

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ODONTOLOGIA E CURSO DE MEDICINA VETERINÁRIA
CAMPUS DE ARAÇATUBA

INSENSIBILIZAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE EM
ATMOSFERA CONTROLADA NA PROMOÇÃO DO
BEM-ESTAR ANIMAL

Diego Augusto Bitencourt

Químico

ARAÇATUBA – SP

2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ODONTOLOGIA E CURSO DE MEDICINA VETERINÁRIA
CAMPUS DE ARAÇATUBA

INSENSIBILIZAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE EM
ATMOSFERA CONTROLADA NA PROMOÇÃO DO
BEM-ESTAR ANIMAL

Diego Augusto Bitencourt
Orientador: Prof. Dr. Marcos Franke Pinto

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia e Curso de Medicina Veterinária – UNESP, Campus de Araçatuba, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência Animal (Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal).

ARAÇATUBA – SP

2011

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

DIEGO AUGUSTO BITENCOURT – nascido em 14 de janeiro de 1984 no município de Diadema – SP. Coursou o ensino fundamental na E.E.P.S.G. Prof. Aimone Sala, no E.E.P.G. Prof^ª. Ivete Abdo Teodoro de Oliveira e no Centro Educacional SESI – 237, e ensino médio no Colégio Lúmen sendo todas as escolas situadas no município de Guararapes – SP. Ingressou em 2002 no curso de Bacharelado e Licenciatura em Química pela Faculdade de Filosofia Ciência e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo e formou-se no ano de 2006. Durante a graduação realizou Iniciação Científica no Laboratório de Físico-Química de Superfícies e Colóides da FFCLRP – USP, sendo bolsista PIBIC de 2004 a 2005. Ministrou aulas de físico-química e química inorgânica em curso técnico de química de 2006 a 2009. Ministra aulas de química para ensino médio e cursinho preparatório para vestibular em colégios particulares desde 2008. É professor de Mineralogia e de Físico-Química para o Curso de Bacharelado em Química do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba – SP, desde março de 2011.

DEDICATÓRIA

Deus, meus pais Mário e Neuza, que jamais mediram esforços para que eu tivesse a melhor educação possível e pelo constante incentivo, minha irmã Érika, pessoa de minha total confiança, minha avó Ana, que em sua passagem por esse mundo foi meu maior exemplo de bondade humana e a minha esposa Karina, por toda compreensão, apoio e incentivo nos momentos mais difíceis.

AGRADECIMENTOS

Prof. Dr. Marcos Franke Pinto, do Departamento de Apoio, Produção e Saúde Animal, UNESP – Araçatuba, pela orientação e prontidão em todas as etapas do trabalho.

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Curso de Medicina Veterinária Campus de Araçatuba – SP. Em especial aos professores Dra. Márcia Marinho e Dr. Marcelo Vasconcelos Meireles pelas contribuições prestadas durante o Exame Geral de Qualificação, aos técnicos Carlos e Adão, pessoas sempre dispostas a ajudar durante o processo de abate e etapas de criação, aos professores Dra. Elisa Helena Giglio Ponsano, pelo auxílio experimental e por ser uma pessoa pela qual guardo profunda admiração pelo seu profissionalismo, Dr. Manoel Garcia Neto, pela colaboração durante as etapas de criação, pelo auxílio nas análises estatísticas e por todos os conselhos, Dr. Guilherme de Paula Nogueira pela colaboração nos resultados de radioimunoensaios e Dr. Max José de Araújo Faria Júnior pela colaboração durante etapa de criação.

Laboratório de Análises de Alimento – UNESP – Araçatuba – SP. Ao técnico responsável Alexandre Teixeira, por toda contribuição, paciência e disposição durante realização dos experimentos.

A estagiária Fernanda, pessoa quem muito me auxiliou durante realização de todo projeto.

Aos pós-graduandos: Karline, Sheila, Edson e Leandro pelo apoio e companheirismo.

CONFINA ALIMENTOS INDUSTRIAL LTDA – Poloni –SP. Ao veterinário Bruno e funcionários da empresa por propiciar a experimentação em um abatedouro comercial.

As funcionárias da Biblioteca, Fátima, Alexandra, Michele e principalmente a Isabel, pelas orientações e correções da estrutura desta dissertação.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 O mercado avícola.....	16
2.2 Bem estar animal.....	16
2.3 Estresse e qualidade da carne.....	17
2.3.1 Momentos que antecedem ao abate.....	17
2.3.2 Capacidade de retenção de água na carne.....	18
2.3.3 Perda de peso no cozimento.....	19
2.3.4 Textura.....	19
2.4 Métodos de mensurar o sofrimento e estresse dos animais nos momentos que antecedem ao abate.....	19
2.5 Métodos de insensibilização.....	20
2.6 Vantagens e benefícios da insensibilização em atmosfera controlada.....	22
3 OBJETIVOS.....	24
3.1 Objetivo geral.....	24
3.2 Objetivos específicos.....	24
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1 Instalação e padronização dos equipamentos.....	25
4.2 Delineamento experimental e análise estatística.....	25
4.3 Avaliação de estresse por indicadores sanguíneos.....	27
4.4 Avaliação da eficiência da insensibilização.....	27
4.5 Eficiência da sangria.....	27

4.6 Velocidade de queda do pH.....	28
4.7 Determinação da cor.....	28
4.8 Avaliação da insensibilização em atmosfera controlada em um abatedouro comercial.....	28
4.9 Determinação da capacidade de retenção de água.....	29
4.10 Determinação da perda de peso durante cozimento.....	29
4.11 Determinação da textura das amostras de peito.....	29
 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	 30
5.1 Padronização das condições de insensibilização e avaliação da eficiência da mesma utilizando-se diferentes métodos.....	30
5.2 Comparação entre diferentes indicadores sanguíneos de estresse para os métodos de insensibilização.....	32
5.3 Avaliação da insensibilização em atmosfera controlada em um abatedouro comercial.....	35
5.4 Velocidade de queda do pH e determinação da cor	35
5.5 Determinação da perda de peso durante cozimento e da textura de amostras de peito e determinação da capacidade de retenção de água da carcaça.....	38
 6 CONCLUSÃO.....	 40
 REFERÊNCIAS.....	 41
 APÊNDICE.....	 47

LISTA DE FIGURAS

PÁGINA

Figura 1 - Nível sanguíneo de glicose, antes e após a insensibilização por diferentes métodos.....	34
Figura 2 - Nível sanguíneo de lactato, antes e após a insensibilização pelos diferentes métodos.....	34
Figura 3 - Nível sanguíneo de corticosterona, antes e após a insensibilização pelos diferentes métodos.....	34
Figura 4 – Curva de queda de pH nos músculos da coxa, segundo o procedimento de insensibilização.....	36
Figura 5 - Curva de queda de pH nos músculos do peito, segundo o procedimento de insensibilização.....	36

LISTA DE TABELAS

	PÁGINA
Tabela 1 - Perda de peso das aves durante o jejum (%) e sangria (%) para os diferentes métodos de insensibilização (média $\pm$ desvio padrão).....	31
Tabela 2 - Média e desvio padrão do nível sanguíneo da glicose (mg/dL) nos diferentes tratamentos em etapa inicial do projeto.....	31
Tabela 3 - Níveis sanguíneos de glicose (mg/dL), lactato (mmol/L) e corticosterona (ng/dL), de acordo com diferentes métodos de insensibilização (média $\pm$ desvio padrão).....	33
Tabela 4 - Médias de pH final dos músculos de peito e coxa dos frangos submetidos aos diferentes procedimentos de insensibilização.....	37
Tabela 5 - Parâmetros de cor de acordo com o sistema CIELAB (média $\pm$ desvio padrão).....	38
Tabela 6 - Média e desvio padrão do teor de líquido perdido no descongelamento (<i>Dripping test</i>), perda de peso no cozimento e força de cisalhamento das amostras de peito dos frangos submetidos aos diferentes procedimentos de insensibilização..	39

LISTA DE FOTOS

	PÁGINA
Foto 1 - Câmara de insensibilização em atmosfera controlada.....	47
Foto 2 – Processo de insensibilização por atmosfera controlada, com as aves dentro das caixas de transporte.....	47
Foto 3 - Misturador de gases CO ₂ e argônio.....	48
Foto 4 - Trilhagem com nórias para pendura dos frangos, equipamento de eletronarcose e calha de sangria.....	48
Foto 5 - Galpão climatizado utilizado para criação dos frangos.....	49
Foto 6 - Vista interna do galpão climatizado, mostrando os boxes contendo as aves de cada tratamento e, no corredor, ao fundo, a estação climatológica, utilizada para controle contínuo da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar.....	49
Foto 7 - Identificação individual das aves, por pulseiras plásticas numeradas colocadas nos pés.....	50
Foto 8 - Frangos sendo pesados, dentro das caixas de transporte.....	50
Foto 9 - Percurso do transporte dos frangos para o abate, entre o galpão climatizado (primeiro plano) e o abatedouro experimental (fundo).....	51

