

AUGUSTO ALOÍSIO BENEVENUTO JÚNIOR

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DA
MISTURA MILHO MOÍDO E FARELO DE SOJA OZONIZADA UTILIZADA NA
ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2013

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

B465c
2013

Benevenuto Júnior, Augusto Aloísio, 1973-

Características físico-químicas e microbiológicas da mistura milho moído e farelo de soja ozonizada utilizada na alimentação de frangos de corte / Augusto Aloísio Benevenuto Júnior.

– Viçosa, MG, 2013.

x, 81 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Lêda Rita D'Antonino Faroni.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Rações - Microbiologia. 2. Físico-química orgânica.
3. Milho como ração. 4. Farelo de soja como ração. 5. Frango de corte - Alimentação e rações. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Agrícola. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. II. Título.

CDD 22. ed. 636.0855

AUGUSTO ALOÍSIO BENEVENUTO JÚNIOR

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DA
MISTURA MILHO MOÍDO E FARELO DE SOJA OZONIZADA UTILIZADA NA
ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 19 de abril de 2013

Paulo Roberto Cecon

Rogério Amaro Gonçalves

Luiz Fernando Teixeira Albino
(Coorientador)

Adriano Geraldo
(Coorientador)

Lêda Rita D'Antonino Faroni
(Orientadora)

**À minha esposa, Wellingtona,
pelo amor, pelo exemplo de pessoa e pelo apoio em todos os momentos, especialmente
os mais difíceis**

**Às minhas amadas filhas, Júlia e Mariana,
por serem a minha luz e minha inspiração todos os dias**

**Aos meus pais, Ivone e Aloísio,
exemplos de honestidade tão importantes na minha vida**

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A DEUS, que sempre me deu forças para vencer.

A minha família Wellingta, Júlia e Mariana, por tudo que sou. Amo muito vocês.

Aos meus pais, que com muito amor e sacrifício sempre investiram na formação e educação de seus filhos.

Aos meus irmãos, Janaína e Guilherme.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do Programa de Pós-Graduação.

Ao Professor Flávio Vasconcelos Godinho, Diretor do Instituto Federal Minas Gerais – Campus Bambuí, por acreditar na importância da qualificação dos professores.

Ao Professor Neimar, um dos grandes responsáveis do DINTER.

Ao amigo e companheiro Rogério Amaro, pela coordenação do DINTER.

Ao amigo Joel, pelo companheirismo durante todo período do doutorado e pela ajuda de superação dos momentos difíceis.

À Professora Lêda Rita D' Antonino Faroni pela oportunidade concedida, ensinamentos e orientação.

Aos professores Adriano Geraldo, Luiz Fernando Teixeira Albino e Paulo Roberto Cecon, pelos valiosos ensinamentos e ajuda em todos os momentos em que precisei.

A todos colegas e amigos, pelos momentos de alegria compartilhados direta e indiretamente, terem contribuído para realização desse trabalho.

BIOGRAFIA

Augusto Aloísio Benevenuto Júnior, filho de Augusto Aloísio da Rocha Benevenuto e Ivone Lana da Silva, nasceu em 26 de fevereiro de 1973, na cidade de Visconde do Rio Branco, no Estado de Minas Gerais.

Ingressou no Curso de Engenharia de Alimentos em 1993 na Universidade Federal de Viçosa e graduou-se em 1998.

Em 1999, ingressou no Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, MG, defendendo dissertação em 2001.

Em fevereiro de 2009, iniciou o Programa de Doutorado em Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa, no Setor de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, submetendo-se à defesa de tese em abril de 2013.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	6
Capítulo 1	11
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DE MILHO MOÍDO E FARELO DE SOJA OZONIZADOS	11
RESUMO	11
ABSTRACT	13
1. INTRODUÇÃO	15
2. MATERIAL E MÉTODOS	17
2.1. Análises Microbiológicas	19
2.2. Análises Físico-Químicas	19
3. RESULTADOS	21
4. DISCUSSÃO	28
5. CONCLUSÕES	31
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
Capítulo 2	37
DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM RAÇÃO FORMULADA COM MILHO MOÍDO E FARELO DE SOJA OZONIZADOS	37
RESUMO	37
ABSTRACT	38
2. MATERIAL E MÉTODOS	41
2.1. Localização e época de realização	41
2.2. Aves e manejo experimental	41
2.3. Delineamentos e tratamentos experimentais	42
2.4. Rações	43
2.5. Potencial de crescimento e desempenho zootécnico de frangos de corte	45
3. RESULTADOS	45
3.1. Desempenho de frangos de corte avaliados no período de 1 a 21 dias	45
3.2. Desempenho dos frangos de corte avaliados no período de 21 a 42 dias	47
3.3. Desempenho dos frangos de corte avaliados no período de 1 a 42 dias	50
4. DISCUSSÃO	53
5. CONCLUSÕES	56
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
Capítulo 3	62
CARACTERÍSTICAS DE RENDIMENTO DE CARCAÇA E QUALIDADE DE CARNE DE FRANGOS ALIMENTADOS COM RAÇÃO FORMULADA COM MILHO MOÍDO E FARELO DE SOJA OZONIZADOS	62
RESUMO	62
ABSTRACT	63
1. INTRODUÇÃO	64
2. MATERIAIS E MÉTODOS	65
2.1. Rendimentos de carcaças	66

2.2. Qualidade de carne.....	66
3. RESULTADOS.....	67
4. DISCUSSÃO.....	71
5. CONCLUSÕES.....	72
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
CONCLUSÃO GERAL.....	76
APÊNDICE.....	77

RESUMO

BENEVENUTO JÚNIOR, Augusto Aloísio, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2013. **Características físico-químicas e microbiológicas da mistura milho moído e farelo de soja ozonizada utilizada na alimentação de frangos de corte.** Orientadora: Lêda Rita D'Antonino Faroni. Co-Orientadores: Adriano Geraldo e Luiz Fernando Teixeira Albino.

Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito do gás ozônio nas características físico-químicas e microbiológicas da mistura milho moído e farelo de soja exposta a diferentes períodos de tempo (0, 10, 20, 30 e 40 h), numa concentração de $11,25 \text{ mg L}^{-1}$, vazão do gás de 5 L min^{-1} . Foram utilizadas rações formuladas com a mistura, milho moído e farelo de soja, exposta ao ozônio, para avaliar o desempenho, o rendimento de carcaça e a qualidade de carne de frangos de corte. O efeito do gás ozônio sobre os microrganismos foi avaliado pela contagem total de aeróbicos mesófilos, pela contagem total de bolores e leveduras e pelo número mais provável de coliformes totais e coliformes termotolerantes. Para avaliar as características físico-químicas, foram analisados os teores de água, de proteínas, de lipídeos, índice de peróxido e coloração da mistura milho moído e farelo de soja. Na avaliação do desempenho, do rendimento de carcaça e da qualidade de carne de frangos de corte, foram utilizados 384 pintos machos de um dia de idade, da linhagem Cobb-500. Adotou-se o delineamento em blocos ao acaso com 6 (seis) tratamentos, sendo um tratamento controle positivo e 5 (cinco) tratamentos (0, 10, 20, 30 e 40 h) de exposição da mistura de milho e farelo de soja ao gás ozônio e dois blocos (lado um e dois do galpão) com quatro repetições em cada bloco, com fornecimento às aves no período de 1 a 21 dias de idade. Cada unidade experimental foi constituída de oito aves. O tratamento controle positivo que se constituiu-se de ração formulada à base de milho e de farelo de soja sem ozonização, atendendo a mesma exigência nutricional proposta para os demais tratamentos utilizados. As variáveis de desempenho das aves avaliadas foram consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar. Também foram avaliadas o rendimento de carcaça, as vísceras comestíveis fígado, coração e moela, e as partes peito com osso, peito, coxa, sobrecoxa, asa, dorso, pés, cabeça e pescoço. As variáveis de qualidade da carne avaliadas foram pH e capacidade de retenção de água (perda por

gotejamento) do músculo do peito. Os resultados demonstraram que o gás ozônio foi eficiente no controle microbiológico da mistura milho moído e farelo de soja, com redução: dois ciclos log (99%), na contagem total de bolores e leveduras; quase três ciclos log (99,9%), na contagem total de aeróbicos mesófilos; e coliformes totais e termotolerantes de 150 NMP g⁻¹, para valores próximos de 4 NMP g⁻¹. Com relação ao efeito do ozônio sobre as características físico-químicas, o teor de lipídeos reduziu 15,7% para uma exposição ao gás ozônio por 40 h. O índice de peróxido aumentou, quando a mistura milho moído e farelo de soja foi exposta ao gás, por até 20 h, embora tenha ficado abaixo de 20 meq kg⁻¹. Com relação aos parâmetros de cor, observaram-se pequenas alterações da luminosidade, do índice do amarelo, da tonalidade e da saturação quando a mistura milho moído e farelo de soja foram expostas, por até 20 h, ao gás ozônio. No período inicial de 1 a 21 dias de idade, os melhores resultados de peso médio, ganho de peso e conversão alimentar dos frangos foram obtidos com ração formulada com milho moído e farelo de soja ozonizada por até 30 h, não diferindo os resultados do tratamento controle positivo; já os tratamentos 0 h e 40 h de exposição ao gás ozônio, o desempenho das aves foi inferior em relação ao tratamento controle positivo. No período de crescimento e final, correspondido entre 21 e 42 dias, e do período total de 1 a 42 dias de idade, o consumo de ração reduziu à medida que se aumentou o período de exposição da mistura milho moído e farelo de soja ao gás ozônio. No período de 1 a 42 dias de idade, o maior ganho de peso e a melhor conversão alimentar foram obtidos para períodos máximos de exposição ao gás ozônio de 14,9 e 22,8 h, respectivamente. Os rendimentos de carcaça e a qualidade da carne dos frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade e alimentados na idade de 1 a 21 dias com a mistura milho moído e farelo de soja ozonizada não foram afetados. Concluiu-se que o ozônio é uma alternativa eficaz na descontaminação de ingredientes como milho moído e farelo de soja sem alterações das características físico-químicas, podendo ser usado na alimentação de frangos de corte desde que o período de exposição não seja maior que 30 h, na concentração de 11,25 mg L⁻¹ e vazão do gás de 5 L min⁻¹.

ABSTRACT

BENEVENUTO JÚNIOR, Augusto Aloísio, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2013. **Physicochemical and microbiological characteristics of the ozonated mixture of ground corn and soybean meal used in the feeding of broilers.** Advisor: Lêda Rita D'Antonino Faroni. Co-advisors: Adriano Geraldo and Luiz Fernando Teixeira Albino.

The objective of this study was to evaluate the effect of ozone gas on the physicochemical and microbiological characteristics of a mixture of ground corn and soybean oil exposed to this gas for different periods (0, 10, 20, 30 and 40 h), at a concentration of 11.25 mg L^{-1} and flow rate of 5 L min^{-1} . Rations were formulated with a mixture of ground corn and soybean meal exposed to ozone to evaluate performance, carcass yield and meat quality of broilers. The effect of the ozone gas on the microorganisms was evaluated by the total aerobic mesophilic bacteria count, total yeast and mold count and the most probable number of total coliforms and thermo-tolerant coliforms. For the evaluation of physicochemical traits, we analyzed the water, protein and lipid contents, the peroxide value and the color of the mixture of ground corn and soybean meal. For the evaluation of performance, carcass yield and meat quality of broilers, 384 one-day-old male Cobb 500 chicks were used. The design adopted was in random blocks with six (six) treatments: a positive control and 5 (five) treatments (0, 10, 20, 30 and 40 h) of exposure of the mixture of ground corn and soybean meal to the ozone gas and two blocks (side 1 and side 2 of the shed) with four replications in each block, supplied to the birds in the period from 1 to 21 days of age. Each experimental unit was composed of eight birds. The positive control treatment consisted of a ration formulated on the basis of corn and soybean meal without ozonation; the quality standards of the grains for supply to the birds met the nutritional requirement proposed per phases for the other treatments utilized. The bird-performance variables evaluated were feed intake, average bird weight, weight gain and feed conversion. The yield variables assessed were commercial carcass, edible viscera (liver, heart and gizzard) and the parts bone-in breast, breast, thigh, drumstick, wing, back, feet, head and neck. The meat-quality variables evaluated were pH and water-holding capacity (drip loss) of the breast muscle. The results demonstrated that the ozone gas was efficient in the microbiological control of the mixture of

ground corn and soybean meal, with reduction of: five log cycles (99.9%) in the total yeast and mold count; almost three log cycles (99.9%) in the total aerobic mesophilic bacteria count; and from 150 MPN g⁻¹ of total and thermo-tolerant coliforms to values close to 4 MPN g⁻¹. Regarding the effect of ozone on the physicochemical traits, the lipid content reduced by 15.7% with exposure to the gas for 40 h. The peroxide value increased when the mixture of ground corn and soybean meal was exposed to the gas for up to 20 h, although it was below 20 meq kg⁻¹. As for the color parameters, there were small alterations in luminosity, in the yellow shade, the tone and the saturation when the ground corn and soybean meal mixture was exposed to the ozone gas for up to 20 h. In the starter phase, from 1 to 21 days of age, the best results of average weight, weight gain and feed conversion in the broilers were obtained with a ration formulated with ground corn and soybean meal ozonated for 30 h, but they were not different from the results of the positive control. In the treatments with 0 and 40 h of exposure to the ozone gas, however, bird performance was lower than positive control treatment. In the final growth period, from 21 to 42 days, and in the total period, from 1 to 42 days of age, feed intake reduced as the period of exposure of the ground corn and soybean meal mixture to the ozone gas was increased. From 1 to 42 days of age, the highest weight gain and the best feed conversion were obtained with the maximum periods of exposure to ozone gas of 14.9 and 22.8 h, respectively. Carcass yields and meat quality of the broilers slaughtered at 42 days of age fed a ration with an ozonated mixture of ground corn and soybean meal from 1 to 21 days were not affected. In conclusion, ozone is an effective alternative in the decontamination of ingredients such as ground corn and soybean meal without alterations in their physicochemical characteristics, so they can be used in the feeding of broilers provided that the period of exposure is no longer than 30 h, at a concentration of 11.25 mg L⁻¹ and a gas flow rate of 5 L min⁻¹.

INTRODUÇÃO GERAL

O milho é um dos cereais mais consumidos no mundo, sendo matéria-prima para inúmeros produtos. Os levantamentos realizados pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), em 2013, evidenciam uma produção de 81,5 milhões de toneladas na safra 2012/13. Estimou-se que 70% do milho produzido no Brasil são utilizados para alimentação animal com maior consumo no setor de avicultura (OLIVEIRA, 2009).

A qualidade desses grãos é de fundamental importância para saúde animal. No entanto, os grãos estão sujeitos a alterações físicas, químicas e biológicas do campo até o seu consumo. Com relação às alterações biológicas, os fungos das espécies *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*, encontrados tanto no solo como no ar, principalmente nas regiões de clima tropical, são dois importantes produtores de aflatoxinas em grãos e subprodutos agrícolas (PAYNE, 1998). Numa avaliação do potencial de resistência de milhos híbridos, foi observado que 38% do milho recém-colhido apresentaram ação degenerativa, por desenvolvimento de insetos (26,7%) e desenvolvimento fúngico (11,3%) (DILKIN et al., 2000).

A contaminação de rações por fungos no Estado do Rio de Janeiro foi verificada por Rosa et al. (2006), ao avaliarem matérias-primas e rações avícolas. O total de fungos foi, em geral, superior a 1×10^5 UFC g⁻¹; *Aspergillus* e *Penicillium* foram os gêneros mais prevalentes e em maior número, o que evidenciou o risco toxicológico nos alimentos para aves. Fraga et al. (2007) verificaram contaminações fúngicas na ração de 4×10^3 UFC g⁻¹ a $3,2 \times 10^4$ UFC g⁻¹; já Maciorowski et al. (2007) relataram que contaminações em rações para aves variam em torno $1,2 \times 10^6$ UFC g⁻¹.

Os grãos possuem também diversificada microflora de bactérias, com populações variando de 5×10^3 a $1,6 \times 10^8$ UFC g⁻¹ (MACIOROWSKI et al., 2007). As bactérias patogênicas são responsáveis por doenças avícolas e prejuízos relacionados ao desempenho dos animais; e as não patogênicas também podem afetar o animal por competição com a microbiota normal, inibição da absorção de nutrientes e indução a uma resposta imunológica (LONGO et al., 2010).

Possivelmente, uma forma de garantir a qualidade da ração, sem alterar as características físico-químicas da mesma, consiste na descontaminação microbiológica com a implementação de um processo de ozonização.

O ozônio (O_3) é resultante da reorganização de moléculas do oxigênio dissociado e do oxigênio diatômico (O_2), que reagem para formar uma molécula triatômica. Porém, para quebrar a molécula de oxigênio, grande quantidade de energia é requerida, podendo ser produzida por métodos: fotoquímico, de descarga elétrica, térmico, radioquímico e eletroquímico. A produção comercial do ozônio é realizada pelo processo de descarga elétrica, também chamado de processo de efeito corona. Esse processo é constituído por dois eletrodos submetidos à elevada diferença de potencial. O ozônio é gerado pela passagem de ar ou oxigênio puro entre os dois eletrodos (Figura 1) (HILL e RICE, 1982; KHADRE et al., 2001; CHIATTONE et al., 2008; SILVA et al., 2011).

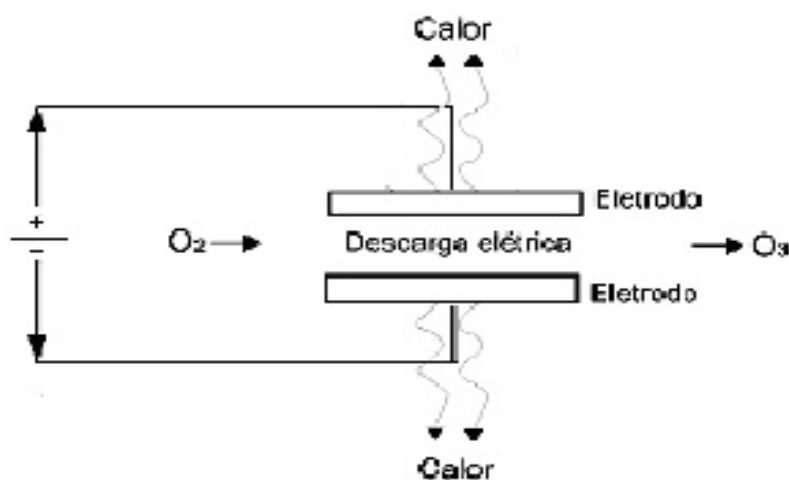


Figura 1 – Geração do ozônio por meio do processo corona.

Fonte: SILVA et al. (2011)

Dentre as propriedades físicas e químicas do gás ozônio, pode ser destacado que esse gás é extremamente instável, incolor, muito reativo, tóxico, moderadamente solúvel em água (13 vezes mais solúvel que o O_2); e possui odor penetrante. Em fase gasosa, esse gás é mais estável e facilmente detectável em concentrações muito baixas ($0,01$ a $0,05$ $mg L^{-1}$) (HILL; RICE, 1982; SILVA et al., 2011).

Uma das vantagens do gás ozônio é a rápida decomposição dele em oxigênio (O₂), não deixando resíduos (KHADRE et al., 2001; TIWARI et al., 2010). Em razão da instabilidade desse gás, aproximadamente 3 s na fase gasosa, é necessária sua geração em local de aplicação e utilização em sistema de fluxo contínuo (ALMEIDA et al., 2004).

Quando comparado a outros agentes oxidantes, o ozônio se destaca pelo elevado potencial de oxidação (2,07 V), perdendo apenas para o flúor (3,06 V) e superando o peróxido de hidrogênio, hipoclorito e cloro (KIM et al., 1999; CHIATTONE et al., 2008; SILVA et al., 2011).

Por causa do seu elevado potencial de oxidação, o ozônio tem demonstrado ser eficaz na inativação de bactérias, bolores, leveduras, vírus, protozoários, inclusive formas esporuladas e cistos de protozoários, que são mais resistentes (SILVA et al., 2011).

