

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
CAMPUS DE BOTUCATU

**BEM-ESTAR E QUALIDADE DA CARNE DE SUÍNOS ALIMENTADOS COM  
DIETAS CONTENDO MILHO GENETICAMENTE MODIFICADO**

LÚCIO VILELA CARNEIRO GIRÃO

Tese apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia como  
parte das exigências para obtenção do  
Título de Doutor em Zootecnia.

BOTUCATU - SP

Outubro – 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
CAMPUS DE BOTUCATU

**BEM-ESTAR E QUALIDADE DA CARNE DE SUÍNOS ALIMENTADOS COM  
DIETAS CONTENDO MILHO GENETICAMENTE MODIFICADO**

LÚCIO VIELA CARNEIRO GIRÃO  
Zootecnista

ORIENTADOR: PROF. DR. ROBERTO DE OLIVEIRA ROÇA  
COORIENTADOR: PROF. DR. DIRLEI ANTONIO BERTO

Tese apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia como  
parte das exigências para obtenção do  
Título de Doutor em Zootecnia.

BOTUCATU - SP  
Outubro – 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

G521b Girão, Lúcio Vilela Carneiro, 1979-  
Bem-estar e qualidade da carne de suínos alimentados com dietas contendo milho geneticamente modificado / Lúcio Vilela Carneiro Girão. - Botucatu : [s.n.], 2013  
ix, 88 f. : tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2013  
Orientador: Roberto de Oliveira Roça  
Coorientador: Dirlei Antonio Berto  
Inclui bibliografia

1. Suíno. 2. Suíno - Alimentação e rações. 3. Nutrição animal. 4. Milho - Nutrição. 5. Plantas transgênicas. 6. Alimentos geneticamente modificados. I. Roça, Roberto de Oliveira. II. Berto, Dirlei Antonio. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. IV. Título.

*“Ninguém é tão grande que não possa aprender, nem tão pequeno que não possa ensinar.”*

*Autor desconhecido*

*“Uma mente que se abre a uma nova ideia nunca mais retorna ao seu tamanho original”*

*Albert Einstein*

## **DEDICO**

*A DEUS, por me presentear todos os dias com saúde, agradeço por iluminar meus caminhos, dando-me força e motivação para continuar minha caminhada.*

*Aos meus pais Luiz Carneiro de Freitas Girão e Anna Maria Villela Girão, exemplos de perseverança, força, coragem, fé, amor, educação e humildade.*

*Aos meus irmãos Juliano Vilela Carneiro Girão, Lucimara Vilela Carneiro Girão de Carvalho, Leonardo Vilela Carneiro Girão e Jander Vilela Carneiro Girão, presença constante em meu crescimento pessoal e profissional.*

*Aos meus tios José Hilário de Freitas e Souza, Raimundo de Freitas e Souza e Máximo de Freitas e Souza “in memoriam”, pela magnitude de seus princípios morais, éticos e de honestidade.*

*À minha afilhada Ana Clara Girão de Carvalho, pela alegria e graciosidade acrescentada à minha vida.*

*Aos professores, do departamento de zootecnia da Universidade Federal de Lavras, Dr. José Augusto de Freitas Lima e Dr. Elias Tadeu Fialho, pela orientação durante a toda graduação, dedicação, confiança e pela amizade a família Girão, onde se mostraram exemplos de caráter, honestidade e competência. Seus ensinamentos nunca serão esquecidos.*

*Ao professor Dirlei Antonio Berto pela ajuda imprescindível, confiança, sabedoria e amizade.*

*Aos verdadeiros amigos que de alguma forma fizeram-se presentes nos momentos mais importantes de minha vida, contribuindo com conhecimento, experiência, companheirismo, alegria e otimismo.*

*Aos demais familiares e amigos que injustamente não foram citados, porém estão presentes em minha memória todos os dias de minha vida.*

## **HOMENAGEM ESPECIAL**

*Ao Prof. Dr. Roberto de Oliveira Roça, pela preciosa orientação, incondicional dedicação, por compartilhar seu vasto conhecimento e sabedoria. Estes três anos de convívio e amizade só me trouxeram crescimento pessoal e profissional.*

## AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP-Botucatu, por oferecer-me apoio institucional e infra-estruturar necessária para o desenvolvimento das atividades de pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia/UNESP-Botucatu, pela oportunidade de realização deste curso.

Às Fazendas de Ensino, Pesquisa e Produção (FEPP), vinculadas a Faculdade de Ciências Agrônômicas-FCA, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, pela disponibilização de toda infra-estruturar para produção dos milhos dessa pesquisa.

À Fundação de Amparo e Apoio à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão das bolsas de estudos.

Ao Prof. Ass. Dr. Dirlei Antonio Berto, do Departamento de Produção Animal da FMVZ/UNESP-Botucatu, pela disponibilização da infra-estruturar do setor de suinocultura da Fazenda Edgardia UNESP.

Aos professores do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal da FMVZ/UNESP-Botucatu, em especial: Dr. José Roberto Sartori, Dra. Margarida Maria Barros, Dr. Luiz Edivaldo Pezzato e Dr. Antonio Celso Pezzato pelos ensinamentos, amizade, colaboração, incentivo e exemplo de profissionalismo.

Ao Prof. Dr. Pedro de Magalhães Padilha, do Departamento de Química do IBB/UNESP-Botucatu, pelo precioso auxílio.

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação em Zootecnia da FMVZ/UNESP-Botucatu, Posto de Serviço Lageado, Seila Cristina Cassinelli Vieira, pela prestação de serviços nos momentos requeridos.

Aos funcionários do Setor de Suinocultura da FMVZ – UNESP e aos funcionários da fábrica de ração e supervisão de fazendas da FMVZ/UNESP-Botucatu, pelos auxílios prestados, Paulo Sérgio dos Santos, José Antônio Franco, Adriano e Marcão, pela amizade e importante ajuda na condução do experimento.

Aos funcionários do Departamento de Economia, Sociologia e Tecnologia da FMVZ/UNESP-Botucatu, Marcos Norberto Tavares, João Antonio Gomes Filho, Nilton da Silva, Maria Cecília Dos Santos, Wilson Emilio e Maria Aparecida (Dona Cida), pela amizade, atenção e auxílio.

Aos funcionários do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal da FMVZ/UNESP-Botucatu, Luis Carlos Fernandes, Silene Vitoratti Mamede, pela atenção e auxílio.

Aos meus amigos, Gilney Fernandes Lima, Breno Assunção e Pablo Assunção, Marllon Chalfun e Maykon Chalfun, Diogo Louzada, Vitor Barbosa Fascina, Caroline Pelegrina Teixeira, Fabyola Barros de Carvalho, Daniella Aparecida Berto, Ernani Nery de Andrade, Cleise Sigarini, Natália Bortoleto Athayde, Rosangela do Nascimento Fernandes, Érica Regina Sernagiotto, pela alegre convivência e preciosa amizade.

À minha namorada Ana Cristina Stradiotti pelo exemplo de força, comprometimento, dedicação, transparência, humildade, paciência, pelos momentos maravilhosos vividos e ainda por viver, pela “intensidade do seu ser”, pela alegria que transborda de sua essência, pelos desafios constantes trazidos às nossas vidas e o mais importante de tudo ao nosso amor.

Ao meu sogro Luiz Carlos Stradiotti e seus filhos Alessandra Stradiotti, Luiz Carlos Stradiotti Filho, agradeço todos os dias de minha vida por conviver com pessoas tão especiais.

À minha grande amiga Natália Bortoleto Athayde, exemplo de educação, inteligência, companheirismo, amizade, profissionalismo, dedicação e perseverança, que continuemos cultivando essa amizade tão especial para o resto de nossas vidas.

Aos meus “pais” de consideração Eduardo Athayde e Margarete Athayde, agradeço todos os dias pelos os ótimos exemplos de vida.

Ao meu grande amigo e companheiro Ernani Nery de Andrade, responsável pela minha entrada ao grupo do professor Roberto de Oliveira Roça, que continuemos nossa amizade para o resto de nossas vidas.

À amiga Julianna Zilocchi Miguel pelas conversas, conselhos e experiências passadas nesses três anos de ótima convivência.

A toda a equipe do Laboratório de Tecnologia da FCA/UNESP-Botucatu, que me receberam de braços abertos, Ana Beatriz Garcia Faitarone, Angelo Polizel Neto, Carolina Toledo Santos, Hélio de Almeida Ricardo, Caio Vacilloto Zuim, Nara Laiane Casagrande Delbem, Quézia Pereira Borges da Costa, Aurélia Pereira de Araújo, Marcelo Henrique Faria, pela amizade, incentivo e apoio.

Aos demais colegas não citados, que não se considerem menos importantes e injustiçados, pois merecem igual agradecimento e respeito.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização desse mais esse sonho realizado, que marcará a minha história.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
Capítulo 1.....	<b>1</b>
Considerações iniciais.....	<b>2</b>
1. Introdução.....	<b>2</b>
1.1. Organismos geneticamente modificado.....	<b>2</b>
1.2. Plantio de organismos geneticamente modificados.....	<b>4</b>
1.3. Plantio no Brasil de organismos geneticamente modificados.....	<b>4</b>
1.4. Rações produzidas com plantas geneticamente modificadas.....	<b>5</b>
1.5. Indicadores fisiológicos do estresse.....	<b>7</b>
1.6. Qualidade da carne.....	<b>8</b>
2. Referências bibliográficas .....	<b>9</b>
Capítulo 2.....	<b>12</b>
Desempenho, digestibilidade aparente e balanço de nitrogênio de suínos alimentados com milhos híbridos comuns e transgênicos.....	<b>13</b>
Resumo.....	<b>13</b>
Abstract.....	<b>14</b>
Introdução.....	<b>15</b>
Material e métodos.....	<b>17</b>
Digestibilidade aparente, balanço de nitrogênio e energético.....	<b>17</b>
Localização.....	<b>17</b>
Plantio, colheita e beneficiamento.....	<b>17</b>
Digestibilidade aparente.....	<b>20</b>
Análises estatísticas.....	<b>26</b>
Desempenho.....	<b>26</b>
Animais.....	<b>26</b>
Arraçoadamento.....	<b>27</b>
Análises estatísticas.....	<b>30</b>
Resultados.....	<b>30</b>
Discussão .....	<b>37</b>
Conclusão.....	<b>44</b>
Literatura citada.....	<b>44</b>
Capítulo 3.....	<b>50</b>
Influência de milhos transgênicos sobre os indicadores de bem-estar e qualidade de carne de suínos nas fases de crescimento e terminação.....	<b>51</b>
Resumo.....	<b>51</b>
Abstract.....	<b>52</b>
Introdução.....	<b>53</b>
Material e métodos.....	<b>55</b>
Localização.....	<b>55</b>
Manejo pré-abate.....	<b>57</b>
Indicativos fisiológicos do estresse.....	<b>60</b>
Parâmetros sanguíneos.....	<b>61</b>
Avaliação da qualidade.....	<b>62</b>
Análises estatísticas.....	<b>66</b>
Resultados.....	<b>67</b>
Discussão .....	<b>72</b>
Conclusão.....	<b>78</b>
Literatura citada.....	<b>78</b>
Capítulo 4.....	<b>85</b>
Implicações.....	<b>86</b>

## LISTA DE TABELAS

	Página
<b>Capítulo 2</b>	
<b>Tabela 1.</b> Composição percentual da ração basal utilizada no experimento de digestibilidade aparente para suínos de 50-70 kg de peso vivo e nível de substituição de 60:40% (ração basal:ingrediente teste).....	22
<b>Tabela 2.</b> Valores nutricionais calculados e determinados dos milhos híbridos 2B587 <sup>®</sup> , 2B587Hx <sup>®</sup> e 2B707Hx <sup>®</sup> , farinha de carne e ossos (FCO), levedura inativa seca (LEV) e hemácias (HEM).....	23
<b>Tabela 3.</b> Composição percentual, determinada e calculada das rações de crescimento I, crescimento II e terminação, utilizadas no experimento de desempenho.....	29
<b>Tabela 4.</b> Valores nutricionais calculados, determinados, coeficiente de digestibilidade aparente e balanço de nitrogênio da ração basal (referência).....	32
<b>Tabela 5.</b> Médias, coeficiente de variação e erro padrão dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB), do extrato etéreo (CDEE), da energia bruta (CDEB), matéria seca digestível (MSD), proteína digestível (PD), extrato etéreo digestível (EED), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) das dietas experimentais fornecidas.....	33
<b>Tabela 6.</b> Médias, coeficiente de variação e erro padrão da matéria seca digestível (MSD), proteína digestível (PD), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) dos milhos experimentais.....	34
<b>Tabela 7.</b> Médias, coeficiente de variação e erro padrão do nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio excretado nas fezes (NF), nitrogênio excretado na urina (NEU), retenção de nitrogênio (RN), nitrogênio absorvido (NABg), nitrogênio retido (NR), porcentagem de nitrogênio absorvido (NAB) e porcentagem de nitrogênio retido em relação ao absorvido (NRA) em função das rações experimentais.....	35
<b>Tabela 8.</b> Médias, coeficiente de variação e erro padrão do consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar(CA) de suínos alimentados com rações de crescimento I (30-50 kg), crescimento II (50-70 kg) e terminação (70-100 kg), fornecidas e avaliadas durante os períodos experimentais 0 a 26 dias, 0 a 56 dias e 0 a 72 dias, respectivamente.....	36
<b>Capítulo 3</b>	
<b>Tabela 1.</b> Composição percentual das rações de crescimento I, crescimento II e terminação, utilizadas no experimento.....	58
<b>Tabela 2.</b> Valores nutricionais calculados e determinados dos ingredientes: milhos 2B587 <sup>®</sup> , 2B587Hx <sup>®</sup> e 2B707Hx <sup>®</sup> , farinha de carne e ossos (FCO), levedura inativa seca (LEV) e hemácias (HEM).....	59
<b>Tabela 3.</b> Classificação da qualidade de carne suína por meio do pH (pH <sub>u</sub> ) e cor objetiva (L*).....	65
<b>Tabela 4.</b> Médias, coeficiente de variação e erro padrão médio dos parâmetros de qualidade e características de carcaça, pH inicial (pH <sub>i</sub> ), pH final (pH <sub>u</sub> ), temperatura final da carcaça (Temp <sub>u</sub> ), cor (L* a* e b*), perda de água por exsudação, perda de água por cocção, força de cisalhamento, umidade, proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral, peso ao abate, peso de carcaça quente, rendimento de carcaça, perda de água da carcaça, espessura de gordura subcutânea, profundidade do <i>M. longissimus thoracis</i> e área de olho de lombo de suínos recebendo diferentes dietas contendo milhos híbridos comuns e transgênicos.....	68
<b>Tabela 5.</b> Médias, coeficiente de variação e desvio padrão médio dos parâmetros sanguíneos de hematócrito (HEMAT), hemoglobina (HEMO), hemácias (HEMA), volume corpuscular médio (VCM), hemoglobina corpuscular média (HCM), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM), leucócitos (LEUC), bastões (BAST), neutrófilos segmentados (SEG), eosinófilos (EOS), linfócitos (LINF), monócitos (MONO), basófilos (BASO), plaquetas, proteína plasmática total (PPT), determinados em suínos hígidos no início (controle), aos 36 e 72 dias de experimento, recebendo rações contendo milho híbrido comum ou transgênico.....	70
<b>Tabela 6</b> Médias, coeficiente de variação e desvio padrão médio dos parâmetros fisiológicos do estresse cortisol e creatina fosfoquinase (CPK) determinados em suínos hígidos no início (adicional controle), aos 36 e 72 dias de experimento, recebendo rações contendo milho híbrido comum ou transgênico.....	71

## **CAPÍTULO 1**

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

### 1. INTRODUÇÃO

A tecnologia aplicada à agropecuária é uma das melhores alternativas a serem aplicadas para aumentar a produtividade e a produção de alimentos. O melhoramento genético de plantas e animais na busca pela melhoria da qualidade e quantidade de alimentos constitui solução importante ao problema de suprimento de alimentos no mundo.

Segundo Vercesi et al. (2009), o uso de ingredientes derivados de transgênicos na produção de rações para animais como: plantas geneticamente modificadas e seus derivados, bem como enzimas de microrganismos geneticamente modificados, são amplamente usados na preparação de rações animais. Neste sentido, a perspectiva de segurança dos alimentos mudou, levando a uma maior preocupação de rastrear os possíveis interferentes na qualidade das rações animais, pois estas têm ligação direta com a segurança do alimento humano.

#### 1.1. Organismos geneticamente modificados

Os transgênicos, também conhecidos como organismos geneticamente modificados (OGM), são animais, plantas ou microrganismos que receberam genes desejáveis de outras espécies ou mesmo de outros reinos, onde pelo melhoramento genético clássico não seria possível, gerando assim organismos melhorados geneticamente em relação aos organismos naturais. Resultados na área de transgenia são alcançados desde a década de 1970, por meio do desenvolvimento da técnica do DNA recombinante. A manipulação genética recombina características de um ou mais organismos de forma que provavelmente não aconteceria na natureza.

Um exemplo dessa manipulação genética é a utilização do gene *Cry*, provindo da espécie bacteriana presente no solo *Bacillus thuringiensis*, conhecida pela sua forma abreviada *Bt*. Esta bactéria possui distribuição cosmopolita, sendo encontrada nos mais diversos ecossistemas do planeta (LOGUERCIO et al., 2002). O gênero *Bacillus* possui fase de esporulação característica no seu desenvolvimento, na qual o esporo bacteriano e cristais protéicos são simultaneamente formados, sendo estes últimos sob forma de inclusões parasporais (LOGUERCIO et al., 2002). Tais cristais em *Bt*, também

chamados de  $\delta$ -endotoxinas, ou ICPs (do inglês *insecticidal crystal proteins*), são codificados pelos chamados genes *Cry* e foram utilizadas na formulação de *sprays* bioinseticidas comerciais. O interesse na proteína inseticida *Cry* está relacionado à alta especificidade em relação às espécies-alvo de insetos. A especificidade dessas toxinas deve-se a co-evolução de proteínas receptoras de superfície no intestino médio (mesentero) dos insetos-alvo sensíveis; esses receptores ligam-se de forma específica às  $\delta$ -endotoxinas, modificando sua conformação e causando vazamento de íons e dano osmótico das células, o que conduz, conseqüentemente, à desintegração do mesentero e a morte do inseto (LOGUERCIO et al., 2002). Esse efeito tóxico seletivo não se estende a outros organismos que não tenham tais receptores compatíveis, tornando as ICPs inertes a seres humanos, peixes, animais selvagens e a outros insetos benéficos (inimigos naturais). Diversas formas dessas  $\delta$ -endotoxinas são sintetizadas em diversas combinações por várias diferentes cepas de *Bt* identificadas e catalogadas (CRICKMORE et al., 1998), os quais possuem distintos espectros, especificidades e eficiências de ação inseticida. Contudo, apesar do custo baixo e da segurança ambiental oferecido por esse sistema de controle biológico, os *sprays* bioinseticidas do tipo *Thuricide*<sup>®</sup>, nunca ocuparam fatia significativa do mercado de inseticidas, tendo sido predominantemente utilizados em sistemas de agricultura orgânica e manejo de florestas.

A partir década de 1970, por meio do desenvolvimento da técnica do DNA recombinante, foi possível inserir e utilizar os benefícios dos genes *Cry* em culturas como milho e soja (CRICKMORE et al., 1998). As plantas de milho geneticamente modificadas foram capazes de produzir a proteína *CryIF* e combater de forma seletiva a lagarta-do-cartucho (ordem: Lepidoptera; espécie: *Spodoptera frugiperda*), maior causadora de prejuízos produtivos as culturas do milho segundo Cruz (1995). Sendo assim, as lavouras de milho dispensaram a aplicação de inseticidas, diminuindo o uso de agrotóxicos, beneficiando diretamente ou indiretamente o ambiente.

O cultivo de plantas transgênicas, assim como o consumo humano e animal de seus derivados é recente, constituindo tema sobre o qual predominam discussões científicas, éticas, econômicas e políticas. Mundialmente há debate sobre os impactos dos OGMs na saúde humana, animal e ao ambiente, além da possível reformulação nos modelos de exploração agrícola no mundo.

## 1.2. Plantio de organismos geneticamente modificados

As primeiras plantas transgênicas foram desenvolvidas em laboratórios da Europa, China e EUA na década de 80. Na mesma década, realizaram-se os primeiros testes de campo com plantas transgênicas (CUNHA, 2005). A empresa Monsanto<sup>®</sup>, nesse período, realizou o primeiro passo em relação às outras grandes empresas de sementes, pois apresentou a primeira planta transgênica alimentícia, a soja com tolerância ao herbicida glifosato (MATHIAS, 1999).

Na década de 90 foi comercializado o primeiro produto alimentício transgênico denominado “tomate *FlavrSavr*” da empresa norte-americana Calgene<sup>®</sup> (BORÉM e COSTA, 2003), mas após 1995, outras culturas geneticamente modificadas chegaram ao mercado. O milho, o algodão, a soja *Roundup Ready*<sup>®</sup> e a canóla da Monsanto<sup>®</sup>, e diversas variedades de batata que tiveram características específicas adquiridas pela tecnologia de DNA recombinante estavam sendo plantados em solos norte-americanos (CUNHA, 2005). Além disso, após 1998 foram lançadas outras sementes de plantas transgênicas por empresas como Astra Zeneca<sup>®</sup>, DuPont<sup>®</sup>, Monsanto<sup>®</sup>, Novartis e Aventis<sup>®</sup> (CUNHA, 2005).

Hoje, as plantas transgênicas são realidade em mais de 29 países, entre eles os EUA, Brasil, Argentina, Índia, Canadá, África do Sul, Itália, China, Colômbia e Espanha, nos quais já existiam 170,0 milhões de hectares cultivados com transgênicos em 2012 (JAMES, 2013). Houve crescimento no cultivo de plantas transgênicas em 2012, tendendo a aumentar cada vez mais, já que com essa tecnologia pode-se reduzir os custos de produção e sem prejuízos ao ambiente, devido à menor utilização de agrotóxicos.

## 1.3. Plantio no Brasil de organismos geneticamente modificados

Na década de 80, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), alavancou pesquisas e investiu nessa biotecnologia, desenvolvendo pesquisas ligadas a esse tema no país. O estabelecimento da primeira equipe de pesquisadores que iniciaram o desenvolvimento de tecnologias para obtenção de plantas transgênicas ocorreu na Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília (DF). Hoje, vários laboratórios

no Brasil estão trabalhando com plantas geneticamente modificadas, incluindo diferentes centros de pesquisa da Embrapa e universidades e empresas privadas.

A aprovação do plantio comercial de milho geneticamente modificado aconteceu a partir da normativa nº3, de 16 de Agosto de 2007 (BRASIL, 2007). Criada pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança-CTNBio propiciando assim o plantio de milho híbrido geneticamente modificado na safra 2008/2009. Até julho de 2013, foram aprovados no Brasil, pela CTNBio-Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), dezenove eventos de milhos híbridos geneticamente modificados, tolerantes a herbicidas e resistentes a insetos-praga.