Foto 10 - Transporte dos frangos para o abate, em carreta puxada por trator.....	51
Foto 11 - Após o transporte, os frangos eram deixados dentro do abatedouro experimental, até o momento da insensibilização.....	52
Foto 12 - Aves identificadas penduradas pelos pés em nórias para realização da eletronarcose e sangria.....	52

INSENSIBILIZAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE EM ATMOSFERA CONTROLADA NA PROMOÇÃO DO BEM-ESTAR ANIMAL

RESUMO – Qualidade é um conceito variável, pois envolve muitos fatores, dependendo do mercado consumidor. Os aspectos ambientais, de bem-estar animal, de saúde e segurança dos trabalhadores são quesitos cada vez mais comuns na formação do conceito de qualidade, para uma parcela cada vez maior dos consumidores. Este trabalho estudou o efeito da insensibilização de frangos de corte em atmosfera controlada sobre as características da carne e avaliou diferentes indicadores sanguíneos de estresse (corticosterona, lactato e glicose), comparando os resultados com a insensibilização elétrica. A insensibilização em atmosfera controlada foi realizada com os gases CO₂ e argônio. Foram utilizados 480 frangos da linhagem comercial Cobb, machos, tomando-se os cuidados para promoção do bem-estar das aves. Os resultados mostraram que a insensibilização gasosa reduziu o estresse das aves quando comparados à eletronarcose e que a glicose pode ser usada como um indicador sanguíneo de estresse em aves, com a vantagem de ser um teste bioquímico rápido e barato. O método de insensibilização em atmosfera controlada também favoreceu o trabalho dos operadores no processo de apanha e pendura das aves para o abate. Serão necessários ajustes nos equipamentos para evitar atrasos na linha de produção e tornar este método disponível para um processo em larga escala.

Palavras-chave: Insensibilização em atmosfera controlada, bem-estar animal, CO₂, eletronarcose.

STUNNING OF BROILERS IN CONTROLLED ATMOSPHERE TO PROMOTE ANIMAL WELFARE

SUMMARY - Quality is a variable concept, because it involves many factors depending on the consumer market. The concern with environmental aspects, animal welfare, health and safety of workers has increased for meat production. This work studied the effect of stunning of broilers in a controlled atmosphere about the characteristics of the meat and evaluated different blood indicators of stress (corticosterone, lactate and glucose), comparing the results with electrical stunning. The stunning was performed in a controlled atmosphere with CO₂ and Argon gases. 480 commercial line Cobb male broilers were used, taking care about the welfare of the birds. The results showed that the gas stunning generated lower stress values to the chicken when compared to electrical stunning and showed that glucose can be used as an indicator of blood-stress in birds with the advantage of being a fast and inexpensive biochemical test. The method of stunning in controlled atmosphere also favored the work of operators in the process of catching and hanging of the birds for slaughter. Adjustments on the equipment will be necessary to avoid delays in processing line and make this method available to a large scale process.

Key words: Stunning in controlled atmosphere, animal welfare, CO₂, electrical stunning.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO

A produção brasileira de carne de frango tem aumentado de forma contínua desde o início da década de 90. Em 2010, o Brasil passou a ser o maior exportador e o terceiro maior produtor de carne de frango (ABEF, 2011). O país disputa esse mercado de forma bastante agressiva, exportando para mais de 150 países, além de verificar um contínuo aumento do mercado interno, maior responsável pelo consumo da produção brasileira (ABEF, 2011). Toda a cadeia de produção avícola vem alcançando uma eficiência produtiva cada vez maior, sempre visando reduzir os custos de produção e aumentar a competitividade comercial da carne de frango.

Um aspecto que se destaca como diferencial de aceitabilidade da carne de frango e de outros animais, principalmente nos países da Comunidade Econômica Européia, é a promoção do bem-estar animal em todas as etapas da cadeia produtiva, da criação ao abate (EDWARDS, 2004). Os Estados Unidos, visando adaptar-se a essa mesma tendência, também começam a pesquisar alternativas economicamente viáveis (DAWKINS et al., 2004). O bem-estar animal vem ganhando cada vez mais importância como valor agregado aos produtos de origem animal, principalmente nos países desenvolvidos, que são os maiores importadores desses produtos.

Na produção de frangos de corte, observa-se que fatores como densidade populacional, condições térmicas e manejo das aves estão relacionados ao estresse e se controlados podem aliviar os problemas relacionados ao bem estar (BESSEI, 2006). Além disso, os procedimentos referentes ao abate dos animais, desde a apanha até a sangria, são passíveis de críticas e rejeição por parte dos consumidores preocupados com o bem-estar animal. As etapas de apanha, transporte e pendura são as principais responsáveis pela ocorrência de fraturas e hematomas nas carcaças (GREGORY, 2008) e a insensibilização elétrica, por ser de difícil padronização

e controle, pode possibilitar a chegada de animais conscientes à sangria, ou até mesmo, causar a morte do animal, levando à sangria imperfeita ou ainda acarretar formação de petéquias hemorrágicas na carne, principalmente no peito (KRANEN et al., 2000). Outro fator relacionado ao estresse pré-abate é a ocorrência do fenômeno PSE (“pale, soft, exsudative”). Inicialmente associado à carne suína, essa anomalia tem sido observada com uma frequência cada vez maior na carne de aves, principalmente de perus e frangos.

A legislação brasileira prevê dentre as alternativas para insensibilização de aves, além do processo elétrico, a indução da inconsciência em atmosfera controlada (BRASIL, 2000). O processo consiste em expor as aves, sob condições controladas, a um determinado ambiente, cuja atmosfera de um ou mais gases, as insensibiliza. Os benefícios desse método são muitos, e vão desde vantagens tecnológicas a vantagens econômicas atendendo ainda os consumidores preocupados em promover o abate humanitário.

Pelo exposto, a insensibilização em atmosfera controlada é uma alternativa bastante atraente, merecendo maiores estudos que possibilitem sua adoção pelo setor.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 O MERCADO AVÍCOLA

A produção brasileira atingiu em 2009 a marca histórica de 10,9 milhões de toneladas de carne de frango, tornando o país o terceiro maior produtor. Nas exportações, o Brasil mantém, desde 2004, a posição de maior exportador mundial, tendo terminado 2009 com a marca de 3,9 milhões de toneladas embarcada para mais de 150 países (ABEF, 2011).

O desafio da avicultura brasileira é manter-se em primeiro lugar, aumentando o volume de cortes especiais e produtos industrializados, agregando ainda mais valor ao produto brasileiro e promovendo uma maior geração de empregos no país. Em função da crescente concorrência, o Brasil deve estar atento para a manutenção de sua posição como principal exportador mundial (OLIVO, 2006).

2.2 BEM-ESTAR ANIMAL

Os estudos que buscam avaliar a influência da promoção do bem-estar das aves durante as etapas de criação são pouco conclusivas. Respeitadas as recomendações técnicas atualmente adotadas quanto à densidade máxima de aves por área, número de comedouros e bebedouros por aves, temperatura, umidade e ventilação, parece que as etapas de criação não se constituem como um dos pontos críticos de controle para promoção do bem-estar das aves. Asdrubali et al. (2004) estudaram a influência de métodos alternativos de criação de frangos, para obtenção de produtos orgânicos, sobre a saúde e o desempenho produtivo das aves, e a qualidade da carne. A única conclusão possível foi que o método proposto pode ser uma alternativa para atender aos consumidores destes produtos. Ellendorff (2003) comparou os métodos intensivo, extensivo e orgânico, para criação de frangos de corte. Estudando aspectos de bem-estar animal, saúde das aves, qualidade dos produtos,

impacto ecológico e custo, observou algum efeito apenas quanto ao bem-estar animal, apontando vantagens dos sistemas alternativos sobre a criação intensiva, e concluiu que a escolha do sistema de criação deve se basear nas exigências do mercado consumidor.

Se, por um lado, parece não haver consenso quanto à forma menos estressante de criação de frangos de corte, por outro lado não há dúvidas de que o período entre o término da criação e o abate constitui-se no momento de maior sofrimento e estresse das aves (MENDES, 2004).

A busca pelo bem-estar animal tem crescido no Brasil e no mundo. Os consumidores dão preferência àqueles fornecedores que garantem que os métodos de criação e abate está de acordo com as normas de bem-estar (OLIVO, 2006). Sendo assim, é condição ideal que as empresas se adaptem a estas normas e diretrizes, pois o mercado está cada vez mais exigindo segurança alimentar associada ao bem-estar.

A insensibilização em atmosfera controlada por combinar simplicidade operacional, confiabilidade de resultados, tratamento humanitário das aves e, sobretudo, alavancagem de qualidade e rendimento de carcaça a um custo operacional bastante baixo, é uma tecnologia que, torna-se uma alternativa bastante atraente para as empresas (NUNES, 2005).

