance of commercial Leghorns. *Journal Applied Poultry Research*, v.12, p. 284–290, 2003.
- TAVERNARI, F.C.; CARVALHO, T.A.; ASSIS, A.P. et al. Polissacarídeos não amiláceos solúveis na dieta de suínos e aves. *Revista Eletrônica Nutritime*, v. 5, p.673-689, 2008.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, Savoy, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. New York: Cornell University Press, 1994, 476 p.
- VASCONCELLOS C, H, F; FONTES, D. O.; BAIÃO, N. C et al. Enzimas exógenas para frango de corte. Disponível em: <http://pt.engormix.com/MAvicultura/nutricao/artigos/enzimas-t428/141-p0.htm>. Consultado em 12/12/2011, 2011.
- VIANA, M. T. S.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H. S. et al. Efeito do uso de enzimas sobre o desempenho e metabolismo de poedeiras. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.6, p.1068-1073, 2009.
- VIANA, M. T. S.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H. S. et al. Utilização de xilanase em dietas compostas por milho e farelo de soja de poedeiras comerciais em postura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.2, p.385-390, 2011.
- WENK, C.; WEISS, E.; BEE, G. Interaction between a phytase and a carbohydrase in a pig diet. In: Wenk, C and Boessinger, M. *Enzymes in animal nutrition – 1<sup>st</sup> symposium*. Proceedings... Kartause Ittingen, Switzerland, 1993, p. 160-164.
- WU, G.; BRYANT, M.M.; VOITTE, R.A.; ROLAND, D.A., Sr. Effect of  $\beta$ -mannanase in corn-soy diets on commercial leghorns in second-cycle hens. *Poultry Science*, v.84, p.894-897, 2005.

YÖRÜK , M. A.; M. GUL, A.; HAYIRLI, M. et al. Multi-enzyme supplementation to peak producing hens fed corn-soybean meal based diets. *International Journal of Poultry Science*, v.5, p. 374-380, 2006.