Na literatura, encontram-se vários relatos que mencionam o gás ozônio como agente capaz de inativar diversas bactérias. O processo de ozonização vem sendo utilizado há tempo no tratamento de água e na sanitização, a fim de desinfetar e eliminar odor, sabor e cor, mostrando-se eficaz em diversas condições. Aplicando-se ozônio na água, é possível conseguir reduções de *Escherichia Coli*, *Bacillus Cereus*, *Legionella pneumophila*, *Salmonella Typhimurium* e *Staphylococcus aureus*, maiores que 99% (dois ciclos log) (KIM et al., 1999; KHADRE et al., 2001). O ozônio, numa concentração de 4 mg L⁻¹, foi avaliado como método alternativo na sanitização de galões de água de 20 L e apresentou-se eficiente, com redução de Aeróbios Mésófilos de 21,6 UFC mL⁻¹ para 0,013 UFC mL⁻¹; coliformes totais reduziu de 192,53 NMP 100 mL⁻¹ para contagem menor que o limite de detecção do teste utilizado (< 1 NMP 100 mL⁻¹) (CARDOSO et al., 2003).

A ozonização é também bastante efetiva contra fungos e micotoxinas; entretanto, os fungos tendem a ser mais resistentes que as bactérias na forma vegetativa (CHIATTONE et al., 2008; SILVA et al., 2011). A contagem de *Aspergillus parasiticus* em grão de milho foi reduzida em 63%, após um tratamento de três dias com 50 ppm de ozônio (KELLS et al., 2001). Em 5 min, 96,9% de esporos de fungos foram inativados com 0,33 mg de ozônio g trigo⁻¹. min⁻¹ (WU et al., 2006). Os fungos associados com a cevada, independentemente se na forma de esporos ou micélios, tiveram 96% de

inativação de esporos e de misturas de esporos com pequena quantidade de micélio, aplicando 0,16 e 0,10 mg de ozônio para cada grama de cevada por minuto, respectivamente (ALLEN et al., 2003). Em grãos de amendoim, o ozônio foi eficiente no controle de fungos totais e espécies potencialmente aflatoxigênicas, com redução superior a três ciclos log (99,9%), na concentração de 21 mg L⁻¹ e 96 h de exposição (ALENCAR, 2012).

Os grãos de milho naturalmente contaminados com 73,3 ppb de aflatoxina B1 tiveram redução maior que 95% com um tratamento de 200 mg O₃ min⁻¹ (McKENZIE et al., 1998). Esse resultado foi confirmado, quando McKENZIE et al. (1998) no mesmo trabalho alimentaram perus com milho contaminado com aflatoxina B1 tratados ou não com ozônio. As aves que se alimentaram da ração contaminada sem o tratamento com ozônio tiveram redução relativa da massa do fígado e da massa corporal, além da descoloração do fígado; e as que alimentaram com o milho contaminado tratado com ozônio não apresentaram alterações de desempenho.

A redução ou inativação da população microbiana em razão da ozonização depende da concentração de ozônio, do tempo de aplicação e do microrganismo envolvido. O ozônio ataca vários constituintes celulares como proteínas, lipídeos insaturados e enzimas da membrana celular. Os glicolipídeos, as glicoproteínas e os aminoácidos da parede celular são oxidados, o que altera sua permeabilidade, causa sua ruptura e morte e inviabiliza a recuperação dos microrganismos após o ataque. Os grupos sulfidril de enzimas são atacados pelo ozônio, ocasionando o colapso da atividade enzimática celular. O material nuclear dos microrganismos também sofre ação do ozônio (KHADRE et al., 2001; CHIATTONE et al., 2008; SILVA et al., 2011).

Em razão da alta reatividade da molécula de ozônio, pode ocorrer oxidação de compostos orgânicos e inorgânicos, durante o processo de ozonização, sendo necessária avaliação de sua ação sobre características físico-químicas, fisiológicas e tecnológicas dos produtos que foram ozonizados (MENDEZ, et al., 2003; PEREIRA et al., 2007; ALENCAR, 2011). As reações podem ocorrer via ozônio molecular, por meio de reação direta e, ou, via radical hidroxila ($\cdot\text{OH}$) e por reação indireta. Na prática, a oxidação dos compostos acontece pelos dois mecanismos, simultaneamente. Na reação direta, ocorre o ataque a

compostos que contêm ligações do tipo C=C, a alguns grupos compostos (OH, CH₃ e OCH₃) e a outros que contêm átomos que apresentam densidade de carga negativa (N, P, O e S). Já a reação indireta não é seletiva, sendo capaz de promover um ataque mais rápido. Os processos de desinfecção ocorrem predominantemente via ozônio molecular, enquanto os de oxidação podem ocorrer tanto por meio do ozônio molecular como via radical hidroxila (ALMEIDA et al., 2004).

Essa alta reatividade do ozônio exerce destruição oxidativa de biomoléculas por dois mecanismos: um, pela oxidação de ácidos graxos poli-insaturados em peróxidos; e outro, pela oxidação de grupos sulfidril e aminoácidos de enzimas, proteínas e peptídeos (VICTORIN, 1992).

Durante o processo de oxidação de lipídeos, os peróxidos são convertidos em compostos de baixo peso molecular como aldeídos, cetonas, ácidos, álcoois e hidrocarbonetos, que são os responsáveis pelo sabor e odor característicos de produtos rançosos, que pode comprometer o desenvolvimento animal (BUTOLO, 2002; ARAÚJO, 2011).

Dentre as alterações importantes que afetam as proteínas pode-se citar a exposição a condições oxidativas, incluindo lipídeos oxidativos. De acordo com Cataldo (2003), o ozônio é capaz de oxidar proteína após exposição prolongada e provocar desnaturação. Devido esta oxidação, aminoácidos essenciais podem-se tornar limitantes na dieta. Interação da proteína com lipídeos oxidados podem formar vários produtos, e apresentar como resultado diminuição do valor nutricional pela destruição do triptofano, oxidação da metionina para sulfóxido e interação com a lisina, tornando-a indisponível (ARAÚJO, 2011). Dentre os diversos nutrientes que podem interferir no desempenho e qualidade da carcaça, a lisina exerce os efeitos mais pronunciados, por ser responsável pela síntese protéica, ou melhor, pela deposição de carne (PAVAN et al., 2003; BERNAL, 2008).

A aplicação de ozônio em grãos de milho, soja e trigo, numa concentração de 50 ppm por 30 dias não provocou variação na composição química dos grãos ozonizados, sem alterações no teor de aminoácidos e de lipídeos (MENDEZ et al., 2003). De acordo com Alencar (2011), uma concentração de 21 mg L⁻¹ por 96 h de exposição provocou despigmentação da película que

envolve os grãos, mas a qualidade do amendoim e a do óleo bruto extraído não foram afetadas.

Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito do gás ozônio como agente fungicida e bactericida e às possíveis alterações nas características físico-químicas na mistura milho moído e farelo de soja; e avaliar a mistura milho moído e farelo de soja ozonizada na alimentação de frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade, analisando o desempenho e a carcaça.

Este estudo foi dividido em três capítulos. O Capítulo 1 refere-se a eficácia do gás ozônio como fungicida e bactericida e às possíveis alterações físico-químicas da mistura milho moído e farelo de soja. No capítulo 2, avaliou-se o desempenho de frangos de corte alimentados com ração formulada com milho moído e farelo de soja ozonizada no período de 1 a 21 dias de idade. Já no capítulo 3, avaliaram-se as características de rendimento de carcaça e qualidade de carne de frangos alimentados com ração formulada com milho moído e farelo de soja ozonizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; SOARES, N. F.F.; CARVALHO, M. C.S.; PEREIRA, K.F. Effect of the ozonization processo n the quality of peanuts and crud oil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 15, n.2, p. 154-160, 2011.

ALENCAR, E.R. FARONI, L. R. D.; SOARES, N. F. F. ; SILVA, W. A.; CARVALHO, M. C. S. Efficacy of ozone as a fungicidal and detoxifying agent of aflatoxins in peanuts. **J Sci Food Agric**. n. 92, p. 899-905, 2012.

ALLEN, B.; WU, J.; DOAN, H. Inactivation of Fungi Associated with Barley Grain by Gaseous Ozone. **Journal of Environmental Science and Health Part B**. v. 38, n. 5 , p. 617 – 630, 2003.

ALMEIDA, E.; ASSALIN, M. R.; ROSA, A. Tratamento de efluentes industriais por processos oxidativos na presença de ozônio. **Química Nova**. v.27, n. 5, p. 818-824, 2004.

ARAÚJO, J. M. A. Química de Alimentos: teoria e prática, 5. ed. Atual. Ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011.

BERNAL, L. E. P. Níveis dietéticos de lisina e de metionona + cistina digestíveis para frangos de corte Cobb. 2008. 152f. Tese Doutorado – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

BUTOLO, J. E. Qualidade de ingredientes na alimentação animal. Campinas:J.E. Butolo, 2002.

CATALDO, F. On the action of ozone on proteins. **Polymer Degradation and stability**, v. 82, p. 105-114, 2003.

CARDOSO, C.C.; VEIGA, S. M. O. M.; NASCIMENTO, L.C.; FIORINI, J. E.; AMARAL, L. A. Avaliação microbiológica de um processo de sanitização de galões de água com a utilização do ozônio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 23, n. 1, p. 59-61, jan/abr.2003.

CHIATTONE, P. V.; TORRES, L. M.; ZAMBIAZI, R. C. Aplicação do ozônio na indústria de alimentos. **Alim. Nutr.** v. 19, n.3, p. 341-349, jul./set. 2008.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento**. Acompanhamento da safra brasileira: grãos, quinto levantamento, maio 2013. Brasília: Conab, 2013.

DILKIN, P.; MALLMANN, C.A.; SANTURIO, J. M.; HICKMANN, J. L. Classificação macroscópica, identificação da microbiota fúngica e produção de aflatoxinas em híbridos de milho. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 137-141, 2000.

FRAGA, M. E.; CURVELLO, F.; CAVAGLIERI, L.R.; DALCERO, A. M.; ROSA, C.A.R. Potencial aflatoxin and ochratoxin A production by *Aspergillus* species in poultry feed processing. **Veterinary Research Communications**, v.31, n.3, p.343- 353, 2007.

HILL, A. G.; RICE, R. G. em **Handbook of Ozone Technology and Applications**, Rice, R. G.; Netzer, A., eds.; Ann Arbor Science: Michigan, vol. 1, p. 1,1982.

KELLS, S. A.; MASON, L. J.; MAIER, D. E.; WOLOSOSHUK, C. P. Efficacy and fumigation characteristics of ozone in stored maize. **Journal of Stored Products Research**. v. 37, n. 4, p. 371-383, 2001.

KHADRE, M. A.; YOUSEF, A. E.; KIM, J. G. Microbiological aspects of ozone applications in food: a review. **Journal of Food Science**., vol. 66, n. 9, p. 1241-1252, 2001.

KIM, J. G.; YOUSEF, A. E.; CHISM, G. W. Use of ozone to inactivate microorganisms on lettuce. **Journal of Food Safety**, New Brunswick, vol. 19, p. 17-34, 1999.

LONGO, F. A.; SILVA, I. F.; LANZARIN, M. A. A importância do controle microbiológico em rações para aves. In: Anais do XI Simpósio Brasil Sul de Avicultura e II Brasil Sul Poultry Fair, 6 a 8 de abril. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2010.

MACIOROWSKI, K.G.; HERRERA, P.; JONES, F. T.; PILLAI, S. D.; RICKE, S.C. Effects on poultry and livestock of feed contamination with bacteria and fungi. **Animal Feed Science and Technology**, v. 133, p. 109-136, 2007.

MENDEZ, F.; MAIER, D. E.; MASON, L. J.; WOLOSHUK, C. P. Penetration of ozone into columns of stored grains and effects on chemical composition and performance. **Journal of Stored Products Research**, v. 39, n.1, p.33-44, 2003.

McKENZIE, K. S.; KUBENA, L. F.; DENVER, A. J.; ROGERS, T. D.; HITCHENS, G. D.; BAILEY, R. H.; HARVEY, R. B.; BUCKLEY, S. A.; PHILLIPS, T. D. Aflatoxicosis in Turkey Poults is Prevented by Treatment of Naturally Contaminated Corn with Ozone Generated by Electrolysis. **Poultry Science** 77: 1094-1102. 1998.

OLIVEIRA, T. R. Caracterização físico-química e micotoxicológica de milho crioulo cultivado na região dos Campos Gerais do Paraná. 2009. 126f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa.

PAVAN, A. C.; MENDES, A. A.; OLIVEIRA, E. G.; DENNADAI, J. C.; GARCIA, R. G.; TAKITA, T. S. Efeito da linhagem e do nível de lisina da dieta sobre a qualidade da carne do peito de frangos de corte. **R. Bras. Zootec.**, v. 32, n. 6, p. 1732-1736, 2003.

PAYNE, G.A. Process of contamination by aflatoxin-producing fungi and their impact on crops. In: SINHA, K.K.; BHATNAGAR, D. **Mycotoxins in Agriculture And Food Safety**. New York: Macel Dekker, 1998, p.279-306.

PEREIRA, A. M.; FARONI, L.R.D'A.; SOUSA, A. H.; URRUCHI, W. I.; ROMA, R.C.C. Efeito imediato e latente da fumigação com ozônio na qualidade dos grãos de milho. *Revista Brasileira de Armazenamento*, v. 32, n. 2, p. 100-110, 2007.

ROSA, C.A.R.; RIBEIRO, J.M.M.; FRAGA, M.J.; GATTI, M.; CAVAGLIERI, L.R.; DALCERO, A. M.; LOPES, C.W.G. Mycoflora of poultry feeds and ochratoxin-producing ability of isolated *Aspergillus* and *Penicillium* species. **Veterinary Microbiology**, v. 113,n.1-2, p.89-96, 2006.

SILVA, S. B.; LUVIELMO, M. M.; GEYER, M. C. Potencialidades do uso do ozônio no processamento de alimentos. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 32, n. 2, p. 659-682, abr/jun. 2011.

VICTORIN, K. Review of the genotoxicity of ozone. *Mutation Research*. v. 277, p. 221-238, 1992.

TIWARI, B.K.; BRENNAN, C. S.; CURRAN, T.; GALLAGHER, E.; CULLEN, P.J.; O' DONNELL, C. P. Application of ozone in grain processing. **Journal of Cereal Science**. p. 1-8, 2010.

WU, J.; DOAN, H.; CUENCA, M. A. Investigation of gaseous ozone as an anti-fungal fumigant for stored wheat. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, vol. 81, n. 7, p. 1288-1293, 2006.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DE MILHO MOÍDO E FARELO DE SOJA OZONIZADOS

RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar o efeito do gás ozônio nas características físico-químicas e microbiológicas da mistura milho moído e farelo de soja usados como ingredientes em rações de frangos de corte. Foi utilizada uma mistura de grãos de milho, na proporção de 50%, grãos considerados abaixo do padrão para fins de consumo e grãos considerados dentro do padrão. Após a moagem dos grãos, adicionou-se farelo de soja numa quantidade proporcional de 61,2% de milho e 38,8% de farelo de soja, proporção essa utilizada numa ração inicial para frangos de corte. No processo de ozonização, 80 kg da mistura (milho moído e farelo de soja) foram colocados no misturador cilíndrico horizontal fechado à temperatura ambiente e ozonizados na concentração $11,25 \text{ mg L}^{-1}$, vazão do gás 5 L min^{-1} , por períodos de 0, 10, 20, 30 e 40 h. Avaliou-se o efeito do gás ozônio nas contagens totais de aeróbicos mesófilos, bolores e leveduras, coliformes totais e coliformes termotolerantes. Para avaliar as características físico-químicas, analisaram-se os parâmetros teor de água, proteínas, lipídeos, índice de peróxido e coloração da mistura milho moído e farelo de soja. O gás ozônio foi eficiente no controle microbiológico da mistura milho moído e farelo de soja, com redução de dois ciclos log (99%), na contagem total de bolores e leveduras; quase três ciclos log (99,9%), na contagem total de aeróbicos mesófilos; e coliformes totais e termotolerantes de 150 NMP g^{-1} , para valores próximos de 4 NMP g^{-1} , após 40 h de exposição. Com relação ao efeito do ozônio sobre as características físico-químicas, ocorreu redução de 15,7% no teor de lipídeos para uma exposição ao gás por 40 h. O índice de peróxido aumentou de 2,3 para $12,3 \text{ meq kg}^{-1}$ até 20 h de exposição ao gás ozônio. Com relação aos parâmetros de cor, observaram-se pequenas alterações da luminosidade, do índice do amarelo, da tonalidade e da saturação quando o milho moído e farelo de soja foram expostos por 20 h ao ozônio. Concluiu-se que o ozônio é alternativa eficaz na descontaminação de ingredientes como milho moído e farelo de soja,

usado no processo de fabricação de rações para frango de corte, sem alterações expressivas das características físico - químicas.

Palavras-chave: Ozonização, característica microbiológica, milho e soja, frangos de corte.

PHYSICOCHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF OZONATED GROUND CORN AND SOYBEAN MEAL

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of the ozone gas on the physicochemical and microbiological characteristics of a mixture of ground corn and soybean meal, used as ingredients in rations for broilers. We used a mixture of corn grains at a proportion of 50%, with grains considered below the standards for consumption purposes and grains considered to meet these standards. After grinding them, soybean meal was included at a proportion of 61.2% of corn and 38.8% of soybean meal; this ratio had been used in an initial ration for broilers. In the ozonation process, 80 kg of the mixture (ground corn and soybean meal) were placed in a closed horizontal cylindrical mixer at room temperature and were ozonated at a concentration of 11.25 mg^{-1} , with a gas flow rate of 5 L min^{-1} , for periods of 0, 10, 20, 30 and 40 h. We evaluated the effect of ozone gas on the total counts of aerobic mesophilic bacteria, yeast and mold and total and thermo-tolerant coliforms. For the evaluation of the physicochemical characteristics, the parameters water, protein and lipid contents, peroxide value and color of the ground corn and soybean meal mixture were analyzed. The ozone gas was efficient in the microbiological control of the ground corn and soybean meal mixture, with reduction of two log cycles (99%) in the total yeast and mold count; almost three log cycles (99.9%) in the total mesophilic aerobic bacteria count; and from 150 MPN g^{-1} of total coliforms and thermo-tolerant coliforms to values close to 4 MPN g^{-1} , after 40 h of exposure. Regarding the effect of ozone on the physicochemical characteristics, exposure to the gas for 40 h reduced the lipid content by 15.7%. The peroxide value rose from 2.3 to 12.3 meq kg^{-1} with up to 20 h of exposure to the ozone gas. As for the color parameters, there were small alterations in the luminosity, in the yellow shade, the tone and the saturation when the ground corn and soybean meal were exposed to ozone for 20 h. In conclusion, ozone is an effective alternative in the decontamination of ingredients such as ground corn and soybean meal, used in the formulation of rations for broilers, without significantly changing their physicochemical characteristics.

Keywords: Ozonation, microbiological characteristics, corn and soybean, broilers.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade dos grãos de milho e de soja usados como ingrediente na elaboração de rações é de fundamental importância para saúde animal. Os grãos possuem diversificada microbiota de bactérias, com populações variando de 5×10^3 a $1,6 \times 10^8$ UFC g^{-1} (MACIOROWSKI et al., 2007). Vários autores já relataram sobre rações contaminadas por fungos, como Rosa et al. (2006), os quais encontraram contagens superiores a 1×10^5 UFC g^{-1} ; Fraga et al. (2007), os quais verificaram contaminação fúngica na ração de 4×10^3 UFC g^{-1} a $3,2 \times 10^4$ UFC g^{-1} ; e Maciorowski et al. (2007), os quais relataram que contaminações fúngicas em ração para aves variavam em torno $1,2 \times 10^6$ UFC g^{-1} .

As rações contaminadas por bactérias patogênicas ou não e por fungos são responsáveis por uma série de doenças avícolas e por afetar negativamente o desempenho das aves (SANTOS et al., 2009; LONGO et al., 2010). As ações como seleção genética de animais mais resistentes a doenças, as medidas sanitárias e o uso de tratamentos térmicos e químicos que criam ambientes adversos em ração à colonização de microrganismos visam garantir a qualidade dos ingredientes usados na ração das aves (DOYLE e ERICKSON, 2006).

O tratamento químico e térmico (peletização, expansão e extrusão) têm sido apresentados na literatura como ações, a fim de reduzir a incidência de fungos e bactérias em rações (TABIB et al., 1984; LONGO et al., 2010).

O ozônio em razão do seu elevado potencial de oxidação tem demonstrado ser eficaz como agente antimicrobiano (KELLS et al., 2001; RAILA et al., 2006; CHIATTONE et al., 2008), podendo ser usado como alternativa na prevenção e no controle de contaminação de ingredientes usados no processo de fabricação de rações.