Em 2012 foram cultivados 170 milhões de hectares com transgênicos, crescimento de 10 milhões de hectares em relação a 2011 (JAMES, 2013). O cenário de crescimento e adoção da tecnologia faz com que o Brasil, seja o segundo no mundo em área plantada com OGM. Em 2012 foram cultivados no Brasil 36,6 milhões de hectares de lavouras transgênicas, com crescimento de 18% em relação a 2011, concretizando seu lugar entre os países que mais utilizam a tecnologia dos organismos geneticamente modificados, atrás somente dos Estados Unidos, que cultivaram 69 milhões de hectares. Dos 36,6 milhões de hectares de lavouras OGM no Brasil, 12,2 milhões foram cultivados com milho GM, o que correspondeu a 76,1% de toda área plantada com milho no país (JAMES, 2013).

O melhoramento convencional, quanto a modificação genética têm beneficiado a agricultura, pois tornam os alimentos como carne, leite e ovos, mais abundantes e menos onerosos. Neste contexto, as rações animais têm recebido importante contribuição percentual dessa biotecnologia, pois por meio da técnica do DNA recombinante, se desenvolveu as modificações genéticas nos ingredientes base das rações atuais, principalmente o milho e a soja.

#### **1.4. Rações produzidas com plantas geneticamente modificadas**

Nos EUA as plantas geneticamente modificadas estão liberadas para plantio comercial e consumo desde 1996. O órgão americano responsável em testar a segurança dos alimentos e medicamentos, o FDA (Food and Drug Administration), garante que os alimentos para humanos ou rações para animais derivados de plantas geneticamente

modificadas, são seguros mais de 40 plantas geneticamente modificadas foram aprovadas para comercialização nos EUA.

Estudos sugerem que o DNA das plantas ultrapassa a barreira natural intestinal, sendo detectados em tecidos e produtos de frangos de corte (AESCHBACHER et al., 2005), suínos (MAZZA et al., 2005) e ruminantes (NEMETH et al., 2004). Questiona-se a possibilidade de transposição do DNA de plantas não transgênicas pelo epitélio intestinal de animais na forma íntegra (TUDISCO et al., 2010), pode ocorrer à transposição de genes utilizados para elaboração dos eventos transgênicos de milho. Além disso, a molécula do DNA é estável e poderia sobreviver a extremas condições ambientais, podendo ser detectada em materiais orgânicos remanescentes após milhares de anos (REUTER et al., 2005).

Avaliando os efeitos em longo prazo da alimentação com milhos híbridos transgênicos (evento *NK603*) em ratos Séralini et al. (2012), reacendeu o debate mundial sobre os impactos dos OGMs à saúde humana, animal e ao ambiente. Duzentos ratos foram alimentados durante dois anos de três maneiras distintas: apenas com milho híbrido transgênico (evento *NK603*), com milho híbrido transgênico (evento *NK603*) tratado com *Roundup*<sup>®</sup> e milho híbrido convencional, não alterado geneticamente tratado com *Roundup*<sup>®</sup>, ambos os produtos o evento de milho *NK603* e o herbicida são comercializados pelo grupo americano *Monsanto*<sup>®</sup>. Os resultados mostraram o crescimento de tumores no abdômen dos machos e nas glândulas mamárias de fêmeas, alimentados com milho híbrido transgênico tratado com herbicida, evento *NK603*. Os autores argumentam que houve alterações metabólicas em ratos, devido à alimentação prolongada de milhos híbridos transgênicos e propõem avaliação criteriosa de OGMs e seus potenciais efeitos tóxicos na alimentação animal e humana em longo prazo.

Contrariamente, estudos sobre alimentação de bovinos, suínos e aves com rações contendo soja e milho, resistentes a insetos e herbicidas, mostraram ausência de efeitos adversos nos animais alimentados com transgênicos (DONKIN et al., 2003; IPHARRAQUERRE et al., 2003; CASTILLO et al., 2004; CROMWELL et al., 2005; CALSAMIGLIA et al., 2007).

Deve-se ressaltar que algumas pesquisas elegeram parâmetros produtivos quantitativos e não específicos, por exemplo: ganho de peso, ingestão alimentar, conversão alimentar, produção de leite, fermentação no rúmen, taxa de crescimento e

características da carcaça (VERCESI; RAVAGNANI; DI CIERO, 2009). Neste caso, será que realmente esses animais estavam em condição de saúde? Existem outros parâmetros que poderiam ser analisados, complementando o diagnóstico da condição real dos animais expostos a essa nova tecnologia. Neste sentido, seria importante trabalhar com indicativos relacionados a fisiologia do animal, como por exemplo, a avaliação dos parâmetros sanguíneos e fisiológicos do estresse, dosagem do hormônio cortisol, atividade da enzima creatina fosfoquinase, lactato transferase, dentre outros.

### **1.5. Indicadores fisiológicos do estresse**

O estresse pode ser desencadeado por vários fatores e geralmente estes são chamados de agentes estressores, como fome, dor, calor/frio, ansiedade e medo.

Classicamente, um agente estressor é aquele que possui a capacidade de alterar a homeostasia, provocando a ativação do eixo hipotalâmico-hipofisário-adrenal. O agente estressor inicialmente provoca estímulo nervoso que chega ao cérebro, mais precisamente no hipotálamo, promovendo a liberação do hormônio liberador de corticotropina (CRH) no núcleo paraventricular. O CRH irá atuar sobre a adenohipófise estimulando a produção e secreção do hormônio adrenocorticotrópico (ACTH) e de  $\beta$ -endorfinas, sendo que o ACTH irá por meio da circulação sanguínea até o córtex adrenal estimular a secreção de glicocorticóides, principalmente cortisol ou corticosterona. O sistema nervoso simpático também é ativado, estimulando a liberação de adrenalina e noradrenalina nos terminais nervosos simpáticos e na medula adrenal (DUKES e SWENSON, 1996).

Deve-se ressaltar que altos níveis de cortisol, geralmente, estão associados a condições de estresse psicológico (medo e apreensão). Por outro lado, condições de estresse físico (fadiga muscular) proporcionam o aumento da atividade de certas enzimas, por exemplo, a creatina fosfoquinase, envolvida no processo metabólico de obtenção de energia (WARRIS et al., 1998).

Assim, estes poderiam ser parâmetros importantes no diagnóstico dos efeitos promovidos pelos eventos de milhos transgênicos utilizados neste estudo. Sendo que, caso haja alguma alteração nestes parâmetros poderiam se tornar ótimos indicativos da alteração no bem-estar dos suínos criados do crescimento até a terminação.

## 1.6. Qualidade da carne

O conceito de qualidade de carne é amplo e complexo, definido por características objetivas e subjetivas (ATHAYDE et al., 2012). As características objetivas abrangem as físicas, nutricionais e higiênicas (PELOSO, 2002), enquanto que as subjetivas englobam os aspectos sensoriais, apresentação e forma de exposição do produto. Estas variáveis são dependentes da temperatura e velocidade de resfriamento do tecido muscular após o abate, podendo ser avaliada por meio de parâmetros físico-químicos (pH, cor, perdas por exsudação, perdas por cocção, capacidade de retenção de água, gordura intramuscular e maciez), visual (marmorização) e por métodos sensoriais (suculência, aparência da carne e resistência a mastigação) (CULAU; OURIQUE; NICOLAIEWSKY, 1993; BROWN et al., 1999; NANNI COSTA et al., 2002).

Estudos mostram que o consumo de alimentos transgênicos pelos suínos nas fases de crescimento e terminação não influenciam as características de carcaça (SPENCER et al., 2000a, 2000b), porém, as informações relacionadas ao consumo de alimentos transgênicos e alteração na qualidade da carne de suínos são meramente especulativas e de cunho não científico.

Os Capítulos 2 e 3, intitulados “**Digestibilidade aparente, balanço de nitrogênio e desempenho de suínos alimentados com milhos híbridos comuns e transgênicos**” e “**Influência de milhos transgênicos sobre os indicadores de bem-estar e qualidade de carne de suínos nas fases de crescimento e terminação**”, respectivamente, estão com redação provisória de acordo com as normas para publicação do *Journal of Animal Science*.

## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESCHBACHER, K. et al. Bt176 corn in poultry nutrition: physiological characteristics and fate of recombinant plant DNA in chickens. **Poultry Science**, v. 84, p. 385-394, 2005.

ATHAYDE, N. B. et al. Meat quality of swine supplemented with ractopamine under commercial conditions in Brazil. **J. Anim. Sci.** v.90(12):4604–4610, 2012.

BORÉM, A.; COSTA, N. M. B. **Biotecnologia e Nutrição: Saiba como o DNA pode enriquecer os alimentos**. São Paulo: Nobel, p. 10-50, 2003.

BRASIL, Ministério da Agricultura/Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio. Dispõe sobre as normas de monitoramento de milho geneticamente modificado em uso comercial. **Resolução Normativa Nº 3**, de 16 de agosto de 2007.

BROWN, S. N. et al. Relationship between food deprivation before transport and aggression in pigs held in lairage before slaughter. **Veterinary Record**, London, v. 145, p. 630-634, 1999.

CALSAMIGLIA, S. et al. Effects of corn silage derived from genetically modified variety containing two transgenes on feed intake, milk production, and composition, and the absence of detectable transgenic deoxyribonucleic acid in milk in Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 4718-4723, 2007.

CASTILLO, A. R. et al. Effects of feeding rations with genetically modified whole cottonseed to lactating Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 6, p. 1778-1785, 2004.

CRICKMORE, N. et al. Revision of the Nomenclature for the *Bacillus thuringiensis* Pesticidal Crystal Proteins. **Microbiology and Molecular Biology Reviews**, v. 62 p. 807-813, 1998.

CRUZ, I. A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. **Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS**, (EMBRAPA/CNPMS, Circular Técnica, 21), 1995.

CROMWELL, G. L. et al. Glufosinate herbicide-tolerant (LibertyLink) rice vs. conventional rice in diets for growing-finishing swine. **Journal of Animal Science**, v. 83, n. 5, p. 1068-1074, 2005.

CULAU, P. O. V.; OURIQUE, J. M. R.; NICOLAIEWSKY, S. Efeito do manejo pré-abate sobre a incidência de PSE e DFD em suínos. **Archives Latinoamerican of Production Animal**, Porto Rico, v. 1, n. 2, p. 139-146, 1993.

CUNHA, L. F. **Transgênicos: Revolução à vista**. Globo Rural. São Paulo: Globo, ano. 20, n. 234, p. 42-45. abr. 2005.

DONKIN, S. S. et al. Effects of feeding silage and grain from glyphosate-tolerant or insect-protected corn hybrids on feed intake, ruminal digestion, and milk production in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**. v. 86, n. 5, p. 1780-1788, 2003.

DUKES, H. H.; SWENSON, H. J. **Fisiologia dos animais domésticos**. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996. 856 p.

FDA – FOOD AND DRUG ADMINISTRATION - **Guidance for industry voluntary labeling indicating whether foods have or have Not been developed using bioengineering**. 2001. Acesso em 18 de julho de 2013. Disponível em <http://www.fda.gov/Food/GuidanceRegulation/GuidanceDocumentsRegulatoryInformation/LabelingNutrition/ucm059098.htm>

IPHARRAQUERRE, I. R. et al. Performance of lactating dairy cows fed corn as whole plant silage and grain produced from a glyphosate-tolerant hybrid (event NK603). **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 1734-1741, 2003.

JAMES, CLIVE. **Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2013**. ISAAA Brief 43- 2013: Status Global das Variedades Transgênicas/Biotecnológicas Comerciais: 2013. Disponível em: <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/43/highlights/pdf/Brief%2043%20-%20Highlights%20-%20Portuguese.pdf> Acesso em: 01 de Agosto de 2013.

LOGUERCIO, L. L.; CARNEIRO, N. P.; CARNEIRO, A. A. MILHO Bt Alternativa biotecnológica para controle biológico de insetos-praga. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento** - nº 24- janeiro/fevereiro, 2002.

MAZZA, R. et al. Assessing the transfer of genetically modified DNA from feed to animal tissues. **Transgenic Research**, v. 5, p. 775-84, 2005.

MATHIAS, J. Biotecnologia: Alimentos Transgênicos. **Análise Setorial**, Panorama Setorial: GazetaMercantil, v. 1, 1999, p. 12.

NANNI COSTA, L. et al. Combined effects of pre-slaughter treatments and lairage time on carcass and meat quality in pigs of different halothane genotype. **Meat Science**, Kidlington, v. 61, p. 41-47, 2002.

NEMETH, A. et al. Sensitive PCR analysis of animal tissue samples for fragments of endogenous and transgenic plant DNA. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 52, v.20, 6129-35, 2004.

PELOSO, J. V. Influência do jejum pré-abate sobre a condição muscular em suínos e seus efeitos na qualidade final da carne para industrialização. In: CONFERÊNCIA VIRTUAL INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DA CARNE SUÍNA, v. 2. 2001, Concórdia. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, p. 385-392, 2002.

REUTER, T. et al. Detection of feed-ingested plant DNA fragments in a raw meat product for human consumption. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 85, n. 4, 2005.

SÉRALINI, GILLES-ERIC. et al. Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. **Food and Chemical Toxicology**, v. 50, Issue 11, p. 4221-4231, 2012.

SPENCER, J. D.; ALLEE, G. L.; SAUBER, T. E. Phosphorus availability and digestibility of normal and genetically modified low-phytate corn for pigs. **Journal of Animal Science**, v. 78, p. 675-681, 2000a.

SPENCER, J. D.; ALLEE, G. L.; SAUBER, T. E. Growing-finishing performance and carcass characteristics of pigs fed normal and genetically modified low-phytate corn. **Journal of Animal Science**, v. 78, p. 1529-1536, 2000b.

TUDISCO, R. et al. Detection of plant species-specific DNA (barley and soybean) in blood, muscle tissue, organs and gastrointestinal contents of rabbit. **World Rabbit Science**, v. 18, p. 83-90, 2010.

VERCESI, A. E.; RAVAGNANI, F. G.; DI CIERO, L. Uso de ingredientes provenientes de OGM em rações e seu impacto na produção de alimentos de origem animal para humanos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, p. 441-449, 2009.

WARRIS, P. D. et al. An analysis of data relating to pig carcass quality and indices of stress collected in the European Union. **Meat Science**, v. 49, n.2, p. 137-144, 1998.

## **CAPÍTULO 2**

## **Digestibilidade aparente, balanço de nitrogênio e desempenho de suínos alimentados com milho híbrido comum e transgênico**

### **RESUMO**

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio e desempenho de suínos nas fases de crescimento e terminação alimentados com dietas contendo milho híbrido comum e geneticamente modificado. Foram realizados dois experimentos: digestibilidade aparente das rações contendo híbridos de milho comum e transgênicos, e desempenho de suínos nas fases de crescimento e terminação alimentados com transgênicos. O delineamento do experimento da digestibilidade aparente foi em blocos (DBC) com quatro tratamentos, sete repetições, totalizando 28 animais mestiços (LD x LW) com peso médio inicial de  $50 \pm 1,1$  kg, sendo a unidade experimental o animal; e o desempenho teve delineamento em blocos casualizados (DBC) com três tratamentos e dez repetições totalizando 60 animais mestiços, machos castrados e fêmeas (LD x LW) com peso médio inicial de  $30 \pm 2,2$  kg, sendo a unidade experimental a baía contendo dois animais. Os tratamentos do experimento digestibilidade foram: R1- ração basal (referência) contendo milho híbrido variedade 2B587<sup>®</sup>; R2- 60% da R1 e 40% do milho híbrido comum variedade 2B587<sup>®</sup>; R3- 60% da R1 e 40% do milho híbrido transgênico 2B587Hx<sup>®</sup> e R4- 60% da R1 e 40% do milho híbrido transgênico 2B707Hx<sup>®</sup>. Os tratamentos do experimento de desempenho foram: D1- ração contendo milho híbrido comum variedade 2B587<sup>®</sup>; D2- ração contendo milho híbrido transgênico variedade 2B587Hx<sup>®</sup> e D3- ração contendo milho híbrido transgênico variedade 2B707Hx<sup>®</sup>. Os dados obtidos foram analisados utilizando-se o *software* estatístico SAS. Não foram observadas diferenças entre os milhos híbridos comuns em relação aos transgênicos para os parâmetros de digestibilidade dos milhos e variáveis de desempenho ( $P > 0,05$ ). Foram encontrados efeitos sobre o balanço de nitrogênio e digestibilidade das rações ( $P < 0,05$ ), porém acredita-se que estes resultados não estejam ligados diretamente a presença do gene transgênico *Cry*. Conclui-se que não houve diferença na digestibilidade dos nutrientes, balanço energético e ao desempenho, apenas o balanço de nitrogênio foi alterado nos suínos na fase de crescimento alimentados com milhos híbridos transgênicos.

**Palavras-chave:** biotecnologia, milhos transgênicos, suinocultura.

**Apparent digestibility, nitrogen balance and performance of pigs diets containing corn hybrid common and transgenic**

**ABSTRACT**

This research aimed to evaluate nutrient digestibility, nitrogen balance and performance of pigs in the growing and finishing phases. They were fed with diets containing hybrid common corn and genetically modified corn. Two experiments were conducted: apparent digestibility of diets containing hybrid common corn and transgenic corn, and performance evaluation of pigs fed with diets containing hybrid common corn and transgenic corn, in the growing and finishing phases. The design of the apparent digestibility experiment was in blocks using four treatments and seven replications totaling 28 crossbred (LW x LD) animals with an initial BW of  $50 \pm 1.1$  kg. The animal was considered the experimental unit. The performance experiment added was randomized block design using with three treatments and ten replications. There were 60 crossbred barrows and gilts (LW x LD) animals with an average initial weight of  $30 \pm 2.2$  kg. The experimental unit was the pen containing two animals. The digestibility experiment treatments were: reference diet-R1 containing hybrid corn (2B587<sup>®</sup>); R2- 60% of R1 and 40% of common hybrid corn (2B587<sup>®</sup>), R3- 60% of R1 and 40% of transgenic hybrid corn (2B587Hx<sup>®</sup>), and R4- 60% of R1 and 40% of transgenic hybrid corn (2B707Hx<sup>®</sup>). Performance experiment treatments were: D1-ration containing common hybrid corn (2B587<sup>®</sup>); D2-ration containing transgenic hybrid corn (2B587Hx<sup>®</sup>) and D3-ration containing transgenic hybrid corn (2B707Hx<sup>®</sup>). The data were analyzed using the SAS statistical software. No differences were observed between common hybrid corn and transgenic hybrid corn for corn digestibility parameters and performance variables ( $P > 0.05$ ). Effects were found in nitrogen balance and digestibility ( $P < 0.05$ ), probably these results are not directly linked to the presence of the Cry transgenic gene. It was concluded that there was no difference in nutrient digestibility, energy balance and performance, just the nitrogen balance was altered in pigs during the growing phase fed with transgenic hybrid corns.

**Key words:** biotechnology, swine production, transgenic corn.

## INTRODUÇÃO

A presença de organismos geneticamente modificados (GM) nos ingredientes da cadeia alimentar humana preocupa os consumidores sobre possíveis efeitos a saúde (Dona e Arvanitoyannis, 2009; Martinez-Poveda et al., 2009). Os transgênicos, organismos geneticamente modificados (OGM), são plantas que receberam genes desejáveis de outra espécie ou reino, o que não seria possível apenas com o melhoramento genético clássico. A manipulação genética recombina características hereditárias de um ou mais organismos de forma não natural. Podem ser combinados os DNAs de organismos que não se cruzariam por métodos naturais, a exemplo dos eventos (termo utilizado para denominar milhos GM). Os milhos utilizados nesta pesquisa foram obtidos pela técnica de DNA recombinante por meio da inserção do gene *Cry*, responsável pela produção da proteína *CryIF* oriunda do *B. thuringiensis* (*Bt*), bactéria gram positiva da família *Bacillaceae* (Crickmore et al., 1998).

A proteína *CryIF* é uma  $\delta$ -endotoxina que ao ser ingerido pelo inseto-alvo, a lagarta-do-cartucho (ordem: Lepidoptera; espécie: *Spodoptera frugiperda*) ocorre à ligação seletiva aos sítios específicos localizados na membrana do intestino médio. Após a ligação, são formados poros que interrompem o fluxo de íons no intestino médio, causando a paralisia do intestino e morte da lagarta (Crickmore et al., 1998). Com isso, o milho dispensa a aplicação de alguns inseticidas, diminuindo o uso de agrotóxicos, o que pode contribuir para a redução do custo de produção e o impacto ambiental.

A adoção da biotecnologia dos transgênicos tem propiciado aumentos produtivos significativos às culturas, principalmente milho e soja. Além disso, permite reduzir os custos de produção, conseqüentemente, estimulam a redução dos preços dos alimentos, principalmente produtos de origem animal.

Todavia, segundo Seralini et al. (2012) ao avaliarem os efeitos em longo prazo da alimentação com milhos híbridos transgênicos (evento *NK603*) tratados com herbicida, encontraram efeitos adversos à saúde de ratos, reacendendo o debate mundial sobre os impactos dos OGMs à saúde humana, animal e ao ambiente.

Por outro lado, resultados na avaliação do desempenho de animais alimentados com milhos híbridos transgênicos portadores de genes de resistência a insetos e tolerantes a herbicidas, não mostraram prejuízo dessa nova tecnologia aos suínos (Gaines et al., 2001a; Stanisiewski et al., 2001; Fischer et al., 2002), e aves de corte (Gaines et al., 2001b; Piva et al., 2001; Taylor et al., 2003a,b). Outras publicações também encontraram equivalência nutricional dos alimentos transgênicos (Rasmussen et al., 2007; Jacobs et al., 2008; Scheideler et al., 2008a,b).

Muito se questiona sobre a segurança dos OGMs para alimentação humana e animal, mas resultados sobre alimentação de bovinos, suínos e aves alimentadas com soja e milho resistentes a insetos e herbicidas, mostraram ausência de efeitos adversos no desempenho dos animais que se alimentaram com esses tipos de eventos transgênicos (Cromwell et al., 2005; Calsamiglia et al., 2007).

Em função do exposto a presente pesquisa teve por objetivo avaliar a digestibilidade aparente, balanço de nitrogênio e desempenho das dietas formuladas com milhos híbridos comuns e transgênicos em dietas para suínos nas fases de crescimento e terminação.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Digestibilidade aparente, balanço de nitrogênio e energético**

#### **Localização**

O experimento foi conduzido na Universidade Federal de Lavras - UFLA, no setor de suinocultura, localizado no município de Lavras, região centro Sul do estado de Minas Gerais. O experimento foi desenvolvido de acordo com os princípios éticos na experimentação animal, protocolo n° 08/2011- CEUA, determinados Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual Paulista (FMVZ), UNESP, Botucatu/SP, Brasil.

