

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Manejo pré-abate de suínos com reatividades divergentes e os seus
impactos na bioquímica muscular pós-abate**

Ingrid Monteiro Medina

**Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestre em Ciências. Área de concentração:
Ciência Animal e Pastagens**

**Piracicaba
2009**

Ingrid Monteiro Medina
Zootecnista

Manejo pré-abate de suínos com reatividades divergentes e os seus impactos na bioquímica muscular pós-abate

Orientador:
Prof. Dr. **EDUARDO FRANCISQUINE DELGADO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência Animal e Pastagens

**Piracicaba
2009**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Medina, Ingrid Monteiro

Manejo pré-abate de suínos com reatividades divergentes e os seus impactos na bioquímica muscular pós-abate / Ingrid Monteiro Medina. - - Piracicaba, 2009.
50 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2009.
Bibliografia.

1. Abate 2. Carnes e derivados - Qualidade 3. Estresse 4. Metabolismo de proteína
5. Suínos - Manejo I. Título

CDD 636.4
M491m

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

“Não desista enquanto você ainda for capaz de fazer um esforço a mais.

É nesse algo a mais que está a sua vitória.”

(ROBERTO SHINYASHIKI)

OFEREÇO,

À Deus, meus pais, irmãos, avós, noivo, amigos e mestres.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ser meu guia e ter me dado a oportunidade da vida, e à Nossa Senhora por ser minha protetora e me iluminar.

Aos meus pais que eu amo muito, Antonio Cesar Amaral Medina e Sebastiana Mendonça Monteiro, pelo apoio, compreensão, constantes incentivos, ensinamentos e confiança. Aos meus irmãos indispensáveis Augusto, Paola e Fabio, primos e familiares pelo carinho durante os meus estudos. Aos meus avós queridos pelo auxílio prestado em todos os momentos e por existirem em minha vida.

Ao meu noivo Nino Rodrigo Cabral de Barros Lima pelo amor, atenção, paciência, respeito, dedicação e por ser tão importante para mim, e seus familiares por todo o incentivo.

Aos Professores da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, mestres que ensinaram os primeiros passos para a minha profissão.

Ao Prof. Dr. Eduardo Francisquine Delgado pela orientação e colaboração durante o mestrado, mostrando ser um excelente orientador, onde além dos conhecimentos acadêmicos, ensinou aspectos ligados à conduta profissional e pessoal indispensáveis para o sucesso.

Ao Prof. Dr. Raul Machado Neto pela presença constante através de disciplina, laboratório e conselhos. Ao Prof. Dr. Gerson Barreto Mourão pelas análises estatísticas do experimento, assim como aos professores Dante Pazzanese Duarte Lanna, Carlos Guilherme Silveira Pedreira, Carla Maris Machado Bittar e Carmen Josefina Contreras Castillo, pela disponibilidade da utilização de seus laboratórios.

Aos amigos conquistados durante esse tempo, em especial: Vinicius, Rodrigo Denner, Marlon, Yuri e Tiago. Às amigas: Cynthia, Alessandra, Gabriela, Andréia, Vivyan e Anali. E aos colegas de pós-graduação Adalfredo e Carolina.

À Flavia por ser mais que amiga, por ser minha irmãzinha de mestrado, de laboratório, de experimentos, de momentos difíceis, cansativos, mas principalmente dos felizes e de vitórias, por ter se tornado essa pessoa tão especial, um anjo da guarda presente em todos os momentos, desde o início dessa caminhada sempre me dando

suporte e sendo companheira para tudo o que foi preciso, amo muito você Flazinha e faço questão da sua presença constante em minha vida.

À Daiane e à Andressa por serem minhas irmãs de coração, parceiras de tudo: casa, comida, roupa lavada, diversão, estresses, conselhos, piadas, risadas, passeios. Obrigada por estarem ao meu lado sempre! A força da amizade de vocês me auxiliou mais do que vocês possam imaginar em todo esse tempo. Aonde quer que eu vá estarão em todos os momentos nas minhas lembranças. Agradeço por serem minhas amigas e cuidarem de mim!

Aos meus amigos do Mato Grosso do Sul: Laila e Rodrigo, Bruna e Simony, Karla e Bruna, Luiz Carlos, Ana Carolina, Christopher, Elineu e Karla, Diego, Henrique, Isabela, Geovana, Dayanna e Jiuliano, que mesmo longe estão sempre em meus pensamentos e em meu coração, mostrando que a distância não é suficiente para separar os amigos.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo pela oportunidade de realização do mestrado.

A todos do bloco da Zoologia que mesmo somente com a convivência também fazem parte dessa conquista.