O uso do ozônio tem sido favorecido pelas suas vantagens de utilização como pela rápida decomposição em oxigênio (O_2), com tempo de meia vida curto que não deixa resíduo; e pela possibilidade de ser gerado no local de uso, sendo necessária apenas eletricidade e ar ou oxigênio, que pode ser concentrado por equipamento acoplado ao gerador de ozônio (KHADRE et al., 2001; ALMEIDA et al., 2004; TIWARI et al., 2010). Porém, em razão da alta

reatividade do ozônio, pode ocorrer a oxidação de compostos orgânicos e inorgânicos dos grãos e subprodutos, modificando ou não suas características (MENDEZ, et al., 2003; PEREIRA et al., 2007; ALENCAR et al., 2011; TIWARI et al., 2010).

O efeito do ozônio depende da concentração e do período de exposição, podendo resultar na transformação de ácidos graxos poli-insaturados em peróxidos e alterações em grupos sulfidril, aminoácidos de enzimas, proteínas e peptídeos (VICTORIN, 1992). A oxidação de aminoácidos pelo ozônio pode afetar o valor nutricional e metabólico de grãos (MENDEZ et al., 2003). O aparecimento do odor de ranço da gordura oxidada pode ser detectado quando o nível de peróxido ultrapassa os 20 meq kg⁻¹ (miliequivalente por quilograma), que tem impacto negativo na ingestão do alimento e no desempenho do animal (BUTOLO, 2002). Os radicais livres e produtos intermediários da oxidação, como os peróxidos, são potencialmente tóxicos se forem ingeridos. O estresse oxidativo gerado pode provocar sérios danos ao organismo e grandes prejuízos à produção de carne. Em razão disso, torna-se necessário o conhecimento do efeito do gás ozônio nas características físico-químicas da mistura milho moído e farelo de soja.

Os estudos a respeito do efeito do ozônio sobre os componentes dos produtos são mais comuns, em se tratando da avaliação do processo de ozonização em grãos. Mendez et al. (2003), ao aplicarem ozônio em grãos de milho, soja e trigo, numa concentração equivalente a 0,11 mg L⁻¹, por 30 dias, não observaram alterações no teor de aminoácidos e de ácidos graxos. De acordo com Alencar et al. (2011), o tratamento de amendoim com 21 mg L⁻¹ de ozônio não afetou a qualidade dos grãos (teor de água e condutividade elétrica) e do óleo bruto extraído (porcentual de ácidos graxos livres, índice de peróxido e índice de iodo). Paes (2011) aplicou varias concentrações de ozônio (0,54 mg L⁻¹; 1,07 mg L⁻¹; 1,61 mg L⁻¹; e 2,14 mg L⁻¹) diretamente em farinha de trigo e concluiu que o processo de ozonização não interferiu na composição centesimal (teor de água, teor de cinzas e teor de proteína) e no pH.

Diante do exposto, objetivou-se com este estudo avaliar o efeito do gás ozônio nas características físico-químicas e microbiológicas da mistura milho moído e farelo de soja, usados como ingredientes em rações de frangos de corte.

2 . MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no setor de Pré-processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola (DEA), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, MG.

Foi utilizada uma mistura de grãos de milho, na proporção 50%, grãos considerados abaixo do padrão para fins de consumo e grãos considerados dentro do padrão.

Após a moagem da mistura dos grãos de milho, adicionou-se farelo de soja numa quantidade proporcional de 61,2% de milho e 38,8% de farelo de soja, proporção essa, utilizada na formulação da ração inicial para frangos de corte.

O gás ozônio foi obtido por meio do gerador de ozônio O&LM da empresa Ozone & Life®, de São José dos Campos, SP. No processo de geração do gás, foi utilizado como insumo o oxigênio, isento de umidade, obtido pelo concentrador do próprio gerador de ozônio.

O processo de ozonização da mistura milho moído e farelo de soja foi realizado com injeção do gás ozônio num misturador cilíndrico horizontal, fechado com um sistema de rosca que permitia mistura homogênea do milho moído, do farelo de soja e do gás ozônio (Figura 1). O misturador apresentava aberturas superiores e inferiores de carregamento e descarregamento do produto e pequenos orifícios que foram utilizados para fazer a injeção e exaustão do ozônio.



Figura 1 - Misturador cilíndrico horizontal fechado.

No processo de ozonização, 80 kg da mistura (milho moído e farelo de soja) foram adicionados no misturador cilíndrico horizontal fechado à temperatura ambiente e ozonizados na concentração $11,25 \text{ mg L}^{-1}$ (aproximadamente 5250 ppm), vazão do gás 5 L min^{-1} (rotâmetro gerador de ozônio), por períodos de 0, 10, 20, 30 e 40 h.

A concentração de ozônio foi determinada pelo método iodométrico (APHA, 1985), que consiste no borbulhamento do ozônio em 50 mL de iodeto de potássio (KI) 1 N, com produção de iodo (I_2). Para garantir o deslocamento da reação para produção I_2 , é necessário acidificar o meio com 2,5 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 1 N. Em seguida, titula-se a solução com tiosulfato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,1N, com uso de solução de amido 1% como indicador.

Os dados foram analisados por meio de análise de regressão. Os modelos foram escolhidos com base no coeficiente de determinação (R^2) e no comportamento do fenômeno em estudo.

2.1. Análises Microbiológicas

Contagem total de aeróbicos mesófilos

A contagem total de aeróbios mesófilos em placas, também denominada Contagem Padrão em Placas, foi feita, utilizando-se o método de plaqueamento em profundidade, em meio de cultura Agar Padrão para Contagem (PCA), incubado a 35 ± 1 °C por 48 ± 2 h; o resultado foi expresso em Unidades Formadoras de Colônias por grama de amostra (UFC g^{-1}) (APHA, 2001).

Contagem total de bolores e leveduras

Realizou-se a análise de bolores e leveduras pela técnica de contagem em placas, utilizando Agar Batata Dextrose acidificado (PDA). O plaqueamento foi feito em superfície e a incubação a 22-25 °C, por cinco dias. O resultado foi expresso em (UFC g^{-1}) (APHA, 2001).

Coliformes totais e coliformes termotolerantes

A determinação de coliformes totais e coliformes termotolerantes foi realizada pela técnica dos tubos múltiplos, cujo resultado é expresso como Número Mais Provável (NMP). Na contagem de coliformes totais foram usados tubos de Caldo Verde Brilhante Bile (VB) e incubados a $35\pm 0,5$ °C por 48 ± 2 h. Para coliformes termotolerantes, usaram-se tubos de Caldo *Escherichia coli* (EC), incubados por 24 ± 2 h em banho maria a $45,5\pm 0,2$ °C. O valor obtido foi expresso em NMP g^{-1} (SILVA et al., 2007).

2.2. Análises Físico-Químicas

Teor de água

Para determinar o teor de água da mistura (milho moído e farelo de soja), utilizou-se a metodologia proposta pela AACC (1999), método nº 44-15^a, usando a temperatura de 130 °C por 1 h.

Proteínas

O teor de proteína foi determinado pelo método Kjeldahl, com base na determinação do teor de nitrogênio, que consiste na digestão da amostra com aquecimento e excesso de ácido sulfúrico concentrado até todo carbono ser oxidado a CO₂ e o nitrogênio convertido para íons amônio (NH₄⁺). Após a digestão, a amostra digerida foi basificada com hidróxido de sódio para destilação da amônia formada. O gás amônia liberado foi recolhido em ácido e titulado, para determinar a quantidade de nitrogênio. Para transformar o teor de nitrogênio em teor de proteína, usou-se o fator de conversão 6,25, calculado com base no teor de nitrogênio na proteína (GOMES e OLIVEIRA, 2011).

Teor de lipídeos

A determinação do teor de lipídios da mistura (milho moído e farelo de soja) foi realizada de acordo com as normas AOCS (1993), método Ac 3-49, em aparelho de Soxhlet, durante 6 h, utilizando éter de petróleo como solvente.

Depois da extração da fração lipídica, foi feita a remoção do solvente residual, colocando-se os balões contendo o óleo extraído em estufa com recirculação de ar, por cerca de 1 h. A massa de lipídios foi obtida pela diferença entre a massa do balão com e sem o óleo extraído. O teor de lipídios foi calculado em razão da massa da amostra e da fração lipídica extraída.

Índice de peróxido

Determinou-se o índice de peróxido, de acordo com as normas AOCS (1993), Método cd 8-53. Os peróxidos foram medidos por meio da técnica, com base em sua habilidade de liberar o iodeto de potássio e seu teor expresso em miliequivalentes (meq) de peróxido por quilograma de óleo.

Cor

A coloração da mistura milho moído e farelo de soja foi mensurada em equipamento colorímetro Minolta CR[®] 400 (iluminante C e ângulo 10⁰) pelo sistema CIE (Commission Internationale de l'Eclairage). Os parâmetros avaliados foram as coordenadas L*, a* e b*. A coordenada L* ou luminosidade indicou a intensidade do branco. Os valores positivos de a* revelam se a farinha apresenta tons vermelhos, enquanto os valores positivos do parâmetro

b* denotam a presença de tons amarelo da farinha. Calcularam-se também a saturação ($c = (a^2 + b^2)^{1/2}$) e o ângulo de tonalidade ($h = \arctang b/a$). A tonalidade é a grandeza que caracteriza a qualidade da cor (vermelho, verde, azul etc); por meio do ângulo de tonalidade pode-se estimar a cor predominante do produto analisado. A saturação descreve a intensidade ou quantidade de uma tonalidade, indicando a proporção em que essa está misturada com o branco, preto ou cinza.

3. RESULTADOS

O efeito do gás ozônio, na concentração de $11,25 \text{ mg L}^{-1}$ e em diferentes períodos de exposição, na contagem total de bolores e leveduras e de aeróbicos mesófilos, é apresentado nas Figuras 2 e 3, respectivamente. Obteve-se redução de bolores e de leveduras, após 40 h de exposição de dois ciclos log (99%). Para aeróbicos mesófilos, a redução foi de quase três ciclos log (99,9%).

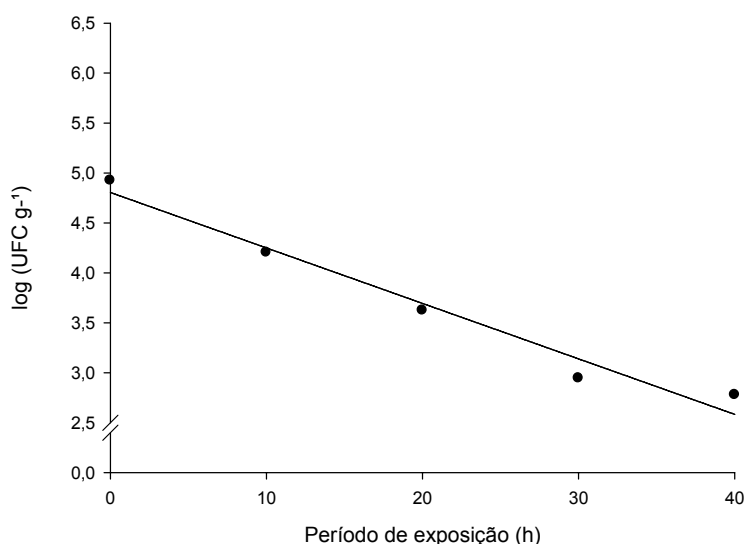


Figura 2 - Contagem total de bolores e leveduras da mistura milho moído e farelo de soja, expostos ao gás ozônio em diferentes períodos de exposição.

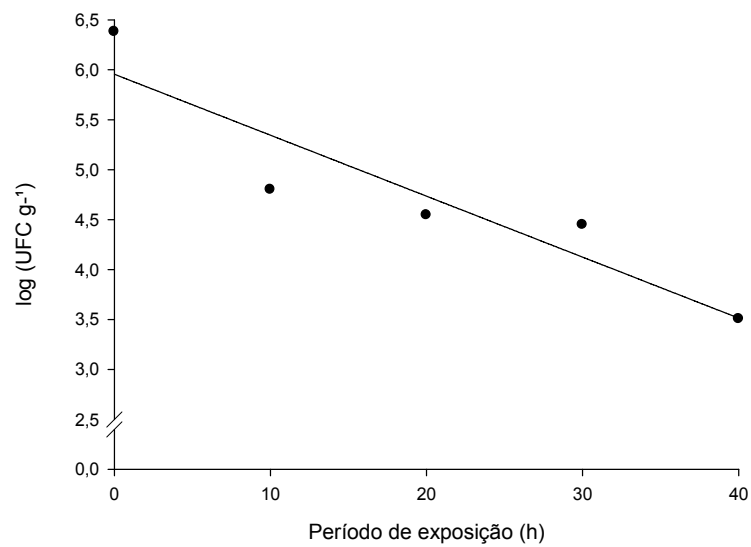


Figura 3 - Contagem total de aeróbicos mesófilos da mistura milho moído e farelo de soja, expostos ao gás ozônio em diferentes períodos de exposição.

Observou-se comportamento semelhante nas contagens de coliformes totais e coliformes termotolerantes (Figura 4). A redução de coliformes totais e de termotolerantes foi praticamente total, reduzindo de 150 NMP g⁻¹ para valores próximos de 4 NMP g⁻¹. Para coliformes termotolerantes, a diminuição foi mais intensa durante as primeiras horas de exposição ao ozônio.

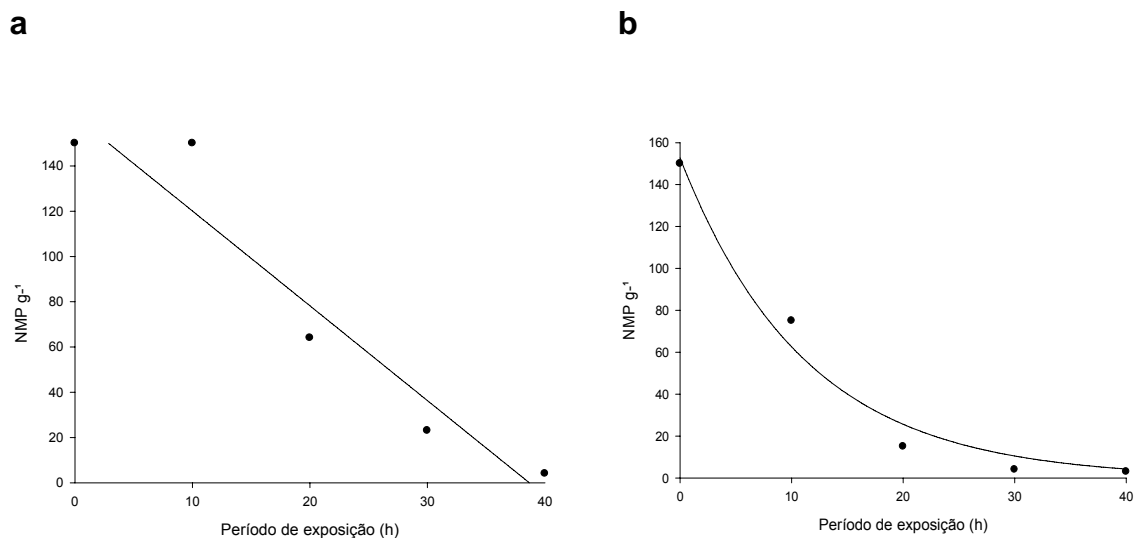


Figura 4 - Contagem de coliformes totais (a) e coliformes termotolerantes (b) da mistura milho moído e farelo de soja, expostos ao gás ozônio em diferentes períodos de exposição.

Encontram-se, na Tabela 1, as equações de regressões ajustadas e seus respectivos coeficientes de determinação, referentes à contagem total de bolores e leveduras, aeróbicos mesófilos, coliformes totais e coliformes termotolerantes da mistura milho moído e farelo de soja expostos ao gás ozônio na concentração de $11,25 \text{ mg L}^{-1}$, em diferentes períodos de exposição.

Tabela 1 - Equações de regressão ajustadas e seus respectivos coeficientes de determinação, referentes à contagem total de bolores e leveduras, aeróbicos mesófilos, coliformes totais e coliformes termotolerantes da mistura milho moído e farelo de soja, expostos ao gás ozônio em diferentes períodos de exposição

Equações ajustadas		
Contagem total de bolores e leveduras	$\hat{y} = 4,8052^{**} - 0,0555^{**}x$	$r^2 = 0,96$
Contagem total de aeróbicos mesófilos	$\hat{y} = 5,9556^{**} - 0,0610^{*}x$	$r^2 = 0,85$
Coliformes totais	$\hat{y} = 162^{**} - 4,19^{**}x$	$r^2 = 0,92$
Coliformes termotolerantes	$\hat{y} = 152,7983^{**} \cdot (0,9147^{**})^x$	$R^2 = 0,98$

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Na Tabela 2, são apresentados os valores médios do teor de água e de proteína da mistura milho moído e farelo de soja ozonizados na concentração de 11,25 mg L⁻¹, em períodos de exposição do gás de 0, 10, 20, 30 e 40 h. Verificou-se que não houve redução dos teores de água e de proteína.

Tabela 2 – Valores médios dos teores de água e de proteína da mistura milho moído e farelo de soja, expostos ao gás ozônio em diferentes períodos de exposição

Constituintes	Período de exposição (h)					Média
	0	10	20	30	40	
Água (%)	11,9 ± 0,12	11,9 ± 0,09	11,9 ± 0,06	11,8 ± 0,44	11,8 ± 0,36	11,86
Proteína (%)	20,6 ± 0,34	20,5 ± 0,20	20,5 ± 0,16	20,5 ± 0,13	20,5 ± 0,13	20,52

O teor de lipídeo da mistura milho moído e farelo de soja ozonizada diminuiu até 20 h de exposição ao ozônio. Após esse período, verificou-se

tendência de estabilização (Figura 5). A redução total após 40 h de exposição ao ozônio foi de 15,7%, em relação a mistura milho moído e farelo de soja sem ozonização.

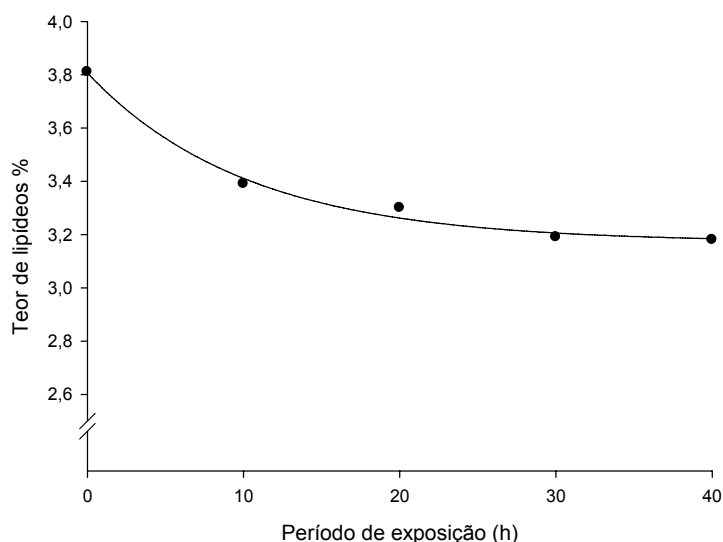


Figura 5 – Teor de lipídeos da mistura milho moído e farelo de soja, expostos ao gás ozônio em diferentes períodos de exposição.

O índice de peróxido da mistura milho moído e farelo de soja aumentou somente até 20 h de exposição ao gás ozônio (Tabela 3), coincidentemente ao período de maior redução do teor de lipídeos. Após esse período, o índice de peróxido permaneceu constante próximo aos 12 meq kg⁻¹. O acréscimo no período de 10 h foi de 117% em relação ao período de 0 h, enquanto a ampliação no período de 20 h foi de 146%, em relação ao período de 10 h.

Tabela 3 – Valor médio do índice de peróxido em meq kg⁻¹ da mistura milho moído e farelo de soja, expostos ao gás ozônio em diferentes períodos de exposição

	Período de exposição (h)				
	0	10	20	30	40
Índice de Peróxido (meq kg ⁻¹)	2,3 ± 0,12	5,0 ± 0,12	12,3 ± 0,20	12,1 ± 0,56	12,2 ± 0,46

Encontram-se, na Tabela 4, a equação de regressão ajustada e seu respectivo coeficiente de determinação, referente ao teor de lipídeo da mistura milho moído e farelo de soja, expostos ao gás ozônio na concentração de 11,25 mg L⁻¹, em diferentes períodos de exposição.

