

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES HÍBRIDOS SUÍNOS SUBMETIDOS À INSENSIBILIZAÇÃO ELÉTRICA E GASOSA (CO₂).

PARTE 1 - MENSURAÇÃO DE INDICADORES SANGUÍNEOS DE ESTRESSE¹

William BERTOLONI^{2,*}, Expedito Tadeu Facco SILVEIRA³, Charlí B. LUDTKE⁴, Juliana C. de ANDRADE³

RESUMO

Suínos provenientes de três linhagens genéticas A, B e C comercializadas no Brasil, com peso vivo de 100 a 120 kg foram submetidos ao insensibilizador elétrico manual (Karl Schermer 220-230/250 volts, 45-60 Hz e 1,4 -1,5 A) e ao sistema gasoso coletivo (COMBI-BUTINA 90% CO₂).

Aliquotas sanguíneas, para determinação dos níveis de creatina fosfoquinase (CPK), lactato e cortisol, assim como amostras do músculo *semimembranosus* (10 g) para a determinação do gene halotano, foram coletadas.

Comparando-se os sistemas de insensibilização elétrica e gasoso (CO₂), o elétrico demonstrou ser mais estressante, proporcionando maiores concentrações plasmáticas de cortisol ($p \leq 0,001$) e lactato ($p \leq 0,001$) para as linhagens genéticas A e C, nas condições estudadas, porém não se observou diferenças significativas para os indicadores sanguíneos e sistemas de insensibilização em questão quando a linhagem B foi considerada.

Diferenças significativas entre as linhagens genéticas A, B e C foram obtidas comparando-se os valores plasmáticos de creatina fosfoquinase ($p \leq 0,001$), lactato ($p \leq 0,001$) e cortisol ($p \leq 0,001$) quando atordoados com o sistema gasoso, entretanto, quando o sistema elétrico foi utilizado, somente os valores de cortisol apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,001$).

A presença do gene halotano (Nn) foi observada somente na linhagem B.

PALAVRAS-CHAVE: insensibilização, bem-estar animal, suínos, estresse.

SUMMARY

EVALUATION OF PIG HYBRIDS STUNNED WITH ELECTRICAL AND GASEOUS (CO₂) SYSTEMS. PART 1 - BLOOD STRESS INDICATORS. Pigs of three genetics lineages A, B and C marketed in Brazil, with alive weight from 100 to 120 kg were submitted to the manual electric stunning (Karl Schermer 220-230/250 volts, 45-60 Hz and 1.4 -1.5 A) and to the collective gaseous system (COMBI-BUTINA 90% CO₂).

Blood samples, for levels determination of creatine phosphokinase (CPK), lactate and cortisol, as well as samples of the semimembranosus muscle (10 g) for the determination of the gene halothane, were collected.

Being compared the electric and gaseous stunning systems, the electric stunning did demonstrate to be more stressful providing larger plasmatic concentrations of cortisol ($p \leq 0.001$) and lactate ($p \leq 0.001$) for the genetic lineages A and C, in the studied conditions. However it didn't observe significant differences between the sanguine indicators and stunning systems in subject when the lineage B was considered.

Significant differences among the genetic lineages A, B and C were obtained being compared the plasmatic values of creatine phosphokinase ($p \leq 0.001$), lactate ($p \leq 0.001$) and cortisol ($p \leq 0.001$) when stunned with the gaseous system, however when the electric system was used only the cortisol values presented significant differences ($p \leq 0.001$).

The presence of the gene halothane (Nn) was only observed in the lineage B.

KEY-WORDS: stunning, welfare animal, swine, stress.

1 - INTRODUÇÃO

Avanços nos conhecimentos da neurofisiologia têm ajudado a elucidar o mecanismo do estresse animal. Indicadores sanguíneos de estresse como: cortisol, creatina

fosfoquinase, catecolaminas, prolactina, beta-endorfina e lactato têm sido associados aos indicadores de qualidade da carne suína como: pH, capacidade de retenção de água e cor [15, 25, 27].

Alguns neurotransmissores como glutamato, aspartato e ácido gama butírico 4 amino, podem indicar o nível de estresse do animal durante a etapa de insensibilização; entretanto, para que resultados equivocados não sejam obtidos, os neurotransmissores não devem ser analisados isoladamente, pois a maioria dos indicadores de estresse pode sofrer algum tipo de interferência em relação a raça, sexo e condições ambientais [11].

Dentre todos os indicadores sanguíneos de estresse utilizados em pesquisas de bem-estar de suínos durante o abate e manejo pré-abate, os mais freqüentemente utilizados são os níveis de cortisol, creatina fosfoquinase e lactato no soro e plasma sanguíneo.