2.3 ESTRESSE E QUALIDADE DA CARNE

2.3.1 MOMENTOS QUE ANTECEDEM AO ABATE

O manejo inadequado momentos antes ao abate e o consequente estresse das aves pode comprometer a produtividade do processo industrial e a qualidade da carne. De acordo com Kettlewell e Turner (1985), as etapas de apanha na granja, transporte e pendura mal conduzidas, podem comprometer a qualidade da carcaça em 20%. Huallanco (2004) classificou as carcaças quanto à presença de defeitos e encontrou algum grau de contusão em 79,73% das carcaças analisadas, com alto percentual de hematomas na região da asa

(59,80%), perna (36,21%), dorso (16,28%) e peito (26,25%). Isto demonstra perdas econômicas significativas em frigoríficos brasileiros, provocados por manejo inadequado.

Além disso, nas indústrias, há uma preocupação crescente com a ocorrência de carne PSE. Atualmente é reconhecido que esse problema chega a atingir 37% da carne de frangos (MOREIRA, 2005). Os mecanismos fundamentais desse fenômeno ainda não foram bem elucidados em frangos. A carne PSE apresenta as propriedades funcionais comprometidas pela rápida glicólise *post-mortem*, que aumenta a acidez muscular enquanto a temperatura da carcaça ainda está alta, levando à desnaturação protéica. Quanto maior a desnaturação protéica, menos luz é transmitida através das fibras musculares, levando à palidez da carne (OLIVO, 1999). Além disso, a redução do pH diminui a capacidade de retenção de água da carne, por reduzir os grupos reativos disponíveis para ligar água às proteínas (OFFER; KNIGHT, 1988), afetando também a textura da carne, pois quanto menor a quantidade de água no músculo, menor sua maciez (ANADON, 2002) e a exposição à acidez e temperatura elevada desnaturam as enzimas calpaínas, reduzindo a proteólise e a maciez da carne (DRANSFIELD; SOSNICKY, 1999). Já foi demonstrado que o fenômeno é causado principalmente por estresse nos momentos que antecedem o abate (OLIVO, 1999), sendo influenciado por diversos fatores ligados ao manejo pré-abate, incluindo o tipo de atordoamento (SAMS, 1999).

O fenômeno PSE pode ser detectado pelas análises de pH, cor e capacidade de retenção de água da carne (LARA et al., 2002).

2.3.2 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA NA CARNE

De acordo com a portaria nº 210/98 do MAPA, o frango pode ter no máximo 6% do seu peso em água. Para saber se houve fraude nas indústrias realiza-se o “dripping test” (teste do gotejamento) de acordo com o PPCAAP (Programa de Prevenção e Controle de Absorção de Águas nos Produtos, regulamentado pelo ofício Circular nº 13/08 do Ministério da Agricultura)

2.3.3 PERDA DE PESO NO COZIMENTO

A capacidade da carne reter a própria água contida em sua estrutura durante o cozimento é conhecida como perda de peso no cozimento. Essa umidade natural da carne é importante para maciez, textura, sabor, suculência, e palatabilidade da carne. Assim, a perda de água no cozimento pode prejudicar o sabor da carne, obtendo-se uma carne mais dura, seca e fibrosa. Portanto a habilidade de reter água após o cozimento é uma propriedade essencialmente importante, principalmente sobre as características organolépticas da carne.

2.3.4 TEXTURA

Um dos critérios de qualidade mais importantes em qualquer tipo de carne, a textura associa-se à satisfação final do consumidor. Muitos fatores têm sido relacionados às alterações da textura da carne, dentre eles destaca-se idade, raça, sexo, quantidade de gordura, manejo pré-abate, resfriamento das carcaças e métodos de cozimento. Textura, cor, sabor, suculência e aroma são características da carne influenciadas pelo processo bioquímico que ocorre durante a conversão do músculo em carne (PELOSO, 1999)

A textura da carne afeta sua firmeza e mastigabilidade, e pode ser medida pela força de cisalhamento.

2.4 MÉTODOS DE MENSURAR O SOFRIMENTO E ESTRESSE DOS ANIMAIS NOS MOMENTOS QUE ANTECEDEM AO ABATE

Dentre os indicadores sanguíneos de estresse avaliados em pesquisas de bem-estar animal nos momentos que antecedem ao abate, os mais frequentemente utilizados são os níveis de cortisol, creatina fosfoquinase e lactato no soro e plasma sanguíneo (BERTOLONI et al., 2006).

Em resposta ao estresse psicológico sofrido, o organismo aumenta os níveis plasmáticos de hormônios esteróides e o cortisol é o principal glicocorticóide secretado pela córtex adrenal, promovendo a depleção do glicogênio para obtenção de um suporte extra de energia, a fim de livrar-se da condição estressante. Há então, aumento dos níveis sanguíneos da enzima cretina fosfoquinase, envolvida nos processos metabólicos de obtenção de energia. O lactato é um dos produtos finais da glicólise anaeróbia, e níveis mais elevados que os fisiologicamente normais indicam estresse físico. Em suínos, níveis elevados de lactato estão fortemente associados ao fenômeno de carne PSE (BERTOLONI et al., 2006).

Aves, quando submetidas a estresse, aumentam o nível de corticosterona no sangue (HARVEY et al., 1980). Assim, o indicador de estresse mais indicado para aves é a corticosterona (NIJDAM et al., 2005). Em peixes utiliza-se como indicadores sanguíneos de estresse cortisol e glicose (KUBOKAWA et al., 1999).

2.5 MÉTODOS DE INSENSIBILIZAÇÃO

Os métodos de insensibilização são os mais discutidos quando se trata de bem-estar animal. A insensibilização consiste na instantânea e completa inconsciência da ave antes do abate. Com o objetivo de evitar a dor e sofrimento dos animais, o Ministério da Agricultura criou a Instrução Normativa nº.3, que regulamenta todos os métodos permitidos para a insensibilização, a fim de promover o abate humanitário. Todos os estabelecimentos destinados ao abate devem aplicar a insensibilização imediata como etapa prévia à sangria. A legislação brasileira prevê como opções para a insensibilização de aves, o método elétrico, ou eletronarcose, e a exposição à atmosfera controlada (BRASIL, 2000).

A eletronarcose é o método de insensibilização empregado nos abatedouros avícolas brasileiros. As aves são suspensas nas nórias e levadas ao insensibilizador, com a imersão da cabeça e parte do pescoço por cerca de

7 segundos, num tanque contendo água conduzindo eletricidade, promovendo epilepsia e impedindo a atividade metabólica cerebral. Nos Estados Unidos e no Brasil, o atordoamento ocorre sob baixa intensidade de corrente, sendo comum os insensibilizadores com correntes de 35 mA, frequência de 60 hertz e voltagem variando de 28 a 60 voltz. A insensibilização por eletronarcose é um método eficiente e de baixo custo de aquisição, mas se realizada de forma inadequada pode provocar defeitos na carcaça. De acordo com Raj et al. (1990), esta incidência é maior na insensibilização elétrica com alta intensidade de corrente, devido às fortes contrações e convulsões, que podem provocar rompimento dos capilares (petéquias) e fraturas, acarretando maiores perdas econômicas.

A insensibilização em atmosfera controlada ainda tem aplicação restrita na indústria avícola, mas o seu uso apresenta um importante potencial de crescimento a curto prazo, pelas exigências ao tratamento humanitário dos animais de abate e à maior consciência em relação à qualidade de carcaça, fomentada pelo impacto econômico das perdas geradas pelo atordoamento elétrico. As aves podem ser expostas à atmosfera controlada suspensas nas nórias ou dentro das caixas de transporte (LAMBOOIJ et al., 1999).

A insensibilização com CO₂ causa uma saturação dos tecidos com o dióxido de carbono, acompanhada de uma depressão das funções celulares, que reduz a irritabilidade das células nervosas e bloqueia parcialmente a capacidade de transmitir estímulos. Durante a exposição ao gás as aves passam por três fases: analgesia, excitação e anestesia. Na fase de analgesia, há perda gradual da sensação de dor, enquanto a consciência é parcialmente mantida. Na fase de excitação, a inconsciência chega, e na anestesia, sob aspiração contínua do gás anestésico, a inconsciência torna-se profunda, impedindo qualquer transmissão do estímulo nervoso. Caso não seja realizada a sangria, as aves recuperam os movimentos respiratórios e retomam a consciência. O efeito anestésico do CO₂ normalmente começa em atmosfera com concentrações de 12% e produz anestesia com 35%. Concentrações de CO₂ acima de 65% não têm sido utilizadas devido às características ácidas

deste gás (segundo Hari et al., 1997 citado por GERRITZEN et al., 2000). Uma alternativa proposta para minimizar estes efeitos é a instalação de umidificadores na câmara de insensibilização, ou mistura com o gás argônio.