#### **Plantio, colheita e beneficiamento**

As sementes escolhidas para presente pesquisa foram classificadas e selecionadas de acordo com os padrões da empresa produtora dos milhos híbridos Dow Agrosience Brasil Ltda<sup>®</sup>. Os milhos híbridos escolhidos foram o comum *2B587*<sup>®</sup> e sua versão transgênica *2B587Hx*<sup>®</sup> sendo classificados como: simples e precoces; a planta possui porte baixo com altura média de 2,05 metros; as espigas crescem a 1,05 metros do solo; arquitetura normal, apresentam colmos com resistência física alta; sanidade média; raízes possuem resistência física alta; espigas possuem formato cilíndrico e número de fileiras de 18 a 20; de fácil debulha; empalhamento considerado bom; coloração amarelo-alaranjada e textura semidentada. E também o milho híbrido comum *2B707*<sup>®</sup> e sua versão transgênica *2B707Hx*<sup>®</sup> sendo classificados como: simples e precoces; a planta possui porte médio/alto com altura média de 2,30 metros; as espigas

crecem a 1,30 metros do solo; sua arquitetura é semiereta, apresentam colmos com resistência física média; sanidade alta; suas raízes com resistência física alta; suas espigas possuem formato cilíndrico e número de fileiras de 18 a 20; de fácil debulha; empalhamento considerado ótimo; coloração alaranjada e textura semidura.

As culturas econômicas como o milho, requerem a interação fatores edafoclimáticos apropriados ao seu bom desenvolvimento (SANS e SANTANA, 2006). Assim, um solo rico em nutrientes teria pouco ou quase nenhum significado para a cultura se esse mesmo solo estivesse submetido a condições climáticas adversas ou, ainda, apresentasse características físicas que influenciariam negativamente a condução e desenvolvimento da cultura (SANS e SANTANA, 2006).

Para se evitar possíveis interferentes, os milhos utilizados na presente pesquisa foram expostos às mesmas variáveis climáticas e solo (nutrientes) e os mesmo manejos culturais. A área foi previamente estabelecida, de forma se manter os milhos em isolamento (geográfico e contendo bordaduras extensas), evitando a polinização cruzada de milhos híbridos convencionais com o material genético dos híbridos transgênicos e/ou de outros estandes.

Culturas de milho geneticamente modificadas com o gene *Cry* expressam a proteína *CryIF* em seu tecido. Para detectar a proteína *CryIF*, as amostras foram previamente trituradas e extraídas em água destilada, tornando a proteína solúvel, sendo assim analisando com as fitas imunocromatográficas. A detecção da proteína proveniente da transformação genética utilizando a tira imunocromatográfica é baseada em complexo de anticorpos fixados à tira que são capazes de reconhecer essa proteína. A tira possui anticorpos específicos para a proteína, estes são acoplados a um reagente colorido e incorporados a tira, esse complexo anticorpo-corante se liga então às

proteínas-alvo. Quando a tira entra em contato com o extrato que contenha a proteína, forma-se um complexo proteína-anticorpo. Este complexo colorido flui por capilaridade através da tira, que possui duas zonas de captura, uma específica para a proteína alvo e a outra específica para o anticorpo de detecção. O anticorpo de detecção, que não se liga à proteína continua fluindo em direção à parte superior da tira. A presença de apenas uma linha, linha de controle, na membrana indica um resultado negativo, enquanto o aparecimento de duas linhas indica que a amostra é positiva.

Utilizou-se o *kit* padrão *QuickStix*<sup>TM</sup> da empresa EnviroLogix<sup>®</sup>, para detecção da presença do gene *Cry* nos grãos de milho. A sensibilidade de detecção do *kit* para *CryIF* é de 0,1 a 0,5%, dependendo da amostragem. Estes resultados são baseados em testes efetuados em grãos de milho portadores da tecnologia *Herculex I*, similar aos utilizados neste projeto.

Foram colhidos inicialmente as variedades comuns dos milhos híbridos convencionais *2B587*<sup>®</sup> e *2B707*<sup>®</sup>, na sequência os híbridos transgênicos *2B587Hx*<sup>®</sup> e *2B707Hx*<sup>®</sup>, evitando a contaminação com resíduos depositados na máquina beneficiadoras de grãos, além do descarte das bordaduras dos estandes de plantio, colhendo-se material somente no centro dos estandes. Logo após os testes o milho híbrido comum *2B707*<sup>®</sup>, apresentou positivo para presença da proteína transgênica *CryIF* e por isso foi retirado do experimento de digestibilidade aparente e desempenho, não sendo possível determinar em qual das etapas anteriores houve a contaminação.

Todos os híbridos de milho comuns ou na forma transgênica foram produzidos nas Fazendas de Ensino, Pesquisa e Produção (FEPP), vinculadas a Faculdade de Ciências Agrônomicas-FCA, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu. No plantio foram seguidas as recomendações técnicas da Comissão Técnica Nacional de

Biossegurança-CTNBio, baseados na Normativa nº3, de 16 de Agosto de 2007 (Brasil, 2007).

### **Digestibilidade aparente**

Foram utilizados para o ensaio de digestibilidade aparente 28 suínos, mestiços (Landrace x Large White), machos castrados, com peso médio inicial de  $50 \pm 1,1$ kg, alojados em galpão climatizado com controle de temperatura, permanecendo individualmente em gaiolas metabólicas, equipadas com comedouro, bebedouro, coletor de urina e fezes em aço inoxidável. O delineamento experimental foi em blocos casualizado (DBC), com sete repetições, quatro tratamentos.

Os animais foram submetidos ao programa de alimentação por fase e receberam ração de crescimento II dos 50 aos 70 kg de peso vivo, formulada para atender as exigências mínimas (Rostagno et al., 2011), sendo incluído os ingredientes testes pelo método de substituição (Matterson et al., 1965), onde: R1 - ração basal continha híbrido de milho comum 2B587<sup>®</sup>; R2 - 60% ração basal + 40% do milho híbrido comum na coloração amarelo-alaranjada, semidentado, 2B587<sup>®</sup>; R3 - 60% ração basal + 40% do milho híbrido transgênico na coloração amarelo-alaranjada, semidentado, 2B587Hx<sup>®</sup>; R4 - 60% da ração basal + 40% do milho híbrido transgênico na coloração alaranjada, semidentado, 2B707Hx<sup>®</sup>.

Para se evitar possíveis efeitos relacionados a presença de outros ingredientes OGMs presentes as rações experimentais e não somente dos milhos híbridos transgênicos, optou-se por substituir as principais fontes protéicas de origem vegetal (farelo de soja), por fontes protéicas de origem animal, farinha de carne e ossos, células sanguíneas (hemácias) e levedura inativa seca (*Saccharomyces cerevisiae*).

Na Tabela 1 está apresentada a composição percentual da ração basal utilizada nesse ensaio, formulada para atender as exigências mínimas dos suínos de 50 aos 70 kg de peso vivo e o nível de substituição escolhido foi 60:40% (ração basal:ingrediente teste). Os valores nutricionais determinados dos ingredientes utilizados na ração basal e dos ingredientes teste, milho híbrido comum e transgênicos são mostrados na Tabela 2.

Tabela 1. Composição percentual da ração basal utilizada no experimento de digestibilidade aparente para suínos de 50-70 kg de peso vivo e nível de substituição de 60:40% (ração basal:ingrediente teste)

Ingredientes	Rações <sup>8</sup>			
	Crescimento II (50-70 kg)			
	R1	R2	R3	R4
Híbrido comum <sup>1</sup>	81,10			
Híbrido 2B587 <sup>®2</sup>		40% do milho		
Evento 2B587Hx <sup>®3</sup>	-		40% do milho	
Evento 2B707Hx <sup>®4</sup>	-			40% do milho
F. carne e ossos, 45%	5,40			
Levedura inativa seca	7,20	+	+	+
Caulim	1,45			
Hemácias	4,20			
L-Lisina HCl, 78,4%	0,10			
DL-Metionina, 99%	0,10	60% da R1	60% da R1	60% da R1
L-Treonina, 98,5%	-			
L-Triptofano, 98%	-			
Cloreto de sódio	0,200			
Denagard <sup>TM</sup> OT <sup>5</sup>	0,050			
Suplemento vitamínico <sup>6</sup>	0,120			
Suplemento mineral <sup>7</sup>	0,100			
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

<sup>1</sup>Milho híbrido convencional; <sup>2</sup>Milho híbrido comum 2B587<sup>®</sup>; <sup>3</sup>Milho híbrido transgênico 2B587Hx<sup>®</sup>; <sup>4</sup>Milho híbrido transgênico 2B707Hx<sup>®</sup>; <sup>5</sup>Associação de oxitetraciclina na forma de cloridrato (10%) e de fumarato de tiamulina hidrogenado (3,5%); <sup>6</sup>Suplemento vitamínico fornecendo por kg de ração: 7200 UI vit. A; 1800 UI vit D3; 18 UI vit. E; 18 mg vit. K3; 1,62 mg vit. B1; 4,8 mg vit. B2; 2,4 mg vit. B6; 24 mcg vit. B12; 0,72 mg ác. fólico; 11,22 mg ác. pantotênico; 24 mg niacina; 96 mcg biotina; 0,36 mg de selênio; <sup>7</sup>Suplemento mineral fornecendo por kg de ração: 0,1 g Fe; 0,01 g Cu; 0,04 g Mn; 0,1 g Zn; 1 mg Co; 1,5 mg I; <sup>8</sup>R1- ração basal; R2, R3 e R4- 60% ração basal + 40% ingredientes testes.

Tabela 2. Valores nutricionais na matéria natural calculados e determinados dos milhos híbridos 2B587<sup>®</sup>, 2B587Hx<sup>®</sup> e 2B707Hx<sup>®</sup>, farinha de carne e ossos (FCO), levedura inativa seca (LEV) e hemácias (HEM)

Valores nutricionais	Ingredientes <sup>1</sup>					
	2B587 <sup>®</sup>	2B587Hx <sup>®</sup>	2B707Hx <sup>®</sup>	FCO	LEV	HEM
Matéria seca, %	85,92	87,34	86,43	94,78	93,61	92,61
Extrato etéreo, %	1,71	1,67	1,42	8,02	0,38	1,02
Proteína bruta, %	7,87	6,98	8,27	46,52	38,8	87,61
Matéria mineral, %	1,48	1,35	1,34	39,02	4,10	4,31
Matéria seca digestível, %	92,59	92,03	91,64	-	-	-
Proteína digestível, %	5,55	5,69	6,41	36,24*	28,64*	77,66*
Energia bruta, Kcal/kg	3819	3756	3857	3227	4399	5101
Energia digestível, Kcal/kg	3474	3585	3532	2564*	3370*	4300*
Energia metabolizável, Kcal/kg	3396	3472	3421	2332*	3164*	3787*

<sup>1</sup>Valores determinados em laboratório; \*Composição nutricional média apresentada por Rostagno et al. (2011).

O período experimental teve duração de nove dias, sendo cinco dias destinados à adaptação dos animais às gaiolas, às rações experimentais e ao ajuste voluntário do consumo. Os quatro dias restantes foram destinados à coleta de fezes e urina. Para determinar os coeficientes de digestibilidade dos milhos híbridos comuns e dos transgênicos, foram incluídas nas dietas o óxido de cromo III na proporção de 0,1% como indicador fecal (Bremer Neto, 1999) e as coletas de urina foram realizadas seguindo o protocolo proposto por Fialho et al. (1979).

Durante o ensaio, as rações foram fornecidas com base no peso metabólico ( $PV^{0,75}$ ) de cada animal dentro de uma mesma repetição, divididas em dois arraçoamentos, às 8 e às 16 horas, sendo umedecidas (1:1) para evitar perdas e facilitar a ingestão. Foram fornecidos por volta de 3 litros de água por dia para os animais durante período experimental.

Adotou-se como critério que após cinco dias de adaptação dos animais as dietas experimentais houvessem quatro dias de coleta, sendo calculados o consumo de ração durante todo período experimental baseado no consumo desse período pré-experimental. Foi utilizado o menor consumo para determinar a constante metabólica (k) para cada animal e suas repetições, conforme equação abaixo:

$$K = \frac{\text{Consumo pré-experimental (g)}}{\text{Peso metabólico}}$$

Foi considerado o menor valor encontrado em cada tratamento e este utilizado para determinar o consumo diário no período experimental, a saber: Consumo/dia = K x

Peso metabólico. Este valor foi utilizado por todos os animais dos tratamentos até o final do experimento seguindo recomendações de Fialho et al. (1979).

Foi feita a coleta parcial das fezes, utilizando-se óxido de cromo III ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) na concentração de 0,1 % adicionados a ração, como indicador fecal. As fezes foram coletadas duas vezes ao dia, acondicionadas em sacos plásticos e conservadas em congelador a  $-20^\circ\text{C}$ . Ao final do experimento, as amostras foram descongeladas à temperatura ambiente, levadas à estufa de circulação forçada de ar para secagem a  $65^\circ\text{C}$  por 72 horas e moídas em moinho de facas tipo Willye, em peneira de Mesh 30 (0,595 mm) para posterior análise. Amostras das rações também foram moídas da mesma forma antes de serem analisadas. A urina excretada foi coletada em baldes plásticos contendo 25 mL de HCl 6 N e com telas protetoras na parte superior. A cada 12 h, após homogeneização, foi medido o volume e as amostras de 5% foram retiradas e congeladas a  $-20^\circ\text{C}$  em recipientes de plástico. Logo após o experimento foram descongeladas e levadas para análise.

As análises químicas de fezes e urina foram realizadas seguindo o método para umidade, 39.1.02 da A.O.A.C. (2007); método para proteína bruta, 39.1.19 da A.O.A.C. (2007); método de extrato etéreo, 39.1.05 da A.O.A.C., (2007), método recomendado para resíduo mineral, 39.1.09A.O.A.C. (2007) e a determinação da energia bruta foi realizada em bomba calorimétrica (IKA<sup>®</sup> Calorimeter system C5000 control).

A concentração de óxido de cromo III nas rações e nas fezes foi quantificada pela técnica de espectrometria de absorção atômica com chama, utilizando-se o aparelho VARIAN - Atomic Absorption Spectrophotometer<sup>®</sup>, equação de calibração ( $\text{Abs} = 0,0281854 \times \text{Conc.} + 0,00994146$   $R^2 = 0,9998$ ) e os parâmetros ópticos foram: comprimento de onda (Cr) de 357,90 nm, espessura da fenda de 0,5 nm, modo de

operação da lâmpada de catodo oco de Cr *Self-Reverse*, corrente de operação da lâmpada baixa de 10 mA e alta de 600 mA, tipo de mistura da chama ar-acetileno e por fim fluxo da mistura de 2,8 L/minuto.

Foram avaliados os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB), do extrato etéreo (CDEE), da energia bruta (CDEB), matéria seca digestível (MSD), proteína digestível (PD), extrato etéreo digestível (EED), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), balanço do nitrogênio e da energia das rações. Para os milhos foram determinados a matéria seca digestível (MSD), proteína digestível (PD), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM). Os valores médios foram determinados de acordo com metodologia proposta por Matterson et al. (1965).

### **Análises estatísticas**

Todas as variáveis foram submetidas à análise de variância pelo procedimento GLM (General Linear Models) do pacote estatístico SAS (2008), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

### **Desempenho**

#### **Animais**

Foram utilizados 60 suínos, mestiços (Landrace x Large White), machos castrados e fêmeas, com peso médio inicial de  $30 \pm 2,2$  kg, alojados em galpão de crescimento e terminação de alvenaria com pé direito de 3,5 m e com cortinas laterais manejadas de acordo com as mudanças climáticas. As baias, com área de  $3,00 \text{ m}^2$  eram equipadas com comedouro semi-automático e bebedouro tipo chupeta. As baias foram

mantidas com lâmina d'água, interligadas três a três, sendo esgotadas uma vez por semana.

### **Arraçoamento**

Os animais foram submetidos ao programa de alimentação por fases e receberam rações de crescimento I dos 30 aos 50 kg de peso vivo, crescimento II dos 50 aos 70 kg de peso vivo e terminação 70 aos 100 kg de peso vivo. As rações foram formuladas com base nos resultados do ensaio de digestibilidade aparente e atenderam, no mínimo, as exigências nutricionais propostas por Rostagno et al. (2011), sendo fornecidas à vontade. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com três tratamentos e 10 repetições, sendo os animais blocados por peso vivo (PV) e a unidade experimental composta pela baia contendo 2 animais.

Os tratamentos foram: D1 - rações contendo milho híbrido comum na coloração amarelo-alaranjada, semidentado, 2B587<sup>®</sup>; D2 - rações contendo milho híbrido transgênico na coloração amarelo-alaranjada, semidentado, 2B587Hx<sup>®</sup>; D3 - rações contendo milho híbrido transgênico na coloração alaranjada, semiduro, 2B707Hx<sup>®</sup>;

O mesmo critério do ensaio de digestibilidade foi utilizado para o ensaio do desempenho. Para se evitar possíveis efeitos relacionados a presença de outros ingredientes geneticamente modificados presentes as rações experimentais e não somente dos milhos híbridos transgênicos, optou-se por substituir as principais fontes protéicas de origem vegetal (farelo de soja), por fontes protéicas de origem animal farinha de carne e ossos, células sanguíneas (hemácias) e a levedura inativa seca (*Saccharomyces cerevisiae*).

As rações de crescimento I, crescimento II e terminação foram formuladas com base nos valores nutricionais dos milhos híbridos do ensaio de digestibilidade aparente.

Os valores determinados e valores médios estimados segundo Rostagno et al. (2011), estão apresentados na Tabela 4.

Os valores de consumo diário de ração, ganho diário de peso e conversão alimentar foram determinados com base nas pesagens dos animais no início do experimento aos 30 kg de PV, ao final da fase de crescimento I no 26<sup>o</sup> dia quando os animais atingiram média de 50 kg de PV, crescimento II no 56<sup>o</sup> dia quando atingiram média de 70 kg de PV e terminação quando atingiram média de 100 kg de PV no 72<sup>o</sup> dia

Tabela 3. Composição percentual, determinada e calculada das rações de crescimento I, crescimento II e terminação, utilizadas no experimento de desempenho

Ingredientes, %	Crescimento I (30-50 kg)			Crescimento II (50-70 kg)			Terminação (70-100 kg)		
	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3
Híbrido 2B587 <sup>®1</sup>	79,10	-	-	81,10	-	-	86,30	-	-
Evento 2B587Hx <sup>®2</sup>	-	79,10	-	-	81,10	-	-	86,30	-
Evento 2B707Hx <sup>®3</sup>	-	-	79,10	-	-	81,10	-	-	86,30
F. carne e ossos, 45%	6,10	6,10	6,10	5,40	5,40	5,40	5,00	5,00	5,00
Levedura inativa seca	6,80	6,80	6,80	7,20	7,20	7,20	1,90	1,90	1,90
Hemácias	6,02	6,02	6,02	4,20	4,20	4,20	4,45	4,45	4,45
L-Lisina HCl, 78,4%	-	-	-	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,05
DL-Metionina, 99%	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	0,02	0,02	0,02
Cloreto de sódio	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Denagard <sup>TM</sup> OT <sup>4</sup>	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	-	-	-
Caulim	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,88	1,88	1,88
Suplemento vitamínico <sup>5</sup>	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Suplemento mineral <sup>6</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<b>Composição determinada<sup>7</sup></b>									
Matéria seca, %	85,68	86,81	86,09	85,43	86,58	85,84	84,79	86,01	85,23
Proteína bruta, %	16,98	16,27	17,29	15,37	14,65	15,69	13,75	12,99	14,10
Matéria mineral, %	4,09	3,99	3,98	3,78	3,68	3,67	3,50	3,38	3,38
Matéria seca digestível, %	73,24	72,80	72,49	75,09	74,64	74,32	79,91	79,42	79,09
Energia bruta, Kcal/kg	3824	3774	3854	3802	3751	3833	3768	3713	3801
Energia metabolizável, Kcal/kg	3272	3332	3291	3267	3329	3287	3276	3342	3298
<b>Composição calculada<sup>8</sup></b>									
Lisina digestível, %	0,90	0,90	0,90	0,84	0,84	0,84	0,71	0,71	0,71
Metionina digestível, %	0,29	0,29	0,29	0,26	0,26	0,26	0,22	0,22	0,22
Triptofano digestível, %	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,14	0,14	0,14
Fósforo disponível, %	0,40	0,40	0,40	0,27	0,27	0,27	0,25	0,25	0,25
Cálcio, %	0,60	0,60	0,60	0,55	0,55	0,55	0,48	0,48	0,48

<sup>1</sup>Milho híbrido comum 2B587<sup>®</sup>; <sup>2</sup>Milho híbrido transgênico 2B587Hx<sup>®</sup>; <sup>3</sup>Milho híbrido transgênico 2B707Hx<sup>®</sup>; <sup>4</sup>Associação de oxitetraciclina na forma de cloridrato (10%) e de fumarato de tiamulina hidrogenado (3,5%); <sup>5</sup>Suplemento vitamínico fornecendo por kg de ração: 7200 UI vit. A; 1800 UI vit D3; 18 UI vit. E; 18 mg vit. K3; 1,62 mg vit. B1; 4,8 mg vit. B2; 2,4 mg vit. B6; 24 mcg vit. B12; 0,72 mg ác. fólico; 11,22 mg ác. pantotênico; 24 mg niacina; 96 mcg biotina; 0,36 mg de selênio; <sup>6</sup>Suplemento mineral fornecendo por kg de ração: 0,1 g Fe; 0,01 g Cu; 0,04 g Mn; 0,1 g Zn; 1 mg Co; 1,5 mg; <sup>7</sup>Composição determinada em laboratório; <sup>8</sup>Composição calculada média segundo Rostagno et al. (2011).

1 e concomitantemente ocorreu a avaliação da ração consumida em cada período  
2 experimental estudado e da sobra de ração.

### 3 **Análises estatísticas**

4 Todas as variáveis de consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso  
5 (GDP) e conversão alimentar (CA) foram submetidas à análise de variância pelo  
6 procedimento GLM (General Linear Models) do pacote estatístico SAS (2008), e as  
7 médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

8

### 9 **RESULTADOS**

10 Observaram-se diferenças ( $P < 0,05$ ) nos valores do coeficiente de  
11 digestibilidade aparente da matéria seca (CDMS), proteína bruta (CDPB), energia bruta  
12 (CDEB) e energia digestível (ED) das rações contendo os milhos híbridos comum e  
13 transgênico (Tabela 5).

14 Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca foram superiores ( $P =$   
15  $0,0533$ ) nas dietas contendo a inclusão de 40% dos milhos híbridos transgênicos  
16 *2B587Hx*<sup>®</sup> e *2B587Hx*<sup>®</sup>.

17 Os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta apresentaram  
18 diferenças ( $P = 0,0392$ ) entre as rações experimentais, mostrando que a presença dos  
19 milhos transgênicos na inclusão de 40%, proporcionaram melhores valores de  
20 digestibilidade da proteína bruta (88,69 e 87,55%) em contraste com a dieta contendo  
21 milho híbrido comum *2B587*<sup>®</sup> (85,5%). Os valores do coeficiente de digestibilidade  
22 aparente do extrato etéreo nas rações experimentais não foram alterados ( $P = 0,1120$ ),  
23 pela presença dos diferentes milhos híbridos.