¹Recebido para publicação em 21/3/2005. Aceito para publicação em 6/7/2006 (001502)

²Departamento de Zootecnia e Extensão Rural, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), Av. Fernando Correia da Costa, S/N, CEP 78060-900, Cuiabá (MT), E-mail: bertoloni@ufmt.br

³Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), Centro de Tecnologia de Carnes (CTC),

Av. Brasil, 2880, C. P. 139, CEP 13070-178, Campinas (SP)

⁴Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial (FCA-UNESP), Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", C. P. 237, CEP 18603-970, Botucatu (SP)

Pesquisa realizada com apoio financeiro da FAPESP

* A quem a correspondência deve ser enviada

O cortisol é um hormônio esteróide abundante na circulação sanguínea e o principal glicocorticoide secretado pelo córtex adrenal. Fisiologicamente, é efetivo em processos antiinflamatórios e na manutenção da pressão sanguínea, participando também na gluconeogênese, absorção de cálcio, secreção de ácido gástrico e pepsina. É um indicador da função adrenocortical, sendo que as mensurações sanguíneas de cortisol, geralmente, são utilizadas como diagnóstico diferencial na medicina humana em doenças como: hipopituitarismo, hiperplasia adrenal, carcinomas, enfermidades de Addison's e Cushing's [26].

Concentrações anômalas dos níveis sanguíneos de cortisol em humanos, geralmente, estão associadas a infecções agudas, síndrome do pânico, condições estressantes exacerbadas, diabetes e paradas cardíacas [26].

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, como descrito a seguir [40]:



Onde:

ADP: di-fosfato de adenosina; ATP: tri-fosfato de adenosina; e CPK: Creatina Fosfoquinase.

Valores de CPK, lactato e cortisol encontrados em outros estudos associados ao bem-estar de suínos são apresentados na *Tabela 1*.

O lactato é o produto final da glicólise anaeróbica e um indicador que também pode ser utilizado para avaliar o estresse físico durante a insensibilização de suínos. Elevados níveis de lactato são fortemente correlacionados com a condição PSE (carne pálida, flácida e exsudativa) em carcaças suínas [13].

Variações em função do dia da amostragem podem influenciar alguns indicadores sanguíneos, como creatina fosfoquinase e lactato desidrogenase; entretanto, níveis de cortisol são pouco influenciados [44].

Embora níveis sanguíneos de cortisol, creatina fosfoquinase e lactato, possam fornecer importantes informações do grau de estresse psicológico e físico a que o animal foi submetido, o desenvolvimento das condições PSE e DFD (carne escura, firme e seca na superfície) vai variar em função da susceptibilidade genética do animal, manejo pré-abate e técnicas de resfriamento da carcaça [9, 40, 41, 42].

Embora diversos estudos sobre bem-estar de suínos durante o manejo pré-abate tenham sido realizados, como se visualiza na *Tabela 1*, poucas pesquisas foram realizadas em condições brasileiras.

O objetivo principal do presente estudo foi avaliar o nível de estresse de deferentes híbridos suínos comercializados no Brasil insensibilizados com os sistemas de insensibilização elétrico e gasoso (CO₂).

2 - MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em um frigorífico-abatedouro situado em Rio Verde (GO) e se constituiu de duas fases experimentais.

Durante a primeira fase, um lote de 500 animais provenientes de três linhagens genéticas A, B e C foi abatido utilizando-se o sistema automático coletivo de insensibilização gasoso (CO₂), modelo COMBI comercializado e produzido pela empresa BUTINA [8] com capacidade operacional de 120 a 600/suínos hora e composto por oito gôndolas.

Após o isolamento de dois animais em cada gôndola o equipamento iniciou a descida em um poço de insensibilização onde a concentração de CO₂ foi aumentada até atingir-se uma concentração máxima de 90%, posteriormente o equipamento iniciou a subida da gôndola. Todo o ciclo de insensibilização durou 70 s, na seqüência os animais foram submetidos a uma sangria vertical.

TABELA 1 – Níveis sanguíneos de estresse em suínos, obtidos por diversos autores.

Autor	Indicador sanguíneo	Valores Obtidos	Condições
WARRIS <i>et al.</i> [38]	CORTISOL	7,2 µg/100 mL	Mínimo de estresse
WARRIS <i>et al.</i> [39]	CORTISOL	17,8/21,9/19,6/18,9/21,4 µg/100 mL	Diversos frigoríficos na Europa
WARRIS <i>et al.</i> [39]	CORTISOL	17,2 µg/100 mL	Manejo Comercial
BARTON-GADE & CHRISTENSEN [5]	CORTISOL	8,54/8,58/9,17/9,51 µg/100 mL	Diversas taxas de lotação durante o transporte
WARRIS <i>et al.</i> [40,42]	CORTISOL	12,9 µg/100 mL	Diversos países da Europa.
WARRIS <i>et al.</i> [38]	CPK	2,31 log U/L (25 °C)	Manejo Comercial
WARRIS <i>et al.</i> [39]	CPK	839/1028/762/1167/1674 U/L (25 °C)	Diversos frigoríficos na Europa
WARRIS <i>et al.</i> [39]	CPK	2,09 log U/L (25 °C)	Mínimo de estresse
WARRIS <i>et al.</i> [40,42]	CPK	2,8 log U/L (25 °C)	Diversos países da Europa.
BARTON-GADE & CHRISTENSEN [6]	CPK	1532/1320/1392/902 U/L (25 °C)	Diversas taxas de lotação durante o transporte
WARRIS [36]	LACTATO	49,25 mg/100 mL (25 °C)	Mínimo de estresse.
WARRIS <i>et al.</i> [39]	LACTATO	73,2 / 58,6 / 87 / 139,5 / 140,2 mg /100 mL (25 °C)	Diversos frigoríficos na Europa.
WARRIS <i>et al.</i> [40,42]	LACTATO	60,7 mg/100 mL (25 °C)	Diversos países da Europa.
BARTON GADE <i>et al.</i> [3,4]	LACTATO	33,4/33,8/37,3/39,5 mg/100 mL (25 °C)	Diversas taxas de lotação durante o transporte.
WARRIS & BROWN [37]	LACTATO	92,40 mg/100 mL (25 °C)	Manejo Comercial.