Com relação às vantagens do método gasoso sobre a eletronarcose, tem sido constatada baixa incidência de defeitos na carcaça, como lesões de pele, petéquias, fraturas e contusões (KANG; SAMS, 1999; RAJ et al., 1990). Ocorre maior incidência de danos nas asas após insensibilização em atmosfera controlada, em comparação a insensibilização elétrica (RAJ et al., 1992). Esses danos ocorreram devido às convulsões resultantes da insensibilização em atmosfera controlada. No entanto, esse método de insensibilização reduz substancialmente a incidência de fraturas e hemorragias nos músculos do peito (RAJ, 1999; UIJTENBOOGAART, 1997).

2.6 VANTAGENS E BENEFÍCIOS DA INSENSIBILIZAÇÃO EM ATMOSFERA CONTROLADA

A insensibilização em atmosfera controlada pode ser vantajosa sob diversos aspectos. Os equipamentos são de fácil operação, e o controle do processo é relativamente simples. Os gases utilizados – CO₂ e argônio – são de baixo risco, por não serem corrosivos ou explosivos. O processo, por suas características, confere maior padronização e confiabilidade ao processo de atordoamento. Permite o controle de custo operacional em tempo real, bastando verificar o consumo dos gases. O atordoamento das aves nas caixas de transporte reduz significativamente o nível de estresse e o desgaste físico associados à operação de pendura. Diminui a poeira em suspensão no ambiente, aumentando o conforto dos operadores. Além disso, a qualidade e consistência da sangria manual ou automática são aumentadas, pela maior uniformidade na apresentação das carcaças ao processo. Mas, o maior argumento para a utilização (ou, ao menos, para o estudo da viabilidade de utilização) do método proposto baseia-se no aspecto econômico, já que pode reduzir ou até mesmo eliminar os problemas de qualidade da carcaça

resultantes da insensibilização elétrica. A insensibilização em atmosfera controlada inibe os mecanismos responsáveis pelas contrações presentes no atordoamento elétrico, responsáveis pelas fraturas e deslocamentos dos ossos peitorais e hematomas de peito e pernas (RAJ, 1999).

A insensibilização em atmosfera controlada poderá promover a redução da ocorrência da carne PSE, pela diminuição do estresse pré-abate, e ainda atender a exigência dos consumidores do mercado europeu, com minimização do sofrimento dos animais durante o período pré-abate.

Pelo exposto, não é difícil acreditar que, após estudos definidos e disponibilizados para as indústrias, a insensibilização em atmosfera controlada poderá substituir com vantagens a insensibilização elétrica.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Comparar diferentes métodos de insensibilização visando o bem estar de frangos de corte.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar, por parâmetros séricos, o nível de estresse em frangos de corte submetidos à insensibilização em atmosfera controlada, em comparação à insensibilização elétrica, utilizando diferentes indicadores sanguíneos de estresse;

Padronizar níveis e combinações de gases: CO₂ e gás inerte (argônio), que otimizem a redução do estresse das aves e a indução da narcose;

Avaliar a eficiência da atmosfera controlada na insensibilização das aves, comparado à eletronarcose;

Avaliar o efeito da insensibilização gasosa na eficiência da sangria, retenção de sangue nas carcaças e ocorrência de problemas ligados à sangria imperfeita;

Avaliar o efeito da insensibilização gasosa na qualidade da carne de frango e na ocorrência de carne PSE (pálida, flácida e exsudativa);

Disponibilizar uma metodologia que transforme a redução do estresse e do sofrimento em valor agregado para que a carne e seus derivados sejam mais valorizados e conquistem espaços no mercado externo, especialmente nos países da Comunidade Econômica Européia.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 INSTALAÇÃO E PADRONIZAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

As Fotos de 1 a 4 apresentadas no apêndice, mostram equipamentos do abatedouro experimental montado para a realização deste projeto. Após a fabricação e instalação dos equipamentos, realizou-se a padronização das condições de insensibilização, de forma a otimizar os resultados, tendo sempre em vista a necessidade da transferência da tecnologia gerada para o setor produtivo.

4.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foram utilizados 480 frangos da linhagem comercial Cobb, machos, com 1 dia de idade, alojados em divisões de 4,6 m², criados em galpão climatizado (Fotos 5 e 6), divididos em 24 grupos de 20 aves cada, num delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 6 repetições. As aves tiveram livre acesso à água e ração, formulada segundo as especificações do NRC (1994) para as fases inicial, de crescimento e terminação. A temperatura foi controlada durante toda a fase de criação, visando promover conforto às aves. Os ventiladores helicoidais eram acionados quando a temperatura era superior a 25 ± 2 °C. Foi adotado um programa de iluminação de 16 horas de luz e 8 horas de escuro. Um dia antes do abate, as aves foram pesadas e identificadas nos pés com pulseiras plásticas (Foto 7). As aves permaneceram por um período de 14 a 16 horas em jejum e dieta hídrica antes do abate. Para o abate, as aves foram colocadas em caixas plásticas de transporte, sendo o procedimento de apanha realizado pelo dorso. Observou-se um número máximo de 8 aves por caixa, de forma a não exceder 22 a 25 kg de peso vivo por unidade de transporte (Foto 8). O transporte foi feito pela manhã, a partir das 7h, para diminuir a exposição das aves ao estresse térmico. A distância entre o galpão de criação e o abatedouro experimental é de cerca de 200

metros (Foto 9), e as caixas foram transportadas em carreta puxada por trator (Foto 10). A duração do percurso foi de, no máximo, 5 minutos. No abatedouro experimental, as caixas de transporte foram deixadas à sombra até o momento da insensibilização (Foto 11). O tempo entre a chegada ao abatedouro experimental e a insensibilização foi de, no máximo, 30 minutos.

O sangue dos frangos do grupo controle foi coletado antes da insensibilização, por punção da veia da asa, a fim de estimar o nível sanguíneo de glicose, lactato e corticosterona como indicadores de estresse. As aves restantes foram divididas em 3 grupos, sendo cada um submetido a um tipo de insensibilização: **CO₂** (Grupo 1: de 10 a 30% em volume de CO₂ em ar atmosférico), **CO₂ + argônio** (Grupo 2: 30% em volume do gás adicionado na câmara era argônio e 70% era de CO₂, trabalhando-se com concentrações de CO₂ de 10 a 30 %) ou **eletroanestesia** (Grupo 3). Para os dois tipos de insensibilização gasosa (CO₂ e CO₂ + argônio), as aves foram insensibilizadas dentro das próprias caixas de transporte. Quando as caixas contendo as aves eram introduzidas na câmara de insensibilização gasosa, ocorria perda de gás pela porta, e a concentração de CO₂ diminuía. Então, já com as aves na câmara, a concentração de gás era novamente elevada até os níveis mencionados, sendo todo tempo do processo estabelecido em 3 minutos.

Não foi possível variar a relação entre os gases CO₂ e argônio, pois, segundo orientação da própria firma representante do equipamento misturador de gases (Foto 3), a sensibilidade do aparelho não permitia ajustes tão precisos.

O comportamento das aves foi avaliado visualmente antes e depois da insensibilização gasosa. As aves submetidas à atmosfera controlada foram retiradas das caixas de transporte após a insensibilização e penduradas pelos pés em nórias (Foto 12), e a eficiência do processo em promover a inconsciência foi avaliada visualmente, até o momento da sangria. Durante a sangria, coletou-se amostras de sangue dessas aves, para avaliação da concentração de diferentes indicadores sanguíneos de estresse.

A análise estatística foi realizada pelo software GraphPad InStat Versão

3.0. Os resultados foram comparados pelo teste de Mann-Whitney e as médias foram avaliadas pelo teste de Kruskal-Wallis, adotando-se um nível de significância de 5% (ZAR, 1992).

4.3 AVALIAÇÃO DE ESTRESSE POR INDICADORES SANGUÍNEOS

Para avaliação do nível de estresse das aves, foi mensurado o nível sanguíneo de glicose antes e depois do processo de insensibilização. Para isso, utilizou-se o aparelho Optium Xceed, e os resultados foram expressos em mg/dL. Também determinou-se o nível de lactato antes e depois do processo de insensibilização com a utilização do aparelho Accutrend® Lactate typ. 3012522 da Roche e os resultados foram expressos em mmol/L. Para determinação dos níveis séricos de corticosterona foi realizado radioimunoensaio utilizando-se o MP Biomedicals Kit sendo os resultados expressos em ng/mL.

4.4 AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA INSENSIBILIZAÇÃO

A eficiência do método de insensibilização foi avaliada pela observação das aves nas caixas, durante o processo de insensibilização gasosa, e após suspensão nas nórias, no caso da eletronarcose. Observou-se o reflexo palpebral, as reações de debater-se e a agitação até o final da sangria, e também o volume de sangue drenado das aves, sendo esse valor estimado pela diferença de peso das aves antes e após a sangria.