24 Observou-se efeito ( $P = 0,558$ ) para o coeficiente digestível da energia bruta,  
25 mostrando a inferioridade da dieta contendo o milho híbrido comum *2B587*<sup>®</sup> em relação

1 às contendo milhos híbridos transgênicos *2B587Hx*<sup>®</sup> e *2B587Hx*<sup>®</sup>. Os resultados da  
2 matéria seca digestível não foram influenciados ( $P = 0,0673$ ) pelas diferentes dietas,  
3 sendo observado semelhantes respostas nos valores de extrato etéreo digestivo ( $P =$   
4  $0,7082$ ) e energia metabolizável ( $P = 0,2135$ ). Por fim, os valores encontrados para  
5 energia digestível nas rações se mostraram diferentes ( $P = 0,0414$ ), sendo os valores  
6 encontrados para o milho híbrido transgênico *2B587Hx*<sup>®</sup> superior aos dos milhos  
7 híbrido comum *2B587*<sup>®</sup> e o transgênico *2B707Hx*<sup>®</sup>.

8 Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) na digestibilidade aparente dos ingredientes  
9 milhos híbridos comuns e transgênicos para os parâmetros de matéria seca digestível,  
10 proteína digestível, energia digestível e energia metabolizável (Tabela 6).

11 Os valores nutricionais calculados, determinados, coeficiente de digestibilidade  
12 aparente e balanço de nitrogênio da ração basal (referência) estão apresentados na  
13 Tabela 3. As variáveis de nitrogênio ingerido, nitrogênio excretado na urina, retenção de  
14 nitrogênio, nitrogênio absorvido e porcentagem de nitrogênio retido em relação ao  
15 absorvido (Tabela 7), em função das rações experimentais contendo o ingrediente teste,  
16 apresentaram diferenças ( $P < 0,05$ ). Somente as variáveis de nitrogênio excretado nas  
17 fezes, nitrogênio retido e porcentagem do nitrogênio absorvido não apresentaram  
18 diferença ( $P = 0,6967$ ,  $P = 0,6056$  e  $P = 0,9787$ ) respectivamente.

19 O nitrogênio ingerido foi menor ( $P < 0,0211$ ) na ração contendo milho híbrido  
20 transgênico *2B587Hx*<sup>®</sup> em relação as rações contendo os milhos híbridos comum  
21 *2B587*<sup>®</sup> e transgênico *2B707Hx*<sup>®</sup>. Os resultados do nitrogênio excretado na urina  
22 mostram suínos que consumiram ração contendo milho híbrido transgênico *2B587Hx*<sup>®</sup>  
23 eliminando mais nitrogênio via urina ao ambiente em relação aos milhos híbridos  
24 comum *2B587*<sup>®</sup> e transgênico *2B707Hx*<sup>®</sup> ( $P = 0,0012$ ), com isso os valores de retenção

1 de nitrogênio foram menores ( $P = 0,0275$ ) na dieta contendo milho híbrido transgênico  
 2 *2B587Hx*<sup>®</sup> em relação aos milhos híbridos comum *2B587*<sup>®</sup> e transgênico *2B707Hx*<sup>®</sup>.

3 Tabela 4. Valores nutricionais calculados, determinados, coeficiente de digestibilidade  
 4 aparente e balanço de nitrogênio da ração basal (referência)

Valores nutricionais	Ração <sup>1</sup>
	Ração Basal
Energia metabolizável <sup>1</sup> , kcal/kg	3330
Proteína bruta <sup>1</sup> , %	16,29
Extrato etéreo <sup>1</sup> , %	3,57
Lisina digestível <sup>2</sup> , %	0,83
Metionina digestível <sup>2</sup> , %	0,33
Treonina digestível <sup>2</sup> , %	0,53
Triptofano digestível <sup>2</sup> , %	0,14
Cálcio <sup>2</sup> , %	0,56
Fósforo total <sup>2</sup> , %	0,53
<b>Coef. digestibilidade aparente<sup>3</sup></b>	
CDMS, %	88,65
CDPB, %	89,95
CDEE, %	80,79
CDEB, %	89,14
MSD, %	78,22
PD, %	16,27
EED, %	3,08
ED, Kcal/kg	3854
EM, Kcal/kg	3751
<b>Balanço de nitrogênio<sup>4</sup></b>	
NI, g/dia	36,35
NF, g/dia	2,70
NEU, g/dia	1,10
RN, g/dia	32,55
NABg, g/dia	33,65
NR, %	89,54
NAB, %	92,57
NRA, %	96,73

5 <sup>1</sup>Valores nutricionais determinados na matéria natural; <sup>2</sup>Composição nutricional média apresentada por  
 6 Rostagno et al. (2011); <sup>3</sup> Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDMS), da proteína  
 7 bruta (CDPB), do extrato etéreo (CDEE), da energia bruta (CDEB), matéria seca digestível (MSD),  
 8 proteína digestível (PD), extrato etéreo digestível (EED), energia digestível (ED) e energia metabolizável  
 9 (EM); <sup>4</sup> Nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio excretado nas fezes (NF), nitrogênio excretado na urina  
 10 (NEU), retenção de nitrogênio (RN), nitrogênio absorvido (NABg), nitrogênio retido (NR), porcentagem  
 11 de nitrogênio absorvido (NAB) e porcentagem de nitrogênio retido em relação ao absorvido (NRA).  
 12

13 Dessa forma, o milho híbrido transgênico *2B587Hx*<sup>®</sup> absorveu menos nitrogênio  
 14 ( $P = 0,0500$ ) e propiciou maior eliminação de nitrogênio ao ambiente que sua versão

1 comum 2B587<sup>®</sup> (isogênico) e o transgênico 2B707Hx<sup>®</sup>. Por outro lado, o nitrogênio  
2 eliminado nas fezes, nitrogênio retido e porcentagem de nitrogênio absorvido  
3 apresentaram comportamento semelhante não foram influenciados pelos milhos híbridos  
4 comum 2B587<sup>®</sup>, transgênico 2B587Hx<sup>®</sup> e transgênico 2B707Hx<sup>®</sup> (P = 0,6967; P =  
5 0,6056; P = 0,9787, respectivamente).

6 A porcentagem de nitrogênio retido em relação ao absorvido, dentre as rações  
7 com os três tipos de milho híbrido, apresentaram melhores respostas nas rações que  
8 continham os milhos híbridos comum 2B587<sup>®</sup> (96,48%) e transgênico 2B707Hx<sup>®</sup>  
9 (96,20%) na inclusão de 40% (P = 0,0002), por sua vez a ração que continha o milho  
10 híbrido transgênico 2B587Hx<sup>®</sup> apresentou menor porcentagem de nitrogênio retido em  
11 relação ao absorvido (95,43%).

12 Os parâmetros de consumo de ração diário, ganho diário de peso e conversão  
13 alimentar não tiveram diferenças, na comparação entre os tipos de milhos híbridos  
14 comuns ou transgênicos nas dietas de crescimento I (30-50 kg de peso vivo),  
15 crescimento II (50-70 kg de peso vivo) e terminação (70-100 kg de peso vivo) (P >  
16 0,05). Os valores de consumo de ração diário, ganho diário de peso e conversão são  
17 apresentados na Tabela 8.

18

19

20

21

22

Tabela 5. Médias, coeficiente de variação e erro padrão dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB), do extrato etéreo (CDEE), da energia bruta (CDEB), matéria seca digestível (MSD), proteína digestível (PD), extrato etéreo digestível (EED), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) das dietas experimentais fornecidas

Item	Ingredientes <sup>1</sup>			CV% <sup>3</sup>	SEM <sup>4</sup>	P – valor <sup>5</sup>
	2B587 <sup>®</sup>	2B587Hx <sup>®</sup>	2B707Hx <sup>®</sup>			
<b>Rações<sup>2</sup></b>						
CDMS, %	88,23 <sup>b</sup>	90,15 <sup>a</sup>	90,06 <sup>a</sup>	1,27	0,56	0,0533
CDPB, %	85,11 <sup>b</sup>	88,69 <sup>a</sup>	87,55 <sup>a</sup>	2,95	1,11	0,0392
CDEE, %	74,45	78,06	78,24	4,11	1,38	0,1120
CDEB, %	87,34 <sup>b</sup>	89,69 <sup>a</sup>	89,89 <sup>a</sup>	1,99	0,86	0,0558
MSD, %	77,13	79,19	79,39	1,88	0,64	0,0673
PD, %	12,09	12,16	12,51	3,05	0,16	0,1524
EED, %	3,10	3,05	2,98	8,14	0,10	0,7082
ED, Kcal/kg	3780 <sup>b</sup>	3915 <sup>a</sup>	3842 <sup>b</sup>	2,04	34,16	0,0414
EM, Kcal/kg	3689	3777	3705	2,28	37,08	0,2135

<sup>1</sup>Dieta contendo 60% da ração basal e 40% do milho híbrido comum 2B587<sup>®</sup>; <sup>1</sup>Dieta contendo 60% da ração basal e 40% do milho híbrido transgênico 2B587Hx<sup>®</sup>; <sup>1</sup>Dieta contendo 60% da ração basal e 40% do milho híbrido transgênico 2B707Hx<sup>®</sup>; <sup>2</sup>Valores apresentados em 100% de matéria seca; <sup>3</sup>CV%, coeficiente de variação; <sup>4</sup>SEM corresponde ao maior erro-padrão encontrado; <sup>5</sup>Probabilidade estatística; <sup>a e</sup>

<sup>b</sup>Médias seguidas por letras minúsculas distintas na horizontal diferem (P < 0,05) pelo teste de Tukey.

Tabela 6. Médias, coeficiente de variação e erro padrão da matéria seca digestível (MSD), proteína digestível (PD), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) dos milhos experimentais

Item	Milho <sup>1</sup>			CV% <sup>3</sup>	SEM <sup>4</sup>	P – valor <sup>5</sup>
	2B587 <sup>®</sup>	2B587Hx <sup>®</sup>	2B707Hx <sup>®</sup>			
<b>Digestibilidade aparente dos milhos</b>						
Matéria seca digestível , %	92,59	92,03	91,64	6,74	2,66	0,8008
Proteína digestível, %	5,55	5,69	6,41	16,25	0,42	0,1550
Energia bruta, Kcal/kg	3819	3756	3857	-	-	-
Energia digestível, Kcal/kg	3474	3585	3532	4,30	76,50	0,9566
Energia metabolizável, Kcal/kg	3396	3472	3421	4,61	79,74	0,7582
Energia digestível corrigida, Kcal/kg <sup>2</sup>	4043	4105	4087	4,30	76,50	0,9566
Energia metabolizável corrigida, Kcal/kg <sup>2</sup>	3952	3975	3958	4,61	79,74	0,7582

<sup>1</sup>2B587<sup>®</sup> milho híbrido comum, 2B587Hx<sup>®</sup> milho híbrido transgênico e 2B707Hx<sup>®</sup> milho híbrido transgênico; <sup>2</sup>Valores corrigidos em 100% de matéria seca; <sup>3</sup>CV%, coeficiente de variação; <sup>4</sup>SEM corresponde ao maior erro-padrão encontrado; <sup>5</sup>Probabilidade estatística.

Tabela 7 Médias, coeficiente de variação e erro padrão do nitrogênio ingerido (NI), nitrogênio excretado nas fezes (NF), nitrogênio excretado na urina (NEU), retenção de nitrogênio (RN), nitrogênio absorvido (NABg), nitrogênio retido (NR), porcentagem de nitrogênio absorvido (NAB) e porcentagem de nitrogênio retido em relação ao absorvido (NRA) em função das rações experimentais

Item	Ingredientes <sup>1</sup>			CV% <sup>3</sup>	SEM <sup>4</sup>	P – valor <sup>5</sup>
	2B587 <sup>®</sup>	2B587Hx <sup>®</sup>	2B707Hx <sup>®</sup>			
<b>Produzido<sup>2</sup></b>						
NU, %	0,553	0,762	0,998	-	-	-
PBU, %	3,46	4,76	6,24	-	-	-
EU, litros	9,6	8,23	6,63	-	-	-
PBEU, g	33,2	39,19	41,39	-	-	-
<b>Balanco de nitrogênio</b>						
NI, g/dia	28,19 <sup>a</sup>	26,73 <sup>b</sup>	28,40 <sup>a</sup>	3,33	0,401	0,0211
NF, g/dia	2,80	2,66	2,79	11,29	0,136	0,6967
NEU, g/dia	0,89 <sup>b</sup>	1,09 <sup>a</sup>	0,96 <sup>b</sup>	6,93	0,029	0,0012
RN, g/dia	24,49 <sup>a</sup>	22,97 <sup>b</sup>	24,63 <sup>a</sup>	4,11	0,428	0,0275
NABg, g/dia	24,39 <sup>a</sup>	24,07 <sup>b</sup>	25,60 <sup>a</sup>	4,03	0,437	0,0500
NR, %	86,85	86,07	86,70	1,47	0,625	0,6056
NAB, %	90,02	89,97	90,12	1,39	0,523	0,9787
NRA, %	96,48 <sup>a</sup>	95,43 <sup>b</sup>	96,20 <sup>a</sup>	0,28	0,118	0,0002

<sup>1</sup>Dieta contendo 60% da ração basal e 40% do milho híbrido comum 2B587<sup>®</sup>; <sup>1</sup>Dieta contendo 60% da ração basal e 40% do milho híbrido transgênico 2B587Hx<sup>®</sup>; <sup>1</sup>Dieta contendo 60% da ração basal e 40% do milho híbrido transgênico 2B707Hx<sup>®</sup>; <sup>2</sup>Nitrogênio eliminado na urina (NU), proteína bruta na urina (PBU), excreção de urina (EU) e proteína excretada total na urina (PBEU); <sup>3</sup>CV%, coeficiente de variação; <sup>4</sup>SEM corresponde ao maior erro-padrão encontrado; <sup>5</sup>Probabilidade estatística; <sup>a e b</sup>Médias seguidas por letras minúsculas distintas na horizontal diferem (P < 0,05) pelo teste de Tukey.

Tabela 8 Médias, coeficiente de variação e erro padrão do consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de suínos alimentados com rações de crescimento I (30-50 kg), crescimento II (50-70 kg) e terminação (70-100 kg), fornecidas e avaliadas durante os períodos experimentais 0 a 26 dias, 0 a 56 dias e 0 a 72 dias, respectivamente

Item	Consumo diário de ração (g/dia)	Ganho diário de peso (g/dia)	Conversão alimentar
<b>Crescimento I (30-50 kg/PV)<sup>a</sup></b>			
2B587 <sup>®</sup>	1.964	744	2,66
2B587Hx <sup>®</sup>	1.925	709	2,74
2B707Hx <sup>®</sup>	1.938	722	2,68
<b>CV%<sup>1</sup></b>	<b>12,35</b>	<b>9,96</b>	<b>10,92</b>
<b>SEM<sup>2</sup></b>	<b>0,08</b>	<b>0,02</b>	<b>0,09</b>
<b>P – valor<sup>3</sup></b>	<b>0,935</b>	<b>0,541</b>	<b>0,804</b>
<b>Crescimento II (50-70 kg/PV)<sup>b</sup></b>			
2B587 <sup>®</sup>	2.392	824	2,90
2B587Hx <sup>®</sup>	2.256	808	2,80
2B707Hx <sup>®</sup>	2.368	840	2,81
<b>CV%<sup>1</sup></b>	<b>9,35</b>	<b>8,45</b>	<b>6,61</b>
<b>SEM<sup>2</sup></b>	<b>0,07</b>	<b>0,02</b>	<b>0,06</b>
<b>P – valor<sup>3</sup></b>	<b>0,357</b>	<b>0,561</b>	<b>0,410</b>
<b>Terminação (70-100 kg/PV)<sup>c</sup></b>			
2B587 <sup>®</sup>	2.540	888	2,86
2B587Hx <sup>®</sup>	2.382	874	2,71
2B707Hx <sup>®</sup>	2.518	877	2,87
<b>CV%<sup>1</sup></b>	<b>9,749</b>	<b>8,707</b>	<b>8,430</b>
<b>SEM<sup>2</sup></b>	<b>0,08</b>	<b>0,02</b>	<b>0,07</b>
<b>P – valor<sup>3</sup></b>	<b>0,309</b>	<b>0,913</b>	<b>0,335</b>

<sup>a</sup>Rações formuladas com os três diferentes milhos 2B587<sup>®</sup>, 2B587Hx<sup>®</sup> e 2B707Hx<sup>®</sup> para a fase de crescimento I (30-50 kg/peso vivo);

<sup>b</sup>Rações formuladas com os três diferentes milhos 2B587<sup>®</sup>, 2B587Hx<sup>®</sup> e 2B707Hx<sup>®</sup> para a fase de crescimento II (50-70 kg/peso vivo);

<sup>c</sup>Rações formuladas com os três diferentes milhos 2B587<sup>®</sup>, 2B587Hx<sup>®</sup> e 2B707Hx<sup>®</sup> para a fase de terminação (70-100 kg/peso vivo);

<sup>1</sup>CV%, coeficiente de variação; <sup>2</sup>SEM corresponde ao maior erro-padrão encontrado; <sup>3</sup>Probabilidade estatística.

## DISCUSSÃO

Os CDMS foram diferentes ( $P = 0,0533$ ), sendo o menor valor encontrado para a ração contendo ração basal com a inclusão de 40% do milho híbrido comum *2B587*<sup>®</sup>. As demais rações não diferiram entre si ( $P > 0,05$ ). Não ficou claro o porquê da discrepância entre os valores do CDMS, principalmente pelos milhos híbridos comuns e transgênicos não se diferenciarem em relação a sua composição em matéria seca. Contudo, o evento de milho geneticamente modificado contendo o mesmo tipo de modificação genética dos milhos utilizados no presente estudo, foi correlacionado com menor teor de amido resistente em relação aos milhos híbridos convencionais isogênicos (Walsh et al., 2011). O amido resistente nos alimentos tem conhecida influência na saciedade (Willis et al., 2009), haja visto que o amido resistente, subsistir à dispersão em água fervente e hidrólise pela ação da amilase pancreática e da pululanase (Champ e Faisant, 1996). Comparável em alguns casos a fibra alimentar, por este motivo, normalmente é considerado como componente desta (Champ, 1992; Champ e Faisant., 1996; Ciacco et al., 2001). Possivelmente, o maior teor de amido resistente no milho híbrido comum *2B587*<sup>®</sup> implicaria na menor digestibilidade da matéria seca. Contrariamente, outros trabalhos encontraram alterações nos resultados de CDMS em dietas contendo milhos híbridos convencionais e transgênicos segundo Adeola e Bajjalieh (1997), Fischer et al., (2004) e Buzoianu et al. (2012).

Os CDPB apresentaram diferenças ( $P = 0,0392$ ) entre as rações experimentais, mostrando que a ração contendo o milho híbrido comum *2B587*<sup>®</sup> foi inferior as contendo milhos híbridos transgênicos *2B587Hx*<sup>®</sup> e *2B707Hx*<sup>®</sup>. Estes resultados podem estar associados à diferença na proteína da fração endosperma dos grãos de milho híbrido como observado para o CDMS, a presença amido resistente no milho híbrido

comum *2B587*<sup>®</sup> poderia resultar em alterações na digestibilidade desse nutriente. Contrariamente, Adeola e Bajjalieh (1997) e Buzoianu et al. (2012), mostraram a equivalência nutricional entre os milhos híbridos comuns e transgênicos portadores de genes de resistência ao herbicida *Roundup*<sup>®</sup> e lagarta do cartucho (proteína *CryIF*).

Os valores do coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo nas rações experimentais não foram afetados ( $P = 0,1120$ ), porém observou-se importante diferença numérica entre os resultados. O milho híbrido comum *2B587*<sup>®</sup> apresentou o menor valor de coeficiente de digestibilidade dessa fração (74,45%) e os milhos híbridos transgênicos apresentaram (78,06 e 78,24%), respectivamente para os híbridos *2B587Hx*<sup>®</sup> e *2B707Hx*<sup>®</sup>. É sabido, que o óxido de cromo III é o marcador indigestível mais utilizado em ensaios de digestibilidade com suínos (Low, 1982), porém está associado a muitos problemas de recuperação (Moore, 1957) e oxidação de gorduras insaturadas (Steele e Clapperton, 1982; Jagger et al., 1992). Esse resultado, provavelmente, se deve às limitações na determinação do coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo, principalmente relacionadas com os métodos usados para extração e quantificação desta fração, bem como com o método usado para avaliar a digestibilidade aparente (Girão, 2010). O método da coleta parcial de fezes com o uso de marcador, apesar de muito utilizado, é limitado pelo fato de não existir marcador indigestível que permaneça associado com os componentes da fração lipídeos durante sua passagem pelo trato gastrointestinal (Cera et al., 1988; Girão, 2010).

Resultados do coeficiente de digestibilidade da energia bruta foi alterada ( $P = 0,0558$ ), em que novamente houve superioridade dos milhos híbridos transgênicos em relação ao convencional. Os menores valores relacionadas aos CDMS, CDPB e CDEE

para o milho híbrido comum *2B587*<sup>®</sup>, podem ter contribuído, em grande parte, para os resultados de CDEB.

A matéria seca digestível não foi afetada pelas diferentes rações ( $P = 0,0673$ ), seguindo o mesmo padrão de resposta encontrada para coeficiente de digestibilidade aparente do extrato etéreo, sendo observada diferença numérica do milho híbrido comum *2B587*<sup>®</sup> (77,13%) em relação aos milhos híbridos transgênicos (79,19 e 79,39%). As hipóteses mais aceitas para explicar essa diferença seriam que apesar de todos os milhos híbridos estudados serem nutricionalmente equivalentes, os valores de matéria seca para o milho híbrido comum *2B587*<sup>®</sup> encontrado foi de 85,92%, em contrapartida, os milhos híbridos transgênicos *2B587Hx*<sup>®</sup> e *2B707Hx*<sup>®</sup> apresentaram 87,34 e 86,43%, respectivamente. Somando-se a esse fato os altos níveis de inclusão dos milhos as dietas 81,10% e a substituição parcial de 40% da dieta referência poderiam influenciar a digestibilidade desse nutriente.

Os valores encontrados de proteína digestível nas rações não se mostraram diferentes ( $P = 0,1524$ ). Possivelmente, os resultados de matéria seca digestível podem estar relacionados aos problemas na determinação da digestibilidade aparente fecal pelo método de colheita parcial, pois a digestibilidade dos ingredientes podem ser influenciadas por diferentes tipos de marcadores indigestíveis, porcentagem de inclusão, taxas de recuperação desses marcadores (Jagger et al, 1992; Selle e Ravindran, 2007; Cowieson et al., 2009; Olukosi et al, 2012), bem como o processamento da dieta, local de coleta e método de amostragem (Adeola e Sands, 2003). Associado a isso, a digestibilidade aparente fecal é uma medida da diferença entre a ingestão e a excreção dos nutrientes, que por sua vez é influenciada pela taxa de absorção, perdas endógenas e

utilização pelas bactérias presentes no trato gastrintestinal, não considerando, portanto, a verdadeira utilização pós-absortiva dos nutrientes (Xing et al., 2004; Girão, 2010).

Os milhos híbridos comuns ou transgênicos não apresentaram diferenciação ( $P > 0,05$ ) digestíveis para os parâmetros de matéria seca digestível, proteína digestível, energia digestível e energia metabolizável (Tabela 6). Os milhos híbridos comuns e transgênicos foram submetidos as mesmas variáveis climáticas e solo (nutrientes), sendo feitos os manejos culturais de forma semelhante. Ressalta-se que lavouras como o milho, requerem interação de conjunto de fatores edafoclimáticos apropriados ao seu bom desenvolvimento (Sans e Santana, 2006) e a ausência dessa combinação influencia diretamente no desenvolvimento e valores nutricionais.