Durante a segunda fase, foram utilizados 456 animais provenientes das mesmas três linhagens genéticas (A, B e C) empregadas na primeira fase, sendo que um grupo foi insensibilizado utilizando-se o mesmo sistema gasoso aplicado na primeira fase e o outro, o sistema de insensibilização elétrico manual comercializado e produzido pela empresa Karl Schermer (220-230/250 Volts, 45-60 Hz, e 1,4-1,5 A) [21]. Nesta etapa, não foi possível efetuar a contenção do animal, pois as instalações do abatedouro estavam otimizadas para o sistema gasoso e não para o sistema de insensibilização elétrico.

Os animais das linhagens A e B foram transportados por caminhões do sistema de integração do abatedouro (0,42 m²/100 kg). Para este lote de animais, os procedimentos de embarque, transporte e desembarque foram padronizados.

Os animais da linhagem C foram transportados por uma distância superior às outras duas. O caminhão utilizado para o transporte destes híbridos não pertencia ao sistema de integração do frigorífico, entretanto, as características do caminhão, as dimensões da carroceria e taxa de lotação foram iguais às utilizadas pelo sistema de integração.

Os animais foram desembarcados no frigorífico imediatamente após a chegada. Inicialmente o desembarque foi realizado no andar superior e posteriormente no inferior do caminhão, utilizando-se bastão elétrico (18 a 24 volts) quando necessário.

Após a pesagem do caminhão e a execução dos procedimentos de registro do frigorífico, os animais foram submetidos a um sistema de aspersão de água durante 30 min e alojados em baias de espera (0,59 m²/100 kg) por um período de 2 a 4 h, onde receberam água durante todo o período de espera.

Imediatamente após o processo de insensibilização, amostras de sangue (10 mL) foram coletadas do corte da sangria em copo plástico descartável, transferidas para um tubo de centrifuga contendo dez gotas de heparina sódica (25000 UI/5 mL) e homogeneizadas lentamente. As amostras foram submetidas a uma centrifugação a 3500 rpm/10 min em temperatura ambiente, utilizando-se uma centrifuga portátil modelo Excelsa Baby II da marca Fanem.

Após a centrifugação, alíquotas de 2 mL do plasma obtido foram transferidas para tubos criogênicos e armazenadas em nitrogênio líquido a -196 °C até a execução das análises dos indicadores sanguíneos de estresse (lactato, creatina fosfoquinase e cortisol).

As determinações de creatina fosfoquinase (CPK) no plasma sanguíneo foram realizadas com o kit CK-NAC/Laborlab [25] com diluição 1:20 a 25 °C. Para os níveis de lactato utilizou-se o kit lactat/ROLF GREINER BIOCHEMICA [28]. Ambas as determinações espectrofotométricas foram realizadas utilizando-se o equipamento de dosagem automática RA-XT Technicon - Bayer.

As determinações de cortisol foram realizadas baseadas em técnica de radioimunoensaio utilizando-se o kit

TKCO1/DPC-Medlab [26] e contador gama (Kineticount®, Vitek Systems, Missouri – USA).

Amostras do músculo *semimembranosus* (10 g) de cada animal avaliado foram coletadas na 24^a h *post-mortem*, congeladas a -20 °C e transportadas até o laboratório onde uma amostragem representativa de cada linhagem genética estudada foi realizada. Esta amostragem constituiu-se de 16 animais, metade macho metade fêmea, para cada genética estudada totalizando 48 suínos avaliados (*Figura 1*).

A partir das amostras cárneas descritas anteriormente, o DNA genômico foi extraído utilizando-se a proteinase K DNA e amplificado com a utilização de “primers”, pequenas porções de DNA cuja função é amplificar o material genético original, pela técnica de reação de cadeia polimerase (PCR) e as condições estabelecidas por FUJI *et al.* [17].

O produto amplificado foi digerido com a enzima de restrição Hha a 37 °C por 3 h, seguido de uma eletroforese em gel de agarose (3%) para o gene halotano e visualização com brometo (*Figura 1*).

Os dados foram analisados conjuntamente por meio de análise de variância correspondente a um delineamento em blocos inteiramente ao acaso, com estrutura fatorial de tratamentos 3 x 2 (3 genéticas e 2 sistemas de insensibilização), considerando-se como fator de blocagem o dia de amostragem e explorando os efeitos de cada fator. A distribuição dos tratamentos às unidades experimentais (animal) foi de maneira totalmente aleatória.

Os resultados experimentais foram analisados por análise de variância, utilizado-se o programa “STATISTICA for Windows” [34] - Release 5.0 A Copyright® Star Soft, Inc. (1984 -1995).

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se nas *Tabelas 2 e 3* que os lotes experimentais estudados foram padronizados não somente para a idade, mas também para peso e porcentagem de carne magra em ambas as fases experimentais, na tentativa de minimizar o erro experimental e obter resultados mais consistentes.