4.5 EFICIÊNCIA DA SANGRIA

Para avaliar a eficiência da sangria, as aves foram pesadas antes e depois da sangria e a quantidade de sangue perdido pela carcaça foi expressa em porcentagem. As aves que apresentaram reflexo pupilar após a

insensibilização foram consideradas como não insensibilizadas, e os resultados foram utilizados na avaliação comparativa.

4.6 VELOCIDADE DE QUEDA DO pH

Após a sangria, em etapa inicial do experimento, seguiu-se com todo o procedimento de abate das aves, escaldagem, depenagem, evisceração, resfriamento da carcaça e gotejamento.

As amostras de peito e de coxa foram submetidas a monitoramento da velocidade de queda de pH e da temperatura. Foi utilizado um peagâmetro portátil de inserção com compensador de temperatura, marca Mettler Toledo, modelo 1120-X e as aferições foram realizadas na saída dos frangos do pré-resfriador e após 3, 6, 9, 12, 18 e 24 horas.

4.7 DETERMINAÇÃO DA COR

Os atributos da cor L (luminosidade), a (intensidade de vermelho) e b (intensidade de amarelo) foram obtidos para luz padrão D 65 e observação a 10 °C, em triplicata, utilizando-se espectrofotômetro Mini Scan XE plus (HunterLab) calibrado com padrões branco e preto (CIE, 1986; MACDOUGALL, 1994). As determinações foram realizadas na porção muscular dos peitos e das coxas, após remoção da pele.

4.8 AVALIAÇÃO DA INSENSIBILIZAÇÃO EM ATMOSFERA CONTROLADA EM UM ABATEDOURO COMERCIAL

Para avaliar a eficácia do procedimento realizado no abatedouro experimental da Universidade, o equipamento de insensibilização foi testado num abatedouro comercial de frangos (Confinia Alimentos, município de Poloni/SP). Em seguida, os funcionários responsáveis pelas operações de

pendura foram entrevistados para emitir sua opinião sobre essa alternativa tecnológica.

4.9 DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA

Foi determinado ainda, o teor de líquido perdido no descongelamento dos frangos (*dripping test*), como forma de avaliar a capacidade de retenção de água das carcaças (MAPA, 2011).

4.10 DETERMINAÇÃO DA PERDA DE PESO DURANTE O COZIMENTO

Determinou-se a perda de peso e a textura segundo as metodologias de Froning et al. (1978) e Honikel (1987) modificadas.

Para o cozimento dos filés de peito as amostras foram envoltas em papel alumínio e cozidas em chapa metálica aquecidas até a temperatura interna do filé atingir de 82 a 85 °C. As amostras cozidas foram envoltas em papel absorvente para retirar o excesso de água e pesadas. Após atingir a temperatura ambiente, então, por diferença de peso antes e após o cozimento, obteve-se a perda de peso por cozimento.

4.11 DETERMINAÇÃO DA TEXTURA DAS AMOSTRAS DE PEITO

Para determinação da força de cisalhamento (textura), os filés de peito de frangos utilizados na determinação da perda de peso por cozimento, foram cortados em 5 ou mais prismas retos com dimensão de 1x1x2 cm e colocados no texturômetro TAX-T2, equipado com célula de cisalhamento de carne tipo Warner Bratzler, modelo SMS (espessura de 3 mm), com as fibras orientadas no sentido perpendicular às lâminas de cisalhamento. Os resultados dos picos de força retirados do gráfico foram expressos em kgf/cm².

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PADRONIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE INSENSIBILIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DA MESMA UTILIZANDO-SE DIFERENTES MÉTODOS

Embora a legislação brasileira determine uma concentração de CO₂ de, no mínimo, 30% para a insensibilização de frangos (BRASIL, 2000), se as aves eram submetidas a essa concentração de forma abrupta, observou-se que a maioria apresentava forte agitação e/ou movimentos convulsivos. Em um experimento piloto, foi avaliada a reação dos frangos em ambiente com cerca de 30 % em volume de CO₂, CO₂ mais argônio, numa proporção em torno de 1:1, e somente argônio. A agitação das aves, nessas condições, parece ser maior com a presença de argônio. Caso as aves fossem colocadas na câmara de gás com baixa concentração de gás insensibilizante, e depois a entrada do gás fosse aumentada gradativamente, as aves começavam a ficar inconscientes quando a concentração de CO₂ se aproxima de 10 % em volume. Nessas condições, o tempo total necessário para o processo de insensibilização foi de cerca de 3 minutos. A menor agitação foi observada quando as aves foram expostas a um ambiente com baixa concentração de CO₂ mais argônio, na proporção em torno de 7:3 (v/v). Após 3 minutos, todas as aves se apresentaram inconscientes, mas várias aves retomaram a consciência assim que foram retiradas da câmara de gases, apresentando agitação característica de aves não insensibilizadas no momento da sangria.

Para avaliar se as aves não estavam sendo mortas durante o procedimento de insensibilização gasosa, foi mensurada a quantidade de sangue perdido na sangria. Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram que o volume de sangue drenado durante a sangria não diferiram para os métodos de insensibilização testados, variando de 3,3 a 3,4% do peso das aves. Esta constatação foi importante para demonstrar que o gás insensibilizante não era responsável pela morte dos animais.

Tabela 1 - Perda de peso das aves durante o jejum (%) e sangria (%) para os diferentes métodos de insensibilização (média $\pm$ desvio padrão)

	CO₂	CO₂ + Argônio	Eletronarcose
Perda de peso durante jejum (%)	6,18 $\pm$ 1,22	6,67 $\pm$ 1,25	5,09 $\pm$ 0,88
Perda de peso durante sangria (%)	3,37 $\pm$ 0,67	3,37 $\pm$ 0,82	3,26 $\pm$ 0,33
P>0,05			

Tabela 2 - Média e desvio padrão do nível sanguíneo da glicose (mg/dL) nos diferentes tratamentos em etapa inicial do projeto

	Glicose (mg/dL)
Pré abate	243,0 $\pm$ 4,58
CO ₂	249,5 $\pm$ 26,76
CO ₂ + Argônio	239,8 $\pm$ 12,64
Eletronarcose	225,5 $\pm$ 38,28
P>0,05	

O estresse foi avaliado pelo nível sanguíneo de glicose. Em frangos submetidos ao estresse, ocorre aumento da concentração sanguínea de glicose em resposta direta à maior secreção de adrenalina, noradrenalina e glicocorticóides (BORGES et al., 2003). Há outros indicadores sanguíneos de estresse, como corticosterona e lactato, mas, devido ao custo mais elevado dessas análises, nessa primeira fase, destinada à padronização dos procedimentos operacionais de abate, optou-se pela avaliação da glicose, por ser a técnica analítica de menor custo. O nível sanguíneo de glicose é influenciado pelo jejum. Por isso, foi avaliada a perda de peso durante o jejum dos frangos submetidos aos diferentes procedimentos de insensibilização, e não houve diferença entre os grupos (Tabela 1). O nível sanguíneo de glicose não diferiu entre os tratamentos (Tabela 2), sendo as médias das aves submetidas aos diferentes procedimentos de insensibilização semelhantes às médias das aves antes da insensibilização. Seria necessária a avaliação dos demais indicadores sanguíneos de estresse mencionados, para uma interpretação mais conclusiva.

5.2 COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES INDICADORES SANGUÍNEOS DE ESTRESSE PARA OS MÉTODOS DE INSENSIBILIZAÇÃO

De acordo com a Tabela 3, observa-se que as concentrações de lactato foram menores para o grupo controle ($P < 0,05$), mas não diferiram entre os diferentes métodos de insensibilização ($P > 0,05$). O lactato é o produto final da glicólise anaeróbia, e tem sido utilizado como indicador do estresse dos animais no momento do abate (BERTOLONI et al., 2006). Esse parâmetro sanguíneo certamente é bastante afetado pela diminuição dos níveis de oxigênio do sangue e dos tecidos. Por isso, é provável que não seja um indicador sanguíneo adequado para a avaliação do estresse de frangos envolvendo insensibilização por gases. Observando-se a média dos valores obtidos no nível sanguíneo de lactato como indicador de estresse, é possível detectar o efeito estressante dos procedimentos de insensibilização, uma vez que a média do grupo controle foi menor que as demais, que não diferiram entre si. Embora o coeficiente de variação dessa variável tenha sido elevado (22,7 %), o que reduz a consistência das médias observadas, a maior média correspondeu às aves submetidas à insensibilização gasosa, utilizando apenas o gás carbônico. Esse resultado contradiz o que foi observado visualmente. Na observação visual, as aves demonstraram menor agitação quando expostas somente ao CO_2 .