Pode-se observar no presente estudo, que a composição dos nutrientes dos diferentes milhos híbridos comuns e transgênicos externou equivalência nutricional, que por sua vez se expressou nos valores dos coeficientes de digestibilidade dos milhos, não havendo diferenças entre os mesmos. Estas respostas se assemelham as encontradas por Fischer et al. (2004), Hyun et al. (2005) e Buzoianu et al. (2012), quando esses avaliaram os eventos transgênicos *MON810*<sup>®</sup>, *MON863*<sup>®</sup> e *DKC5740*<sup>®</sup>, onde as características genéticas transgênicas desses milhos foram a resistência a lagarta do cartucho (*Bt*), *YieldGard Rootworm*<sup>®</sup> e ao herbicida *Roundup Ready*<sup>®</sup> (*RR*), respectivamente.

As variáveis nitrogênio ingerido, nitrogênio excretado na urina, retenção de nitrogênio, nitrogênio absorvido e porcentagem de nitrogênio retido em relação ao absorvido em função das rações experimentais apresentaram diferenças ( $P < 0,05$ ). Somente as variáveis nitrogênio excretado nas fezes, nitrogênio retido, porcentagem de nitrogênio absorvido não apresentaram alterações ( $P = 0,6967$ ;  $P = 0,6056$  e  $P =$

0,9787) respectivamente. Ingredientes que possuem maiores níveis de proteína podem influenciar na quantidade de nitrogênio nos dejetos suínos, pois ocorre a desaminação dos aminoácidos quando há excesso ou desbalanço de aminoácidos nas rações não utilizados para a síntese protéica (Moreira et al., 2004). Outro fator está relacionado ao consumo diário de ração dos animais que foi baseado no peso metabólico (Peso vivo em Kg<sup>0,75</sup>), sendo assim, o efeito da diluição das dietas que continham os ingredientes teste promoveu redução proporcional na proteína ingerida nos tratamentos, onde esse desbalanço protéico pode ter causado maior excreção de nitrogênio nas dietas que possuíam maior nível protéico. Da mesma forma, Lazzeri et al. (2011) observaram entre as rações referência de diferentes níveis de proteína bruta (18,03 e 15,43%), maior excreção de nitrogênio na urina para os suínos que consumiram o tratamento com maior aporte protéico.

Não foram observadas diferenças na excreção de nitrogênio nas fezes ( $P > 0,05$ ), diferentemente, a excreção de nitrogênio nas fezes foi maior para os tratamentos com níveis de proteína bruta mais elevada nas rações segundo Lazzeri et al. (2011), onde foi observada correlação positiva entre os níveis de proteína bruta nas rações e o nitrogênio excretado nas fezes (Le Bellego et al., 2001; Figueroa et al., 2002; Lazzeri et al., 2011). Por outro lado, a ausência de efeito nos níveis de nitrogênio excretado nas fezes se deve ao fato da digestibilidade aparente fecal ser influenciada pela taxa de absorção, perdas endógenas e utilização pelas bactérias presentes no trato gastrintestinal, não considerando, portanto, a verdadeira utilização pós-absortiva dos nutrientes (Xing et al., 2004; Girão, 2010).

As respostas encontradas para retenção de nitrogênio, nitrogênio absorvido, nitrogênio retido e porcentagem de nitrogênio absorvido em relação ao absorvido,

seguiram o mesmo comportamento, sendo os maiores valores excreção encontrados para as rações contendo milho híbrido comum 2B587<sup>®</sup> e milho híbrido transgênico 2B707Hx<sup>®</sup>, estando associado ao maior nível de proteína bruta. Esse efeito se deve provavelmente ao fato dos suínos possuir capacidade limitada para armazenar aminoácidos, cujo excesso é desaminado e utilizado para síntese de uréia, que é eliminada na urina (Lazzeri et al., 2011). A porcentagem de nitrogênio retido em relação ao absorvido foi diferente apenas para ração contendo o milho híbrido transgênico 2B587Hx<sup>®</sup>. Especula-se que este resultado seja devido a pequena diferença existente nos valores nutricionais da proteína que este milho híbrido apresentou em relação aos outros milhos híbridos 2B587<sup>®</sup> e 2B707Hx<sup>®</sup>. O menor nível protéico do milho híbrido 2B587Hx<sup>®</sup> (6,98%), promoveria menor aporte protéico e conseqüentemente piora nos valores nitrogênio retido em relação ao absorvido. Somam-se a isso as diferenças entre os valores nutricionais de um mesmo alimento podem, em partes, ocorrer devido ao efeito aditivo da substituição da ração referência pelo alimento avaliado (Lazzeri et al., 2011).

No desempenho os valores das variáveis consumo de ração diário, ganho diário de peso e conversão alimentar não diferiram ( $P > 0,05$ ) pela inclusão dos milhos híbridos comuns ou transgênicos nas dietas de crescimento I (30 aos 50 kg de peso vivo), crescimento II (50 aos 70 kg de peso vivo) e terminação (70 aos 100 kg de peso vivo) ( $P > 0,05$ ). Os milhos híbridos comuns e transgênicos apresentaram equivalência em termos digestíveis, sendo possível correlacionar esses resultados aos observados nas variáveis de desempenho nos períodos de crescimento I (26 dias de experimento), crescimento II (56 dias de experimento) e terminação (72 dias de experimento).

Segundo Buzoianu et al. (2012), dieta contendo milho híbrido transgênico (evento *MON810*<sup>®</sup>) fornecida a partir dos 12 dias após desmame até o abate em suínos não promoveu alteração nas variáveis de desempenho, além de não alterar as características de carcaça, saúde óssea e composição corporal. Resultados semelhantes foram encontrados em estudos investigando a taxa de crescimento e qualidade de carcaça em suínos alimentados com milhos híbridos geneticamente modificados (Gaines et al., 2001; Stanisiewski et al., 2001; Fischer et al., 2002; Reuter et al., 2002; Hyun et al., 2005). Porém, diferem de suínos dos 17 aos 120kg de peso vivo alimentados com milho híbrido geneticamente modificados foram correlacionados com maior consumo diário de ração (Custodio et al., 2006) e aumento no ganho de peso em leitões (Piva et al., 2001). No entanto, Piva et al. (2001) concluíram que as diferenças eram devido a maior concentração de micotoxinas presentes nos milhos híbridos comuns e Custódio et al. (2006) não investigaram a presença micotoxinas como contaminante nos milhos híbridos estudados. Walsh et al. (2011) anteriormente mostraram que as concentrações de micotoxinas na variedade de milho híbrido utilizada (evento *MON810*<sup>®</sup>) foi inferior aos limites máximos permitidos descritos na legislação europeia (2006/576/CE; EU/165/2010). Os resultados do presente estudo demonstraram que durante os 72 dias de experimento, o fornecimento de dietas contendo milhos híbridos geneticamente modificados para suínos nas fases de crescimento e terminação não causaram efeitos adversos ao desempenho produtivo.

## CONCLUSÃO

O fornecimento de dietas contendo milhos híbridos comuns e transgênicos proporcionaram alterações na digestibilidade aparente dos nutrientes e balanço de nitrogênio, no entanto, não influenciou o desempenho de suínos nas fases de crescimento e terminação.

## LITERATURA CITADA

- Adeola, O., and J. S. Sands. 2003. Does supplemental dietary microbial phytase improve amino acid utilization? A perspective that it does not. *J. Anim. Sci.* 81:78–85.
- Adeola, O., and N. L. Bajjalieh. 1997. Energy concentration of high-oil corn varieties for pigs. *J. Anim. Sci.* 75:430–436.
- Association of Official Analytical Chemists. 2007. *Official methods of analysis*. 18. ed. Maryland, 2005, Current through Revision 2.
- Brasil, 2007. Ministério da Agricultura, Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio. Dispõe sobre as normas de monitoramento de milho geneticamente modificado em uso comercial. Resolução Normativa Nº 3, de 16 de agosto de 2007
- Bremer Neto, H. 1999. O método da s-difenilcarbazida na determinação espectrofotométrica do crômio (III) em fezes, após sua utilização como marcador biológico na forma de óxido de crômio (III). PhD Diss. Univ. Estadual Paulista, Botucatu, SP, Brazil.
- Buzoianu, S. G., M. C. Walsh, M. C. Rea, J. P. Cassidy, R. P. Rossa, G. E. Gardinera, and P. G. Lawlor. 2012. Effect of feeding genetically modified Bt MON810 maize to ~40-day-old pigs for 110 days on growth and health indicators. *Animal*. 6(10):1609–1619.
- Calsamiglia, S., B. Hernandez, G. F. Hartnell, and R. Phipps. 2007. Effects of corn silage derived from genetically modified variety containing two transgenes on feed intake, milk production, and composition, and the absence of detectable

- transgenic deoxyribonucleic acid in milk in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 90(10):4718–4723.
- Cera, K. R., D. C. Mahan, and G. A. Reinhart. 1988. Effects of dietary dried whey and corn oil on weanling pig performance, fat digestibility and nitrogen utilization. *J. Anim. Sci.* 66:1438–1445.
- Champ, M. 1992. Determination of resistant starch in foods and food products: interlaboratory study. *Eur. J. Clin. Nutr.* 46(2):S51–S62.
- Champ, M., and N. Faisant. 1996. Resistant starch: analytical and physiological aspects. *Bol. SBCTA.* 30(1):37–43.
- Ciacco, F. C., D. Q. Tavares, and M. A. V. Texeira. 2001. Amido Resistente. In: Lajolo, F. M. et al. *Fibra dietética en Iberoamérica tecnología y saludobtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos.* São Paulo: Varela, 469 p.
- Cowieson, A. J., T. Acamovic, and M. R. Bedford. 2009. Supplementation of corn-soy-based diets with an *Escherichia coli*-derived phytase: Effects on broiler chick performance and the digestibility of amino acids and metabolizability of minerals and energy. *Poult. Sci.* 85:1389–1397.
- Crickmore, N., D. R. Zeigler, J. Feitelson, E. Schnepf, J. Van Rie, D. Lereclus, J. Baum, and D. H. Dean. 1998. Revision of the Nomenclature for the *Bacillus thuringiensis* Pesticidal Crystal Proteins. *Microbiol. Mol. Biol. R.* 62:807–813.
- Cromwell, G. L., B. J. Henry, A. L. Scott, M. F. Gerngross, D. L. Dusek, and D. W. Fletcher. 2005. Glufosinate herbicide-tolerant (LibertyLink) rice vs. conventional rice in diets for growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 83(5):1068–1074.
- Cruz, I. 1995. A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS, (EMBRAPA/ CNPMS, Circular Técnica, 21).
- Custodio M. G., W. J. Powers, E. Huff-Lonergan, M. A., Faust, and J. Stein. 2006. Growth, pork quality, and excretion characteristics of pigs fed Bt corn or non-transgenic corn. *Can. J. Anim. Sci.* 86:461–469.
- Dona, A., and I. S. Arvanitoyannis. 2009. Health risks of genetically modified foods. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 49:164–175.
- Fialho, E. T., H. S. Rostagno, J. B. Fonseca, and M. A. Silva. 1979. Efeito do peso vivo sobre o balanço energético e protéico de rações à base de milho e de sorgos com

- diferentes conteúdos de tanino para suínos. *Rev. Soc. Bras. Zootecn.* 8(3):386–397.
- Figueroa, J. L., A. J. Lewis, P. S. Miller, R. I. Fischer, R. S. Gómez, and R. M. Diedrichsen. 2002. Nitrogen metabolism and growth performance of gilts fed standart cornsoybean meal diets or low-crude protein, amino acid-supplemented diets. *J. Anim. Sci.* 80(11):2911–2919.
- Fischer, R. L., A. J. Lewis, P. S. Miller, E. P. Stanisiewski, and G. F. Hartnell. 2002. Comparison of swine performance when fed diets containing Roundup Ready corn, parental line corn, or conventional corn grown during 2000 in Nebraska. *J. Anim. Sci.* 80(Suppl. 1):224. (Abstr.).
- Fischer, R. L., and P. S. Miller. 2004. "Energy and Nitrogen Utilization of Roundup Ready<sup>®</sup> Corn (Event nk603) and Non-Transgenic Corn in Young Pigs". *Nebraska Swine Reports*. Paper 59.
- Gaines, A. M., G. L. Allee, and B. W. Ratliff. 2001b. Nutritional evaluation of Bt (MON810) and Roundup Ready corn compared with commercial hybrids in broilers. *J. Anim. Sci.* 79(Suppl. 1):51. (Abstr.).
- Gaines, A. M., G. L. Allee, and B. W. Ratliff. 2001a. Swine digestible energy evaluations of Bt (MON810) and Roundup Ready corn compared with commercial varieties. *J. Anim. Sci.* 79(Suppl. 1):109. (Abstr.).
- Girão, L. V. C. Substituição do soro de leite e lactose pela combinação de ingredientes energéticos e protéicos em rações de leitões na fase de creche. 2010. PhD Diss. Univ. Estadual Paulista, Botucatu, SP, Brazil.
- Hyun, Y., G. E. Bressner, R. L. Fischer, P. S. Miller, M. Ellis, B. A. Peterson, E. P. Stanisiewski, and G. F. Hartnell. 2005. Performance of growing–finishing pigs fed diets containing YieldGard Rootworm corn (MON863), a nontransgenic genetically similar corn, or conventional corn hybrids. *J. Anim. Sci.* 83:1581–1590.
- Jacobs, C. M., P. L. Utterback, C. M. Parsons, D. Rice, B. Smith, M. Hinds, M. Liebergesell, and T. Sauber. 2008. Performance of laying hens fed diets containing DAS-59122-7 maize grain compared with diets containing non-transgenic maize grain. *Poult. Sci.* 87:475–479.

- Jagger, S., J. Wiseman, D. J. A. Cole, and J. Craigon. 1992. Evaluation of inert markers for the determination of ileal and faecal apparent digestibility values in the pig. *Br. J. Nutr.* 68:129–139.
- Lazzeri, D. B., P. C. Pozza, M. S. S. Pozza, T. J. Pasquetti, L. D. G. Bruno, and L. D. Castilha. 2011. Balanços metabólicos de suínos alimentados com rações referências e inclusões de farelo de soja. *Rev. Bras. Saúde Prod. An.* 12(4):984–995.
- Le Bellego, L., J. Van Milgen, S. Dubois, and J. Noblet. 2001. Energy utilization of low-protein diets in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 79(5):1259–1271.
- Low, A.G. 1982. Digestibility and availability of amino acids from feedstuffs for pigs: a review. *Livestock Production Science.* 9, 511-520.
- Martinez-Poveda, A., M. B. Molla-Bauza, F. J. Del Campo Gomis, and L. M. C. Martinez. 2009. Consumer-perceived risk model for the introduction of genetically modified food in Spain. *Food Policy.* 34:519–528.
- Matterson, L. D., L. M. Potter, and M. W. Stutz. 1965. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. *Agricultural Experimental Station Research Report.* 7:3–11.
- Moore, J. H. 1957. Diurnal variations in the composition of faeces of pigs on diets containing chromium oxide. *British Journal of Nutrition* 11, 173-288.
- Moreira, I., M. Kutschenko, A. C. Furlan, A. E. Murakami, E. N. Martins, and C. Scapinello. 2004. Exigência de lisina para suínos em crescimento, alimentados com baixo teor de proteína, baseado no conceito de proteína ideal. *Acta Sci. Anim. Sci.* 26(4):537–542.
- Olukosi, A., O. A. Bolarinwa, A. J. Cowieson, and O. Adeola. 2012. Marker type but not concentration influenced apparent ileal amino acid digestibility in phytase-supplemented diets for broiler chickens and pigs. *J. Anim. Sci.* 90:4414–4420.
- Piva, G., M. Morlacchini, A. Pietri, A. Piva, and G. Casadei. 2001. Performance of weaned piglets fed insect protected (MON810) or near isogenic corn. *J. Anim. Sci.* 79 (suppl. 1)/*J. Dairy Sci.* 84 (suppl. 1)/*Poult. Sci.* 80 (suppl. 1)/54th Annual Reciprocal Meat Conference, vol. II, p. 106.

- Rasmussen, M. A., S. A. Cutler, K. Wilhems, and C. G. Scanes. 2007. Effects of Bt (*Bacillus thuringiensis*) corn on reproductive performance in adult laying hens. *Int. J. Poult. Sci.* 6:169–171.
- Reuter, T., K. Aulrich, W. Schnäkel, and T. A. McAllister. 2005. Detection of feed-ingested plant DNA fragments in a raw meat product for human consumption. *Can. J. Anim. Sci.* 85(4):541–543.
- Rostagno, H. S., L. F. T. Albino, J. L. Donzele, P. C. Gomes, R. F. Oliveira, D. C. Lopes, A. S. Ferreira, S. L. T. Barreto, and R. F. Euclides. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos (composição de alimentos e exigências nutricionais). 3<sup>rd</sup> ed. UFV, Viçosa, MG.
- Sans, L. M. A., and D. P. Santana. 2006. Clima e solo. Embrapa Milho e Sorgo. Sistemas de Produção, 1 Versão Eletrônica - 2<sup>a</sup> Edição Dez./2006. Acesso em julho de 2013. Disponível em: <[http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho\\_2ed/climaesolo.htm](http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho_2ed/climaesolo.htm)>.
- SAS Institute. SAS/STAT User Guide: Statistics. Release 6.04 ed. SAS Inst. Inc., Cary, NC, 2008.
- Scheideler, S. E., D. Rice, B. Smith, G. Dana, and T. Sauber. 2008b. Evaluation of nutritional equivalency of corn grain from DASO1507- 1 (Herculex\* I) in the diets of laying hens. *J. Appl. Poult. Res.* 17:383–389.
- Scheideler, S. E., R. E. Hileman, T. Weber, L. Robeson, and G. F. Hartnell. 2008a. The in vivo digestive fate of the Cry3Bb1 protein in laying hens fed diets containing MON863 corn. *Poult. Sci.* 87:1089–1097.
- Selle, P. H., and V. Ravindran. Microbial phytase in poultry nutrition. *Anim. Feed Sci. Technol.* 135:1–41, 2007.
- Séralini, Gilles-Eric, E. Clair, R. Mesnage, S. Gress, N. Defarge, M. Malatesta, D. Hennequin, J. Spiroux De Vendômois. 2012. Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. *Food Chem. Toxicol.* 50(11):4221–4231.
- Stanisiewski, E. P., G. F. Hartnell, and D. R. Cook. 2001. Comparison of swine performance when fed diets containing Roundup Ready corn (GA21), parental line or conventional corn. *J. Anim. Sci.* 79(Suppl. 1):319. (Abstr.).

- Steele, W., and J. L. Clapperton. 1982. The use of chromic oxide as a food marker - a warning. *J. Sci. Food Agric.* 33:325–328.
- Taylor, M. L., G. F. Hartnell, S. G. Riordan, M. A. Nemeth, K. Karunanandaa, B. George, and J. D. Astwood. 2003b. Comparison of broiler performance when fed diets containing grain from YieldGard corn, YieldGard × Roundup Ready (GA21), nontransgenic control, or commercial corn. *Poult. Sci.* 82:823–830.
- Taylor, M. L., Y. Hyun, G. F. Hartnell, S. G. Riordan, M. A. Nemeth, K. Karunanandaa, B. George, and J. D. Astwood. 2003a. Comparison of broiler performance when fed diets containing grain from YieldGard Rootworm (MON 863), YieldGard Plus (MON 810 × MON 863), nontransgenic control, or commercial reference corn hybrids. *Poult. Sci.* 82:1948–1956.
- Walsh, M.C., S. G. Buzoianu, G. E. Gardiner, J. P. Cassidy, M. C. Rea, R. P. Ross, P. G. Lawlor. 2011. Effects of short-term feeding of Bt MON810 maize on growth performance, organ morphology and function in pigs. *Brit. J. Nutr.* 107:364–371.
- Willis, H. J., Eldridge, A. L., Beiseigel, J., Thomas, W., & Slavin, J. L. (2009). Greater satiety response with resistant starch and corn bran in human subjects. *Nutrition Research*, 29(2), 100–105.
- Xing, J. J., E. van Heugten, D. F. Li, K. J. Touchette, J. A. Coalson, R. L. Odgaard, and J. Odle. 2004. Effects of emulsification, fat encapsulation, and pelleting on weanling pig performance and nutrient digestibility. *J. Anim. Sci.* 82:2601–2609.

### **CAPÍTULO 3**

## **Influência de milhos transgênicos sobre os indicadores de bem-estar e qualidade de carne de suínos nas fases de crescimento e terminação**

### **RESUMO**

O presente trabalho objetivou avaliar os parâmetros sanguíneos, parâmetros fisiológicos do estresse, características de carcaça e qualidade de carne de suínos alimentados com dietas contendo milho geneticamente modificado. Utilizaram-se machos castrados e fêmeas com peso médio inicial de  $30 \pm 2,2$ kg, considerando-se a unidade experimental a baia contendo dois animais. Os animais foram distribuídos em blocos casualizados com três tratamentos e dez repetições totalizando 60 animais mestiços (LD x LW). Os tratamentos foram: ração contendo híbrido de milho comum variedade 2B587<sup>®</sup>; ração contendo híbrido de milho transgênico variedade 2B587Hx<sup>®</sup>; ração contendo híbrido de milho transgênico variedade 2B707Hx<sup>®</sup>. Foram colhidas amostras de sangue no início (controle), aos 36 e 72 dias do experimento, os resultados sendo avaliados em esquema fatorial 3x2+1 (3 diferentes milhos, 2 períodos e inicial controle), geraram as médias dos parâmetros sanguíneos e fisiológicos do estresse. Os animais ao final do experimento foram abatidos em frigorífico comercial, sendo avaliadas as características de carcaça e a colheita das amostras do *M. longissimus thoracis*. Os resultados foram analisados utilizando-se o *software* estatístico SAS e as médias comparadas pelo teste de Tukey. Quando as médias não apresentaram distribuição normal foi aplicada estatística não paramétrica. Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) para as variáveis de características de carcaça, qualidade da carne e parâmetros fisiológicos do estresse. Os parâmetros sanguíneos apresentaram alteração ( $P < 0,05$ ) em relação os animais do grupo controle. Conclui-se, que os milhos híbridos transgênicos se mostraram semelhantes ao convencional, não alterando os parâmetros de características de carcaça, qualidade da carne e fisiológicos do estresse de suínos, no entanto, os parâmetros sanguíneos foram modificados.