Nas *Tabelas 2 e 3*, visualiza-se que, embora fornecidos por uma granja independente do sistema de integração do frigorífico utilizado, os híbridos C apresentaram valores de peso da carcaça (kg) e porcentagem de carne magra similares aos valores encontrados nos híbridos A e B.

Os níveis de indicadores sanguíneos de estresse em função do sistema de insensibilização e linhagem genética suína estudada são apresentados nas *Tabelas 4, 5, 6, 7 e 8*

Considerando-se o sistema de insensibilização como fator principal, o elétrico resultou em níveis maiores de lactato ($p \leq 0,001$) e cortisol ($p \leq 0,001$) para os híbridos A e C (*Tabelas 6, 7 e 8*). Tais resultados indicam que os suínos submetidos a este sistema apresentaram maior nível de estresse “psicológico” e alta atividade glicolítica, corroborando os resultados obtidos por BARTON-GADE [2, 3, 4]; FABREGA *et al.* [14]; GISPERS *et al.* [18]; SOUZA

TABELA 2 – Peso (kg) e porcentagem de carne magra (CM) das carcaças avaliadas durante a primeira fase experimental.

Variável	G	S	N	Média	Min.	Max.	Variância	Desv. Padrão	Erro Padrão
Peso (kg)	A	M	22	91,33	72,60	107,40	68,89	8,30	1,77
Peso (kg)	A	F	18	87,24	75,80	97,20	45,81	6,77	1,60
Peso (kg)	B	M	37	92,78	75,60	105,00	53,32	7,30	1,20
Peso (kg)	B	F	71	87,28	72,00	102,60	44,51	6,67	0,79
Peso (kg)	C	M	45	80,07	66,40	95,00	43,25	6,58	0,98
Peso (kg)	C	F	29	74,27	54,80	86,20	44,30	6,66	1,24
% CM	A	M	14	53,88	50,70	59,70	7,99	2,83	0,76
% CM	A	F	9	55,43	51,40	57,70	4,14	2,03	0,68
% CM	B	M	26	54,63	49,00	60,00	7,34	2,71	0,53
% CM	B	F	61	57,05	49,20	60,80	6,18	2,49	0,32
% CM	C	M	45	51,00	38,10	58,40	18,20	4,27	0,64
% CM	C	F	29	52,85	41,80	58,50	16,91	4,11	0,76

Onde: G = Linhagem Genética; S = sexo; n = número; Min = valor mínimo; Max = Valor Máximo; e Peso = carcaça quente sem cabeça.

TABELA 3 – Peso (kg) e porcentagem de carne magra (CM) das carcaças avaliadas durante a segunda fase experimental.

Variável	G	S	N	Média	Min.	Max.	Variância	Desvio Padrão	Erro Padrão
Peso (kg)	A	M	69	84,50	68,40	98,90	58,30	7,60	1,30
Peso (kg)	A	F	72	85,50	73,50	104,10	53,80	7,30	1,20
Peso (kg)	B	M	44	84,60	70,30	98,30	43,60	6,60	1,40
Peso (kg)	B	F	92	85,60	67,60	101,80	50,50	7,10	1,00
Peso (kg)	C	M	81	84,30	69,50	100,20	57,80	7,60	1,20
Peso (kg)	C	F	66	85,90	69,10	101,40	67,30	8,20	1,40
%CM	A	M	69	53,30	49,10	59,30	5,90	2,40	0,40
%CM	A	F	72	53,80	44,40	62,90	13,00	3,60	0,60
%CM	B	M	44	54,80	46,80	60,70	13,50	3,70	0,80
%CM	B	F	92	55,40	44,60	60,10	10,70	3,20	0,50
%CM	C	M	81	53,80	47,90	58,80	6,60	2,60	0,40
%CM	C	F	66	54,90	49,60	60,70	8,80	3,00	0,50

Onde: G = Linhagem Genética; S = sexo; n = número; Min = valor mínimo; Max = Valor Máximo; e Peso = carcaça quente sem cabeça.

et al. [31]; STROIER [33]; WARRIS [36]; WARRIS *et al.* [37, 38, 39, 40, 41, 42, 43].

Considerando-se a linhagem genética como fator principal, observa-se (Tabela 4) que os suínos insensibilizados com o equipamento elétrico apresentaram variações significativas somente para os valores de cortisol ($p \leq 0,001$), entretanto, quando submetidos ao sistema gasoso, as mesmas linhagens

apresentaram variações significativas nos valores de cortisol ($p \leq 0,001$), lactato ($p \leq 0,001$) e CPK ($p \leq 0,001$), como se visualiza na Tabela 5.

Embora a determinação do gene halotano (Nn) tenha sido realizada a partir de uma pequena alíquota dos suínos estudados (Figura 1), observou-se a presença do genótipo (Nn) somente na linhagem genética B.

TABELA 4 – Médias, desvio padrão (sd) e número de análises (n) dos níveis plasmáticos de creatina fosfoquinase (CPK), lactato e cortisol de suínos insensibilizados com o sistema manual elétrico.