Tabela 4 - Equação de regressão ajustada e seu respectivo coeficiente de determinação, referente ao teor de lipídeo da mistura milho moído e farelo de soja, expostos ao gás ozônio em diferentes períodos de exposição

Equações ajustadas		
Teor de lipídeos	$\hat{y} = 3,1720^{**} + 0,6346^{**} e^{(-0,0977*x)}$	R ² = 0,99

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Com relação aos parâmetros de cor (Figura 6), o gás ozônio provocou aumento da luminosidade-L* (1,18%, após 40 h de exposição). O índice de vermelho-a* permaneceu inalterado. Já o índice do amarelo-b*, a tonalidade-h e a saturação-C apresentaram redução, que foi maior até 20 h de exposição ao ozônio. Apesar de não perceptível de forma visual, o aumento da luminosidade e a redução da saturação, indicam que a mistura do milho moído e do farelo de soja ficou mais clara e pálida. O ângulo de tonalidade de 25° a 70° indica a cor laranja e de 70 ° a 100 °, a cor amarela; portanto, evidencia-se tendência de o produto perder a cor amarela nas primeiras 20 h de exposição ao ozônio.

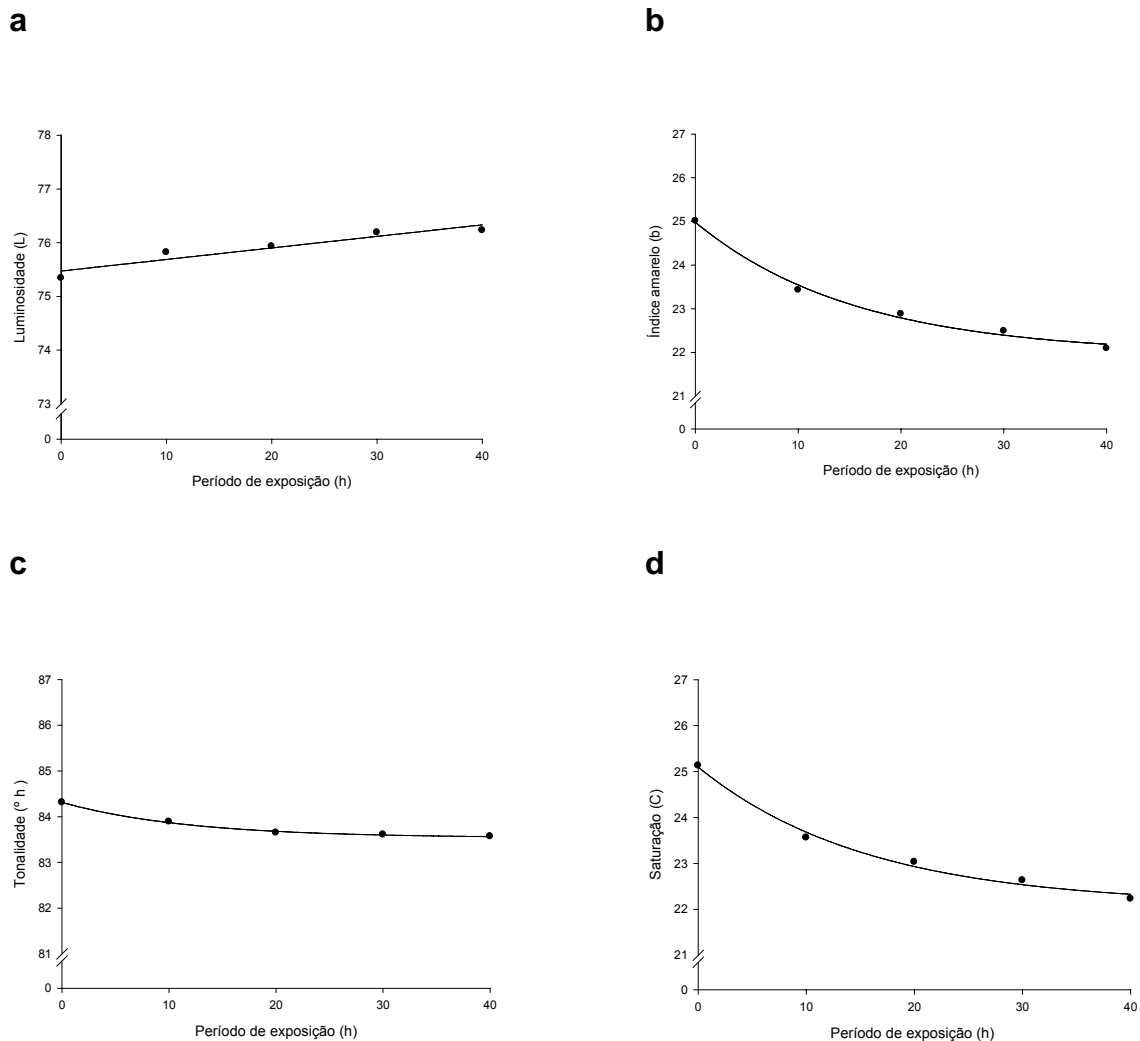


Figura 6 – Luminosidade (a), índice de amarelo (b), tonalidade (c) e saturação (d) da mistura milho moído e farelo de soja, exposta ao gás ozônio em diferentes períodos de exposição.

As equações de regressões ajustadas e seus respectivos coeficientes de determinação, referentes a luminosidade, índice de vermelho, índice de amarelo, saturação e tonalidade da mistura do milho moído e do farelo de soja, expostos ao gás ozônio na concentração de $11,25 \text{ mg L}^{-1}$, em diferentes períodos de exposição, são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Equações de regressão ajustadas e seus respectivos coeficientes de determinação, referentes a luminosidade, índice de vermelho, índice de amarelo, saturação e tonalidade da mistura milho moído e farelo de soja, exposta ao gás ozônio em diferentes períodos de exposição

Equações ajustadas		
Luminosidade	$\hat{y} = 75,4720^{**} + 0,0215 * x$	$r^2 = 0,89$
Índice de vermelho	$\hat{y} = 2,51$	-
Índice de amarelo	$\hat{y} = 21,9591^{**} + 3,0215^{**} e^{(-0,0654 * x)}$	$R^2 = 0,99$
Tonalidade	$\hat{y} = 83,5390^{**} + 0,7746^{**} e^{(-0,0848 * x)}$	$R^2 = 0,99$
Saturação	$\hat{y} = 22,0958^{**} + 3,0031^{**} e^{(-0,0639 * x)}$	$R^2 = 0,99$

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

4. DISCUSSÃO

As contagens de bolores e de leveduras das amostras não ozonizadas estão acima do limite estipulado para qualidade higiênica que é de 1×10^4 UFC g^{-1} (GMP, 2006). Os valores encontrados neste trabalho são próximos aos valores observados por Rosa et al. (2006), que encontraram níveis superiores a 1×10^5 UFC g^{-1} . Já Maciorowski et al. (2007) relataram que contaminações fúngicas em ração para aves variam em torno $1,2 \times 10^6$ UFC g^{-1} . Entretanto, Fraga et al. (2007) verificaram níveis de contaminação fúngica mais moderados na ração de 4×10^3 UFC g^{-1} a $3,2 \times 10^4$ UFC g^{-1} . O nível de contaminação pode variar em razão das condições climáticas do período de coleta e também da grande influência das condições de processamento de alimento (RIBEIRO et al., 2009).

As reduções ocorridas nas contagens de bolores e de leveduras, de aeróbicos mesófilos, de coliformes totais e de termotolerantes podem ser atribuídas ao alto poder oxidativo do ozônio. Esse gás tem demonstrado ser eficaz na inativação de bactérias, de bolores, de leveduras, de vírus, de

protozoários, inclusive formas esporuladas e cistos de protozoários, que são mais resistentes (KHADRE et al., 2001; WU et al., 2006; SILVA et al., 2011).

Na contagem de bolores e de leveduras, a redução de dois ciclos log (99%) assemelhou-se às reduções verificadas por diversos autores que trabalharam com outros tipos de produto; grão de milho ozonizado por três dias com 50 ppm de ozônio teve a contagem de *Aspergillus parasiticus* reduzida em 63% (KELLS et al., 2001); 5 min com 0,33 mg de ozônio g trigo⁻¹ min⁻¹ reduziram 96,9% de esporos de fungos de grãos de trigo (WU et al., 2006); 96 h com concentração de 21 mg L⁻¹ de ozônio em grãos de amendoim conseguiram redução superior a três ciclos log de fungos totais (ALENCAR et al., 2012). Resultados semelhantes foram obtidos por McDonough et al. (2011) ao usarem um transportador de parafuso para tratar grãos de milho com ozônio numa concentração de 47800 ppm e tempo de detenção de 1,8 min, verificaram que contagens de *A. flavus* foram reduzidas em 96% em uma única passagem através do transportador, três passagens reduziram a contagem de bolores em mais de dois ciclos log.

O efeito do ozônio sobre a contagem total de aeróbicos mesófilos foi maior que na contagem de bolores e leveduras, confirmando que os fungos são mais resistentes que as bactérias, na forma vegetativa (CHIATTONE et al., 2008; SILVA et al., 2011). A redução de 99,9% de aeróbicos mesófilos foi à mesma obtida por Cardoso et al. (2003), que usaram ozônio, numa concentração de 4 mg L⁻¹, na sanitização de galões de água. Esses mesmos autores observaram reduções de coliformes totais de 192,53 NMP 100 mL⁻¹ para contagem menor que o limite de detecção do teste utilizado (< 1 NMP 100 mL⁻¹), que é comparável à encontrada de coliformes totais e de termotolerantes. Reduções semelhantes também foram verificadas por Akbas e Ozdemis et al. (2006), em que a exposição a 1 ppm de ozônio por 360 min foi suficiente para reduzir, de sementes com e sem casca de pistache, 3,5 log de UFC g⁻¹ de *E. coli* e 3 log de UFC g⁻¹ de *Bacillus cereus*; no entanto, a redução de *E. coli* e *B. cereus* no pistache triturado foi de 2 log de UFC g⁻¹.

O teor médio de umidade e proteína da mistura milho moído e farelo de soja foi de 11,9% e 20,5%, respectivamente, permanecendo praticamente iguais nos diferentes períodos de exposição ao ozônio. Mendez et al. (2003)

também não observaram variações na constituição química e no teor de aminoácidos e de ácidos graxos, em razão da aplicação de ozônio em grãos de milho, soja e trigo, na concentração de 50 ppm, por 30 dias. O processo de ozonização não interferiu na composição centesimal (teor de água e teor de proteína) da farinha de trigo (PAES, 2011). O ozônio também não promoveu alterações nas características físico-químicas de teor de água e de proteínas de grãos de trigo (SILVA, 2011).

A capacidade do ozônio de oxidar ácidos graxos poli-insaturados (VICTORIN, 1992) foi confirmada pela redução do teor de lipídeos observada. O índice de peróxido é indicador muito sensível da oxidação de lipídeos (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007; ARAÚJO, 2011), o que explica o aumento do índice de peróxido ter acontecido ao mesmo tempo em que se registrava redução no teor de lipídeos. Grãos de milho tratados com ozônio numa concentração de 0,0032 kg de ozônio para cada m⁻³ de ar apresentaram pequeno aumento do índice de peróxido do óleo extraído das amostras tratadas por 24 h; após esse período, os valores foram menores (BARBOSA et al., 2005).

O teor de lipídeos e o índice de peróxido em grãos de amendoim não foram afetados pela exposição ao gás ozônio em concentrações de até 21 mg L⁻¹, por 96 h (ALENCAR et al., 2011). Faroni et al. (2007), não verificaram aumento do índice de peróxido do óleo bruto extraído de grãos de milho ozonizados numa concentração de 50 ppm, a vazão de 8 L min⁻¹, por 168 h. Mendez et al. (2003) também não observaram variações no teor de ácidos graxos, em razão da aplicação de ozônio em grãos de milho, soja e trigo; esses autores justificaram o ocorrido pelo fato de o ozônio não ter penetrado no grão, realidade diferente ao processo de ozonização realizado, em que o ozônio foi aplicado num produto triturado com maior superfície para sua ação. Essa justificativa pode ser confirmada com o trabalho de Akbas e Ozdemir et al. (2006), os quais, ozonizando pistache com e sem casca e triturado, verificaram alterações no índice de peróxido apenas no pistache triturado.

O índice de peróxido estabilizou quando atingiu 12 meq kg⁻¹, abaixo dos 20 meq kg⁻¹, que é quando o odor de ranço de gordura oxidada pode ser

detectado e causar impacto negativo na ingestão do alimento e no desempenho do animal (BUTOLO, 2002).

A cor dos grãos de milho é variada e resulta da coloração nas diversas partes do grão, como pericarpo, aleurona, endosperma e embrião. Como o endosperma representa a maior porção do grão (cerca de 70%), é uma das partes de maior interesse para fabricação de ração. A cor desejável é a amarela-laranja, por conferir aos frangos pele e pernas amarelas e gema de ovos de cor amarela-laranja, em razão de maiores teores de vitamina A, xantofilas e carotenos (OLIVEIRA et al., 2007).

As ligeiras variações observadas, referentes aos atributos de cor (luminosidade, índice de amarelo, tonalidade e saturação), são em razão do alto poder de oxidação do ozônio, que é capaz de degradar diversos compostos orgânicos em alimentos, dentre esses os pigmentos carotenoides e antocianinas, podendo resultar em uma descoloração do produto (KIM et al., 1999; ALENCAR et al., 2011; TIWARI et al., 2010; SILVA et al., 2011).

5. CONCLUSÕES

A exposição do milho moído e do farelo de soja ao gás ozônio reduziu a contagem total de bolores e de leveduras (99%) e de aeróbicos mesófilos (99,9%), após 40 h de exposição.

Os números de coliformes totais e coliformes termotolerantes reduziram de 150 NMP g⁻¹ para valores próximos de 4 NMP g⁻¹ após 40 h de exposição.

O processo de ozonização não interferiu nos teores de água e de proteína da mistura do milho moído e do farelo de soja.

O aumento do índice de peróxido associado à redução no teor de lipídeos estabilizou após 20 h de exposição ao gás ozônio.

O ozônio promoveu ligeira alteração nos atributos de cor (luminosidade, índice de amarelo, tonalidade e saturação) da mistura milho moído e farelo de soja.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOCS. **Official methods and recommended practices**. 4^a ed. Champaign: AOCS, 1993. 2v.

AACC. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. Approved methods of AACC. 10.ed. Saint Paul: AACC, 1999.

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; SOARES, N. F.F.; CARVALHO, M. C.S.; PEREIRA, K.F. Effect of the ozonization process on the quality of peanuts and crude oil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n.2, p. 154-160, 2011.

ALENCAR, E.R. FARONI, L. R. D.; SOARES, N. F. F. ; SILVA, W. A.; CARVALHO, M. C. S. Efficacy of ozone as a fungicidal and detoxifying agent of aflatoxins in peanuts. **J Sci Food Agric**. n. 92, p. 899-905, 2012.

ALMEIDA, E.; ASSALIN, M. R.; ROSA, A. Tratamento de efluentes industriais por processos oxidativos na presença de ozônio. *Química Nova*. v.27, n. 5, p. 818-824, 2004.

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 16 ed. Washington: APHA, 1985.

APHA. AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 4 ed. Washington: APHA, 2001.

ARAÚJO, J. M. A. *Química de Alimentos: teoria e prática*, 5. ed. Atual. Ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011.

AKBAS, M. Y.; OZDEMIR, M. Effectiveness of ozone for inactivation of *Escherichia coli* and *Bacillus cereus* in pistachios. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 41, p. 513 – 519, 2006.

BARBOSA, G. N. O.; FARONI, L. R. D. SARTORI, M. A.; SILVA, M. T. C.; ROZADO, A. F. Avaliação do óleo obtido a partir de grãos de milho tratados

com ozônio. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 13, n. 3, p. 173-177, 2005.

BUTOLO, J. E. Qualidade de ingredientes na alimentação animal. Campinas:J.E. Butolo, 2002.

CARDOSO, C.C.; VEIGA, S. M. O. M.; NASCIMENTO, L.C.; FIORINI, J. E.; AMARAL, L. A. Avaliação microbiológica de um processo de sanitização de galões de água com a utilização do ozônio. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 23, n. 1, p. 59-61, jan/abr.2003.

CHIATTONE, P. V.; TORRES, L. M.; ZAMBIAZI, R. C. Aplicação do ozônio na indústria de alimentos. **Alim. Nutr.** v. 19, n.3, p. 341-349, jul./set. 2008.

DOYLE, M. P.; ERICKSON, M. C. Reducing the carriage of foodborne pathogens in livestock and poultry. **Poultry Science**. v. 85, p. 960 – 873, 2006.

FARONI, L.R. D.; PEREIRA, A. M.; SOUSA, A. H.; SILVA, M. T. C.; URRICHI, W. I. Influence of corn mass temperature on ozone toxicity to *Sitophilus zeamais* (Coleóptera: Curculionidae) and quality of oil extracted from ozonized grains.In: IOA Conference and Exhibition. 2007, Valência, Espanha. Proceedings...Valência, Espanha:2007. v. 1, p.1- 6.

FRAGA, M. E.; CURVELLO, F.; CAVAGLIERI, L.R.; DALCERO, A. M.; ROSA, C.A.R. Potencial aflatoxin and ochratoxin A production by *Aspergillus* species in poultry feed processing. **Veterinary Research Communications**, v.31, n.3, p.343- 353, 2007.

GMP. Certification Scheme Animal Feed Sector. Product standards. Productscahp Diervoeder. 2006.

GOMES, J. C.; OLIVEIRA, G.F. Análises físico-químicas de alimentos. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2011.

KELLS, S. A.; MASON, L. J.; MAIER, D. E.; WOLOSOSHUK, C. P. Efficacy and fumigation characteristics of ozone in stored maize. **Journal of Stored Products Research**. v. 37, n. 4, p. 371-383, 2001.

KHADRE, M. A.; YOUSEF, A. E.; KIM, J. G. Microbiological aspects of ozone applications in food: a review. **Journal of Food Science**, vol. 66, n. 9, p. 1241-1252, 2001.

KIM, J. G.; YOUSEF, A. E.; CHISM, G. W. Use of ozone to inactivate microorganisms on lettuce. **Journal of Food Safety**, New Brunswick, vol. 19, p. 17-34, 1999.

LONGO, F. A.; SILVA, I. F.; LANZARIN, M. A. A importância do controle microbiológico em rações para aves. In: Anais do XI Simpósio Brasil Sul de Avicultura e II Brasil Sul Poultry Fair, 6 a 8 de abril. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2010.

McDONOUGH, M. X.; CAMPABADAL, C. A.; MASON, L. J.; MAIER, D. E.; DENVIR, A.; WOLOSHUK, C. Ozone application in a modified screw conveyor to treat grain for insect pests, fungal contaminants, and mycotoxins. **Journal of Stored Products Research**, v. 47, p. 249-254, 2011.

MACIOROWSKI, K.G.; HERRERA, P.; JONES, F. T.; PILLAI, S. D.; RICKE, S.C. Effects on poultry and livestock of feed contamination with bacteria and fungi. **Animal Feed Science and Technology**, v. 133, p. 109-136, 2007.

MENDEZ, F.; MAIER, D. E.; MASON, L. J.; WOLOSHUK, C. P. Penetration of ozone into columns of stored grains and effects on chemical composition and performance. **Journal of Stored Products Research**, v. 39, n.1, p.33-44, 2003.

OLIVEIRA, J. P.; CHAVES, L.J.; DUARTE, J.B.; BRASIL, E. M.; RIBEIRO, K.O. Qualidade física do grão em populações de milho alta qualidade protéica e seus cruzamentos. **Pesq. Agropec trop.** 37(4):233-241, 2007.

PAES, J. L. Ozonização da farinha de trigo: cinética de reação e efeito nas características tecnológicas. 2011. 118f. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Viçosa.

PEREIRA, A. M.; FARONI, L.R.D'A.; SOUSA, A. H.; URRUCHI, W. I.; ROMA, R.C.C. Efeito imediato e latente da fumigação com ozônio na qualidade dos

grãos de milho. *Revista Brasileira de Armazenamento*, v. 32, n. 2, p. 100-110, 2007.

RAILA, A.; LUGAUSKAS, A.; STEPONAVIČIUS, D.; RAILIENĖ, M.; STEPONAVIČIENĖ, A.; ZVICEVIČIUS, E. Application of ozone for reduction of mycological infection in wheat grain. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**, vol.13, n. 2, p.287-294, 2006.

RIBEIRO, E.P.; SERAVALLI, E., A. G. Química de Alimentos. Segunda Edição, São Paulo: Blucher, 2007.