**Palavras-chave:** biotecnologia, cortisol, segurança dos alimentos.

**Transgenic corn influence on animal welfare indicators and meat quality of pigs  
during the growing and finishing phases**

**ABSTRACT**

This study evaluated blood parameters, physiological parameters of stress, carcass characteristics and meat quality of pigs fed with diets containing genetically modified corn. Barrows and gilts with BW of  $30 \pm 2.2$  kg were used, considering the experimental unit the pen containing two animals. The animals were distributed in a randomized block design with three treatments and ten replicates totalizing 60 crossbred (LW x LD) animals. The treatments were: control diet containing common hybrid corn (2B587<sup>®</sup>); diet containing transgenic hybrid corn (2B587Hx<sup>®</sup>); diet containing transgenic hybrid corn (2B707Hx<sup>®</sup>). Blood samples were collected at initial time (control), 36 and 72 days of the experiment, the results were evaluated in a factorial  $3 \times 2 + 1$  (three different corns, two periods and initial control), generating the mean blood parameters and physiological stress parameters. The animals were slaughtered at a commercial slaughterhouse and then the carcasses were evaluated and samples were collected at *M. longissimus thoracis*. The results were analyzed using the SAS statistical software and means were compared by Tukey test. Was applied nonparametric statistics when the average non-normal distribution. There was no difference ( $P > 0.05$ ) for carcass traits, meat quality parameters and physiological parameters of stress. Blood parameters demonstrated alterations ( $P < 0.05$ ) in relation to the control group. It is concluded that the transgenic hybrid corn were similar to the conventional corn. There were not alterations for carcass traits, meat quality parameters and parameters of physiological stress of pigs, however, the blood parameters have been modified.

**Key words:** biotechnology, cortisol, food security.

## INTRODUÇÃO

Os organismos geneticamente modificados (OGM) são animais, plantas ou microrganismos que receberam genes desejáveis de outra espécie ou outro reino, não sendo possível por meio do melhoramento genético clássico. A partir da década 70, com o desenvolvimento da técnica do DNA recombinante, foi possível inserir e utilizar os benefícios dos genes *Cry* em culturas como milho e soja (Crickmore et al., 1998). As plantas de milho geneticamente modificadas são capazes de produzir a proteína *CryIF*, originada da bactéria *B. thuringiensis*, combatendo assim de forma seletiva a lagarta-do-cartucho (ordem: Lepidoptera; espécie: *Spodoptera frugiperda*), maior causadora de prejuízos produtivos as culturas do milho segundo Cruz (1995). Com isso, as lavouras de milho dispensaram a aplicação de inseticidas, diminuindo o uso de agrotóxicos. Porém, o cultivo de plantas transgênicas, assim como o consumo humano e animal de seus derivados é recente, constituindo tema sobre o qual predominam discussões científicas, éticas, econômicas e políticas. Mundialmente há debate sobre os impactos dos OGMs na saúde humana, animal e ao ambiente.

Estudos sugerem que o DNA das plantas ultrapassa a barreira natural intestinal, sendo detectados em tecidos e produtos de frangos de corte (Aeschbacher et al., 2005), suínos (Mazza et al., 2005) e ruminantes (Nemeth et al., 2004). Neste contexto, questiona-se a possibilidade de transposição do DNA de plantas transgênicas pelo epitélio intestinal de animais na forma íntegra (Tudisco et al., 2010).

Contrariamente, estudos sobre alimentação de bovinos, suínos e aves com rações contendo soja e milho resistentes a insetos e herbicidas, mostraram ausência de efeitos adversos aos animais alimentados com transgênicos (Cromwell et al., 2005; Calsamiglia et al., 2007). Complementariamente seria importante avaliar indicativos de estresse

relacionados à fisiologia do animal como: parâmetros sanguíneos, dosagem do hormônio cortisol, atividade da enzima creatina fosfoquinase, lactato transferase, dentre outros.

Classicamente, o agente estressor desencadeia estímulo nervoso que chega ao cérebro, provocando a liberação do hormônio liberador de corticotropina (CRH). O CRH irá atuar sobre a adenohipófise estimulando a produção e secreção do hormônio adrenocorticotrófico (ACTH) e de  $\beta$ -endorfinas, sendo que o ACTH irá estimular a secreção de glicocorticóides, principalmente cortisol ou corticosterona. O sistema nervoso simpático também é ativado, estimulando a liberação de adrenalina e noradrenalina nos terminais nervosos simpáticos e na medula adrenal (Dukes e Swenson, 1996). Deve-se ressaltar que altos níveis de cortisol, geralmente, estão associados a condições de estresse psicológico (medo e apreensão). Por outro lado, condições de estresse físico proporcionam o aumento da atividade da creatina fosfoquinase envolvidas no processo metabólico de obtenção de energia e respiração (Warris et al., 1998). Assim sendo, o cortisol e a creatina fosfoquinase poderiam ser parâmetros importantes no diagnóstico dos efeitos promovidos pelos eventos de milhos transgênicos utilizados neste estudo.

O conceito de qualidade de carne é amplo e complexo, definido por características objetivas e subjetivas (Athayde et al., 2012). As características objetivas abrangem as físicas, nutricionais e higiênicas (Peloso, 2002), enquanto que as subjetivas englobam os aspectos sensoriais, apresentação e forma de exposição do produto. Esta variável é dependente da temperatura e velocidade de resfriamento do tecido muscular após o abate, podendo ser avaliada através de parâmetros físicos, químicos e físico-químico (pH, cor, perdas por exsudação, perdas por cocção, capacidade de retenção de

água, gordura intramuscular e maciez), visual (marmorização) e por métodos sensoriais (suculência, aparência da carne e resistência a mastigação) (Culau et al., 1993; Brown et al., 1999; Nanni Costa et al., 2002).

Existem estudos mostrando que o consumo de alimentos transgênicos pelos suínos nas fases de crescimento e terminação não influenciam as características de carcaça (Spencer et al., 2000a,b), porém, as informações relacionadas ao consumo de alimentos transgênicos e alteração na qualidade da carne de suínos são meramente especulativas e de cunho não científico. Neste sentido, este trabalho teve por objetivo investigar os efeitos das dietas formuladas com milhos híbridos comuns e transgênicos sobre os parâmetros hematimétricos, fisiológicos do estresse, qualidade de carne e características de carcaça em suínos criados nas fases de crescimento e terminação.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Localização**

O experimento foi conduzido na Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP - Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, no setor de suinocultura. O município de Botucatu está localizado na região centro Sul do estado de São Paulo com latitude 22°53'09" (S), longitude 48°26'42" (O) e altitude de 804 metros. O clima da região, segundo a classificação Köppen, é do tipo Cwa, clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno, e a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C.

Foram seguidos os princípios éticos de experimentação animal, de acordo com o protocolo no 08/2011-CEUA, determinados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual Paulista (FMVZ), UNESP, Botucatu/SP, Brasil.

Foram utilizados 60 suínos, mestiços (Landrace x Large White), machos castrados e fêmeas, com peso médio inicial de 30 ±2,2 kg, alojados em galpão de

alvenaria com pé direito de 3,5 m e com cortinas laterais. As baias, com área de 3,00 m<sup>2</sup> foram equipadas com comedouro semi-automáticos e bebedouro tipo chupeta. As baias foram mantidas com lâmina d'água, interligadas três a três, sendo esgotadas uma vez por semana ou mais, dependendo do volume de dejetos produzidos.

Os animais foram submetidos ao programa de alimentação por fases e receberam rações de crescimento I dos 30 aos 50 kg de peso vivo (PV) crescimento II dos 50 aos 70 kg de PV e terminação 70 aos 100 kg de PV. As rações foram formuladas para atender as exigências nutricionais mínimas propostas por Rostagno et al. (2011), sendo fornecidas à vontade. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com três tratamentos e dez repetições por tratamento, sendo a unidade experimental composta pela baia contendo dois animais.

Os tratamentos foram: R1 - ração contendo milho híbrido comum na coloração amarelo-alaranjada, semidentado, 2B587<sup>®</sup>; R2 - ração contendo milho híbrido transgênico na coloração amarelo-alaranjada, semidentado, 2B587Hx<sup>®</sup>, com tecnologia Herculex I, portador do gene *Cry*, responsável pela produção da proteína *CryIF*, oriunda do *B. thuringiensis (Bt)*, bactéria gram+ da família *Bacillaceae*, sendo a forma transgênica do híbrido do tratamento R1 (isogênicas); R3 - ração contendo milho híbrido transgênico na coloração alaranjada, semidentado, 2B707 Hx<sup>®</sup>, com tecnologia Herculex I, portador do gene *Cry*, responsável pela produção da proteína *CryIF*, oriunda do *B. thuringiensis (Bt)*, bactéria gram+ da família *Bacillaceae*.

Todos os híbridos de milho comuns ou na forma transgênica foram comercializados pela empresa Dow Agrosience Brasil Ltda<sup>®</sup> e produzidos nas Fazendas de Ensino, Pesquisa e Produção (FEPP), vinculadas a Faculdade de Ciências Agrônômicas-FCA, Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu. No plantio foram seguidas as

recomendações técnicas da Comissão Técnica Nacional de Biossegurança-CTNBio, baseados na Normativa nº3, de 16 de Agosto de 2007 (Brasil, 2007).

As rações de crescimento I, crescimento II, terminação e valores dos nutrientes determinados em laboratório e estimados segundo Rostagno et al. (2011) estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

### **Manejo pré-abate**

Todos os animais foram pesados e submetidos ao jejum de aproximadamente doze horas, porém possuíam acesso livre à água. Antes do embarque, todos os suínos receberam identificação com mecanismo tatuador na linha dorso-escapular, a fim de facilitar a identificação das carcaças no frigorífico. Em seguida, foram transportados até o frigorífico Frigol Comercial Ltda<sup>®</sup>, localizado na cidade de Lençóis Paulista-SP.

Chegando ao frigorífico, os suínos permaneceram nas baias de descanso por um período mínimo de 3 horas, exigido pela Portaria 711 (BRASIL, 1995) e o ART 110 do RIISPOA (BRASIL, 1997), que estabelecem aspectos de tempo para o descanso e dieta hídrica nas baias de descanso dos frigoríficos, sendo conduzidos, posteriormente ao box de insensibilização. Os animais permaneceram sem acesso à alimentação, porém com acesso livre à água durante a permanência nas baias de espera do frigorífico.

A insensibilização ocorreu por eletronarcose (220V, 70Hz e intensidade de corrente de 1,3 ampères - Valhalla, Stork RMS b.v., Lichtenvoorde, Holanda), e imediatamente após foram sangrados na posição horizontal e suspensos ao fim da mesa de sangria na nória contínua da linha de abate. As carcaças dos suínos permaneceram em câmara fria em temperaturas variando entre 1°C a 4°C durante 24 horas onde foram colhidas as amostras do *M. longissimus thoracis*, posteriormente foram levadas para análise.

Tabela 1. Composição percentual das rações de crescimento I, crescimento II e terminação, utilizadas no experimento

Ingredientes	Crescimento I (30-50 kg)			Crescimento II (50-70 kg)			Terminação (70-100 kg)		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Híbrido m.c.2B587 <sup>®1</sup>	79,10	-	-	81,10	-	-	86,30	-	-
Híbrido m.t.2B587Hx <sup>®2</sup>	-	79,10	-	-	81,10	-	-	86,30	-
Híbrido m.t.2B707Hx <sup>®3</sup>	-	-	79,10	-	-	81,10	-	-	86,30
F. carne e ossos, 45%	6,10	6,10	6,10	5,40	5,40	5,40	5,00	5,00	5,00
Levedura inativa seca	6,80	6,80	6,80	7,20	7,20	7,20	1,90	1,90	1,90
Hemácias	6,02	6,02	6,02	4,20	4,20	4,20	4,45	4,45	4,45
L-Lisina HCl, 78,4%	-	-	-	0,10	0,10	0,10	0,05	0,05	0,05
DL-Metionina, 99%	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,10	0,02	0,02	0,02
Cloreto de sódio	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Denagard <sup>TM</sup> OT <sup>4</sup>	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	-	-	-
Caulim	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,88	1,88	1,88
Suplemento vitamínico <sup>5</sup>	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Suplemento mineral <sup>6</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100
<b>Composição determinada<sup>7</sup></b>									
Matéria Seca,%	85,68	86,81	86,09	85,43	86,58	85,84	84,79	86,01	85,23
Proteína bruta, %	16,98	16,27	17,29	15,37	14,65	15,69	13,75	12,99	14,10
Matéria mineral, %	4,09	3,99	3,98	3,78	3,68	3,67	3,50	3,38	3,38
MS digestível, %	73,24	72,80	72,49	75,09	74,64	74,32	79,91	79,42	79,09
Energia Bruta, kcal/kg	3824	3774	3854	3802	3751	3833	3768	3713	3801
Energia Metabolizável, kcal/kg	3272	3332	3291	3267	3329	3287	3276	3342	3298
<b>Composição calculada<sup>8</sup></b>									
Lisina digestível, %	0,90	0,90	0,90	0,84	0,84	0,84	0,71	0,71	0,71
Metionina digestível, %	0,29	0,29	0,29	0,26	0,26	0,26	0,22	0,22	0,22
Triptofano digestível, %	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,14	0,14	0,14
Fósforo disponível, %	0,40	0,40	0,40	0,27	0,27	0,27	0,25	0,25	0,25
Cálcio, %	0,60	0,60	0,60	0,55	0,55	0,55	0,48	0,48	0,48

<sup>1</sup>Milho híbrido comum 2B587<sup>®</sup>; <sup>2</sup>Milho híbrido transgênico 2B587Hx<sup>®</sup>; <sup>3</sup>Milho híbrido transgênico 2B707Hx<sup>®</sup>; <sup>4</sup>Associação de oxitetraciclina na forma de cloridrato (10%) e de fumarato de tiamulina hidrogenado (3,5%); <sup>5</sup>Suplemento vitamínico fornecendo por kg de ração: 108000 UI vit. A; 1800 UI vit D3; 18 UI vit. E; 18 mg vit. K3; 1,62 mg vit. B1; 4,8 mg vit. B2; 2,4 mg vit. B6; 24 mcg vit. B12; 0,72 mg ác. fólico; 11,22 mg ác. pantotênico; 24 mg niacina; 96 mcg biotina; 0,36 mg de selênio; <sup>6</sup>Suplemento mineral fornecendo por kg de ração: 0,1 g Fe; 0,01 g Cu; 0,04 g Mn; 0,1 g Zn; 1 mg Co; 1,5 mg; <sup>7</sup>Composição determinada em laboratório; <sup>8</sup>Composição calculada média segundo Rostagno et al. (2011).

Tabela 2. Valores nutricionais calculados e determinados dos ingredientes: milhos 2B587<sup>®</sup>, 2B587Hx<sup>®</sup> e 2B707Hx<sup>®</sup>, farinha de carne e ossos (FCO), levedura inativa seca (LEV) e hemácias (HEM)

Valores nutricionais	Ingredientes <sup>1</sup>					
	2B587	2B587 Hx <sup>®</sup>	2B707 Hx <sup>®</sup>	FCO	LEV	HEM
Matéria seca (%)	85,92	87,34	86,43	94,78	93,61	92,61
Extrato etéreo (%)	1,71	1,67	1,42	8,02	0,38	1,02
Proteína bruta (%)	7,87	6,98	8,27	46,52	38,8	87,61
Matéria mineral (%)	1,48	1,35	1,34	39,02	4,10	4,31
Matéria seca digestível (%)	92,59	92,03	91,64	-	-	-
Prot. digestível (%)	5,55	5,69	6,41	36,24*	28,64*	77,66*
Energia bruta (kcal/kg)	3819	3756	3857	3227	4399	5101
Energia digestível (kcal/kg)	3474	3585	3532	2564*	3370*	4300*
Energia metabolizável (kcal/kg)	3396	3472	3421	2332*	3164*	3787*

<sup>1</sup>Valores determinados em laboratório; \* Composição nutricional calculada segundo Rostagno et al. (2011).

### **Indicativos fisiológicos do estresse**

As avaliações dos parâmetros fisiológicos do estresse foram realizadas por meio da dosagem do hormônio cortisol e atividade da enzima creatina fosfoquinase.

O delineamento experimental para avaliação dos parâmetros fisiológicos do estresse foram em esquema fatorial  $3 \times 2 + 1$ , com dez repetições. Foram três diferentes milhos híbridos, dois períodos de avaliação e tratamento adicional, em que foram fornecendo-se dietas contendo milho híbrido convencional durante duas semanas antes do início do experimento, sendo feitas colheitas de sangue ao acaso em 10 animais para fornecimento dos parâmetros fisiológicos basais (controle). Adotou-se tal procedimento para evitar a interferência nos parâmetros sanguíneos, uma vez que, os efeitos associados ao transporte, reagrupamento social e realocação, poderiam influenciar diretamente nessas variáveis. Quando os animais atingiram média de 70 kg e aos 36 dias, foi realizada nova colheita de sangue de um animal por tratamento, totalizando 30 animais, para reavaliar o status fisiológico durante o experimento e ao final do experimento foi repetido o mesmo procedimento quando os animais atingiram peso médio de 100 kg e aos 72 dias. Foram colhidas amostras de sangue (10 mL) por meio da punção da veia jugular, utilizando métodos de contenção padrão. Os tubos utilizados foram do tipo VACUETTE<sup>®</sup> e continham heparina sódica (25000 UI / 5 mL) para separação do plasma e o outro sem heparina sódica para separação do soro. Todas as amostras foram posteriormente homogeneizadas. As amostras foram submetidas a uma centrifugação de 1780 G por 10 minutos em temperatura ambiente, utilizando-se uma centrífuga portátil.

Após a centrifugação, alíquotas de 2 mL de plasma e soro obtidas foram transferidas para tubos criogênicos e armazenadas em botijão contendo nitrogênio líquido ( $-196^{\circ}\text{C}$ ) até a execução das análises.

Amostras do plasma foram usadas para análise de cortisol utilizando o método de radio-imunoensaio (Coat-A-Count<sup>®</sup> Cortisol Kit, Siemens, Los Angeles, USA). A dosagem de cortisol foi realizada em contador gama (Gama Count Cobra II-Packard<sup>TM</sup>).

As amostras de soro foram destinadas às análises de creatina fosfoquinase (KIT CK-NAC liquiform 117 2/30). A atividade enzimática da creatina fosfoquinase (CPK) foi mensurada por comprimento de onda (340 nm), utilizando espectrofotômetro (RA\_XTTM, Technicon).

### **Parâmetros sanguíneos (hemograma)**

A contagem de hemácias e leucócitos, índices hematimétricos como o volume corpuscular médio, hemoglobina corpuscular média, concentração de hemoglobina corpuscular média e contagem de plaquetas foram determinadas por meio de analisador hematológico automático COBAS MIRA. A percentagem de hematócrito foi obtida pelo cálculo da derivada do VCM e eritrócitos por meio da impedância. A hemoglobina foi obtida por meio do método da cianometahemoglobina, utilizando-se o kit comercial Analisa Diagnóstica<sup>®</sup>, para determinação colorimétrica, segundo Collier (1994).

Os valores de proteína plasmática total (PPT) foram mensurados por meio do uso de refratômetro manual de Goldberg, pela quebra do capilar de microhematócrito logo acima da camada de leucócitos. As médias encontradas quando não apresentavam distribuição normal foram submetidas a teste estatístico não paramétrico.

## Avaliações da qualidade da carne

### Rendimento de carcaça

O peso da carcaça foi obtido ao término do abate, após a evisceração, definindo-se peso de carcaça quente, ou após o resfriamento por 24 horas a  $2 \pm 1$  °C, representando o peso de carcaça resfriada. A medida do peso da carcaça quente e resfriada permite estimar o rendimento de carcaça e as perdas ocorridas durante o período de resfriamento. Para o cálculo dos respectivos rendimentos foram utilizadas as fórmulas abaixo Adaptado de Bridi e Silva (2007):

$$\text{Rendimento de carcaça (\%)} = \frac{\text{Peso da carcaça quente} \times 100}{\text{Peso vivo ao abate}}$$

$$\text{Perda de água no resfriamento (\%)} = 100 - \frac{\text{Peso de carcaça resfriada} \times 100}{\text{Peso de carcaça quente}}$$

### Temperatura e pH

Foi utilizado peagâmetro (Hanna, HI 8314), com sistema de identificação digital, sensor de compensação de temperatura (Tec 530) e eletrodo de vidro apropriado para determinação de pH em profundidade. A medida foi realizada no *M. longissimus thoracis* (LT) (entre a 13<sup>a</sup> e 14<sup>a</sup> costela), perpendicularmente à linha média da meia-carcaça esquerda e a uma profundidade média de 3,5 cm, nos períodos de 45 minutos (pH<sub>i</sub>) e 24 horas *post-mortem* (pH<sub>v</sub>).

### Cor

A cor foi avaliada por meio do método objetivo, 24 horas após o abate dos animais com o auxílio do colorímetro Konica Minolta (DL65, ângulo de visão de 0°, com iluminação difusa e componente especular, modelo CR 400, Minolta (Câmera Co., Ltd

Osaka, Japan). As determinações de cor foram realizadas em duplicata no músculo LT na região compreendida entre a 6<sup>a</sup> e 7<sup>a</sup> vértebras torácicas, após um período padronizado de exposição ao ar atmosférico de 30 minutos. Essas medidas foram analisadas, seguindo o sistema CIELAB, por meio de leituras de refletância da luz em três dimensões: L\*, a\* e b\*.

### **Perda de água por exsudação**

A avaliação foi realizada utilizando-se amostras do *M. longissimus thoracis* retiradas da carcaça esquerda resfriada por 24 horas a  $2 \pm 1$  °C. As análises foram realizadas logo após o transporte das amostras do frigorífico para o laboratório, para se evitar perdas excessivas de água durante o trajeto. Todas as amostras foram retiradas do mesmo ponto da carcaça, evitando-se as variações dentro do mesmo músculo. Cada amostra (bife) possuía uma espessura de aproximadamente 2,0 cm.

Foram retirados os tecidos ósseo, adiposo e os músculos espinhais (*M. spinalis thoracis* e multífido (*Mm. multifidi*), permanecendo somente a fásia que recobre o *M. longissimus thoracis*. As amostras foram pesadas em balança semi-analítica e suspensas em ganchos feitos de arame galvanizado em forma de “S”, onde uma das extremidades sustenta a carne e a outra fica presa nas grades da geladeira. As amostras foram colocadas dentro de sacos de polietileno que, por sua vez, foram colocados dentro de outro saco, formando parede dupla para evitar a desidratação das amostras na geladeira. Os sacos foram fechados sob pressão atmosférica e suas extremidades superiores amarradas com fio. Alguns cuidados foram tomados para que as amostras não ficassem em contato com as paredes dos sacos plásticos. As amostras foram retiradas das carcaças após 24 horas do abate, sendo levadas ao laboratório e seguido os

procedimentos acima descritos. Logo, foram levadas aos refrigeradores permanecendo por 48 horas a 4 °C. Após este período, essas amostras foram retiradas da geladeira, evitando-se que as mesmas entrassem em contato com o líquido exsudado pela carne, sendo enxugadas suavemente com toalha de papel e seguidas para pesagem. A técnica utilizada para medir a perda de água por gotejamento foi descrita por Boccard et al. (1981) e adaptado por Bridi e Silva (2007).

### **Perda de água por cocção**

Foram colhidas quatro amostras do músculo LT de cada suíno, de 2,5 cm de espessura e aproximadamente 250 g, retiradas da meia carcaça esquerda, entre a 10<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costelas, em torno de 24 horas após o abate. As amostras foram embaladas e armazenadas congeladas (- 20°C). Posteriormente, as amostras foram descongeladas em refrigerador a 5°C durante 24 horas. Em seguida, amostras de 100 g ( $\pm 0,05$  g), em duplicatas, foram embaladas a vácuo e cozidas em banho-maria (80°C durante 1 hora). Após essa etapa, foram colocadas sobre papel absorvente até chegarem à temperatura ambiente e então foram pesadas novamente para determinação da perda de peso após o cozimento, segundo metodologia adaptada de Honikel (1998).