Variáveis	Genética			Valor p	MSE
	A	B	C		
CPK (U/L)	1875.75 sd = 1664 n = 80	1988.93 sd = 2371 n = 56	1312.40 sd = 2773 n = 50	0.245334	4945270
LACTATO (mg/dl)	142.59 sd = 53.79 n = 81	141.63 sd = 54.81 n = 56	158.26 sd = 49.52 n = 50	0.18770	2808.91
CORTISOL (mcg/dl)	12.23 ^a sd = 6.07 n = 83	10.59 ^a sd = 4.03 n = 56	18.55 ^b sd = 6.08 n = 50	3.25 x 10 - 12 ^{***}	30.7567

Médias com letras diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste de Scheffé t ($p \leq 0,05$); * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; e MSE = Erro médio da soma de quadrados.

TABELA 5 – Médias, desvio padrão e número de análises dos níveis plasmáticos de creatina fosfoquinase (CPK), lactato e cortisol de suínos insensibilizados com o sistema automático gasoso (CO₂).

Variáveis	Genética			Valor p	MSE
	A	B	C		
CPK (U/L)	1571.29 ^a sd = 880 n = 132	2641.69 ^b sd = 2722 n = 140	2789.60 ^b sd = 4085 n = 87	0.000689 ^{***}	7212398
LACTATO (mg/dl)	118.09 ^a sd = 40.99 n = 131	133.61 ^b sd = 46.61 n = 141	109.68 ^a sd = 48.32 n = 87	0.000268 ^{***}	2032.051
CORTISOL (mcg/dl)	9.22 ^a sd = 4.89 n = 120	12.11 ^b sd = 7.62 n = 134	12.57 ^b sd = 6.99 n = 85	0.000251 ^{***}	43.65973

Médias com letras diferentes na mesma linha diferem significativamente pelo teste de Scheffé t ($p \leq 0,05$); * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$; e MSE = Erro médio da soma de quadrados.

A utilização do gene halotano em programas de genética suína ainda é um assunto muito controvertido entre os pesquisadores da comunidade científica internacional, porém parece haver um consenso de que o incremento em carne magra proporcionado por este gene deprime as características qualitativas da carne [9, 14, 16, 18, 23, 22, 35].

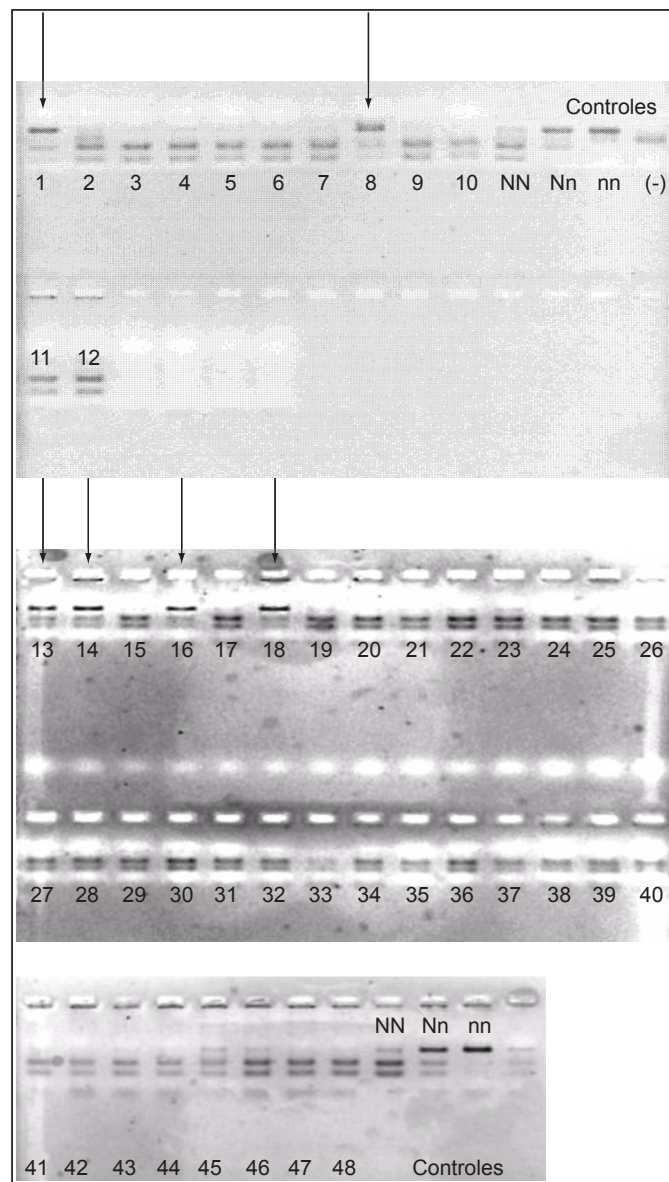


FIGURA 1 - Determinação do gene Halotano em híbridos das linhagens A, B e C utilizando-se gel de eletroforese, onde = genótipo (Nn) (n = 48 animais)

TABELA 6 - Médias, desvio padrão e número de análises dos níveis plasmáticos de creatina fosfoquinase (CPK), lactato e cortisol dos híbridos A submetidos ao sistema automático gasoso (CO₂) e manual elétrico.

Variáveis	N	Sistema Elétrico	N	Sistema Gasoso (CO ₂)	Valor p	MSE
CPK (U/L)	80	1875 ± 1664	132	1571 ± 880	0,084356	1525273
LACTATO mg/dl	81	142,59 ± 53,79	131	118,09 ± 41	0,000234***	2142,175
CORTISOL mcg/dl	83	12,23 ± 6,07	120	9,22 ± 4,89	0,000127***	29,162

MSE = Erro médio da soma de quadrados; *p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; e ***p ≤ 0,001.