RIBEIRO, J.M.M.; CAVAGLIERI, L.R.; VITAL, H. C.; KRUGER, C. D.; ROSA, C.A.R. Radiação gama sobre a micobiota de ração avícola e *Aspergillus* spp. **Ciência Rural. Santa Maria**. v.39, n. 5, p. 1452-1458, ago, 2009.

ROSA, C.A.R.; RIBEIRO, J.M.M.; FRAGA, M.J.; GATTI, M.; CAVAGLIERI, L.R.; DALCERO, A. M.; LOPES, C.W.G. Mycoflora of poultry feeds and ochratoxin-producing ability of isolated *Aspergillus* and *Penicillium* species. **Veterinary Microbiology**, v. 113,n.1-2, p.89-96, 2006.

SANTOS, B.M.; PEREIRA, C. G.; GÓMEZ, S.Y.M.; ABREU, T.G.M. Prevenção e Controle de Doenças Infeciosas nas Aves de Produção. Viçosa, MG, E.d. UFV, 2009.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N.F.A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R. F. S.; GOMES, R. A.R. Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos. 3 ed. São Paulo: Livraria Varela, 2007.

SILVA, S. B.; LUVIELMO, M. M.; GEYER, M. C. Potencialidades do uso do ozônio no processamento de alimentos. *Semana: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, n. 2, p. 659-682, abr/jun. 2011.

SILVA, T.A. Processo de ozonização dos grãos de trigo: cinética de reação e efeito na qualidade destes e da farinha. 2011. 118f. Tese (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.

TABIB, Z.; JONES, F. T.; HAMILTON. Effect of pelleting of poultry feed on the activity of molds and mold inhibitors. **Poultry Science**. v. 63, p. 70-75, 1984.

TIWARI, B.K.; BRENNAN, C. S.; CURRAN, T.; GALLAGHER, E.; CULLEN, P.J.; O' DONNELL, C. P. Application of ozone in grain processing. **Journal of Cereal Science**. p. 1-8, 2010.

VICTORIN, K. Review of the genotoxicity of ozone. **Mutation Research**. v. 277, p. 221-238, 1992.

WU, J.; DOAN, H.; CUENCA, M. A. Investigation of gaseous ozone as an anti-fungal fumigant for stored wheat. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, vol. 81, n. 7, p. 1288-1293, 2006.

DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM RAÇÃO FORMULADA COM MILHO MOÍDO E FARELO DE SOJA OZONIZADOS

RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar o desempenho de frangos de corte alimentados com ração formulada com milho moído e farelo de soja expostos a diferentes períodos ao gás ozônio, numa concentração de $11,25 \text{ mg L}^{-1}$ e vazão do gás de 5 L min^{-1} . Utilizaram-se 384 pintos machos de um dia de idade, da linhagem Cobb-500. Adotou-se o delineamento em blocos ao acaso com seis tratamentos, sendo um tratamento controle positivo e cinco tratamentos (0, 10, 20, 30 e 40 h) de exposição da mistura milho e farelo de soja ao gás ozônio e dois blocos (lado 1 e 2 do galpão) com quatro repetições por tratamento em cada bloco. Cada unidade experimental foi constituída de oito aves. O tratamento controle positivo constituiu-se de ração formulada a base de milho e farelo de soja sem ozonização, dentro dos padrões para fins de consumo, atendendo a mesma exigência nutricional proposta para os demais tratamentos. As variáveis de desempenho das aves avaliadas foram consumo de ração, peso médio das aves, ganho de peso e conversão alimentar. No período inicial de 1 a 21 dias de idade, os melhores resultados de peso médio, ganho de peso e conversão alimentar foram obtidos com ração formulada com milho moído e farelo de soja ozonizados até 30 h, que não foi diferente dos resultados do tratamento controle positivo; já os tratamentos 0 h e 40 h, o desempenho foi inferior em relação ao tratamento controle positivo. No período de crescimento e final, correspondido entre 21 e 42 dias e no período de 1 a 42 dias de idade, o consumo de ração reduziu à medida que se aumentou o período de exposição ao ozônio. No período de 1 a 42 dias de idade, o maior ganho de peso e a melhor conversão alimentar foram obtidos para períodos máximos de exposição ao gás ozônio de 14,9 e 22,8 h, respectivamente.

Palavras-chave: Ozonização, milho e soja, desempenho frangos.

PERFORMANCE OF BROILERS FED A RATION FORMULATED WITH OZONATED GROUND CORN AND SOYBEAN MEAL

ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the performance of broilers fed a ration formulated with ground corn and soybean meal exposed to ozone gas at a concentration of 11.25 mg L^{-1} , and flow rate of 5 L min^{-1} , for different periods. We utilized 384 one-day-old male Cobb 500 chicks. The design adopted was in random blocks with 6 (six) treatments: a positive control and five treatments (0, 10, 20, 30 and 40 h) of exposure of the mixture of corn and soybean meal to the ozone gas and two blocks (side 1 and side 2 of the shed) with four replications per treatment in each block. Each experimental unit was composed of eight birds. The positive control treatment consisted of a ration formulated on the basis of corn and soybean meal without ozonation; the quality standards of the grains for supply to the birds met the nutritional requirement proposed per phases for the other treatments utilized. The bird-performance variables evaluated were feed intake, average bird weight, weight gain and feed conversion. In the starter phase, from 1 to 21 days of age, the best results for average weight, weight gain and feed conversion were obtained with a ration formulated with ground corn and soybean meal ozonated for up to 30 h, but they were not different from the results of the positive control; in the treatments with 0 and 40 h of exposure to the ozone gas, however, performance was lower than positive control treatment. In the growth and final period, comprehended from 21 to 42 days, and in the period from 1 to 42 days of age, feed intake reduced as the time of exposure to the ozone gas was increased. From 1 to 42 days of age, the highest weight gain and the best feed conversion were obtained with the maximum periods of exposure to ozone gas of 14.9 and 22.8 h, respectively.

Keywords: Ozonation, corn and soybean, performance, broilers.

1. INTRODUÇÃO

O milho e farelo de soja são os ingredientes mais utilizados na formulação das dietas de aves (ROSTAGNO et al., 2011). O milho, por apresentar maior valor energético com relação a outros cereais, tem maior importância, justificando, assim, o maior uso dele na alimentação dos animais, que consomem entre 60% e 80% do milho produzido no Brasil (OLIVEIRA, 2009; EMBRAPA, 2013).

A qualidade desses grãos é essencial a manutenção, produção, reprodução e saúde animal. É indiscutível a necessidade do controle de microrganismos nas rações de aves, em razão das questões das normas de segurança alimentar, do aumento das exigências dos consumidores, da biossegurança dos próprios lotes e do desempenho dos animais (LONGO et al., 2010). São vários os relatos de elevadas contaminações fúngicas de rações (ROSA et al., 2006; FRAGA et al., 2007; MACIOROWSKI et al., 2007), importante fonte de contaminação da criação de aves e responsáveis por doenças micóticas, como aspergilose e candidíase, e pelas micotoxicoses, que são doenças provocadas pela ingestão de rações contaminadas por toxinas produzidas pelos fungos, as micotoxinas (HUFF et al., 1988; OLIVEIRA et al., 2006; SANTOS et al., 2009).

A susceptibilidade às micotoxinas depende da concentração; pequenas quantidades muitas vezes não são capazes de causar danos aparentes, mas podem afetar negativamente o crescimento e o sistema imunológico. As aves mais jovens são mais susceptíveis a lesões mais graves. Os principais sintomas são crescimento retardado, desuniformidade do lote, palidez, penas eriçadas, diarreia, pouca resistência às doenças e, às vezes, mortalidade elevada (SANTOS e FARIA, 1997; BARNES, et al., 2003).

Outra via de contaminação de rações são as bactérias patogênicas, que apesar de serem menos adaptadas às condições de baixa umidade dos grãos, são responsáveis por doenças avícolas e por prejuízos relacionados ao desempenho dos animais. Além desses efeitos, antibióticos usados para o controle dessas enfermidades também podem afetar a saúde humana pela presença de resíduos e seleção de bactérias resistentes, determinando

desequilíbrio na simbiose entre a microbiota desejável e o animal (LODDI et al., 2000; MACIOROWSKI et al., 2007; SANTOS et al., 2009; LONGO et al., 2010).

Além das bactérias patogênicas, as não patogênicas normalmente são as que não provocam sintomas clínicos, mas podem afetar o animal por competição com a microbiota normal e inibir a absorção de nutrientes devido à ligação a pontos nas microvilosidades intestinais, reduzindo a área de superfície de absorção de nutrientes, o que induz a uma resposta imunológica e converte os aminoácidos em aminas biogênicas (LONGO et al., 2010).

A redução das perdas no processo produtivo, seja na diminuição da mortalidade e, ou, na desuniformidade do lote, é sempre uma meta, sendo uma tarefa de técnicos, extensionistas, produtores e pesquisadores reduzir custos e otimizar a produção (MESQUITA, 2012).

Uma forma de melhorar o desempenho das aves é a adoção de medidas que correspondem a uma série de precauções ou ações que visam eliminar o agente patogênico e, ou, evitar a contaminação das aves sãs. É evidente também a necessidade de produtos alternativos que possam substituir os antibióticos na alimentação animal. Estudos têm evidenciado o efeito do ozônio como agente antimicrobiano e sobre as micotoxinas (McKENZIE et al., 1997; KELLS et al., 2001; KHADRE et al., 2001; TIWARI et al., 2010), podendo ser usado no tratamento de ingredientes da ração como o milho e a soja.

A capacidade de o ozônio eliminar aflatoxinas em grãos de milho foi verificada por McKenzie et al. (1998), utilizando os mesmos grãos na alimentação de perus com dieta à base de produtos ozonizados ou não. Esses autores observaram que milho inicialmente contaminado e posteriormente ozonizado não afetou o desenvolvimento desses animais.

Com base nos relatos, objetivou-se com este estudo avaliar o desempenho de frangos de corte alimentados com ração formulada com milho moído e farelo de soja ozonizada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Localização e época de realização

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Minas Gerais - Campus Bambuí, no período de 24 de maio a 5 de julho de 2012.

O município de Bambuí localiza-se no centro-oeste do Estado de Minas Gerais, a uma altitude de 662,27 m, tendo como coordenadas geográficas 20° de latitude sul e 45° 59' de longitude oeste de Greenwich (Brasil, 1992).

2.2. Aves e manejo experimental

Foram utilizados 384 pintos machos de um dia de idade (peso médio de 45 g), da linhagem Cobb-500, vacinados contra Marek e Bouda Aviária. As aves foram alojadas em galpão convencional dividido em 48 boxes de 0,8 m² cada, com cobertura de telha cerâmica, piso de concreto e muretas laterais de alvenaria (50 cm de altura) com tela de arame na parte superior até o telhado, providas de cortinas laterais, sistema de ventilação positiva e nebulização. Foi utilizada cama do tipo casca de arroz triturada sobre o piso.

Na fase inicial, utilizaram-se comedouros tubulares infantis e bebedouros tipo copo de pressão até os 10 dias de idade, sendo esses substituídos gradativamente por comedouros tubulares e bebedouros tipo pendular. Em cada boxe foi utilizado uma campânula como fonte de aquecimento para os pintinhos, composta de uma cúpula metálica com 33 cm de diâmetro e uma lâmpada infravermelha de 250 W que também emitia luz iluminando o boxe. Foi adotado um programa contínuo de luz durante os primeiros 14 dias de idade. No restante do período experimental, foi utilizado o programa de luz proposto por Cobb (2008 a) (Tabela 1).

Tabela 1- Programa de luz utilizado a partir dos 15 dias de idade

Dias	Horas de Escuro	Dias	Horas de Escuro
15-21	12	31 - 36	6
22	11	37	5
23	10	38	4
24 - 28	9	39	3
29	8	40	2
30	7	41	1

Fonte: Manual Cobb (2008a)

As temperaturas máximas e mínimas observadas no interior do galpão, no período experimental, foram $29,2 \pm 2,6$ °C e $16,9 \pm 3,0$ °C, respectivamente, com umidade relativa mínima de $42 \pm 11\%$ e máxima de $86 \pm 7\%$.

Água e ração foram fornecidas à vontade. As pesagens dos frangos foram efetuadas no 1º, 21º e 42º dias de idade das aves. O controle do consumo de ração foi realizado com a pesagem das sobras em cada período. A mortalidade foi monitorada diariamente para a correção do consumo e da conversão alimentar considerando a pesagem das aves e da ração no dia da mortalidade conforme descrito por Sakomura e Rostagno (2007).

2.3. Delineamentos e tratamentos experimentais

O experimento foi instalado no delineamento em blocos ao acaso com seis tratamentos, um tratamento controle positivo e cinco tratamentos (0, 10, 20, 30 e 40 h) de exposição da mistura de milho e farelo de soja ao gás ozônio e dois blocos (lado 1 e 2 do galpão) com quatro repetições em cada bloco. Cada unidade experimental foi constituída de oito aves. O tratamento controle positivo constituiu-se de ração formulada à base de milho e de farelo de soja sem ozonização dentro dos padrões para fins de consumo, atendendo a mesma exigência nutricional proposta para os demais tratamentos.

Para os tratamentos com períodos de ozonização, foi utilizada uma mistura de grãos de milho, na proporção 50% de grãos considerados abaixo do padrão para fins de consumo e 50% de grãos considerados dentro do padrão.

Depois de moídos, foi feita a mistura com farelo de soja na proporção de 61,2% de milho e 38,8% de farelo de soja.

Essa mistura do milho moído com o farelo de soja, expostos ao gás ozônio, foi empregada na fabricação da ração inicial para frangos de corte, no período de 1 a 21 dias de idade.

O procedimento de ozonização está descrito no Capítulo 1.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e de regressão. Para comparação das médias do tratamento controle positivo com os demais tratamentos, utilizou-se o teste de Dunnett adotando-se nível de 5% de probabilidade. Para o fator quantitativo, os modelos foram escolhidos com base nos coeficientes de determinação (R^2) e no comportamento do fenômeno em estudo.

2.4. Rações

As rações utilizadas no experimento (Tabela 2) foram à base de milho e farelo de soja, de acordo com o programa alimentar composto por três rações: inicial, 1-21 dias (média ponderada das exigências de 1-7 dias e 8-21 dias); crescimento, 21-33 dias; e final 33-42 dias. As rações foram isonutritivas e formuladas de acordo com as recomendações de Rostagno et al. (2011) para frangos de corte machos de desempenho superior.

Tabela 2- Composição porcentual e níveis nutricionais calculados das rações utilizadas na avaliação do desempenho das aves

Ingredientes %	Controle Positivo	Inicial					Crescimento	Final
		Expostos ao gás ozônio						
		0 h	10 h	20 h	30 h	40 h		
Milho	57,112	57,112	57,112	57,112	57,112	57,112	60,933	65,440
Farelo de soja	36,211	36,211	36,211	36,211	36,211	36,211	31,611	27,659
Óleo de soja	2,806	2,806	2,806	2,806	2,806	2,806	3,997	3,831
Fosfato bicálcico	1,592	1,592	1,592	1,592	1,592	1,592	1,342	1,117
Calcário	0,894	0,894	0,894	0,894	0,894	0,894	0,861	0,780
Sal comum	0,490	0,490	0,490	0,490	0,490	0,490	0,457	0,444
DL-Metionina, 99%	0,318	0,318	0,318	0,318	0,318	0,318	0,279	0,275
L-lisina HCL, 79%	0,267	0,267	0,267	0,267	0,267	0,267	0,249	0,255
L-Treonina, 98%	0,095	0,095	0,095	0,095	0,095	0,095	0,077	0,080
Colina Cloreto, 60%	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,040
Salinomicina, 12%	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,030
Premix mineral ¹	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,040	0,046
Premix vitamínico ²	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,040	0,000
Avilamicina 10%	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,000
Total	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000
Composição nutricional calculada								
* Composição nutricional analisada								
Energia	3,020	3,020	3,020	3,020	3,020	3,020	3,150	3,200
Metabolizável (kcal/kg)								
Proteína (%)	21,600	21,600	21,600	21,600	21,600	21,600	19,800	18,400
* Proteína (%)	20,487	20,973	20,838	20,977	20,717	21,039	20,043	19,534
Cálcio (%)	0,867	0,867	0,867	0,867	0,867	0,867	0,758	0,663
* Cálcio (%)	0,884	0,886	0,906	0,979	0,909	0,833	0,802	0,705
Fósf. Dispon.(%)	0,424	0,424	0,424	0,424	0,424	0,424	0,354	0,309
* Fósforo Tot.(%)	0,528	0,579	0,591	0,575	0,520	0,500	0,474	0,388
Potássio (%)	0,821	0,821	0,821	0,821	0,821	0,821	0,749	0,689

¹ Suplemento mineral: Níveis de garantia/kg do produto: Mn - 80.000 mg; Zn - 80.000 mg; Fe - 60.000 mg; Cu - 10.000 mg; I - 1.000 mg; e Co - 1.000 mg.

² Suplemento vitamínico: Níveis de garantia/kg do produto: Vitamina A - 10.000.000 UI; Vit. E - 40.000 UI; Vit. K₃ - 3.000 mg; Vit. B₁ - 2.000 mg; Vit. B₂ - 7.000 mg; Vit. B₆ - 5.000 mg; Vit. B₁₂ - 20.000 µg; Ac. Fólico - 1.500 mg; Ac. Pantotênico - 15.000 mg; Niacina - 50.000 mg; Biotina - 100 mg; Selênio - 150 mg; e Antioxidante - 125 mg.

2.5. Potencial de crescimento e desempenho zootécnico de frangos de corte

Os parâmetros consumo de ração, peso médio, ganho de peso e conversão alimentar foram analisados de 1 a 21, 21 a 42 e 1 a 42 dias. Para avaliar o consumo de ração (CR), a ração de cada parcela foi pesada e armazenada em baldes plásticos com tampa. Ao final de cada período avaliado, as sobras do comedouro e do balde foram recolhidas e pesadas. O consumo de ração foi determinado em gramas de ração consumida por ave. O peso médio das aves (PM) foi determinado pela pesagem do grupo de animais de cada parcela dividido pelo número de aves. O ganho de peso (GP) foi determinado pela diferença de pesagem do grupo de animais de cada parcela referente ao período de dias e dividido pelo número de aves. A conversão alimentar (CA) foi calculada utilizando o consumo de ração e o ganho de peso das unidades experimentais.

3. RESULTADOS

3.1. Desempenho de frangos de corte avaliados no período de 1 a 21 dias

Nos resultados de desempenho da Tabela 3, observou-se que houve diferença significativa ($P < 0,05$) para peso médio, ganho de peso e conversão alimentar. O consumo de ração das aves não foi influenciado ($P > 0,05$) pelos tempos de ozonização quando comparados com o controle positivo.

Tabela 3 - Valores médios do consumo de ração (CR), peso médio das aves (PM), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) para frangos de 1 a 21 dias de idade

Tratamentos	CR(g ave ⁻¹)	PM (g)	GP (g ave ⁻¹)	CA (g _{ração} g _{peso vivo} ⁻¹)
Controle Positivo	1401,64	1107,2	1060,74	1,3219
0 h	1371,76	1040,0*	988,49*	1,3876*
10 h	1397,54	1083,6	1033,01	1,3530
20 h	1369,10	1070,7	1011,43*	1,3536
30 h	1388,47	1085,3	1030,99	1,3477
40 h	1330,69	1027,5*	967,23*	1,3765*
CV (%)	3,79	3,19	3,40	2,89

Médias com asterisco na coluna diferem do tratamento controle positivo ao nível de 5% pelo teste de Dunnett. CV = coeficiente de variação.

Os frangos alimentados com ração formulada com milho moído e farelo de soja não ozonizados (0 h) e ozonizados por um período de 40 h apresentaram menores pesos médios, sendo respectivamente, 67 g e 80 g menor em relação aos frangos alimentados com a ração controle positivo que corresponde a 6,1% e 7,2% respectivamente. As aves alimentadas com ração contendo milho moído e farelo de soja ozonizada por 0, 20 e 40 h apresentaram menor ganho de peso em relação ao controle positivo, redução de 6,8%, 4,6% e 8,8% respectivamente. Já a conversão alimentar revelou comportamento similar ao resultado para peso médio, em que frangos submetidos aos tratamentos de 0 e 40 h de ozonização exibiram pior conversão alimentar em relação aos do tratamento controle positivo, representando uma redução de 4,7% e 4,0% respectivamente. O ganho de peso inferior do tratamento 20 h em relação ao do controle positivo não interferiu na conversão alimentar que foi igual ao controle positivo.