### **Classificação de qualidade**

Os padrões utilizados na qualidade e avaliação da carne importante em todos os segmentos da cadeia produtiva de suínos. Dentre os fatores mais objetivos e práticos para esta avaliação estão o pH, porcentagem de perda de água e cor, os quais são quatro categorias: a carne RFN (Reddish Pink, Firm, Non-exudative - avermelhada ou rosa, firme e não exsudativa), considerada como carne ideal e os principais desvios de

qualidade que são: PSE (Pale, Soft and Exudative - carne pálida, flácida e exsudativa), carne RSE (Red dish Pink, Soft, Exudative- carne avermelhada ou rosa, flácida e exsudativa) e carne DFD (Dark, Firm, Dry - carne escura, firme e seca). Após a realização das análises visuais, física, químicas e físico-químicas das carcaças dos suínos, optou-se pela categorização das carnes por meio do  $pH_u$  e pelo valor de Luminosidade ( $L^*$ ) citado por Van Heugten, (2001) e adaptado por Araújo (2009). As carnes foram categorizadas em PSE, RSE, RFN, DFD ou Pálida, de acordo com o padrão descrito na Tabela 3. As amostras que não se enquadraram nessas categorias foram consideradas como não classificadas (NC).

Tabela 3. Classificação da qualidade de carne suína por meio do pH ( $pH_u$ ) e cor objetiva ( $L^*$ )

Classificação <sup>1</sup>	$pH_u$	$L^*$
PSE	< 5,5	> 50
RSE	< 5,5	< 50
RFN	5,5 – 6,1	< 50
DFD	> 6,1	< 38
Pálida	5,5 – 6,1	> 50

<sup>1</sup>PSE - pálida, flácida e exsudativa, RSE - vermelha, flácida, exsudativa, RFN - vermelha, firme e não exsudativa, DFD - escura, firme e seca; Adaptado de Araújo (2009).

### Força de cisalhamento

Para a avaliação da maciez foi utilizado o texturômetro *TA XT-Plus Texture Analyser 2i*, equipado com dispositivo Warner-Bratzler, sendo a velocidade de descida do dispositivo foram de 200 mm/min (AMSA,1995). Foram utilizadas as amostras usadas para determinação da perda de água por cocção e retirados cinco cubos com 1x1x2 cm, os quais foram colocados com as fibras orientadas no sentido perpendicular a *probe* do aparelho *Warner-Blatzler*.

### **Avaliações da composição centesimal**

A avaliação da composição centesimal foi realizada nas amostras de carne *in natura* referente ao *M. longissimus thoracis*. Foram avaliados a umidade, realizada seguindo o método 39.1.02 da A.O.A.C. (2007) e a proteína, empregado o método de Kjeldahl-micro, 39.1.19 da A.O.A.C.(2007) para determinação do nitrogênio total. A proteína bruta foi calculada em função dos teores de nitrogênio total, multiplicado pelo fator 6,25; o extrato etéreo determinado segundo A.O.A.C., (2007), item 39.1.05 e o resíduo mineral fixo ou matéria mineral foi realizado segundo o método recomendado pela A.O.A.C. (2007), item 39.1.09.

### **Análises estatísticas**

Os valores de pH, temperatura, cor, perda de água por exsudação, perda de água por cocção, força de cisalhamento e composição centesimal foram submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM (*General Linear Models*) do pacote estatístico SAS (2008), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). Os parâmetros sanguíneos e fisiológicos do estresse foram avaliados em esquema fatorial  $3 \times 2 + 1$ , quando estes apresentaram distribuição normal, no caso das médias não normatizadas foi aplicado teste de *Kruskal-Wallis* (não paramétrico). Em ambos os casos foi utilizado o procedimento GLM (*General Linear Models*) do pacote estatístico SAS (2008).

## **RESULTADOS**

### **Qualidade da carne e características de carcaça**

Não houve efeito da inclusão dos diferentes tipos de milhos híbridos, seja na forma comum ou transgênica para todos os parâmetros correlacionados com a qualidade da carne e características de carcaça ( $P > 0,05$ ).

Os resultados dos parâmetros de qualidade de carne e características de carcaça, pH inicial (pH<sub>i</sub>), pH final (pH<sub>u</sub>), temperatura final da carcaça (Temp<sub>u</sub>), cor (L\* a\* e b\*), perda de água por exsudação, perda de água por cocção, força de cisalhamento, extrato etéreo, peso ao abate, rendimento de carcaça, espessura de gordura subcutânea, profundidade do *M. longissimus thoracis* e área de olho de lombo estão apresentados na Tabela 4.

As carnes foram categorizadas em PSE, RSE, RFN, DFD ou Pálida, de acordo com o padrão descrito na Tabela 3 e as amostras que não se enquadraram nessas categorias foram consideradas como não classificadas (NC) segundo Araújo (2009).

Os resultados de qualidade de carne e características de carcaça não foram afetados pela inclusão de diferentes milhos híbridos comuns ou transgênicos ( $P > 0,05$ ). Porém, os resultados de pH final e cor L\* (sistema CIELAB) sugerem que apesar de não haver diferenças entre os tratamentos, os padrões de classificação para carnes foram RNF (vermelha, firme e não exsudativa) (Tabela 3).

### **Indicadores hematimétricos e fisiológicos do estresse**

Houve efeito da inclusão dos diferentes tipos de milhos, seja na forma comum ou transgênica sobre os parâmetros hematimétricos ( $P < 0,05$ ). Os indicadores fisiológicos do estresse cortisol e creatina fosfoquinase não foram alterados ( $P > 0,05$ ).

Tabela 4. Médias, coeficiente de variação e erro padrão médio dos parâmetros de qualidade e características de carcaça, pH inicial (pH<sub>i</sub>), pH final (pH<sub>u</sub>), temperatura final da carcaça (Temp<sub>u</sub>), cor (L\* a\* e b\*), perda de água por exsudação, perda de água por cocção, força de cisalhamento, umidade, proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral, peso ao abate, peso de carcaça quente, rendimento de carcaça, perda de água da carcaça, espessura de gordura subcutânea, profundidade do *M. longissimus thoracis* e área de olho de lombo de suínos recebendo diferentes dietas contendo milhos híbridos comuns e transgênicos

Análises	Rações <sup>1</sup>			CV% <sup>2</sup>	SEM <sup>3</sup>	P-valor <sup>4</sup>
	R1	R2	R3			
<b>Qualidade da carne</b>						
pH <sub>i</sub>	5,72	5,77	5,78	3,63	0,07	0,7754
pH <sub>u</sub>	5,51	5,48	5,50	1,45	0,03	0,4881
Temperatura <sub>u</sub> °C	3,11	2,91	3,04	15,19	0,19	0,7178
<b>Cor (CIELAB)</b>						
L*	48,15	48,81	48,75	6,23	0,77	0,7707
a*	8,61	8,44	8,56	13,25	0,29	0,9038
b*	-2,18	-1,83	-1,64	88,82	0,40	0,6081
Perda de água por exsudação, %	6,62	6,85	6,43	29,47	0,50	0,8203
Perda de água por cocção, %	38,67	37,89	38,92	9,01	1,02	0,6965
Força de cisalhamento, kg	4,85	4,86	5,03	35,67	0,43	0,9427
<b><i>M. longissimus thoracis</i></b>						
Umidade, %	73,42	73,74	73,76	1,45	0,27	0,5627
Proteína Bruta, %	21,68	21,40	21,50	3,78	0,20	0,5902
Extrato Etéreo, %	3,51	3,61	3,34	18,55	0,24	0,6957
Matéria mineral, %	1,18	1,23	1,23	10,40	0,03	0,3979
<b>Características de carcaça</b>						
Peso ao abate, kg	93,52	93,81	92,42	8,93	2,02	0,8721
Peso de carcaça quente, kg	80,05	80,66	78,09	9,29	0,70	0,5682
Rendimento de carcaça, %	85,52	84,48	84,84	3,27	0,73	0,4499
Perda de água da carcaça, %	1,94	2,22	2,21	52,46	0,32	0,9549
Espessura de gordura subcutânea, mm	18,14	18,05	17,82	22,45	1,37	0,9833
Profundidade do lombo, mm	56,67	55,37	58,01	7,49	1,45	0,4284
Área de olho do lombo, cm <sup>2</sup>	38,73	37,45	39,13	9,06	1,18	0,5740

<sup>1</sup>Médias correspondentes aos 72 dias do experimento; Não foram encontradas diferenças para todas as variáveis de qualidade (P > 0,05) pelo teste de Tukey; <sup>2</sup>CV(%) corresponde ao coeficiente de variação; <sup>3</sup>SEM corresponde ao maior erro-padrão encontrado; <sup>4</sup>Probabilidade estatística.

Os resultados dos parâmetros sanguíneos, hematócrito (HEMAT), hemoglobina (HEMO), hemácias (HEMA), volume corpuscular médio (VCM), hemoglobina corpuscular média (HCM), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM), leucócitos (LEUC), bastões (BAST), neutrófilos segmentados (SEG), eosinófilos (EOS), linfócitos (LINF), monócitos (MONO), basófilos (BASO), plaquetas, proteína plasmática total (PPT) e fisiológicos do estresse cortisol, creatina fosfoquinase (CPK), estão apresentados nas Tabelas 5 e 6.

As respostas encontradas para os valores de hemoglobina, hemoglobina corpuscular média, concentração de hemoglobina corpuscular média, neutrófilos segmentados, linfócitos, monócitos e proteína plasmática total, foram observadas diferenças quando comparado as médias do fatorial com o tratamento adicional (controle) ( $P < 0,05$ ). Não houve diferenças quando se avaliou a influencia dos diferentes milhos híbridos, períodos e intereção dos milhos vs períodos ( $P > 0,05$ ).

Tabela 5. Médias, coeficiente de variação e desvio padrão médio dos parâmetros sanguíneos de hematócrito (HEMAT), hemoglobina (HEMO), hemácias (HEMA), volume corpuscular médio (VCM), hemoglobina corpuscular média (HCM), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM), leucócitos (LEUC), bastões (BAST), neutrófilos segmentados (SEG), eosinófilos (EOS), linfócitos (LINF), monócitos (MONO), basófilos (BASO), plaquetas, proteína plasmática total (PPT), determinados em suínos hípidos no início (controle), aos 36 e 72 dias de experimento, recebendo rações contendo milho híbrido comum ou transgênico

Item	Controle <sup>1</sup>	Períodos <sup>2</sup>		Milhos <sup>3</sup>			Média <sup>4</sup>	CV% <sup>5</sup>	P – valor <sup>6</sup>			
		36 dias	72 dias	2B587 <sup>®</sup>	2B587Hx <sup>®</sup>	2B707Hx <sup>®</sup>			M	P	M*P	F*A
HEMAT, %	43,01	43,48±2,11	43,16±3,11	43,8±2,28	43,66±2,89	42,53±2,65	43,28	6,70	ns	ns	ns	ns
HEMO, g/dl	14,83 <sup>a</sup>	13,91±0,60	13,72±0,82	13,9±0,68	13,9±0,79	13,7±0,68	13,96 <sup>b</sup>	5,90	ns	ns	ns	*
HEMA, x10 <sup>6</sup> /mm <sup>3</sup>	7,73	7,8±0,42	7,59±0,70	7,7±0,64	7,9±0,65	7,5±0,36	7,70	7,68	ns	ns	ns	ns
VCM, fL	55,6	55,92±2,79	55,71±2,63	55,4±2,74	55,38±2,46	56,63±2,79	55,78	4,89	ns	ns	ns	ns
HCM, Pg	19,21 <sup>a</sup>	17,78±1,13	17,61±1,35	17,6±0,99	17,6±1,03	17,83±1,63	17,91 <sup>b</sup>	6,98	ns	ns	ns	*
CHCM, g/dl	34,57 <sup>a</sup>	32,01±0,47	31,82±0,82	31,8±0,74	31,9±0,64	32,13±0,59	32,3 <sup>b</sup>	2,18	ns	ns	ns	*
LEUC, x10 <sup>3</sup> /mm <sup>3</sup>	17,02	21,4±2,95	20,01±2,96	20,6±2,55	20,8±3,05	20,7±3,5	20,20	14,50	ns	ns	ns	ns
SEG, %	64,26 <sup>a</sup>	42,2±3,55	40,7±4,96	40,9±4,31	41,6±3,62	41,8±5,1	44,76 <sup>b</sup>	9,20	ns	ns	ns	*
EOS, %	6,2	3,5±2,44	5,24±2,58	4,9±2,93	3,5±1,67	4,5±3,01	4,62	63,61	ns	ns	ns	ns
LINF, %	28,7 <sup>b</sup>	52,3±4,15	52,31±4,79	52,05±4,85	52,94±3,00	51,95±5,24	48,88 <sup>a</sup>	9,70	ns	ns	ns	*
PLAQUETAS, x10 <sup>6</sup>	528,1	448,1±137,5	592,9±134,9	538,4±170,3	494,4±114,1	523,7±172,1	5,69	27,10	ns	ns	ns	ns
PPT, g/dl	7,88 <sup>b</sup>	9,24±0,93	9,22±0,45	9,33±0,61	9,38±0,74	8,99±0,79	9,03 <sup>a</sup>	7,80	ns	ns	ns	*
<b>Teste de Kruskal-Wallis</b>												
BAST, %	0,20	0,17 <sup>A</sup>	0,41 <sup>B</sup>	0,40	0,21	0,25	0,29		ns	*	-	-
BASO, %	0	0	0	0	0	0			ns	ns	-	-
MONO, %	0,70	1,8 <sup>A</sup>	1,34 <sup>B</sup>	1,70	1,57	1,45	1,57		ns	*	-	-

<sup>1</sup>Parâmetros basais dos animais alimentados com milho híbrido comum 2B587<sup>®</sup>; <sup>2</sup>Médias dos períodos experimentais 36 e 72 dias; <sup>3</sup>Médias dos milhos híbridos comum e transgênicos; <sup>4</sup>Média geral; <sup>5</sup>Coeficiente de variação; <sup>6</sup>Probabilidade estatística dos diferentes milhos híbridos (M), períodos (P), interação milhos vs períodos (M\*P) e fatorial vs tratamento adicional controle (F\*A); nsEfeitos não significativos; <sup>A e B</sup>Médias na linha seguidas de letras maiúsculas diferem-se pelo teste pelo teste F a 5% de probabilidade dentro dos períodos experimentais; <sup>a e b</sup>Médias na linha seguidas de letras minúsculas diferem-se pelo teste pelo teste F a 5% de probabilidade fatorial vs adicional controle; \*Diferença encontrada pelo teste F a 5% de probabilidade .

Tabela 6. Médias, coeficiente de variação e desvio padrão médio dos parâmetros fisiológicos do estresse cortisol e creatina fosfoquinase (CPK) determinados em suínos hígidos no início (adicional controle), aos 36 e 72 dias de experimento, recebendo rações contendo milho híbrido comum ou transgênico

Item	Períodos <sup>2</sup>			Milhos <sup>3</sup>			Média <sup>4</sup>	CV% <sup>5</sup>	P – valor <sup>6</sup>			
	Controle <sup>1</sup>	36 dias	72 dias	2B587 <sup>®</sup>	2B587Hx <sup>®</sup>	2B707Hx <sup>®</sup>			M	P	M*P	F*A
<b>Cortisol, µg/dL<sup>3</sup></b>	3,68	4,08±2,37	4,11±1,90	3,80±1,83	4,16±1,91	4,32±2,63	4,03	54,96	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>
<b>CPK, U/L x Log<sup>3</sup></b>	803	1417±1104	1189±718	1009±670	1518±1082	1381±961	1251	72,21	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>

<sup>1</sup>Parâmetros basais dos animais alimentados antes do início experimental com milho híbrido convencional; <sup>2</sup>Médias dos períodos experimentais 36 e 72 dias; <sup>3</sup>Médias dos milhos híbridos comum e transgênicos; <sup>4</sup>Média geral; <sup>5</sup>Coeficiente de variação; <sup>6</sup>Probabilidade estatística dos diferentes milhos híbridos (M), períodos (P), interação milhos vs períodos (M\*P) e fatorial vs tratamento adicional controle(F\*A); **ns**Efeitos não significativos.

## DISCUSSÃO

Os resultados dos parâmetros de características de carcaça e qualidade de carne não foram alterados pelas dietas contendo diferentes milhos híbridos transgênicos. Hyun et al., (2004) trabalhando com dietas para suínos nas fases de crescimento e terminação contendo evento de milho híbrido transgênico *Roundup Ready*<sup>®</sup> (evento *nk603*), não encontraram diferenças nas variáveis de qualidade e composição química do *M. longissimus thoracis*. Stanisiewski et al., (2001) também não encontraram efeitos do milho híbrido transgênico (evento *GA21*) em comparação ao híbrido de milho convencional sobre a composição química do *M. longissimus thoracis*. Outros resultados não mostram efeitos sobre as características de carcaça em suínos alimentados nas fases de crescimento e terminação com evento de milho híbrido transgênico (baixo fitato) em comparação com milho híbrido convencional (Spencer et al., 2000). Todos os estudos mencionados corroboram com os resultados da presente pesquisa, onde utilizou-se dietas contendo dois eventos de milhos híbridos transgênicos *2B587Hx*<sup>®</sup> e *2B707Hx*<sup>®</sup> em comparação ao milho híbrido convencional *2B587*<sup>®</sup>.

Em dietas de frangos de corte, contendo eventos de milho e soja transgênicos, estudos demonstraram que ambos foram nutricionalmente equivalente as plantas de milho e soja não transgênicas segundo McNaughton et al.(2008, 2011).

Brake e Vlachos (1999) estudando eventos de milhos híbridos transgênicos *Bt* e seus isogênios não transgênicos encontraram vantagens no uso da forma transgênica sobre o desenvolvimento do músculo *Pectoralis minor* em frango de corte, porém outros autores não encontraram respostas favoráveis quando utilizaram o mesmo tipo de milhos híbridos transgênicos *Bt* (Brake et al., 2003; Taylor et al., 2003a,b). Neste sentido, os resultados da presente pesquisa confirmam os resultados encontrados por Brake et al. (2003) e Taylor et al. (2003a,b). Esta ausência de resposta pode-se estar

relacionada à semelhante nutricional entre os milhos comuns e transgênicos. Logo, os resultados quantitativos para as características de carcaça não fossem alterados, ainda mais utilizando o mesmo padrão genético de animais em todos os tratamentos.

Apesar de todas as variáveis quantitativas não serem afetadas pela inclusão de diferentes eventos de milhos híbridos comuns ou transgênicos ( $P > 0,05$ ), os resultados de pH inicial, pH final, cor L\* sistema CIELAB e perdas por gotejamento, sugerem que todas as carnes do presente experimento apresentaram padrões de classificação para carnes RFN (vermelha, firme e não exsudativa) segundo metodologia proposta por Araújo (2009) (Tabela 3). Apesar de todas as carnes terem sido classificadas com RFN, isso por si só não seria um defeito de qualidade, porém essa informação é muito importante para indústria, pois direciona produto para o devido processamento. Acredita-se que para as demais variáveis qualitativas existem fatores “extra dieta” atuando diretamente na qualidade da carne, influenciando significativamente no resultado final.

A perda de água por exsudação (*drip loss*) refere-se à porcentagem de umidade que é perdida durante o período de armazenagem, usualmente de 24 a 48 horas após o corte da amostra (Athayde et al., 2012). A medida que ocorre a diminuição de lipídeos na carcaça, inversamente ocorre o aumento do teor em água, que por sua vez tem uma relação direta ao correspondente incremento da proteína (Cardoso e Stock, 1996). Hyun et al., (2004) não evidenciaram alterações na composição protéica e de água no *M. longissimus thoracis*, trabalhando com dietas para suínos nas fases de crescimento e terminação contendo evento de milho híbrido transgênico *Roundup Ready*<sup>®</sup> (evento *nk603*) em dois diferentes estudos. Respostas semelhantes foram encontradas com a

inclusão do milho híbrido transgênico (evento *GA21*) no *M. longissimus thoracis* (Stanisiewski et al., 2001) e corroborando com a presente pesquisa.

A cor da carne de suínos é uma importante característica de impacto na percepção dos consumidores (Brewer e Mckeith, 1999), sendo associada com o frescor e a boa qualidade do produto. A cor da carne reflete a quantidade e o estado químico da mioglobina (Mb), seu principal pigmento (Athayde et al., 2012). Não foram encontrados efeitos das diferentes rações contendo ou não milhos híbridos transgênicos sobre os parâmetros de cor ( $L^*$   $a^*$   $b^*$  CIELAB). Os milhos híbridos apresentaram valores nutricionais semelhantes, no entanto o milho híbrido transgênico *2B707Hx*<sup>®</sup> possuía maior teor de beta carotenóides (dados não analisados), baseado no relatório técnico da empresa produtora destes milhos híbridos, sua classificação quanto a coloração (alaranjado) e os demais híbridos *2B587*<sup>®</sup> e *2B587Hx*<sup>®</sup> (amarelo-alaranjados). Na prática era perceptível essa diferença visual na coloração quando colocados lado a lado, o que do ponto de vista nutricional poderia acarretar em diferenças na pigmentação da carne, a exemplo de autores que incluíram farelo de glúten (protenose) igualmente rico em beta carotenóides ( $\geq 45,5$  mg/kg), alto teor de xantofila (em média 10 vezes superior ao milho em grão), sendo que estes fatores por si só, já conferem à pele do frango e à gema do ovo uma coloração amarelo-ouro (Santos, 2004). Outro fator importante foi à alta inclusão deste milho nas dietas (entre 79 a 86%) o que no final do período experimental poderia alterar a coloração da carne do *M. longissimus thoracis*.

Dentre as características de qualidade, a maciez assume posição de destaque, sendo considerada como a característica sensorial de maior influência na aceitação da carne por parte dos consumidores (Paz e Luchiarri Filho, 2000; Roça, 2000). A força de cisalhamento não foi alterada com a inclusão dos diferentes milhos estudados ( $P >$

0,05), provavelmente isso ocorreu por causa dos valores determinados dos nutrientes para o *M. longissimus thoracis* (umidade, matéria mineral, proteína e extrato etéreo) não apresentarem significativa alteração ( $P > 0,05$ ) e sabe-se que alguns destes fatores ou a combinação deles estariam relacionados a maciez da carne como o pH, marmorização, força de cisalhamento, cor ( $L^* a^* b^*$ ) e extrato etéreo. Resultados da inclusão de milhos transgênicos em dietas para suínos na fase de acabamento mostraram semelhanças entre suínos machos castrados e marrãs para as variáveis pH, marmorização, força de cisalhamento e cor ( $L^* a^* b^*$ ) (Unruh et al., 1996; Nold et al., 1999; Fortin et al., 2003).