Suínos portadores do genótipo (Nn) ou (nn) tendem a apresentar maiores níveis de cortisol, CPK e lactato quando comparados aos animais com genótipo livre do gene halotano [12, 13, 14, 16, 18, 19, 23, 24, 30].

Considerando-se que todos os híbridos tenham recebido o mesmo manejo pré-abate, os híbridos C foram transportados por uma distância superior aos híbridos A e B, o que pode ter influenciado os níveis plasmáticos dos indicadores, mesmo na ausência do genótipo (Nn), como se observa nas Tabelas 4 e 5 e Figura 1 [6, 10, 40, 41, 42].

Embora o desenvolvimento de anomalias da carne e o desenvolvimento da curva de pH não dependam exclusivamente dos indicadores sanguíneos de estresse, existe uma probabilidade de que suínos com altos níveis de CPK, lactato e cortisol, após a insensibilização, venham a desenvolver as condições PSE ou DFD, dependendo do programa de seleção genética adotado, técnicas de abate e resfriamento das carcaças [9, 40, 41, 42].

A Influência do gene halotano na qualidade final da carne associada a indicadores sanguíneos de estresse também foi estudada por ALLISON [1]; CHANNON, PAYNE & WARNER [9]; FÀBREGA *et al.* [14]; FERNANDEZ *et al.* [16]; GISPERT *et al.* [18]; ANDERSSON & HANSSON, [22]; WARRIS, KOCWIN-PODSIADLA *et al.* [23]; ROSENVOLD & ANDERSEN, [29]; SHAW & TROUT [32]; STOIER *et al.* [33]; SUTTON *et al.* [35]; BROWN & ADAMS [39].

De um modo geral, estes autores verificaram redução nas características qualitativas da carne suína quando o gene halotano foi empregado na tentativa de aumentar o ganho em carne magra das carcaças.

No presente estudo, as variações encontradas nos indicadores sanguíneos de estresse, considerando-se as linhagens e sistemas de insensibilização como fator principal, não foram suficientes para proporcionar diferenças significativas nos indicadores de qualidade da carne (capacidade de retenção de água, perda por exsudação e "umidade exprimível") valores estes publicados em conjunto em uma tese de doutorado em que vários indicadores objetivos de qualidade foram associados aos indicadores sanguíneos de estresse (BERTOLONI [7]).

4 - CONCLUSÕES

O presente experimento nos permite concluir que:

O sistema manual elétrico de insensibilização demonstrou ser mais estressante que o gasoso indicado por níveis elevados de cortisol e lactato para os híbridos A e C.

TABELA 7 – Médias, desvio padrão e número de análises dos níveis plasmáticos de creatina fosfoquinase (CPK), lactato e cortisol dos híbridos B submetidos ao sistema automático gasoso (CO₂) e manual elétrico.

Variáveis	N	Sistema Elétrico	N	Sistema Gasoso (CO ₂)	Valor p	MSE
CPK (U/L)	56	1988 ± 2371	140	2642 ± 2722	0,117796	6905312
LACTATO mg/dl	56	141,63 ± 54,81	141	133,61 ± 46,61	0,301689	2407,269
CORTISOL mcg/dl	56	10,59 ± 4,03	134	12,11 ± 7,62	0,160228	45,850

MSE = Erro médio da soma de quadrados; *p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; e ***p ≤ 0,001.

TABELA 8 – Médias, desvio padrão e número de análises dos níveis plasmáticos de creatina fosfoquinase (CPK), lactato e cortisol dos híbridos C submetidos ao sistema automático gasoso (CO₂) e manual elétrico.

Variáveis	N	Sistema Elétrico	N	Sistema Gasoso (CO ₂)	Valor p	MSE
CPK (U/L)	50	1312 ± 2773	87	2790 ± 4085	0,024692*	13427 x 10 ²
LACTATO mg/dl	50	158,26 ± 49,52	87	109,68 ± 48,32	0,0000001***	2377,602
CORTISOL mcg/dl	50	18,55 ± 6,08	85	12,57 ± 6,99	0,000002***	44,4278

MSE = Erro médio da soma de quadrados; *p ≤ 0,05; **p ≤ 0,01; e ***p ≤ 0,001.

Considerando a linhagem genética como fator principal, valores elevados de cortisol foram encontrados nos híbridos C comparativamente aos híbridos A e B, quando insensibilizados com o sistema elétrico. Quando o sistema gasoso foi utilizado, menores índices de cortisol e CPK foram observados nos híbridos A comparativamente aos híbridos B e C, não demonstrando um claro efeito da linhagem genética nos indicadores de estresse quando os sistemas elétrico e gasoso foram utilizados, demonstrando a necessidade da realização de novas pesquisas.

A elevação dos níveis dos indicadores de estresse CPK, Lactato e Cortisol não foi suficiente para proporcionar diferenças significativas nos indicadores de qualidade de carne nas linhagens estudadas [7].