Para o consumo de ração, peso médio, ganho de peso e conversão alimentar do período de 1 a 21 dias (Tabela 4), não foi verificado efeito do ozônio ($P > 0,05$).

Tabela 4 - Equações de regressão ajustadas referentes ao consumo de ração (CR), peso médio das aves (PM), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) em função do período de exposição ao ozônio, para frangos alimentados no período de 1 a 21 dias de idade

Características	Equações ajustadas
CR (g ave ⁻¹)	$\hat{y} = 1371,5$
PM (g)	$\hat{y} = 1061,4$
GP (g ave ⁻¹)	$\hat{y} = 1006,2$
CA (g _{ração} g _{peso vivo} ⁻¹)	$\hat{y} = 1,363$

3.2. Desempenho dos frangos de corte avaliados no período de 21 a 42 dias

No período de 21 a 42 dias (Tabela 5), observou-se diferença significativa ($P < 0,05$) somente para consumo de ração em aves alimentadas com a mistura milho moído e farelo de soja ozonizada por 20 e 40 h, apresentando consumos inferiores ao tratamento controle positivo. As variáveis peso médio, ganho de peso e conversão alimentar não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$). Apesar de as aves que receberam ração formulada com a mistura milho moído e farelo de soja ozonizada por 20 h terem apresentado consumo inferior ao controle positivo, o ganho de peso e a conversão alimentar não diferiram do controle positivo.

Tabela 5 - Valores médios do consumo de ração (CR), peso médio das aves (PM), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) para frangos de 21 a 42 dias de idade

Tratamentos	CR(g ave ⁻¹)	PM (g)	GP (g ave ⁻¹)	CA (g _{ração} g _{peso vivo} ⁻¹)
Controle Positivo	3917,99	3259,8	2083,81	1,8807
0 h	3906,77	3137,0	2071,76	1,8858
10 h	3820,58	3232,5	2087,80	1,8365
20 h	3712,22*	3189,6	2076,95	1,7891
30 h	3738,24	3206,8	2042,73	1,8341
40 h	3690,32*	3134,5	1995,67	1,8513
CV (%)	4,17	3,33	5,51	4,49

Médias com asterisco na coluna diferem do tratamento controle positivo ao nível de 5% pelo teste de Dunnett. CV = coeficiente de variação.

O consumo de ração do período de 21 a 42 dias decresceu a uma taxa de 5,15 g de ração a cada hora de exposição da mistura milho moído e farelo de soja exposta ao gás ozônio (Figura 1).

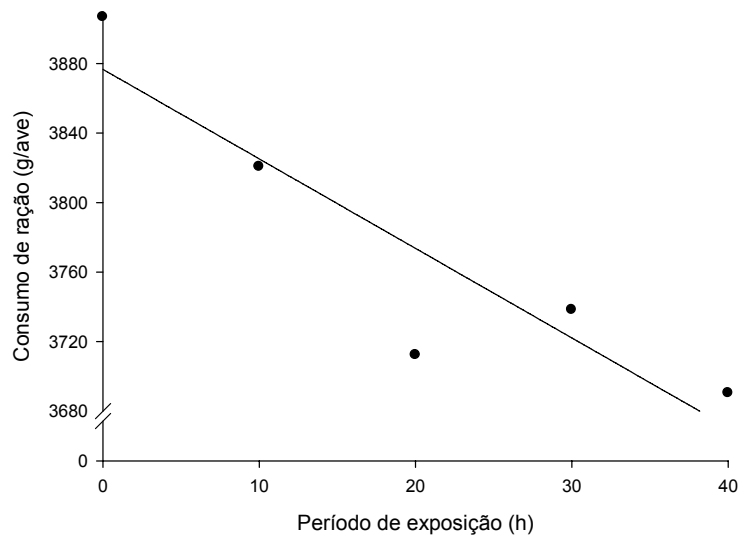


Figura 1 – Consumo de ração do período de 21 aos 42 dias de idade de frangos de corte que foram alimentados com ração inicial formulada a base de milho moído e farelo de soja exposta ao gás ozônio em diferentes períodos de exposição.

As aves apresentaram maior ganho de peso quando foram alimentadas com a mistura milho moído e farelo de soja ozonizada por 11,5 h; após este período, o ganho de peso diminui com o aumento do período de exposição da mistura ao ozônio (Figura 2).

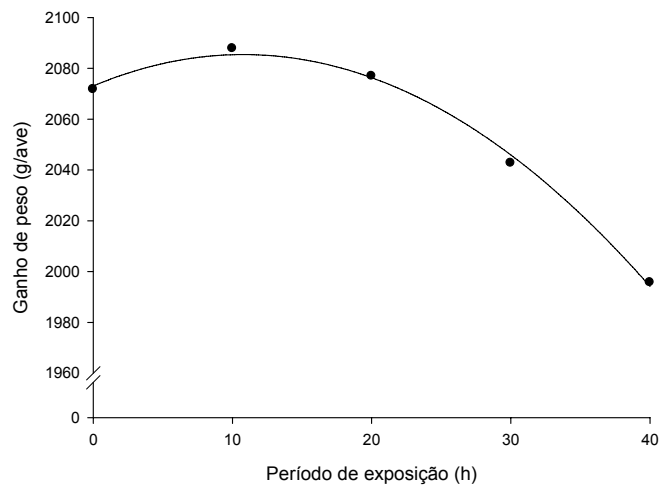


Figura 2 – Ganho de peso do período de 21 aos 42 dias de idade de frangos de corte que foram alimentados com ração inicial formulada a base de milho moído e farelo de soja exposta ao gás ozônio em diferentes períodos de exposição.

Na tabela 6, são apresentadas as equações de regressão ajustadas e seus respectivos coeficientes de determinação referentes ao consumo de ração, peso médio, ganho de peso e conversão alimentar do período de 21 aos 42 dias de idade de frangos de corte alimentados com ração inicial formulada a base de milho moído e farelo de soja exposta ao gás ozônio em diferentes períodos de exposição.

Tabela 6 - Equações de regressão ajustadas referentes ao consumo de ração (CR), peso médio das aves (PM), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) do período de 21 aos 42 dias de idade de frangos de corte alimentados com ração inicial formulada a base de milho moído e farelo de soja exposta ao gás ozônio em diferentes períodos de exposição

Características	Equações ajustadas	
CR (g ave ⁻¹)	$\hat{y} = 3876,68 - 5,15*x$	$r^2 = 0,83$
PM (g)	$\hat{y} = 3180,1$	
GP (g ave ⁻¹)	$\hat{y} = 2073,07 + 2,30**x - 0,10**x^2$	$R^2 = 0,99$
CA (g _{ração} g _{peso vivo} ⁻¹)	$\hat{y} = 1,8394$	

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

3.3. Desempenho dos frangos de corte avaliados no período de 1 a 42 dias

No período de 1 a 42 dias (Tabela 7), apenas o consumo de ração dos frangos de corte, alimentados na fase inicial com a mistura, milho moído e farelo de soja exposta ao gás ozônio por 20 e 40 h, apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) em relação ao controle positivo. O consumo de ração foi inferior ao tratamento controle. No entanto, as demais variáveis: peso médio, ganho de peso e conversão alimentar não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$) em relação ao controle positivo.

Tabela 7 - Valores médios do consumo de ração (CR), peso médio das aves (PM), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) para frangos de 1 a 42 dias de idade

Tratamentos	CR(g ave ⁻¹)	PM (g)	GP (g ave ⁻¹)	CA (g _{ração} g _{peso vivo} ⁻¹)
Controle Positivo	5319,64	3259,8	3144,56	1,6921
0 h	5278,54	3137,0	3060,26	1,7246
10 h	5218,13	3232,5	3120,81	1,6743
20 h	5081,32*	3189,6	3088,38	1,6462
30 h	5126,71	3206,8	3073,72	1,6698
40 h	5021,02*	3134,5	2962,91	1,6957
CV (%)	3,31	3,33	4,03	3,32

Médias com asterisco na coluna diferem do tratamento controle positivo ao nível de 5% pelo teste de Dunnett. CV = coeficiente de variação.

Foi observada diminuição no consumo de ração à medida que se aumentou o período de exposição da mistura milho moído e farelo de soja ao gás ozônio (Figura 3).

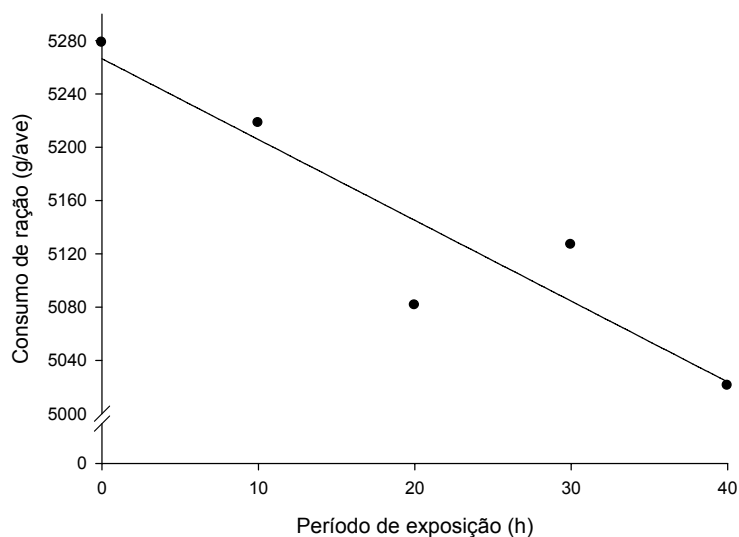


Figura 3 – Consumo de ração do período de 1 aos 42 dias de idade de frangos de corte que foram alimentados com ração inicial formulada a base de milho moído e farelo de soja exposta ao gás ozônio em diferentes períodos de exposição.

Com relação ao ganho de peso das aves (Figura 4), observa-se aumento até o período máximo de 14,9 h da exposição da mistura milho moído e farelo de soja ao gás ozônio.

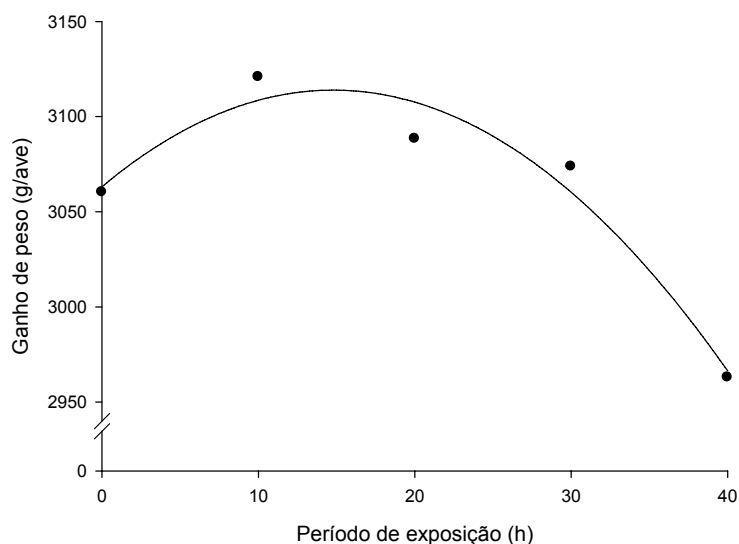


Figura 4 – Ganho de peso do período de 1 aos 42 dias de idade de frangos de corte que foram alimentados com ração inicial formulada a base de milho moído e farelo de soja exposta ao gás ozônio em diferentes períodos de exposição.

A melhor conversão alimentar (CA = 1,6505) ocorreu quando os frangos foram alimentados na fase inicial com a mistura milho moído e farelo de soja exposta ao ozônio (Figura 5) pelo período de 22,8 h; esta conversão é 4,29% mais eficiente em relação ao tratamento 0 h (CA = 1,7246). Numa granja de 20.000 aves, nas condições deste trabalho, uma exposição de 22,8 h ao ozônio seria possível economizar aproximadamente 4,6 t de ração.

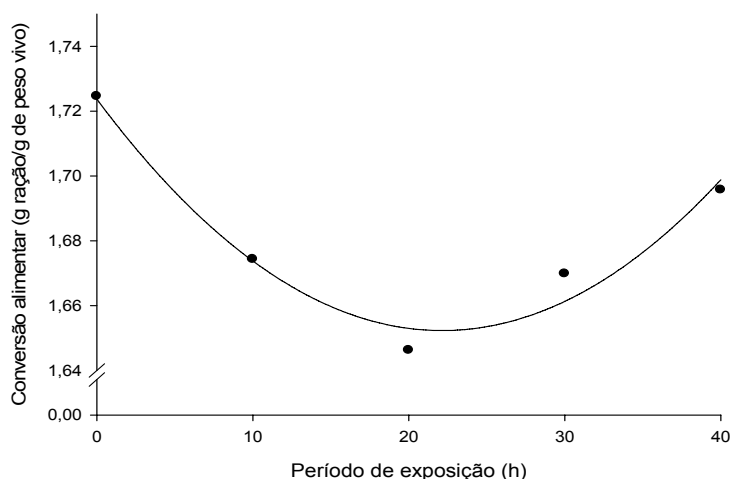


Figura 5 – Conversão alimentar do período de 1 aos 42 dias de idade de frangos de corte que foram alimentados com ração inicial formulada a base de milho moído e farelo de soja exposta ao gás ozônio em diferentes períodos de exposição.

Na tabela 8, são apresentadas as equações de regressão ajustadas e os seus respectivos coeficientes de determinação, referentes a consumo de ração, peso médio, ganho de peso e conversão alimentar do período de 1 aos 42 dias de idade de frangos de corte que foram alimentados com ração inicial formulada a base de milho moído e farelo de soja exposta ao gás ozônio em diferentes períodos de exposição.

Tabela 8 - Equações de regressão ajustadas referentes ao consumo de ração (CR), peso médio das aves (PM), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) do período de 1 aos 42 dias de idade de frangos de corte que foram alimentados com ração inicial formulada a base de milho moído e farelo de soja exposta ao gás ozônio em diferentes períodos de exposição

Características	Equações ajustadas	
CR (g ave ⁻¹)	$\hat{y} = 5266,44 - 6,0645^{**}x$	$r^2 = 0,85$
PM (g)	$\hat{y} = 3180,1$	
GP (g ave ⁻¹)	$\hat{y} = 3063,15 + 6,86^{**}x - 0,23^* x^2$	$R^2 = 0,94$
CA (g _{ração} g _{peso vivo} ⁻¹)	$\hat{y} = 1,7237 - 0,0064^{**}x + 0,0001^{**}x^2$	$R^2 = 0,96$

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

4. DISCUSSÃO

O desempenho das aves no período de 1 a 21 dias, o menor peso médio e ganho de peso e a pior conversão alimentar, observados no tratamento 0 h em relação aos do tratamento controle positivo, podem ser justificados pelos altos níveis de contaminação microbiológica, bolores e leveduras $8,4 \times 10^4$ UFC g⁻¹, aeróbicos mesófilos $2,4 \times 10^6$ UFC g⁻¹, coliformes totais 150 NMP g⁻¹ e coliformes termotolerantes 150 NMP g⁻¹ encontrados na mistura milho moído e farelo de soja.

O crescimento fúngico reduz o valor nutricional e a digestibilidade do alimento (RIBEIRO et al., 2009). Doenças micóticas podem provocar lesões no sistema respiratório e digestivo das aves, principalmente em animais mais jovens (SANTOS et al., 2009). Ademais, os fungos podem ocasionar danos diretos à saúde dos animais por meio de casos de intoxicação, as micotoxicoses, em que a susceptibilidade depende da concentração, pois pequenas quantidades muitas vezes não são capazes de causar danos aparentes, mas podem afetar o crescimento e o sistema imunológico (SANTOS e FARIA, 1997; BARNES, et al., 2003). Frangos alimentados com ração contendo 3 mg de aflatoxina kg⁻¹ apresentaram diminuição de consumo, do ganho de peso e desuniformidade da estatura (GIACOMINI et al., 2006). A ração, quando contaminada por bactérias patogênicas, torna-se uma rota potencial de transmissão de várias doenças, o que compromete o desempenho

dos animais (MACIOROWSKI et al., 2007; SANTOS et al., 2009; LONGO et al., 2010).

Também foi observado desempenho inferior dos frangos, no período de 1 a 21 dias de idade, que foram alimentados com ração a base de milho moído e farelo de soja ozonizada pelo período de exposição de 40 h. Uma possível explicação pode está relacionada à oxidação dos nutrientes como proteínas, aminoácidos e lipídeos, comprometendo a disponibilidade e a digestibilidade desses. Segundo Victorin (1992), o ozônio provoca oxidação de ácidos graxos poli-insaturados em peróxidos e oxidação de grupos sulfidríla em aminoácidos de enzimas, proteínas e peptídeos. Os efeitos negativos da oxidação de lipídeos na dieta de frangos de corte têm sido demonstrados por vários autores (CABEL et al., 1988; ENGBERG et al., 1996; RACANICCI et al., 2004) e acredita-se que a redução do crescimento pode ser atribuída à presença dos produtos da oxidação, que levam a valores reduzidos de energia da dieta, a presença de compostos de ranço e baixa eficiência da utilização desse alimento pelos animais.

Os frangos alimentados com milho moído e farelo de soja ozonizados, pelos períodos de exposição de até 30 h, apresentaram desempenho semelhante aos frangos do controle positivo; tal fato pode ser atribuído a eficácia do ozônio como agente antimicrobiano sem comprometer os nutrientes da mistura milho moído e farelo de soja. A diminuição da população de bactérias no trato gastrointestinal, em razão da alimentação menos contaminada, proporciona às aves melhor aproveitamento dos nutrientes, o que reflete em melhor ganho de peso e conversão alimentar (MACHADO et al., 2010). As bactérias inibem a absorção de nutrientes por causa da ligação a pontos intestinais (LONGO et al., 2010). Vários estudos realizados com ozônio demonstram seus efeitos positivos como antimicrobiano e na degradação de micotoxinas sem afetar a composição e a qualidade dos alimentos (McKENZIE et al., 1998; MENDEZ et al., 2003; ROZADO et al., 2008; ALENCAR et al., 2011; PAES, 2011).

Com relação ao desempenho similar dos frangos, ao final dos 42 dias de idade, independentemente do período de exposição da mistura milho moído e farelo de soja ao gás ozônio na fase inicial, pode ser justificado como ganho compensatório (SUGETA et al., 2002). De acordo com esses autores, ganho

compensatório é o aumento da taxa de crescimento depois de um período de menor crescimento, neste trabalho observado para os períodos de 0 e 40 h de exposição ao gás ozônio.

De acordo com Leone et al. (2001), restrições alimentares (proteica ou energética) não afetam o peso vivo aos 42 dias de idade, evidenciando a capacidade de ganho compensatório dos frangos. Sugeta et al. (2002) evidenciaram que frangos de corte submetidos à restrição alimentar quantitativa de 30%, entre o 8º e 14º dias de idade, apresentaram ganho compensatório. No entanto, restrição de 70% afetou de forma negativa o desempenho dos frangos. Na maioria dos trabalhos, a eficiência alimentar foi incrementada durante o período de realimentação e quanto maior a severidade da restrição, maior o período de recuperação exigido (MAZZUDO et al., 2000).

A redução do consumo de ração pelos frangos com o aumento do período de exposição da mistura milho moído e farelo de soja ao gás ozônio (períodos de 21 a 42 dias e de 1 a 42 dias de idade) pode ser explicada pela menor contaminação da ração inicial ozonizada (40 h de exposição ao ozônio reduziu em 99% a contagem de bolores e leveduras e 99,9% a contagem de aeróbicos mesófilos). Quanto maior a contaminação microbiológica da ração, maior a colonização de bactérias intestinal das aves e conseqüentemente maior competição pelos nutrientes. A atividade bioquímica das bactérias intestinais produz várias substâncias e muitas são altamente tóxicas, sendo necessária sua neutralização, o que requer gasto de energia permanente acarretando maior consumo diário de alimento pelo animal (FREITAS, 1992; MACHADO et al., 2010).

O maior ganho de peso, do período de 21 a 42 dias, foi observado quando as aves foram alimentadas com ração formulada com milho moído e farelo de soja ozonizada por um período máximo de 11,5 h. Considerando o maior ganho de peso do período de 1 a 42 dias, o período máximo de exposição ao ozônio é de 14,9 h. Para conversão alimentar, o período máximo de exposição ao gás ozônio é de 22,8 h. Observa-se que existe um nível ideal de exposição da mistura milho moído e farelo de soja ao ozônio para se obter melhor desempenho de frangos de corte.