A Tabela 3 mostra, ainda, que os níveis de glicose e corticosterona não diferiram para as insensibilizações gasosas e o grupo controle ($P > 0,05$). As aves insensibilizadas por meio de eletronarcose apresentaram maior nível sanguíneo de glicose e corticosterona, em média. Isso mostra que, considerando esses indicadores sanguíneos, o estresse gerado pela insensibilização gasosa não é maior do que o estresse provocado pelos procedimentos rotineiros do manejo pré-abate, apanha, pendura, transporte e descarregamento, e ainda, que o estresse gerado pela insensibilização gasosa é menor que o estresse provocado pelos procedimentos necessários à realização da eletronarcose (apanha, pendura e insensibilização). Pode-se

considerar ainda que, a insensibilização gasosa provocou menor estresse nas aves devido ao fato de que as mesmas eram retiradas das caixas para o processo de pendura já estando insensibilizadas, enquanto que na eletronarcore, esse processo (apanha e pendura) parecia ser extremamente estressante às aves.

Não houve diferença significativa para as insensibilizações envolvendo gases (CO_2 e CO_2 + Argônio), considerando-se os indicadores sanguíneos corticosterona e glicose. Sendo assim, o uso de argônio não traz benefícios adicionais à utilização do CO_2 em atmosfera. Além disso, o uso do argônio dificultou a insensibilização das aves (requerendo maior tempo de exposição das aves na câmara de gás) e é mais caro que o CO_2 .

Observando-se as Figura 1 e 3 percebe-se comportamentos semelhantes entre os indicadores sanguíneos de estresse glicose e corticosterona. Sendo assim, estes resultados também mostram a possibilidade da glicose ser usada como um indicador sanguíneo de estresse em aves, em substituição a corticosterona, com a vantagem de ser um teste bioquímico rápido e barato.

Tabela 3 - Níveis sanguíneos de glicose (mg/dL), lactato (mmol/L) e corticosterona (ng/dL), de acordo com diferentes métodos de insensibilização (média $\pm$ desvio padrão)

	Glicose (mg/dl)	Corticosterona (ng/dl)	Lactato (mmol/l)
Controle	305,95 $\pm$ 24,45 ^b	50,65 $\pm$ 22,41 ^b	5,40 $\pm$ 0,94 ^b
CO_2	315,70 $\pm$ 36,51 ^b	72,49 $\pm$ 35,82 ^b	8,13 $\pm$ 0,53 ^a
CO_2 + Argônio	302,45 $\pm$ 31,76 ^b	55,71 $\pm$ 31,38 ^b	7,29 $\pm$ 1,61 ^a
Eletronarcore	337,65 $\pm$ 41,54 ^a	104,13 $\pm$ 64,39 ^a	7,80 $\pm$ 2,61 ^a

^{a,b} Letras iguais não diferem significativamente ($P > 0,05$).

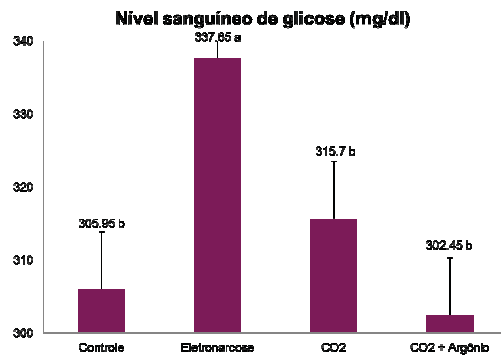


FIGURA 1 - Nível sanguíneo de glicose, antes e após a insensibilização pelos diferentes métodos.

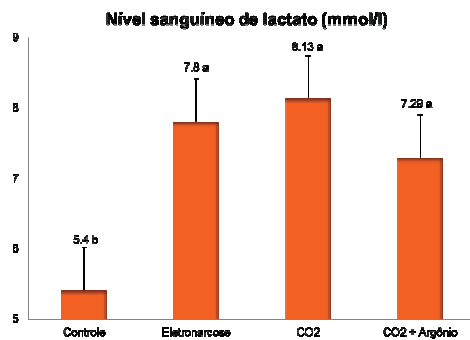


FIGURA 2 - Nível sanguíneo de lactato, antes e após a insensibilização pelos diferentes métodos.

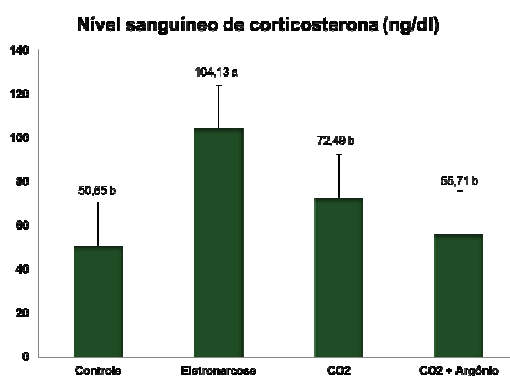


FIGURA 3 - Nível sanguíneo de corticosterona, antes e após a insensibilização pelos diferentes métodos.

5.3 AVALIAÇÃO DA INSENSIBILIZAÇÃO EM ATMOSFERA CONTROLADA EM UM ABATEDOURO COMERCIAL

Em entrevista realizada no frigorífico, os funcionários emitiram livremente sua opinião sobre a insensibilização gasosa. Segundo eles, o método promove, sem dúvida, mais conforto para os operadores, pois as aves não arranham, não defecam, não se debatem e não escapam ao serem retiradas das caixas. Isso promove mais tranquilidade às operações, menos ruído, menos poeira em suspensão e menos sujeira na plataforma. Mas, ainda segundo os entrevistados, para que o método seja passível de implantação, é preciso que seja aperfeiçoado, de forma a dar continuidade aos procedimentos de abate, sem promover atrasos na linha de operações. Segundo Nunes (2005), esse processo poderia ser realizado utilizando-se um poço construído na área de recepção. O poço abrigaria a atmosfera de CO₂ em ar com concentração crescente com a profundidade, aproveitando-se o fato do CO₂ ser mais denso que o ar. As gaiolas de transporte percorreriam de maneira contínua um circuito vertical em forma de “U” em seu interior.

5.4 VELOCIDADE DE QUEDA DO pH E DETERMINAÇÃO DA COR

Foi avaliada a extensão das reações de glicólise no músculo, por meio de mensuração do pH do peito e da coxa. As Figuras 4 e 5 mostram as curvas de queda de pH muscular na coxa e no peito das aves submetidas aos diferentes procedimentos de insensibilização. Apesar das imagens sugerirem que a insensibilização com CO₂ e argônio provocou uma queda mais acentuada do pH, pode-se observar, na Tabela 4, que a média do pH final não diferiu entre as aves submetidas aos diferentes tratamentos. Segundo Lara (2002), a diferença de pH é um dos fatores que pode estar relacionada ao fenômeno PSE, o que não ocorreu para os diferentes métodos de insensibilização testados. Os valores de pH final diferiram do pH inicial ($P < 0,05$), mas os tratamentos não influenciaram os valores finais no peito ou

na coxa. Normalmente a coxa de frango apresenta-se menos ácida do que o peito, esse fato pode ser explicado pela maior quantidade de glicogênio acumulado no peito, pela menor movimentação.

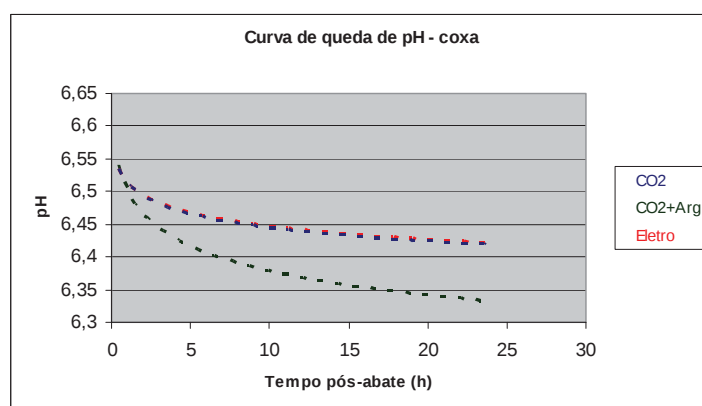


FIGURA 4 - Curva de queda de pH nos músculos da coxa, segundo o procedimento de insensibilização.

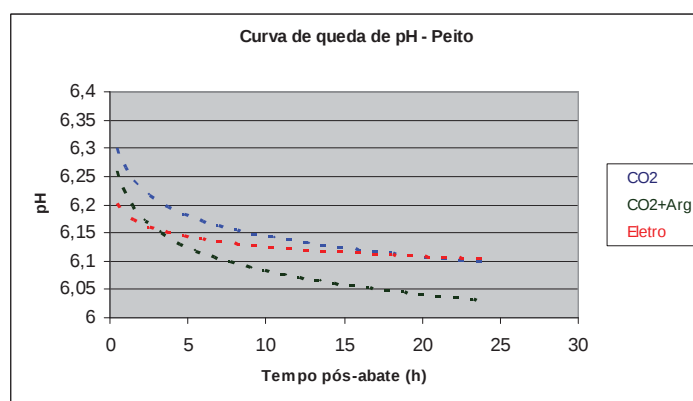


FIGURA 5 - Curva de queda de pH nos músculos do peito, segundo o procedimento de insensibilização.