5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ANIL, M. H. & McKINSTRY J. L. The effectiveness of high frequency electrical stunning in pigs. **Meat Science**, v. 31, p. 481-491, 1992.
- [2] BARTON-GADE, P. Methods of assessing meat quality, **Danish Meat Research Institute**, Roskilde, 6p. 1993. Disponível em: <http:// www.dmri.dk >. Acesso em: 20/Nov/2004.
- [3] BARTON-GADE, P. The effect of pre-slaughter handling on meat quality in pigs. **Danish Meat Research Institute**, Manuscript n° 1393E, 1997. Disponível em: <http:// www.dmri.dk >. Acesso em: 20/Nov/2004.
- [4] BARTON-GADE, P. CO₂-Stunning- Quality and welfare comparisons., **Danish Meat Research Institute**, Manuscript n° 1429E, 1999. Disponível em: <http:// www.dmri.dk >. Acesso em: 20/Nov/2004.
- [5] BARTON-GADE, P. Preliminary observations of pig behaviour on immersion in high concentrations of CO₂ gas. **International Workshop on Stunning Systems for Pigs and animal welfare**. Billund, Denamark p. 25-27, August, 1999.
- [6] BARTON-GADE, P & CHRISTENSEN, L. Effect of different stocking densities during transport on welfare and meat quality in Danish slaughter pigs. **Meat Science**, v. 48, p. 237-247, 1998.
- [7] BARTON-GADE, P. & CHRISTENSEN, L. Transportation and pre-stun handling: CO₂-Systems, **Danish Meat Research Institute**, Manuscript n° 1430E, 1999. Disponível em: <http:// www.dmri.dk >. Acesso em: 20/Nov/2004.
- [8] BERTOLONI, W. **Efeito da genética e dos sistemas de insensibilização elétrico e gasoso (CO₂) no bem-estar e qualidade de carne de híbridos suínos**. Campinas, 2005, 174p. Dissertação (Doutorado em Tecnologia de Alimentos), Faculdade de Eng. de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).
- [9] BUTINA CO₂ COMBI SYSTEM. Disponível em: <http:// www.butina.dk >. Acesso em: 20/Nov/2004.
- [10] CHANNON, H. A., PAYNE, A. M., WARNER, R. D. Halothane genotype, pre-slaughter handling and stunning all influence pork quality. **Meat Science**, v. 56, p. 291-299, 2000.
- [11] CHANNON, H. A., PAYNE, A. M., WARNER, R. D. Comparison of CO₂ stunning with manual electrical stunning (50 Hz) of pigs on carcass and meat quality. **Meat Science**, v. 60, p. 63-68, 2002.
- [12] CHANNON, H. A., PAYNE, A. M., WARNER, R. D. Effect of stun duration and current level applied during head to back and head only electrical stunning of pigs on pork quality compared with pigs stunned with CO₂. **Meat Science**, v. 65, p. 1325-1333, 2003
- [13] CHEVILLON, P. O bem-estar dos suínos durante o pré-abate e no atordoamento. **I Conferência Virtual Internacional sobre Qualidade de Carne Suína**, 16 de nov. a 16 de Dez de 2000 - CNPSA / EMBRAPA. Disponível em: <http://www.embrapa.br >. Acesso em: 16/Dez/2000.
- [14] CHRISTENSEN, L. & BARTON GADE, P. New Danish developments in pig handling at abattoirs. Slagteriernes Forskningsinstitut, **Danish Meat Research Institute**, Manuscript n° 1378 E, 1997. Disponível em: <http:// www.dmri.dk >. Acesso em: 20/Nov/2004.
- [15] FÀBREGA, E., MANTECA, X., FONT, J., GISPERT, M., CARRION, D., VELARDE, J. L., de la TORRE, R.,