Comparando os resultados de consumo de ração, peso médio e conversão alimentar do período de 1 a 42 dias de idade com os apresentados por Cobb

(2008 b) também na fase de 1 a 42 dias: consumo de ração 4827 g ave^{-1} , peso médio 2839 g ave^{-1} e conversão alimentar $1,700 \text{ g}_{\text{ração}} \text{ g}_{\text{peso vivo}}^{-1}$, pode-se inferir que embora o consumo de ração tenha sido maior, independentemente da exposição ou não da mistura milho moído e farelo de soja ao gás ozônio, o peso médio foi maior e a conversão alimentar menor, com exceção do tratamento 0 h.

5. CONCLUSÕES

Frangos de corte alimentados até 21 dias com ração elaborada com a mistura milho e farelo de soja ozonizada pelo período máximo de 30 h, apresentaram melhor desempenho.

O maior ganho de peso e a melhor conversão alimentar foram obtidos para períodos máximos de exposição ao gás ozônio de 14,9 e 22,8 h, respectivamente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; SOARES, N. F.F.; CARVALHO, M. C.S.; PEREIRA, K.F. Effect of the ozonization processo n the quality of peanuts and crud oil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n.2, p. 154-160, 2011.

BARNES, H. J.; GLISSON, J.R.; FADLY, A.M.; McDOUGALD, L.R.; SWAYNE, D.E. Diseases of Poultry. Y. M. Saif, 11th ed. 2003.

BERNAL, L. E. P. Níveis dietéticos de lisina e de metionona + cistina digestíveis para frangos de corte Cobb. 2008. 152f. Tese Doutorado – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Normais climatológicas: 1961-1990. Brasília, 1992.

BUTOLO, J. E. Qualidade de ingredientes na alimentação animal. Campinas:J.E. Butolo, 2002.

CABEL, M. C.; WALDROUP, P. W.; SHERMER, W. D.; CALABOTTA, D. F. Effects of ethoxyquin feed preservative and peroxide level on broiler performance. **Poultry Science**, v. 67, p. 1725-1730, 1988.

COBB. Manual de Manejo de Frangos de Corte. Cobb-Vantress Brasil, Ltda. 2008 a.

COBB. Suplemento de Crescimento e Nutrição para Frangos de Corte. Cobb-Vantress Brasil, Ltda. 2008 b.

Embrapa Milho e Sorgo. Introdução e Importância Econômica do Milho. Disponível em:
<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho/importancia.htm>. Acesso em: 10 fevereiro 2013.

ENGBERG, R. M.; LAURIDSEN, C.; JENSEN, S. K.; JAKOBSEN, K. Inclusion of oxidized oil in broiler diets. Its influence on nutrient balance and on the antioxidative status of broilers. **Poultry Science**, v. 75, p. 1003-1011, 1996.

FRAGA, M. E.; CURVELLO, F.; CAVAGLIERI, L.R.; DALCERO, A. M.; ROSA, C.A.R. Potencial aflatoxin and ochratoxin A production by *Aspergillus* species in poultry feed processing. **Veterinary Research Communications**, v.31, n.3, p.343- 353, 2007.

FREITAS, R. O alho (*Allium sativum* L.) como estimulante do crescimento de frangos de corte em comparação com promotores de crescimento usados na indústria de rações. 1992. Tese Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

GIACOMIN, L.; FICK, F. A.; DILKIN, P.; MALLMANN, C. A.; RAUBER, R. H.; ALMEIDA, C. Desempenho e plumagem de frangos de corte intoxicados por aflatoxinas. *Cienc. Rural*. vol. 36, no. 1, Santa Maria Jan./Fev., 2006.

HUFF, W. E.; KUBENA, L. F.; HARVEY, R. B.; DOERR, J. A. Mycotoxin Interactions in Poultry and Swine. **Journal of Animal Science**. v. 66, p. 2351-2355, 1988.

KELLS, S. A.; MASON, L. J.; MAIER, D. E.; WOLOSOSHUK, C. P. Efficacy and fumigation characteristics of ozone in stored maize. **Journal of Stored Products Research**. v. 37, n. 4, p. 371-383, 2001.

KHADRE, M. A.; YOUSEF, A. E.; KIM, J. G. Microbiological aspects of ozone applications in food: a review. **Journal of Food Science**, vol. 66, n. 9, p. 1241-1252, 2001.

LEONE, E. R.; BERNAL, F. E. M.; FURLAN, R. L.; MALHEIROS, E. B.; MACARI, M. Efeitos da restrição alimentar protéica ou energética sobre o crescimento de frangos de corte criados em diferentes temperaturas ambiente. **Rev. Bras. Zotec**, v. 30, n. 4, p. 1058-1064, 2001.

LODDI, M. M.; GONZALES, E.; TAKITA, T. S.; MENDES, A. A.; ROÇA, R. O. Uso de Probiótico e Antibiótico sobre o Desempenho, o Rendimento e a Qualidade de Carcaça de Frango de Corte. **Rev. Bras. Zotec**, v. 29, n. 4, p. 1124-1131, 2000.

LONGO, F. A.; SILVA, I. F.; LANZARIN, M. A. A importância do controle microbiológico em rações para aves. In: Anais do XI Simpósio Brasil Sul de Avicultura e II Brasil Sul Poultry Fair, 6 a 8 de abril. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2010.

MACHADO, D. A. V.; SARTORI, J. R.; PEZZATO, A. C.; FASCINA, V. B.; MADEIRA, L. A.; CARRIJO, A. S.; CRUZ, V. C. Levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) spray-dry, autolisada e parede celular de levedura na alimentação de frangos de corte. **Veterinária e Zootecnia**. v. 17, n. 4, p. 541-551, 2010.

MACIOROWSKI, K.G.; HERRERA, P.; JONES, F. T.; PILLAI, S. D.; RICKE, S.C. Effects on poultry and livestock of feed contamination with bacteria and fungi. **Animal Feed Science and Technology**, v. 133, p. 109-136, 2007.

MAZZUDO, H.; GUIDONI, A. L.; JAENISCH, F. R. Efeito da restrição alimentar qualitativa sobre o ganho compensatório em frangos de corte. **Pesq. Agropec. Bras., Brasília**, v. 35, n. 3, p. 543-549, 2000.

MENDEZ, F.; MAIER, D. E.; MASON, L. J.; WOLOSHUK, C. P. Penetration of ozone into columns of stored grains and effects on chemical composition and performance. **Journal of Stored Products Research**, v. 39, n.1, p.33-44, 2003.

MESQUITA, F. R. Níveis e formas de vitamina D em rações para frangos de corte. Tese Doutorado, Universidade Federal de Lavras, 2012.

McKENZIE, K. S.; SARR, A. B.; MAYURA, K.; BAILEY, R. H.; MILLER, D.R.; ROGERS, T.D.; NORRED, W. P.; VOSS, K. A.; PLATTNER, R. D.; KUBENA, L. F.; PHILLIPS, T.D. Oxidative Degradation and Detoxification of Mycotoxins Using a Novel Source of Ozone. v. 35, p. 807 – 820, 1997.

McKENZIE, K. S.; KUBENA, L. F.; DENVER, A. J.; ROGERS, T. D.; HITCHENS, G. D.; BAILEY, R. H.; HARVEY, R. B.; BUCKLEY, S. A.; PHILLIPS, T. D. Aflatoxicosis in Turkey Poults is Prevented by Treatment of Naturally Contaminated Corn with Ozone Generated by Electrolysis. **Poultry Science** 77: 1094-1102. 1998.

OLIVEIRA, G.R.; RIBEIRO, J.M.; FRAGA, M.E.; CAVAGLIERI, L. R.; DIREITO, G. M.; KELLER, K. M. DALCERO, A. M.; ROSA, C. A. Mycobiota in poultry feeds and natural occurrence of aflatoxins, fumonisins and zearalenone in Rio de Janeiro state, Brazil. *Mycopathologia*, 162: 355-362, 2006.

OLIVEIRA, T. R. Caracterização físico-química e micotoxicológica de milho crioulo cultivado na região dos Campos Gerais do Paraná. 2009. 126f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa.

PAES, J. L. Ozonização da farinha de trigo: cinética de reação e efeito nas características tecnológicas. 2011. 118f. Tese (doutorado) – Universidade Federal de Viçosa.

RACANICCI, A. M. C.; MENTEN, J. F. M.; D'ARCE, M. A. B. R.; GAIOTTO, J. B.; LONGO, F. A.; PEDROSO, A. A.; SORBARA, J. O. B. Oxidação lipídica do óleo de vísceras de aves para redução de seu conteúdo de energia metabolizável para frangos de corte na fase de crescimento. **R. Bras. Zootec.**, v. 33, n. 4, p. 919-923, 2004.

RIBEIRO, J. M. M.; CAVAGLIERI, L. R.; VITAL, H. C.; KRUGER, C. D.; ROSA, C. A. R. Radiação gama sobre a microbiota de ração avícola e *Aspergillus* spp. **Ciência Rural**, Santa Maria. v. 39, n. 5, p. 1452-1458, 2009.

ROSA, C.A.R.; RIBEIRO, J.M.M.; FRAGA, M.J.; GATTI, M.; CAVAGLIERI, L.R.; DALCERO, A. M.; LOPES, C.W.G. Mycoflora of poultry feeds and ochratoxin-producing ability of isolated *Aspergillus* and *Penicillium* species. **Veterinary Microbiology**, v. 113,n.1-2, p.89-96, 2006.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S. L.T. EUCLIDES, R. F. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais). 3 ed. Viçosa:UFV, Departamento de Zootecnia, 2011.

ROZADO, A. F.; FARONI, L. R. A.; URRUCHI, W. M. I.; GUEDES, R. N. C.; PAES, J. L. Aplicação de ozônio contra *Sitophilus zeamasi* e *Tribolium castaneum* em milho armazenado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V.12, n.3, p.282-285,2008.

SANTOS, B.M.; FARIA, J.E. Principais doenças parasitárias, micótica e tóxicas das aves. Viçosa, MG, Ed. UFV, Cadernos didáticos, 1997.

SANTOS, B.M.; PEREIRA, C. G.; GÓMEZ, S.Y.M.; ABREU, T.G.M. Prevenção e Controle de Doenças Infecciosas nas Aves de Produção. Viçosa, MG, E.d. UFV, 2009.

SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Métodos de Pesquisa em Nutrição de Monogástricos. Jaboticabal: Funep, 2007.

SUGETA, S. M.; GIACHETTO, P. F.; MALHEIROS, E. B.; MARCARI, M.; FURLAN, R. L. Efeito da restrição alimentar quantitativa sobre o ganho compensatório e composição da carcaça de frangos. **Pesq. Agropec. Bras., Brasília**, v. 37, n. 7, p. 903-908, 2002.

TIWARI, B.K.; BRENNAN, C. S.; CURRAN, T.; GALLAGHER, E.; CULLEN, P.J.; O' DONNELL, C. P. Application of ozone in grain processing. **Journal of Cereal Science**. p. 1-8, 2010.

VICTORIN, K. Review of the genotoxicity of ozone. *Mutation Research*. v. 277, p. 221-238, 1992.

CARACTERÍSTICAS DE RENDIMENTO DE CARÇAÇA E QUALIDADE DE CARNE DE FRANGOS ALIMENTADOS COM RAÇÃO FORMULADA COM MILHO MOÍDO E FARELO DE SOJA OZONIZADOS

RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar rendimento de carcaça e a qualidade da carne de frangos de corte alimentados com ração formulada com milho moído e farelo de soja expostos a diferentes períodos de exposição ao gás ozônio, numa concentração de 11,25 mg L⁻¹, vazão do gás de 5 L min⁻¹. Foram utilizados 384 pintos machos de um dia de idade, da linhagem Cobb-500. Adotou-se o delineamento em blocos ao acaso com seis tratamentos, sendo um tratamento controle positivo e cinco tratamentos (0, 10, 20, 30 e 40 h) de exposição da mistura milho e farelo de soja ao gás ozônio e dois blocos (lado 1 e 2 do galpão) com quatro repetições por tratamento em cada bloco. Cada unidade experimental foi constituída de oito aves. O tratamento controle positivo constituiu-se de ração formulada a base de milho e farelo de soja sem ozonização dentro dos padrões de qualidade para fins de consumo, atendendo a mesma exigência nutricional proposta por fases para os demais tratamentos. As variáveis de rendimento avaliadas foram da carcaça comercial, das vísceras comestíveis (fígado, coração e moela) e das partes individualizadas (peito com osso, peito, coxa, sobrecoxa, asa, dorso, pés, cabeça e pescoço). Na análise da qualidade da carne, foram avaliados o pH e a capacidade de retenção de água (perda por gotejamento). Os rendimentos de carcaça e a qualidade da carne dos frangos de corte, abatidos aos 42 dias de idade e alimentados na fase inicial com ração formulada com milho moído e farelo de soja ozonizada, por períodos de exposição de até 40 h, não foram afetados.

Palavras-chave: Ozonização, milho e soja, carcaça, qualidade carne.

CARCASS YIELD AND MEAT QUALITY CHARACTERISTICS OF BROILERS FED A RATION FORMULATED WITH OZONATED GROUND CORN AND SOYBEAN MEAL

ABSTRACT

The objective of this study to evaluate carcass yield and meat quality of broilers fed a ration formulated with ground corn and soybean meal exposed to ozone gas at a concentration 11.25 mg L^{-1} and flow rate of 5 L min^{-1} , for different periods. We utilized 384 one-day-old male Cobb 500 chicks. The design adopted was in random blocks with six treatments: a positive control and five treatments (0, 10, 20, 30 and 40 h) of exposure of the mixture of ground corn and soybean meal to the ozone gas and two blocks (side 1 and side 2 of the shed) with four replications per treatment in each block. Each experimental unit was composed of eight birds. The positive control treatment consisted of a ration formulated on the basis of corn and soybean meal without ozonation; the quality standards of the grains for supply to the birds met the nutritional requirement proposed per phases for the other treatments utilized. The yield variables assessed were commercial carcass, edible viscera (liver, heart and gizzard) and the individualized parts (bone-in breast, breast, thigh, drumstick, wing, back, feet, head and neck). In the meat-quality analyses, we evaluated the pH and water-holding capacity (drip loss). The carcass yields and the meat quality of broilers slaughtered at 42 days of age fed an ozonated ration with ground corn and soybean meal in exposure periods of up to 40 h during the starter phase were not affected.

Keywords: Ozonation, corn and soybean, carcass, meat quality.

1. INTRODUÇÃO

Na indústria de frangos de corte as mudanças de mercado são bastante comuns, o que requer melhoria contínua, cujo principal objetivo é obter alta produtividade, aliada à qualidade dos produtos finais.

Além das melhorias que visam alto desempenho zootécnico e rendimento de carcaça, características relacionadas à qualidade da carne vêm apresentando crescente importância, tanto para a indústria processadora como para os consumidores. Um dos maiores desafios para a indústria de carnes é oferecer produtos macios, suculentos e com cor e sabor agradáveis (GAYA e FERRAZ, 2006).

As técnicas envolvidas com o manejo de criação, as dietas, o sexo e a idade, podem influenciar as características de qualidade da carne (BRESSAN e BERAQUET, 2002). Um dos maiores problemas enfrentados pela indústria processadora é a questão da carne pálida, flácida e exsudativa (PSE), que apresenta as propriedades funcionais comprometidas face à rápida glicólise *post-mortem*, que acelera a queda de pH muscular enquanto a temperatura da carcaça ainda está alta, o que leva à desnaturação de proteínas e compromete os atributos de avaliação da qualidade da carne, como: cor, capacidade de retenção de água e textura (RAMOS e GOMIDE, 2007).

Modificações na comercialização de carnes de aves, aumentando a exportação e o consumo interno de partes desossadas, fazem com que o rendimento de cortes nobres torne-se importante para indústria (PAVAN et al., 2003). Mendes et al. (1997) e Costa et al. (2001) verificaram que melhorias no rendimento e na redução de gordura abdominal estão relacionadas à dependência da qualidade da dieta.

Elevadas contaminações microbiológicas de rações de aves e a necessidade do controle têm sido relatadas por vários autores. Essas contaminações estão relacionadas com a biossegurança dos próprios lotes e o desempenho dos animais (ROSA et al., 2006; FRAGA et al., 2007; MACIOROWSKI et al., 2007; LONGO et al., 2010).

O gás ozônio tem efeito antimicrobiano em uma ampla gama de microrganismos, incluindo bactérias, fungos, esporos e células vegetativas (KHADRE et al., 2001; CHIATTONE et al., 2008; SILVA et al., 2011), com a

vantagem de não deixar resíduos devido a sua rápida decomposição em oxigênio (TIWARI et al., 2010).

Diante da possibilidade de o ozônio proporcionar o uso de ingredientes como milho moído e farelo de soja descontaminados na fabricação de rações, objetivou-se com este estudo avaliar o rendimento de carcaça e a qualidade da carne de frangos de corte alimentados com milho moído e farelo de soja ozonizados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Minas Gerais - Campus Bambuí, no período de maio de 2012 a julho de 2012.

O experimento foi instalado no delineamento em blocos ao acaso com seis tratamentos, um tratamento controle positivo e cinco tratamentos (0, 10, 20, 30 e 40 h) de exposição da mistura de milho e farelo de soja ao gás ozônio e dois blocos (lado 1 e 2 do galpão) com quatro repetições por tratamento em cada bloco. Cada unidade experimental foi constituída de oito aves. O tratamento controle positivo constituiu-se de ração formulada a base de milho e de farelo de soja sem ozonização dentro dos padrões de qualidade dos grãos para fornecimento às aves e atendendo a mesma exigência nutricional proposta por fases para os demais tratamentos.

Para os demais tratamentos foi utilizada uma mistura de grãos de milho, na proporção 50%, grãos considerados abaixo do padrão para fins de consumo e grãos considerados dentro do padrão.

A mistura do milho moído com o farelo de soja, expostos ao gás ozônio, foi utilizada na fabricação da ração inicial para frangos no período de 1 a 21 dias de idade.

O procedimento de ozonização está descrito no Capítulo 1.

A criação dos frangos aconteceu conforme metodologia adotada no Capítulo 2.

Quando os frangos atingiram 42 dias de idade, foram selecionados dois frangos de cada unidade experimental, com peso variando em $\pm 5\%$ da média, que foram abatidos, após jejum de 12 h.

O abate aconteceu seguindo as etapas de insensibilização, sangria, escaldagem, depena e evisceração. As carcaças evisceradas quentes foram pesadas e em seguida, passaram pelo processo de resfriamento (água de 0 a 8 °C por 30 min). Após o resfriamento, as aves foram colocadas em mesa perfurada para gotejar (10 min) o excesso de água e pesadas novamente sem a cabeça, o pescoço e os pés.

Os dados foram analisados por meio de análise de variância e de regressão. Para comparar as médias do tratamento controle com os demais tratamentos, utilizou-se o teste de Dunnett adotando-se nível de 5% de probabilidade.

2.1. Rendimentos de carcaças

A avaliação do rendimento da carcaça comercial (%) foi realizada pela relação do peso dos frangos antes do abate (peso vivo no abatedouro) e o peso da carcaça comercial, carcaça desprovida de cabeça, pescoço e pés (GOMIDE et al., 2006).

O fígado foi pesado e medido o volume (mL), o coração e a moela foram pesados depois de limpos. A gordura retirada da moela também foi pesada. O rendimento porcentual foi realizado em razão do peso vivo.

Após o gotejamento, foram realizados os cortes para avaliar os rendimentos das partes individualizadas (peito com osso, peito, coxa, sobrecoxa, asa, dorso, pés, cabeça, pescoço).

O rendimento dos cortes foi obtido pela relação entre seus respectivos pesos e o peso da carcaça eviscerada (sem penas e vísceras) resfriada.

2.2. Qualidade de carne

Na análise da qualidade da carne, avaliaram-se os músculos dos peitos. As amostras foram avaliadas quanto aos parâmetros pH e capacidade de retenção de água (perda por gotejamento).

A determinação do pH foi feita por meio da inserção de um eletrodo de vidro acoplado a um pHmetro previamente calibrado, diretamente na carne do peito dos frangos, 20 min e 24 h *post-mortem*.

A perda por gotejamento foi avaliada segundo a metodologia descrita por RAMOS E GOMIDE (2007). Amostras de aproximadamente 100 g do músculo do peito foram colocadas separadamente numa rede plástica e, então, suspensas em um saco plástico inflado (de modo a não estabelecer contato), depois de hermeticamente fechadas, foram suspensas em uma câmara de refrigeração. Depois de um período de armazenamento de 48 h sob refrigeração (3 ± 2 °C), enxugaram-se as amostras com papel-toalha e pesando-as novamente. A perda por gotejamento foi expressa como porcentagem em relação ao peso inicial.