Tabela 4 - Médias de pH final dos músculos de peito e coxa de frangos submetidos aos diferentes procedimentos de insensibilização

		CO ₂ (média ± dp)	CO ₂ + Argônio (média ± dp)	Eletronarcose (média ± dp)
pH final da coxa		6,44 ± 0,09	6,34 ± 0,10	6,49 ± 0,29
pH final do peito		6,16 ± 0,05	6,05 ± 0,17	6,14 ± 0,11
P>0,05				

A cor das amostras foi avaliada pelo sistema CIELAB, onde **L** corresponde à luminosidade, **a** corresponde à intensidade de vermelho e **b** à intensidade de amarelo. De acordo com os resultados observados (Tabela 5), entre as aves submetidas à eletronarcose, as médias de L observadas no peito foram menores que as médias observadas nas coxas ($P<0,05$), indicando uma cor mais escura. Na comparação entre os 2 métodos de insensibilização, o peito das aves submetidas à insensibilização gasosa foi mais claro (maior valor de L) e menos vermelho (menor valor de a) do que o peito das aves insensibilizadas por eletronarcose ($P<0,05$). Amostras de peito de peru com elevado valor de L (maior ou igual a 52) apresentam baixa capacidade de retenção de água (BARBUT, 1997). Esse fato pode ser atribuído, ainda, a alterações de pressão sanguínea das aves, promovendo maior presença de sangue na carne. Em casos extremos, esse fenômeno acarreta no defeito conhecido como petequiamento hemorrágico da carne.

Tabela 5 - Parâmetros de cor de acordo com o sistema CIELAB (média $\pm$ desvio padrão)

	Eletronarcose		CO ₂	
	Peito	Coxa	Peito	Coxa
L	60,55 ^a $\pm$ 0,41	63,48 ^b $\pm$ 0,31	65,48 ^b $\pm$ 3,23	60,67 ^{ab} $\pm$ 3,24
a	8,94 ^a $\pm$ 0,57	8,14 ^{ab} $\pm$ 0,09	5,14 ^b $\pm$ 0,81	7,81 ^{ab} $\pm$ 0,87
b	16,65 $\pm$ 0,62	18,28 $\pm$ 1,71	14,80 $\pm$ 0,79	14,61 $\pm$ 0,77

^{a,b} Letras diferentes em uma mesma linha diferem significativamente (P<0,05).

5.5 DETERMINAÇÃO DA PERDA DE PESO DURANTE O COZIMENTO E DA TEXTURA DE AMOSTRAS DE PEITO E DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA DA CARÇAÇA

Na avaliação da textura a média de força máxima de cisalhamento foi de 1,35 e 1,46 kgf/cm² para as amostras provenientes de aves insensibilizadas por gás (CO₂) e por eletronarcose, respectivamente (Tabela 6), ficando todas dentro da faixa que indica carne muito macia (P>0,05). Resultados semelhantes de força de cisalhamento para amostras de carne de peito foram encontrados por Magalhães (2004), sendo a média para amostras de machos de 1,462 kgf/cm² e de fêmeas de 1,789 kgf/cm². A média de perda de líquido das aves insensibilizadas por gás foi de 5,1%, significativamente maior que a média das aves submetidas à eletronarcose (Tabela 6), que foi 4,1% (P<0,05). Ambas as médias encontram-se dentro dos parâmetros legais, que é de, no máximo, 6%. A perda de peso no descongelamento está relacionada a temperatura da carcaça ao ser retirada do *chiller*. Quanto maior a temperatura final da carcaça, maior será a quantidade de água absorvida. O tempo de permanência das carcaças no *chiller* e a temperatura final das carcaças não foram monitorados, e essa diferença na perda de peso no descongelamento para os diferentes métodos de insensibilização não deve estar relacionado ao estresse das aves e sim a temperatura final das carcaças. Logo, não se pode afirmar que a ocorrência do fenômeno PSE esteja relacionada aos diferentes métodos de insensibilização, pois os valores de pH final das amostras de coxa

e peito, os valores de perda de peso no cozimento e de força de cisalhamento não diferiram para os métodos de insensibilização propostos.

Pode-se citar ainda o fato de que existem evidências de que a anomalia PSE esteja relacionada a fatores genéticos de acordo com Wang citado por BRESSAN et al. (2001). Sendo assim, seriam necessários mais estudos para melhor compreensão desse fenômeno em amostras de frango.

Tabela 6 - Média e desvio padrão do teor de líquido perdido no descongelamento (*Dripping test*), perda de peso no cozimento e força de cisalhamento das amostras de peito dos frangos submetidos aos diferentes procedimentos de insensibilização

Insensibilização	Perda de peso no descongelamento (%)	Perda de peso no cozimento (%)	Textura (kgf/cm ²)
CO ₂	5,1 ± 1,0 ^a	28,9 ± 5,8	1,46 ± 0,61
Eletronarcose	4,1 ± 0,9 ^b	28,7 ± 4,6	1,35 ± 0,29

^aLetras diferentes em uma mesma coluna diferem significativamente (P<0,05).

6 CONCLUSÃO

A insensibilização em atmosfera controlada é um método que resulta em menor estresse sobre os frangos em relação a insensibilização por eletronarcose.

A glicose pode ser utilizada como um método alternativo em substituição a corticosterona como indicador sanguíneo de estresse.

A mistura de argônio não fornece benefícios adicionais em relação ao uso de CO₂.

O método de insensibilização gasosa facilita as operações de abate, promovendo maior conforto para os operadores e reduzindo o esforço e risco das operações.

É necessário aperfeiçoar essa tecnologia alternativa, de modo que não diminuia a velocidade de abate na linha de processamento.

REFERÊNCIAS

ABEF – Associação Brasileira dos Produtores e Exportadores de Carne de Frango. **Estatísticas da Produção**. Disponível em <<http://www.abef.com.br>> Acesso em: 1 jul. 2011.

ANADON, H.L. **Biological, nutritional and processing factors affecting breast meat quality of broilers**. Thesis (Doctor of Philosophy in Animal and poultry Science). Faculty of Virginia Polytechnic institute and State University, p. 171, 2002.

ASDRUBALI, G.; FRANCIOSINI, M.P.; TRABALZA-MARINUCCI, M.; BRANCIARI, R.; RANUCCI, D.; SEVERINI, M.; OLIVERI, O. Improved health and quality in italian organic chicken. **World Poultry**, v. 20, n. 10, p. 50-51, 2004.

BARBUT, S. Occurrence of pale soft exudative meat in mature turkey hens. **British Poultry Science**, v.38, n.1, p.74-77, 1997.

BERTOLONI, W.; SILVEIRA, E. T. F.; LUDTKE, C. B.; ANDRADE, J. C. Avaliação de diferentes híbridos suínos submetidos à insensibilização elétrica e gasosa (CO₂). Parte 1 - mensuração de indicadores sanguíneos de estresse. **Ciência Tecnologia Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 564-570, 2006.

BESSEI, W. Welfare of broilers: a review. **World's Poultry Science Journal**, v. 62, n. 3, p 455-466, 2006.

BRESSAN, M.C.; BERAQUET, N.J.; LEMOS, A.L.S.C. **Características de qualidade de carne em peito de frango utilizando a análise de componente principal**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 2001. (Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, 35).

BORGES, S. A.; MAIORKA, A.; SILVA, A. V. F. Fisiologia do estresse calórico e a utilização de eletrólitos em frangos de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.5, p.975 – 981, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº3, de 17/10/2000. Aprova o Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24/01/2000. Seção 1, p.14.

CIE. **Colorimetry**. 2.ed. Viena: Commission internationale de l'Eclairage, 1986, (CIE Publications, n. 15.2).

DAWKINS, M. S.; DONNELLY, C. A.; JONES, T. A. Chicken welfare is influenced more by housing conditions than by stocking density. **Nature**, v. 427, n. 6972, p. 342-344, 2004.

DRANSFIELD, E.; SOSNICKY, A. A. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. **Poultry Science**, v. 78, n. 5, p. 743-746, 1999.

EDWARDS, J. D. **The roles of the veterinarian in animal welf**: a global perspective. Global Conference on Animal Welfare: na OIE Initiative. European Communitéis, Office International des Épizootes, 2004. Disponível em: <<http://www.OIE.int/animal-welfare/animal-welfare-key-themes>>. Acesso em: 12 jun. 2011.

ELLENDORFF, F. The crossroad of consumer demand and reality. **World Poultry**, v. 19, n. 3, p. 24-26, 2003.