- DIESTRE, A. Effects of halothane gene and pre-slaughter treatment on meat quality and welfare from two pig crosses. **Meat Science**, v. 62, p. 463-472, 2002.
- [16] FAUCITANO, L., MARQUARDT, L., OLIVEIRA, M. S., COELHO, H. S., TERRA, N. N. The effect of two handling and slaughter systems on skin damage, meat acidification and colour in pigs. **Meat Science**, v. 50, p. 1-13, 1998.
- [17] FAUCITANO, L. Efeitos do manuseio pré-abate sobre o bem-estar e sua influência sobre a qualidade de carne. **I Conferência Virtual Internacional sobre Qualidade de Carne Suína**, 16 de nov. a 16 de Dez de 2000 - CNPSA/EMBRAPA. Disponível em: <<http://www.embrapa.br>>. Acesso em: 16/Dez/2000.
- [18] FERNADEZ, X., NEYRAUD, E., ASTRUC, T., SANTE, V. Effects of halothane genotype and pre-slaughter treatment on pig meat quality. Part 1. Post mortem metabolism, meat quality indicators and sensory traits of m. longissimus lumborum. **Meat Science**, v. 62, p. 429-437, 2002.
- [19] FRAQUEZA, M. J., ROSEIRO, L. C., ALMEIDA, J., MATIAS, E., SANTOS, C., RANDALL, J. M. Effects of lairage and holding time on pig behaviour and on carcass and meat quality. **Applied Animal Behavior Science**, v. 60, p. 317-330, 1998.
- [20] FUJI, J., OTSU, K., ZORZATO, F., de LEON S., KHANNA, V. K., WEILER, J. E., O'BRIEN, P. J., MACLENNAN, D. H. Identification of a mutation in porcine ryanodine receptor associated with malignant hyperthermia. **Science**, v. 253 (5018), p. 448-451, 1991.
- [21] GEVERINK, N. A., ENGEL, B., LAMBOOIJ, E., WIEGANT, V. M. Observations on behaviour and skin damage of slaughter pigs and treatment during lairage. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 50, p. 1-13, 1996.
- [22] GISPERT, M., FAUCITANO, L., GUARDIA, M. D., COLL, C., SIGGENS, K., HARVEY, K. & DIESTRE, A. A survey on pre-slaughter conditions, halothane gene frequency, and carcass and meat quality in five Spanish pig commercial abattoirs. **Meat Science**, v. 55, p. 97-106, 2000.
- [23] GUISE, H. J., RICHES, H. L., HUNTER, E. J., JONES, T. A., WARRIS, P. D., KETTLEWELL, P. J. The effect of stocking in transit on the carcass quality and welfare of slaughter pigs. Carcass Measurements. **Meat Science**, v. 50, p. 439-446, 1998.
- [24] HOLST, S. Return to consciousness in slaughter pigs stunned with CO₂. SLAGTERIERNES FORSKNINGSSINSTITUT, **Danish Meat Research Institute**. Manuscript n° 1387E, 1997. <<http://www.dMRI.dk>>. Acesso em: 20/Nov/2004.
- [25] HOLST, S. Assessment of stun-stick interval in relation to time of exposure in CO₂ stunning of pigs. Animal welfare implications. **International Workshop on Stunning Systems for Pigs and Animal Welfare**. Billund, Denmark p. 25-27, August, 1999.
- [26] HUNTER, E. J., WEEDING, C. M., GUISE, H. J., ABBOTT, T. A., PENNY, R. H. C. Pig welfare and carcass quality: A comparison of the influence of slaughter handling systems at two abattoirs. **Veterinary Record**, v. 135, p. 423-425, 1994.
- [27] KARL SCHERMER & CO APPARATEBAU GERÜNDER 1896 D-76275 ETTLINGEN. Disponível em: <<http://www.karl-schermer.de>>. Acesso em: 20/Nov/2004.
- [28] KERSTIN, L., ANDERSSON, A., HANSSON, I. Effect of the RN gene on technological sensory meat quality in crossbred pigs with Hampshire as terminal sire. **Meat Science**, v. 42, n. 2, p. 145-153, 1996.
- [29] KOCWIN-PODSIADLA, M., PRZYBYLSKI, W., KURZYL, J., TALMANT, A., MONIN, G. Muscle glycogen level and meat quality in pigs of different halothane genotypes. **Meat Science**, v. 40, p. 121-125, 1995
- [30] MURRAY, A. C. Reduzindo perdas da porteira da granja até o abatedouro - uma perspectiva canadense. **I Conferência Virtual Internacional sobre Qualidade de Carne Suína**, 16 de nov. a 16 de Dez de 2000 - CNPSA/EMBRAPA. Disponível em: <<http://www.embrapa.br>>. Acesso em: 16/Dez/2000.
- [31] STATISTICA FOR WINDOWS VERSÃO 5.0 Copyright stasoft, inc 1984-1995. Disponível em: <<http://www.statsoft.com.br>>. Acesso em: 20/Nov/2000.
- [32] STOIER, S., AASLYNG, M. D., OLSEN, E. V., HENCKEL, P. The effect of stress during lairage and stunning on muscle metabolism and drip loss in Danish pork. **Meat Science**, v. 59, p.127-131, 2001.
- [33] SUTTON, D. S., ELLIS, M., LAN, Y., McKeith, F. K., WILSON, E. R. Influence of slaughter weight and stress gene genotype on the water-holding capacity and protein gel characteristics of three porcine muscles. **Meat Science**, v. 46, n. 2, p. 173-180, 1997.
- [34] VELARDE, A. L., FAUCITANO, M., GISPERT, M. A., OLIVER., DIESTRE, A. A survey of the efficacy of electrical and carbon dioxide stunning on insensitivity in slaughter pigs. **Proc. International Congress of Meat Science and Technology** (Barcelona, Spain) v. 44, p. 1076-1077 (Abstract C124), 1998.
- [35] VELARDE, A., GISPERT, M., FAUCITANO, L., MANTECA, X., DIESTRE, A. The effect of stunning method on the incidence of PSE meat and hemorrhages in pork carcasses. **Meat Science**, v. 55, p. 309-314, 2000.
- [36] WARRIS, P. D., BROWN, S. N., BARTON-GADE, P., SANTOS, C., COSTA, L. N., LAMBOOIJ, E., GEERS, R. An analysis of data relating of pig carcass quality and indices of stress collect in the European Union. **Meat Science**, v. 49, p.137-144, 1998.
- [37] WARRIS, P. D., BROWN, S. N., EDWARDS, J. E., KNOWLES, T.G. Effect of lairage time on levels of stress and meat quality in pigs. **Animal Science**, v. 66, n. 1, p. 255-261, 1998.
- [38] WARRIS, P. D., BROWN, S. N., GADE, B., SANTOS, C., NANNI COSTA, L., LAMBOOIJ, E., GEERS, R. 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.
- [39] WOTTON, S. B., ANIL, M. H., WHITTINGTON, P. E. & McLINSTRY, J. L. Pig slaughtering procedures: Head-to-Back Stunning. **Meat Science**, v. 32, n. 3, p. 245-255,1992.