Nenhum parâmetro de característica de carcaça foi alterado ( $P > 0,05$ ) com a utilização dos diferentes milhos híbridos. Estes resultados podem ser explicados pelos valores determinados dos ingredientes contidos nas rações experimentais, em que os milhos apresentaram equivalência nos teores de matéria seca, proteína, energia digestível e energia metabolizável. Já os demais ingredientes foram comuns a todas as dietas, portanto não seriam os responsáveis por alterações no peso final dos animais que por sua vez poderiam alterar a maioria dos parâmetros. Outro fator importante foi a substituição das fontes protéicas de origem vegetal comumente utilizadas, pelas fontes de origem animal como a farinha de carne e ossos (45%), e hemácias (células sanguíneas) que possuem melhor qualidade da proteína, perfil aminoácido e digestibilidade, o que seria muito interessante para estas fases de desenvolvimento, pois a medida que os animais crescem suas exigências nutricionais se alteram em quantidade de nutrientes para qualidade dos nutrientes, exigências de proteína bruta por exemplo diminuem, mas as de aminoácidos limitantes como a lisina aumentam. Devemos ressaltar ainda que somados os níveis de inclusão dos milhos, farinha de carne e osso

(45%) e hemácias (células sanguíneas) esses compunham 91,2, 90,7, e 95,8% das dietas no crescimento I, II e terminação, respectivamente.

De acordo com Hyun et al. (2005) não foram encontradas evidências, por meio de dois estudos, de qualquer efeito negativo do uso de milhos híbridos transgênicos (evento *MON 863*<sup>®</sup>) sobre as características de carcaça e qualidade da carne de suínos em comparação com aqueles alimentados com a forma não transgênica do milho (*RX670*<sup>®</sup>) e também milhos híbridos convencionais (*DK647*<sup>®</sup> e *RX740*<sup>®</sup>). Estes resultados se assemelham aos resultados de Stanisiewski et al. (2001), Hyun et al. (2004, 2005) para o milho transgênico *Roundup Ready*<sup>®</sup> (eventos *GA21*<sup>®</sup> e *NK 603*<sup>®</sup>, respectivamente), Gaines et al. (2001), Piva et al. (2001) e Weber e Richert (2001) para milhos híbridos transgênicos *YieldGard* (evento *MON 810*<sup>®</sup>), em comparação aos milhos híbridos convencionais fornecidos aos suínos.

Houve interação entre o fatorial vs tratamento adicional nos parâmetros sanguíneos ( $P > 0,05$ ), sendo observada alterações na hemoglobina (HEMO), hemoglobina corpuscular média (HCM), concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM), neutrófilos segmentados (SEG), linfócitos (LINF), monócitos (MONO) e proteína plasmática total (PPT). Os animais que se alimentavam com os milhos híbridos transgênicos (eventos *2B587 Hx*<sup>®</sup> e *2B707 Hx*<sup>®</sup>) não apresentaram alteração em relação aos que comeram milho híbrido convencional (*2B587*<sup>®</sup>) dentro dos períodos de desenvolvimento, do mesmo modo não houve diferença ( $P > 0,05$ ) para o fornecimento de diferentes milhos híbridos e a interação dos milhos híbridos vs os períodos estudados. Acredita-se que estas respostas estejam ligadas a fatores nutricionais, manejo e sanitários, principalmente por causa das alterações mais significativas terem sido observadas no início do experimento.

Possivelmente após a mudança dos suínos das instalações de creche para as de crescimento e terminação, os animais sofreram com o estresse do manejo e reagrupamento social, que por sua vez desencadeou respostas hormonais e influenciaram diretamente nos parâmetros sanguíneos. A resposta ao estresse tem como finalidade manter e/ou restaurar a homeostasia interna, notadamente a estabilidade hemodinâmica, a preservação do aporte de oxigênio, a mobilização de substratos energético (glicose), a diminuição da dor e finalmente a manutenção da temperatura (Soares e Alves, 2006). Em condições de estresse agudo ou crônico, o cortisol atua diretamente sobre o sistema imunitário, e em altas concentrações causa imunossupressão, através da interrupção da síntese protéica, incluindo a síntese de imunoglobina (Soares e Alves, 2006). Sua ação se estende à alteração das populações plasmáticas periféricas de eosinófilos, linfócitos e macrófagos (Sapolsky et al., 2000), o que explicam as alterações no período inicial dos eosinófilos e monócitos. A alta produção de cortisol leva ao aumento da apoptose (“morte programada das células”) dos linfócitos (Fukuzuka et al., 2000; Hoffman-Goetz e Zajchowski, 1999), sendo uma possível explicação para a diminuição dos linfócitos no primeiro período experimental, pois os valores normais estão na ordem de 53% de linfócitos (Shalm’s et al., 2010) circulantes e foram observados no início 28,7%, no meio 52,3% (36 dias) e ao final 52,4% (72 dias).

Outro fator que poderia afetar estes parâmetros seria a introdução desses animais as novas instalações, pois estariam expostos a novos agentes infecciosos, mesmo que estas instalações tenham sido desinfetadas anteriormente. Por fim a mudança na dieta que até então era estritamente de origem vegetal a base de milho e farelo de soja, e passou a ser rica em produtos de origem animal a exemplo das células sanguíneas (hemácias) e a

farinha de carne e ossos que poderiam causar reações de hipersensibilização em nível intestinal e consequente ativação do sistema imune (Bertol et al., 2001).

Não houve efeito da utilização de milhos híbridos transgênicos sobre as concentrações sanguínea de cortisol e creatina fosfoquinase em todos os períodos estudados (Tabela 6). Apesar de não haver resultados do cortisol e creatina fosfoquinase séricas, as médias encontradas para cada período estudado 3,89 µg/dL estava abaixo média encontrada na literatura (8,0 µg/dL). Em virtude dos altos coeficientes de variação não foi possível determinar diferenças entre os tratamentos, contudo os valores apresentados mostram diferenças numéricas entre as respostas, tanto para as variáveis de CPK quanto para o cortisol, devendo ser mais bem estudado em futuras pesquisas.

## **CONCLUSÃO**

Os milhos híbridos transgênicos mostraram equivalência nutricional ao convencional, não influenciando os parâmetros sanguíneos, fisiológicos do estresse, características de carcaça e qualidade da carne de suínos criados nas fases de crescimento e terminação.

## **LITERATURA CITADA**

- Aeschbacher, K., R. Messikommer, L. Meile, and C. Wenk. 2005. Bt176 corn in poultry nutrition: physiological characteristics and fate of recombinant plant DNA in chickens. *Poult. Sci.* 84:385–394.
- American Meat Science Association (AMSA). 1995. Research guidelines for cookery sensory and instrumental tenderness measurement of fresh meat. Chicago, 48 p.
- Araújo, A. P. 2009. Manejo pré-abate e bem-estar dos suínos em frigoríficos brasileiros. 2009. PhD Diss. Univ. Estadual Paulista, Botucatu, SP, Brazil.

- Association of Official Analytical Chemists. 2007. Official methods of analysis. 18. ed. Maryland, 2005, Current through Revision 2.
- Athayde, N. B., O. A. Dalla Costa, R. O. Roça, A. L. Guidoni, C. B. Ludtke, and G. J. M. M. Lima. 2012. Meat quality of swine supplemented with ractopamine under commercial conditions in Brazil. *J. Anim. Sci.* 90(12):4604–4610.
- Bertol, T. M., N. Mores, J. V. Ludke, and M. R. Franke. 2001. Proteínas da Soja Processadas de Diferentes Modos em Dietas para Desmame de Leitões. *Rev. Soc. Bras. Zootecn.* 30(1):150–157.
- Brake, J., M. A. Faust, and J. Stein. 2003. Evaluation of transgenic event Bt11 hybrid corn in broiler chickens. *Poult. Sci.* 82:551–559.
- Brake, J., and D. Vlachos. 1999. Evaluation of transgenic event 176 “Bt” corn in broiler chickens. *Poult. Sci.* 77:648–653.
- Boccard, R., L. Buchter, E. Cassels, E. Cosentino, E. Dransfield, D. Hood, R. Joseph, D. Mac Dougall, D. Rhodes, I. Schon, B. J. Tinbergen, and, C. Tourailee. 1981. Proceedings for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. Beef Production Program: Report of a working group in the Commission of the European Communities.
- Brasil, Ministério da Agricultura, Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal, Decreto 30.691 de 29/03/1952, alterado pelos Decretos nº. 1.255 de 25/06/1962, nº. 1.236 de 02/09/1994, nº. 1.812 de 08/02/1996 e nº. 2.244 de 04/06/1997.
- Brasil, Ministério da Agricultura, Normas Técnicas de Instalações e Equipamentos Para Abate e Industrialização de Suínos, Portaria nº. 711 de 01/11/1995.
- Brasil, 2007. Ministério da Agricultura, Comissão Técnica Nacional de Biossegurança – CTNBio. Dispõe sobre as normas de monitoramento de milho geneticamente modificado em uso comercial. Resolução Normativa Nº 3, de 16 de agosto de 2007
- Brewer, M. S, and F. K. Mckeith. 1999. Consumer-rated quality characteristics as related to purchase intent of fresh pork. *J. Food Sci.* 64(1):171–174.
- Bridi, A. M., and C. A. Silva. 2007. Métodos de avaliação de carcaça e da carne suína. ed. Londrina: Midiograf. 97p.

- Brown, S. N., T. G. Knowles, J. E. Edwards, P. D. Warriss. 1999. Relationship between food deprivation before transport and aggression in pigs held in lairage before slaughter. *Vet. Record.* 145:630–634.
- Cardoso, L. A., and M. J. Stock. 1996. Effect of clenbuterol on growth and body composition during food restriction in rats. *J. Anim. Sci.* 74:2245–2252.
- Calsamiglia, S., B. Hernandez, G. F. Hartnell, and R. Phipps. 2007. Effects of corn silage derived from genetically modified variety containing two transgenes on feed intake, milk production, and composition, and the absence of detectable transgenic deoxyribonucleic acid in milk in Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 90(10):4718–4723.
- Castillo, A. R., M. R. Gallardo, M. Maciel, J. M. Giordano, G. A. Conti, M. C. Gaggiotti, O. Quaino, C. Gianni, and G. F. Hartnell. 2004. Effects of feeding rations with genetically modified whole cottonseed to lactating Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 87(6):1778–1785.
- Crickmore, N., D. R. Zeigler, J. Feitelson, E. Schnepf, J. Van Rie, D. Lereclus, J. Baum, and D. H. Dean. 1998. Revision of the Nomenclature for the *Bacillus thuringiensis* Pesticidal Crystal Proteins. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 62:807–813.
- Cruz, I. 1995. A lagarta-do-cartucho na cultura do milho. Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS, (EMBRAPA/CNPMS, Circular Técnica, 21).
- Cromwell, G. L., B. J. Henry, A. L. Scott, M. F. Gerngross, D. L. Dusek, and D. W. Fletcher. 2005. Glufosinate herbicide-tolerant (LibertyLink) rice vs. conventional rice in diets for growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 83(5):1068–1074.
- Collier, H. B. 1994. The standardization of blood haemoglobin determinations. *Can. Med. Assoc. J.* 50:550–552.
- Culau, P. O. V., J. M. R. Ourique, and S. Nicolaiewsky. 1993. Efeito do manejo pré-abate sobre a incidência de PSE e DFD em suínos. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal.* 1(2):139–146.
- Donkin, S. S., J. C. Velez, A. K. Totten, E. P. Stanisiewski, and G. F. Hartnell. 2003. Effects of feeding silage and grain from glyphosate-tolerant or insectprotected corn hybrids on feed intake, ruminal digestion, and milk production in dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 86(5):1780–1788.

- Dukes, H. H., and Swenson, H. J. 1996. *Fisiologia dos animais domésticos*. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 856 p.
- Fortin, A., W. M. Robertson, S. Kibite, and S. J. Landry. 2003. Growth performance, carcass and pork quality of finisher pigs fed oatbased diets containing different levels of  $\beta$ -glucans. *J. Anim. Sci.* 81:449–456.
- Fukuzuka, K., C. Edwards, M. Clare-Salzer, E. Copeland, L. Moldawer, and D. Mazingo. 2000. Glucocorticoid-induced, caspase-dependent organ apoptosis early after burn injury. *Am. J. Physiol. Regulatory, integrative and comparative physiology.* 278(4):1005–1018.
- Gaines, A. M., G. L. Allee, and B. W. Ratliff. 2001. Swine digestible energy evaluations of Bt (MON810) and Roundup Ready corn compared with commercial varieties. *J. Anim. Sci.* 79(Suppl. 1):109. (Abstr.).
- Honikel, K. O. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.* 49(4):447–457.
- Hyun, Y., G. E. Bressner, M. Ellis, A. J. Lewis, R. Fischer, E. P. Stanisiewski, G. F. Hartnell. 2004. Performance of growing-finishing pigs fed diets containing Roundup Ready corn (event nk603), a nontransgenic genetically similar corn, or conventional corn lines. *J. Anim. Sci.* 82:571–580.
- Hyun, Y., G. E. Bressner, R. L. Fischer, P. S. Miller, M. Ellis, B. A. Peterson, E. P. Stanisiewski, and G. F. Hartnell. 2005. Performance of growing–finishing pigs fed diets containing YieldGard Rootworm corn (MON863), a nontransgenic genetically similar corn, or conventional corn hybrids. *J. Anim. Sci.* 83:1581–1590.
- Hoffman-Goetz, L., and S. Zajchowski. 1999. In vitro apoptosis of lymphocytes after exposure to levels of corticosterone observed following submaximal exercise. *J. Sports Med. Phys. Fit.* 39(4):269.
- Ipharraquerre, I. R., R. S. Younker, J. C. Clark, E. Stanisiewski, and G. Hartnell. 2003. Performance of lactating dairy cows fed corn as whole plant silage and grain produced from a glyphosate-tolerant hybrid (event NK603). *J. Dairy Sci.* 86:1734–1741.

- Mazza, R., M. Soave, M. Morlacchini, G. Piva, and A. Marocco. 2005. Assessing the transfer of genetically modified DNA from feed to animal tissues. *Transgenic Res.* 5:775–84.
- McNaughton, J., M. Roberts, D. Rice, B. Smith, M. Hinds, B. Delaney, C. Iiams, and T. Sauber. 2011. Nutritional equivalency evaluation of transgenic maize grain from event DP-Ø9814Ø-6 and transgenic soybeans containing event DP-356Ø43-5: Laying hen performance and egg quality measures. *Poult. Sci.* 90:377–389.
- McNaughton, J., M. Roberts, B. Smith, D. Rice, M. Hinds, T. Rood, R. Layton, I. Lamb, and B. Delaney. 2008. Comparison of Broiler Performance and Carcass Yields When Fed Diets Containing Transgenic Maize Grains from Event DP-Ø9814Ø-6 (Optimum GAT), Near-Isogenic Control Maize Grain, or Commercial Reference Maize Grains. *Poult. Sci.* 87:2562–2572.
- Nanni Costa, L., D. P. Lo Fiego, S. Dall’Olio, R. Davoli, and V. Russo. 2002. Combined effects of pre-slaughter treatments and lairage time on carcass and meat quality in pigs of different halothane genotype. *Meat Sci.* 61:41–47.
- Nemeth, A., A. Wurz, L. Artim, S. Charlton, G. Dana, K. Glenn, P. Hunst, J. Jennings, R. Shilito, and P. Song. 2004. Sensitive PCR analysis of animal tissue samples for fragments of endogenous and transgenic plant DNA. *J. Agric. Food Chem.* 52(20):6129–35.
- Nold, R. A., J. R. Romans, W. J. Costello, and G. W. Libal. 1999. Characterization of muscles from boars, barrows, and gilts slaughtered at 100 and 110 kilograms: Differences in fat, moisture, color, water-holding capacity, and collagen. *J. Anim. Sci.* 77:1746–1754.
- Paz, C. C. P. de, and Luchiari Filho, A. 2000. Melhoramento genético e diferenças de raças com relação à qualidade da carne bovina. *Pecuária de Corte.* 101:58-63.
- Peloso, J. V. Influência do jejum pré-abate sobre a condição muscular em suínos e seus efeitos na qualidade final da carne para industrialização. 2002. In: Conferência Virtual Internacional sobre Qualidade da Carne Suína, v.2. 2001, Concórdia. Proc... Concórdia: EMBRAPA Suínos e Aves, p. 385–392.
- Piva, G., M. Morlacchini, A. Pietri, A. Piva, and G. Casadei. 2001. Performance of weaned piglets fed insect protected (MON810) or near isogenic corn. *Journal of*

- Animal Science 79 (suppl. 1)/Journal of Dairy Science 84 (suppl. 1)/Poult. Sci. 80 (suppl. 1)/54th Annual Reciprocal Meat Conference, vol. II, p. 106.
- Reuter, T., K. Aulrich, W. Schnäkel, and T. A. McAllister. 2005. Detection of feed-ingested plant DNA fragments in a raw meat product for human consumption. *Can. J. Anim. Sci.* 85(4):541–543.
- Roça, R. O. 2000. Tecnologia da carne e produtos derivados. Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP. 202p.
- Rostagno, H. S., L. F. T. Albino, J. L. Donzele, P. C. Gomes, R. F. Oliveira, D. C. Lopes, A. S. Ferreira, S. L. T. Barreto, and R. F. Euclides. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos (composição de alimentos e exigências nutricionais). 3<sup>rd</sup> ed. UFV, Viçosa, MG.
- SAS Institute. SAS/STAT User Guide: Statistics. Release 6.04 ed. SAS Inst. Inc., Cary, NC, 2008.
- Santos, F. A. 2004. Glúten de Milho na Alimentação de Aves e Suínos. *Revista Eletrônica Nutritime.* 1(3):79–100.
- Sapolsky, R. M., L. M. Romero, and A.U. Munk. 2000. How do glucocorticoids influence stress responses? Integrating permissive, suppressive, stimulatory and preparative actions. *Endocrinol. Rev.* 21(1):55.
- Spencer, J. D., G. L. Allee, and T. E. Sauber. 2000b. Growing-finishing performance and carcass characteristics of pigs fed normal and genetically modified low-phytate corn. *J. Anim. Sci.* 78:1529–1536.
- Spencer, J. D., G. L. Allee, and T. E. Sauber. 2000a. Phosphorus availability and digestibility of normal and genetically modified low-phytate corn for pigs. *J. Anim. Sci.* 78:675–681.
- Stanisiewski, E. P., G. F. Hartnell, and D. R. Cook. 2001. Comparison of swine performance when fed diets containing Roundup Ready corn (GA21), parental line or conventional corn. *J. Anim. Sci.* 79(Suppl. 1):319. (Abstr.).
- Soares, A. J. A., and M. G. P. Alves. 2006. Cortisol como variável em Psicologia da Saúde. *Psicologia, Saúde & Doenças.* 7(2):165–177.
- Taylor, M. L., G. F. Hartnell, S. G. Riordan, M. A. Nemeth, K. Karunanandaa, B. George, and J. D. Astwood. 2003b. Comparison of broiler performance when fed

- diets containing grain from YieldGard corn, YieldGard × Roundup Ready (GA21), nontransgenic control, or commercial corn. *Poult. Sci.* 82:823–830.
- Taylor, M. L., Y. Hyun, G. F. Hartnell, S. G. Riordan, M. A. Nemeth, K. Karunanandaa, B. George, and J. D. Astwood. 2003a. Comparison of broiler performance when fed diets containing grain from YieldGard Rootworm (MON 863), YieldGard Plus (MON 810 × MON 863), nontransgenic control, or commercial reference corn hybrids. *Poult. Sci.* 82:1948–1956.
- Thorn, C. E. Hematology of the Pig. In: Schalm, O. W. Schalm's veterinary hematology. 6th ed. Ames, Iowa: Blackwell Publishing Ltd, 2010. (ch.109), p.843–851.
- Tudisco, R., S. Calabrò, F. Bovera, M. I. Cutrignelli, A. Nizza, V. Piccolo, and F. Infascelli. 2010. Detection of plant species-specific DNA (barley and soybean) in blood, muscle tissue, organs and gastrointestinal contents of rabbit. *World Rabbit Science.* 18:83–90.
- Unruh, J. A., K. G. Friesen, S. R. Stuewe, B. L. Dunn, J. L. Nelssen, R. D. Goodband, and M. D. Tokach. 1996. The influence of genotype, sex, and dietary lysine on pork subprimal cut yields and carcass quality of pigs fed to either 104 or 127 kilograms. *J. Anim. Sci.* 74:1274–1283.
- Warris, P. D., S. N. Brown, B. Gade, C. Santos, L. Nanni Costa, E. Lamboorj, R. Geers. 1998. An analysis of data relating to pig carcass quality and indices of stress collected in the European Union. *Meat Sci.* 49(2):137–144.
- Weber, T. E., and B. T. Richert. 2001. Grower-finisher growth performance and carcass characteristics including attempts to detect transgenic plant DNA and protein in muscle from pigs fed genetically modified “Bt” corn. *J. Anim. Sci.* v.79(Suppl. 1), p.67, (Abstr.).

## **CAPÍTULO 4**

## IMPLICAÇÕES

Atualmente, não existe regulamentação das autoridades solicitando estudos com animais em longo prazo com OGM comestíveis e associados a resistência aos pesticidas.

O cultivo de plantas transgênicas, assim como o consumo humano e animal de seus derivados, é um evento recente, constituindo um tema sobre o qual predominam as discussões científicas, éticas, econômicas e políticas.

A argumentação clássica seria o uso racional de inseticidas, diminuindo o uso desses agrotóxicos, beneficiando diretamente ou indiretamente o meio ambiente, mas o que se tem visto é o contrário. Segundo o IBGE, 2011, o Brasil a partir da liberação do plantio de milho transgênicos safra 2007/2008, passou do 5º maior consumidor de agrotóxicos do mundo para o maior consumidor mundial de agrotóxicos na safra seguinte (2008/2009). Neste sentido, a doção dessa nova tecnologia a princípio traria redução da utilização de alguns tipos de agrotóxicos, ou seja, afinal essa tecnologia reduz ou aumenta o uso de agrotóxicos? Será que realmente a conduta por parte dos produtores está correta? O uso racional dos agrotóxicos é a única maneira de se obter produtos seguros e atingir o sucesso econômico.

A população tem mudado sua conduta, está mais atenta e preocupada com o que acontece dentro das fronteiras agrícolas e tem cobrado respostas. Cada vez mais teremos que entender os anseios da sociedade e colocar em prática pesquisa que realmente mostrem que determinadas tecnologias são realmente seguras.

Neste contexto, novas pesquisas em longo prazo devem ser realizadas com esse tema transgênicos e cada vez mais devemos eleger analíticos que nos tragam realmente

certeza da segurança dos alimentos, que posteriormente serão fornecidos a nós humanos e animais.

Assim, é necessário que a utilização de milhos híbridos transgênicos, como também a soja transgênica, seja avaliada com maior critério e tentar interrelacionar os fatores interferentes no bem-estar e de qualidade da carne dos animais. Tentando também encontrar em nível plasmático e muscular a presença dos genes transgênicos por meio das mais modernas técnicas de DNA recombinante que se tornou uma poderosa ferramenta para agregar as respostas experimentais nesse tema.

Por fim, as respostas encontradas nesta pesquisa mostram coerência no uso em curto prazo de OGM, porém existem outros fatores associados não levados em consideração nessa pesquisa, portanto acreditamos que mais pesquisa devem ser realizadas para que possamos diagnosticar os verdadeiros efeitos dos OGM.