3. RESULTADOS

Os resultados de rendimento de carcaça e peso vivo no abatedouro são apresentados na Tabela 1. Observou-se que não houve diferença significativa ($P>0,05$) para frangos alimentados na fase inicial com ração formulada à base da mistura de milho moído e farelo de soja expostos ao ozônio nos períodos de 0 , 10 , 20 , 30 e 40 h, em relação aos do controle positivo.

Tabela 1 - Valores médios do peso vivo no abatedouro (PVA) e do rendimento da carcaça comercial (RCC) dos frangos de corte, aos 42 dias

Tratamentos	PVA (kg)	RCC (%)
Controle positivo	3,16	75,01
0 h	3,13	75,47
10 h	3,13	74,68
20 h	3,07	75,32
30 h	2,92	76,07
40 h	3,14	75,45
CV (%)	9,13	1,64

Médias com asterisco na coluna diferem do tratamento controle positivo ao nível de 5% pelo teste de Dunnett. CV = coeficiente de variação.

Aos 42 dias de idade não foi verificado efeito do ozônio ($P>0,05$) sobre o peso vivo no abatedouro e rendimento de carcaça comercial (Tabela 2).

Tabela 2 - Equações de regressão ajustadas referentes ao peso vivo no abatedouro (PVA) e rendimento de carcaça comercial (RCC), aos 42 dias de idade

Características	Equações ajustadas
PVA (kg)	$\hat{y} = 3,1$
RCC (%)	$\hat{y} = 75,4$

Os rendimentos de fígado, de coração, de moela limpa e da gordura da moela e o volume do fígado não foram influenciados ($P>0,05$) quando a mistura milho moído e farelo de soja foram expostos ao ozônio na fase inicial, independentemente do período de exposição ao gás (Tabela 3).

Tabela 3 - Valores médios dos rendimentos do fígado (F), coração (C), moela limpa (ML) e gordura da moela (GM) e do volume do fígado (VF)

Tratamentos	F (%)	C (%)	ML (%)	GM (%)	VF (mL)
Controle positivo	1,80	0,51	0,97	0,42	57,06
0 h	1,77	0,50	0,94	0,39	55,81
10 h	1,85	0,51	0,97	0,37	58,00
20 h	1,87	0,52	0,99	0,40	57,68
30 h	1,75	0,49	0,96	0,36	54,37
40 h	1,85	0,50	0,99	0,47	58,81
CV (%)	10,15	7,69	7,65	24,64	8,05

Médias com asterisco na coluna diferem do tratamento controle positivo ao nível de 5% pelo teste de Dunnett. CV = coeficiente de variação.

Aos 42 dias de idade não foi verificado efeito do ozônio ($P>0,05$) sobre os rendimentos do fígado, do coração, da moela limpa, da gordura da moela e sobre o volume do fígado (Tabela 4).

Tabela 4 - Equações de regressão ajustadas referentes aos rendimentos do fígado (F), coração (C), moela limpa (ML) e gordura da moela (GM) e do volume do fígado, aos 42 dias de idade

Características	Equações ajustadas
F (%)	$\hat{y} = 1,82$
C (%)	$\hat{y} = 0,50$
ML (%)	$\hat{y} = 0,97$
GM (%)	$\hat{y} = 0,40$
VF (mL)	$\hat{y} = 56,93$

Também não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) nos rendimentos das partes individualizadas, peito com osso, peito, coxa, sobrecoxa, asa, dorso, pescoço, cabeça e pés, das aves alimentadas na fase inicial com ração formulada com a mistura milho moído e farelo de soja exposta ao gás ozônio por até 40 h em relação às do controle positivo (Tabelas 5).

Tabela 5 - Valores médios dos rendimentos das partes individualizadas, peito com osso (PCO), peito (P), coxa (CX), sobrecoxa (SOBCX), asa (ASA), dorso (DOR), pescoço (PEC), cabeça (CAB) e pés (PES).

Trat.	PCO (%)	P (%)	CX (%)	SOBCX (%)	ASA (%)	DOR (%)	PEC (%)	CAB (%)	PES (%)
Controle positivo	33,89	29,22	12,10	13,87	8,99	17,21	5,28	2,45	3,90
0 h	33,99	29,43	11,68	13,95	9,19	17,07	5,40	2,58	3,91
10 h	33,77	29,08	11,89	13,98	9,14	17,40	5,64	2,35	3,89
20 h	34,44	29,97	11,74	13,60	8,77	17,05	5,45	2,53	3,89
30 h	34,53	29,91	11,47	13,71	8,88	17,17	5,57	2,36	3,99
40 h	34,00	29,53	11,53	13,93	9,01	17,22	5,53	2,55	3,88
CV (%)	4,72	5,25	4,37	6,56	5,46	6,79	13,93	5,01	12,72

Médias com asterisco na coluna diferem do tratamento controle positivo ao nível de 5% pelo teste de Dunnett. CV = coeficiente de variação.

Aos 42 dias de idade também não foi verificado efeito do ozônio ($P > 0,05$) sobre os rendimentos das partes individualizadas peito com osso, peito, coxa, sobrecoxa, asa, dorso, pescoço, cabeça e pés (Tabela 6).

Tabela 6 - Equações de regressão ajustadas referentes aos rendimentos das partes individualizadas peito com osso (PCO), peito (P), coxa (CX), sobrecoxa (SOBCX), asa (ASA), dorso (DOR), pescoço (PEC), cabeça (CAB) e pés (PES), aos 42 dias de idade

Características	Equações ajustadas
PCO(%)	$\hat{y} = 34,14$
P (%)	$\hat{y} = 29,58$
CX(%)	$\hat{y} = 11,66$
SOBCX(%)	$\hat{y} = 13,83$
ASA(%)	$\hat{y} = 8,99$
DOR(%)	$\hat{y} = 17,18$
PEC(%)	$\hat{y} = 5,51$
CAB(%)	$\hat{y} = 2,47$
PES(%)	$\hat{y} = 3,91$

As características de qualidade de carne das aves alimentadas com a mistura milho moído e farelo de soja exposta ao gás ozônio na fase inicial não apresentaram diferenças significativas ($P > 0,05$), independentemente do período de exposição ao gás, em relação às do controle positivo (Tabela 7).

Tabela 7 - Valores médios das características de qualidade de carne, pH 20 min, pH 24 h e perda por gotejamento (PG)

Tratamentos	pH (20 min)	pH (24 h)	PG (%)
Controle positivo	6,43	5,52	2,56
0 h	6,43	5,44	2,60
10 h	6,55	5,58	2,45
20 h	6,28	5,65	2,48
30 h	6,43	5,62	2,58
40 h	6,47	5,53	2,63
CV (%)	4,00	4,05	19,67

Médias com asterisco na coluna diferem do tratamento controle positivo ao nível de 5% pelo teste de Dunnett. CV = coeficiente de variação.

Aos 42 dias de idade não foi verificado efeito do ozônio ($P > 0,05$) sobre as características de qualidade de carne das aves (Tabela 8).

Tabela 8 - Equações de regressão ajustadas referentes as características de qualidade de carne, pH 20 min, pH 24 h e perda por gotejamento, aos 42 dias de idade

Características	Equações ajustadas
pH (20 min)	$\hat{y} = 6,43$
pH (24 h)	$\hat{y} = 5,56$
PG (%)	$\hat{y} = 2,54$

4. DISCUSSÃO

Deve-se salientar que não foram encontradas informações na literatura sobre o efeito do gás ozônio em ingredientes de ração de frangos de corte sobre rendimentos de carcaça e características de qualidade de carne. Uma possível explicação de não ter sido observado diferenças nas características de rendimento de carcaça e qualidade de carne, pode ser atribuído ao fato dos frangos terem apresentado aos 42 dias de idade independente do tratamento submetido na fase de 1 a 21 dias, o mesmo peso vivo no abatedouro após jejum.

Os resultados de rendimento de carcaça corroboram com os de Santos et al. (2005) e de Machado et al. (2010), os quais, ao avaliarem os rendimentos de carcaça de frangos de corte machos da linhagem Cobb abatidos com peso próximo aos 2,5 kg, observaram os seguintes rendimentos: carcaça - 73,5% e 73% , cabeça + pescoço - 6,16% e 6,34%, pés - 4,04% e 4,61%, asas – 11% e 11,1%, peito com osso - 34,76% e 34,2%, e pernas (coxa + sobrecoxa) - 32,84% e 30,4%, respectivamente. Santos et al. (2005), além dos rendimentos das partes individualizadas, avaliaram os rendimentos das vísceras comestíveis fígado, moela com gordura e coração e observaram os rendimentos de 1,59%, 1,37% e 0,41%, respectivamente.

O maior rendimento de carcaça observado em relação aos da literatura, pode ser devido ao peso de abate maior e, em consequência, peso relativamente menor de seu aparelho digestivo (GOMIDE et al., 2006).

Pelos resultados de pH verifica-se que os frangos abatidos não apresentaram indícios da condição de carne pálida e flácida e exsudativa

(PSE). A condição de carne PSE resulta da associação de baixos valores musculares de pH, inferiores a 5,8 em apenas 45 min pós-abate e da elevada temperatura após a morte (aproximadamente 38 °C), que desnatura proteínas musculares, reduzindo sua solubilidade com consequente perda de retenção de água e descoloração da carne (RAMOS E GOMIDE, 2007).

Em relação aos valores de pH medidos após o abate em peito de frangos, Pavan et al. 2003 e Santos et al. 2005, avaliando pH 24 h da linhagem Cobb, observaram valores de 5,94 e 5,98, respectivamente. Brossi (2007) avaliando pH de peitos de frangos de corte da linhagem Cobb sob condições de estresse térmico, observaram que os animais sem estresse apresentaram valores médio de pH 30 min de 6,76 e de pH 24 h de 6,0, enquanto para os animais submetidos a estresse os valores médios foram 6,67 e 5,95, respectivamente. Pekel et al. (2012), ao avaliarem o efeito de tipo de gordura, borra de óleo de girassol neutralizada e óleo de soja sobre pH de peitos de frangos de corte e não encontraram diferenças, com valores médios de pH 15 min de 6,2 e pH 24 h de 5,9. Diante do exposto, os valores encontrados neste trabalho estão dentro da faixa de variação de pH descritos na literatura.

Os resultados da capacidade de retenção de água determinada pela metodologia de perda de peso por gotejamento (PG) apresentaram valores similares aos de Brossi (2007), o qual avaliando frangos submetidos a estresse térmico, verificou que o grupo-controle de frangos sem estresse apresentou perda por gotejamento média de $2,47 \pm 0,14\%$.

5. CONCLUSÕES

Os rendimentos de carcaça e a qualidade da carne dos frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade não foram influenciados pela ozonização do milho moído e farelo de soja.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BROSSI, C. Qualidade de carne de frango: efeito do estresse severo pré-abate, classificação pelo uso da cor e marinação. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

BRESSAN, M. C.; BERAQUET. Efeito de fatores pré-abate sobre a qualidade da carne de peito de frango. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras. V. 26, n. 5, p. 1049-1059, 2002.

CHIATTONE, P. V.; TORRES, L. M.; ZAMBIAZI, R. C. Aplicação do ozônio na indústria de alimentos. **Alim. Nutr.** v. 19, n.3, p. 341-349, jul./set. 2008.

COSTA, F. G. P.; ROSTAGNO, H. S.; TOLEDO, R. S.; ALBINO, L. F. T. Efeito da relação arginina:lisina sobre o desempenho e qualidade de carcaça de frangos de corte de 3 a 6 semana de idade, em condições de alta temperatura. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 30, n. 6, p. 2021-2015, 2001.

FRAGA, M. E.; CURVELLO, F.; CAVAGLIERI, L.R.; DALCERO, A. M.; ROSA, C.A.R. Potencial aflatoxin and ochratoxin A production by *Aspergillus* species in poultry feed processing. **Veterinary Research Communications**, v.31, n.3, p.343- 353, 2007.

GAYA, L. G.; FERRAZ, J. B. S. Aspectos genético-quantitativos da qualidade da carne em frangos. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 349-356, jan-fev, 2006.

GOMIDE, L. A. M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. Tecnologia de Abate e Tipificação de Carcaças. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2006.

KHADRE, M. A.; YOUSEF, A. E; KIM, J. G. Microbiological aspects of ozone applications in food: a review. **Journal of Food Science.**, vol. 66, n. 9, p. 1241-1252, 2001.

LONGO, F. A.; SILVA, I. F.; LANZARIN, M. A. A importância do controle microbiológico em rações para aves. In: Anais do XI Simpósio Brasil Sul de

Avicultura e II Brasil Sul Poultry Fair, 6 a 8 de abril. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2010.

MACHADO, D. A. V.; SARTORI, J. R.; PEZZATO, A. C.; FASCINA, V. B.; MADEIRA, L. A.; CARRIJO, A. S.; CRUZ, V. C. Levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) spray-dry, autolisada e parede celular de levedura na alimentação de frangos de corte. **Veterinária e Zootecnia**, v. 17, n. 4, p. 541-551, 2010.

MACIOROWSKI, K.G.; HERRERA, P.; JONES, F. T.; PILLAI, S. D.; RICKE, S.C. Effects on poultry and livestock of feed contamination with bacteria and fungi. **Animal Feed Science and Technology**, v. 133, p. 109-136, 2007.

MENDES, A. A.; WATKINS, S. E.; ENGLAND, J. A.; SALEH, E. A.; WALDROUP, A. L.; WALDROUP, P. W. Influence of dietary lysine levels and arginine: lysine ratios on performance of broilers exposed to heat or cold stress during the period of three to six weeks of age. **Poultry Science**, v. 76, p. 472-481, 1997.

PAVAN, A. C.; MENDES, A. A.; OLIVEIRA, E. G.; DENNADAI, J. C.; GARCIA, R. G.; TAKITA, T. S. Efeito da linhagem e do nível de lisina da dieta sobre a qualidade da carne do peito de frangos de corte. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 32, n. 6, p. 1732-1736, 2003.

PEKEL, A. Y.; DEMIREL, G.; MIDILLI, M.; YALCINTAN, H.; EKIZ, B.; ALP, M. Comparison of broiler meat quality when fed diets supplemented with neutralized sunflower soapstock or soybean oil. **Poultry Science**, v. 91, p. 2361-2369, 2012.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007.

ROSA, C.A.R.; RIBEIRO, J.M.M.; FRAGA, M.J.; GATTI, M.; CAVAGLIERI, L.R.; DALCERO, A. M.; LOPES, C.W.G. Mycoflora of poultry feeds and ochratoxin-producing ability of isolated *Aspergillus* and *Penicillium* species. **Veterinary Microbiology**, v. 113, n.1-2, p.89-96, 2006.

SANTOS, A. L.; SAKOMURA, N. K.; FREITAS, E. R.; FORTES, C. M. L. S.; CARRILHO, E. N. V. M.; FERNANDES, J. B. K. Estudo do crescimento, desempenho, rendimento e qualidade de carne de três linhagens de frango de corte. **Rev. Bras. Zotec**, v. 34, n. 5, p. 1589-1598, 2005.

SILVA, S. B.; LUVIELMO, M. M.; GEYER, M. C. Potencialidades do uso do ozônio no processamento de alimentos. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, n. 2, p. 659-682, abr/jun. 2011.

TIWARI, B.K.; BRENNAN, C. S.; CURRAN, T.; GALLAGHER, E.; CULLEN, P.J.; O' DONNELL, C. P. Application of ozone in grain processing. **Journal of Cereal Science**. p. 1-8, 2010.

CONCLUSÃO GERAL

Conclui-se que o ozônio é uma alternativa eficaz na descontaminação de ingredientes como milho moído e farelo de soja sem alterações das características físico-químicas, podendo ser usados na alimentação de frangos de corte desde que o período de exposição não seja maior que 30 h, na concentração de 11,25 mg L⁻¹ e vazão do gás de 5 L min⁻¹.

O efeito do ozônio sobre a digestibilidade dos nutrientes e o uso de concentrações mais elevadas do gás, a fim de manter eficiência desse gás na descontaminação de alimentos, reduzindo os períodos de exposição, são sugestões para, com base neste estudo, sejam objetos de futuros estudos.

APÊNDICE

Tabela 1 - Resumo da análise de variância das avaliações de consumo de ração (CR), peso médio das aves (PM), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) para frangos de 1 a 21 dias de idade

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios			
		CR (g ave ⁻¹)	PM (g)	GP (g ave ⁻¹)	CA (g _{ração} g _{peso vivo} ⁻¹)
Blocos	1	3997,44	4,3	4787,88	0,0008
Tratamento	5	5430,19 ^{n.s.}	7,2*	9070,56*	0,0042*
Resíduo	41	2718,93	1,1	1194,14	0,0015

* = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{n.s.} = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância das avaliações de consumo de ração (CR), peso médio das aves (PM), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) para frangos de 21 a 42 dias de idade

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios			
		CR (g ave ⁻¹)	PM (g)	GP (g ave ⁻¹)	CA (g _{ração} g _{peso vivo} ⁻¹)
Blocos	1	190407,30	7,5	15065,33	0,0088
Tratamento	5	78821,96*	20,4 ^{n.s.}	9922,26 ^{n.s.}	0,0010 ^{n.s.}
Resíduo	41	25105,99	11,3	12902,23	0,0068

* = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{n.s.} = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância das avaliações de consumo de ração (CR), peso médio das aves (PM), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) para frangos de 1 a 42 dias de idade

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios			
		CR (g ave ⁻¹)	PM (g)	GP (g ave ⁻¹)	CA (g _{ração} g _{peso vivo} ⁻¹)
Blocos	1	249582,10	7,5	36839,06	0,0028
Tratamento	5	109301,90*	20,4 ^{n.s.}	31839,47 ^{n.s.}	0,0057 ^{n.s.}
Resíduo	41	29319,72	11,3	15399,03	0,31

* = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{n.s.} = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância das avaliações do peso vivo no abatedouro (PVA) e do rendimento da carcaça comercial (RCC) dos frangos de corte, aos 42 dias

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios	
		PVA (hg)	RCC(%)
Blocos	1	0,000007	0,0019
Tratamento	5	0,06393 ^{n.s.}	1,7764 ^{n.s.}
Resíduo	41	0,08003	1,5254

* = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{n.s.} = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 5 - Resumo da análise de variância das avaliações dos rendimentos percentuais do fígado (F), coração (C), moela limpa (ML) e gordura da moela (GM) e avaliação do volume do fígado (VF).

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios				
		F (%)	C (%)	ML (%)	GM (%)	VF (mL)
Blocos	1	0,0327	0,0051	0,0066	0,00000075	184,0833
Tratamento	5	0,0193 ^{n.s.}	0,0009 ^{n.s.}	0,0036 ^{n.s.}	0,01072548 ^{n.s.}	20,8833 ^{n.s.}
Resíduo	41	0,0341	0,0015	0,0055	0,01009224	21,0345

* = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{n.s.} = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 6 - Resumo da análise de variância das avaliações dos rendimentos das partes individualizadas peito com osso (PCO), peito (P), coxa (CX), sobrecoxa (SCX), asa (ASA), dorso (DOR), pescoço (PEC), cabeça (CAB) e pés (PES).

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios								
		PCO (%)	P (%)	CX (%)	SCX (%)	ASA (%)	DOR (%)	PEC (%)	CAB (%)	PES (%)
Blocos	1	0,0004	0,6279	0,6398	1,0068	0,0010	0,6295	1,9372	0,1217	0,0473
Tratamento	5	0,7572 ^{n.s.}	1,0347 ^{n.s.}	0,4356 ^{n.s.}	0,1891 ^{n.s.}	0,1954 ^{n.s.}	0,1314 ^{n.s.}	0,1295 ^{n.s.}	0,0131 ^{n.s.}	0,0777 ^{n.s.}
Resíduo	41	2,5953	2,4050	0,2633	0,8257	0,2418	1,3613	0,5830	0,0384	0,0991

* = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{n.s.} = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância das avaliações das características de qualidade de carne, pH 20 min, pH 24 h e perda por gotejamento (PG).

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios		
		pH 20 min	pH 24 h	PG (%)
Blocos	1	0.0435	0.0002	1.1460
Tratamento	5	0.0613 ^{n.s.}	0.0467 ^{n.s.}	0.0380 ^{n.s.}
Resíduo	41	0.0664	0.0506	0.2523

* = significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{n.s.} = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.