FRONING, G.; BABJI, A. S.; MATHER, F. B. The effect of pres-laughter temperature, stress, struggle and anesthetization on color, textural characteristics of turkey muscle. **Poultry Science**, v. 57, n. 3, p. 630-633, 1978.

GERRITZEN, M.A.; LAMBOOIJ, E.; HILLEBRAND, S.J.W.; LANKHAAR, J.A.C.; PIETERSE, C. Behavioral responses of broilers to different gaseous atmospheres. **Poultry Science**, v. 79, n.6, p. 928-933, 2000.

GREGORY, N. G. Animal welfare at markets and during transport and slaughter. **Meat Science** v. 80, n. 1, p. 2-11, 2008.

HARVEY, S.; MERRY, B. J; PHILLIPS, J. G. Influence of stress on the secretion of corticosterone in duck (anas latyrhynchos). **Jornal of Endroc.**, v. 87, n. 1, p. 161-171, 1980.

HONIKEL, K. O. Water bindng of meat. **Fleischwirstschaf**, v. 67, n. 4, p. 418-422, 1987.

HUALLANCO, M.B.A. **Aplicação de um sistema de classificação de carcaças e cortes e efeito pós-abate na qualidade de cortes de frango criados no sistema alternativo**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, p 82, 2004.

KANG, I. S.; SAMS, A.R. A comparison of texture and quality of breast fillets from broilers stunned by electricity and carbon dioxide on a shackle-line, or killed by carbon dioxide. **Poultry Science**, v. 78, n. 9, p. 1334-1337, 1999.

KETTLEWELL, P.J.; TURNER, M.A. A review of broiler chicken catching and transport system. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 31, n. 2, p. 93-114, 1985.

KRANEN, R.W.; LAMBOOY, E.; VEERKAMP, C.H.; van KUPPEVELT, T.H.; VEERKAMP, J.H. Histological characterization of hemorrhages in muscles of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 79, n. 1, p. 110-116, 2000.

KUBOKAWA, K.; WATANABE, T.; YOSHIOKA, M.; IWATA, M. Effects of acute stress on plasma cortisol, sex steroid hormone and glucose levels in male and female sockeye salmon during the breeding season. **Aquaculture**, v. 172, n. 3-4, p. 335-349, 1999.

LAMBOOIJ, E.; PIETERSE, C.; HILLENBRAND, S.J.W. et al. The effects of captive bolt and electrical stunning and restraining methods on broiler meat quality. **Poultry Science**, v. 78, n. 4, p. 600-607, 1999.

LARA, J.A.F. ; NINOV, K. ; BNASS, C.A. ; LEDUR, M.C. ; NEPOMUCENO, A.L. ; SHIMOKAMAKI, M. Estresse térmico e incidência de carne PSE em frangos. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 4, p. 15, 2002.

MACDOUGALL, D.B. Colour of meat. In: PEARSON, A. M.; DUTSON, T. R. (Ed.). **Quality attributes and their measurements in meat, poultry and fish products**. Glasgow: Blackie Academic & Professional, 1994. cap.3, p.79-93.

MAGALHÃES, P.C. **Efeitos da utilização de proteínas de origem vegetal em substituição a proteína de origem animal sobre a absorção de água da carcaça e maciez do músculo *pectoralis major* em frangos de corte**. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias). Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, p. 30, 2004.

MAPA – **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**. Disponível em:<<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>. Acesso em: 05 mai. 2011.

MENDES, A. A. Controle de perdas e condenações no abatedouro. **Revista Aveworld**, v.1, n. 6, p. 16-25, 2004.

MOREIRA, J. **Preocupação crescente**, 2005. Disponível em:<<http://www.aviculturaindustrial.com.br/PortalGessulli/WebSite/Noticias/bpreocupacaob-bcrescenteb,13141.aspx>>. Acesso em: 12 jun. 2010.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - **NRC. Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1994. 155p.

NIJDAM, E.; DELEZIE, E.; LAMBOOIJ, E.; NABUURS, M. J. A.; DECUYPERE, E.; STEGEMAN, J. A. Comparison of bruises and mortality, stress parameters and meat quality in manually and mechanically caught broilers. **Poultry Science**, v. 84, n. 3, p. 467–474, 2005.

NUNES, F. **Atordoamento é qualidade e rendimento**, 2005. Disponível em: <<http://pt.engormix.com/MA-avicultura/administracao/artigos/atordoamento-qualidade-rendimento-t23/124-p0.htm>> Acesso em: 12 mai. 2011.

OFFER, G.; KNIGHT, P. The structural basis of water holding capacity in meat. Part 1: General Principles and water uptake in meat processing. In: LAWRIE, R.A. **Developments in meat science**. London: Elsevier, 1988, p. 63-171.

OLIVO, R. **Carne PSE em frangos**. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos). Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, p 97, 1999.

OLIVO, R. **O mundo do frango: cadeia produtiva da carne de frango**. Criciúma, SC: Edição do autor, p. 125, 646 e 653; 2006.

PELOSO, J. V. Qualidade da carne. **Revista Suinocultura Industrial**, São Paulo, v.21, n. 138, p. 34-36, 1999.

RAJ, A.B.M.; GREGORY, N.G. Investigation into the batch stunning/killing of chickens using carbon-dioxide or argon induced hypoxia. **Research Veterinary Science**, v. 49, n.3, p. 364-366, 1990.

RAJ, A.B.M.; GREGORY, N.G.; WILKINS, L.J. Survival rate and carcass downgrading after the stunning with carbon dioxide-argon mixtures. **Veterinary Record**, v. 130, n.15, p. 325-328, 1992.

RAJ, A.B.M. (1999) Effects of stunning and slaughter methods on carcass and meat quality. In: **Proceedings of 25th Poultry Science Symposium**, Bristol, 1997.

SAMS, A.R. Meat quality during processing. **Poultry Science**, v. 78, n.4, p. 798-803, 1999.

UIJTENBOOGAART, T.G. Effects of gas and electrical stunning methods on meat quality In: PROCEEDINGS SATELLITE SYMPOSIUM "Developments of new humane stunning and related processing methods for poultry to improve product quality and consumer acceptability". LAMBOOIJ, E. ed.: EUROPEAN POULTRY MEAT AND EGG QUALITY SYMPOSIA, 1997, WPSA. **Proceedings...** Poznan, Poland : WPSA, 1997.

ZAR, J.H. **Biostatistical analysis**. 4 ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1992. 930 p.

APÊNDICE



Foto 1 - Câmara de insensibilização em atmosfera controlada.

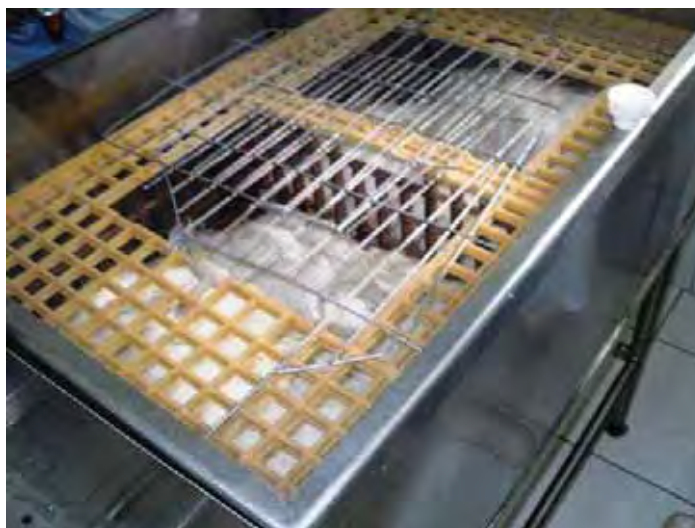


Foto 2 - Processo de insensibilização por atmosfera controlada, com as aves dentro das caixas de transporte.



Foto 3 - Misturador de gases CO₂ e argônio.



Foto 4 - Trilhagem com nórias para pendura dos frangos, equipamento de eletronarcose e calha de sangria.



Foto 5 - Galpão climatizado utilizado para criação dos frangos.



Foto 6 - Vista interna do galpão climatizado, mostrando os boxes contendo as aves de cada tratamento e, no corredor, ao fundo, a estação climatológica, utilizada para controle contínuo da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar.



Foto 7 - Identificação individual das aves, por pulseiras plásticas numeradas colocadas nos pés.



Foto 8 - Frangos sendo pesados, dentro das caixas de transporte.



Foto 9 - Percurso do transporte dos frangos para o abate, entre o galpão climatizado (primeiro plano) e o abatedouro experimental (fundo).



Foto 10 - Transporte dos frangos para o abate, em carreta puxada por trator.



Foto 11 - Após o transporte, os frangos eram deixados dentro do abatedouro experimental, até o momento da insensibilização.



Foto 12 - Aves identificadas penduradas pelos pés em nórias para realização da eletronarcose e sangria.