Ao Prof. Dr. Messias Alves da Trindade Neto da USP de Pirassununga, sua orientada Érika e toda a equipe pela parceria no experimento.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

À todos que colaboraram direta ou indiretamente para a realização dessa etapa.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO.....	09
ABSTRACT.....	11
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 Sistema de Disparo do Estresse.....	15
2.2 Estresse no Metabolismo.....	17
2.3 Indicadores de Estresse.....	18
2.4 Estresse no Período Pré-Abate.....	18
2.4.1 Condução dos animais.....	19
2.5 Influência do Estresse na Carne.....	20
2.5.1 Carne PSE.....	24
2.5.2 Carne DFD.....	25
2.6 Reatividade dos Animais.....	25
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 Animais.....	27
3.2 Tratamentos.....	27
3.3 Avaliação das Características de Qualidade.....	28
3.3.1 Avaliação de pH.....	28
3.3.2 Índice de fragmentação miofibrilar (MFI).....	28
3.3.3 Verificação de maciez instrumental (força de cisalhamento) e perdas por cozimento.....	29
3.3.4 Coloração.....	29
3.3.5 Perdas por gotejamento (PPG).....	30
3.4 Análise Estatística.....	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1 Avaliação de pH.....	31
4.2 Índice de Fragmentação Miofibrilar (MFI).....	33
4.3 Verificação de Maciez Instrumental (Força de Cisalhamento) e Perdas por Cozimento.....	35

4.4 Coloração.....	37
4.5 Perdas por Gotejamento.....	39
5 CONCLUSÃO.....	41
REFERÊNCIAS.....	42

RESUMO

Manejo pré-abate de suínos com reatividades divergentes e os seus impactos na bioquímica muscular pós-abate

O manejo pré-abate de suínos representa grande desafio para produtores e indústrias de carne suína e seus derivados. A reatividade dos animais ao manejo pode introduzir variação na resposta ditando a magnitude e extensão das mudanças metabólicas musculares em resposta ao estresse, com implicações para atributos de qualidade da carne. O objetivo deste trabalho foi verificar a influência de diferentes tipos de manejo durante a condução de suínos no período pré-abate, em animais com graus de reatividade divergentes, sobre atributos de qualidade da carne. As características de qualidade avaliadas no músculo *Longissimus dorsi* foram: pH, índice de fragmentação miofibrilar (MFI), força de cisalhamento (FC), cor, perda por cozimento (PPC) e perda por gotejamento (PPG). O delineamento inteiramente ao acaso foi utilizado envolvendo 48 animais divididos em dois tipos de manejo pré-abate (estressante-E e tranquilo-T), dois grupos de reatividade divergentes (reatividade alta-RA e baixa-RB) e sexos (fêmeas e machos), caracterizando um arranjo fatorial 2 (manejo pré-abate) x 2 (reatividade) x 2 (sexo). O pH diferiu ($P < 0,05$) apenas entre os tempos de amostragem pós-abate, com valores médios de $6,24 \pm 0,11$ e $5,80 \pm 0,16$, para 3 e 24 horas pós-abate, respectivamente. Os valores de MFI encontrados diferiram ($P < 0,05$) apenas entre os períodos de maturação de 1, 4 e 6 dias, com valores de $29,5 \pm 0,91$, $50,3 \pm 0,91$ e $70,3 \pm 0,91$, respectivamente. O manejo E resultou em FC de $3,86 \text{kgf} \pm 0,16$, que superou ($P < 0,05$) os $3,46 \text{kgf} \pm 0,15$ obtidos para manejo T dos animais. A carne de animais RA apresentou $20,3\% \pm 0,70$ de PPC, sendo inferior ($P < 0,05$) aos $23,1\% \pm 0,72$ observados para carne de suínos RB. Houve interação reatividade*manejo para PPG, com as menores perdas ($P < 0,05$) para carne dos animais RA/E ($8,05\% \pm 0,42$) comparada à de animais RA/T ($9,28\% \pm 0,42$) e RB/E ($9,33\% \pm 0,45$), sendo a carne de animais RB/T ($8,75\% \pm 0,42$) similar a todos os outros tipos. A coloração não apresentou diferenças entre os tratamentos. Embora os valores de pH, MFI e cor não tenham sido modificados pelos diferentes manejos ou reatividades, as diferenças observadas em FC, PPC e PPG indicam que manejo, reatividade e a interação entre estes fatores podem influenciar de maneiras diversas os atributos de qualidade de carne.

Palavras-chave: Maciez; Proteólise; Cor; Exsudação

ABSTRACT

Pre-slaughter handling of pigs with different reactivity and its impact on biochemical muscle post-slaughter

The pre-slaughter handling of pigs represents a great challenge for growers and pork and its derivatives. The reactivity of animals to land use may introduce variation in the response dictating the magnitude and extent of changes in muscle metabolic response to stress, with implications for quality attributes of meat. The objective of this study was to evaluate the influence of different types of management during the conduct of pigs in the pre-slaughter in animals with differing degrees of reactivity on quality attributes of meat. The quality characteristics evaluated in the *Longissimus dorsi* were: pH, myofibrillar fragmentation index (MFI), shear force (FC), color, cooking loss (PPC) and drip loss (PPG). The completely randomized design was used involving 48 animals divided into two types of pre-slaughter (stressful-E and relaxed-T), two groups of different reactivity (high reactivity-RA and low-RB) and gender (female and male), featuring a factorial 2 (pre-slaughter) x 2 (reactivity) x 2 (gender). The pH differed ($P < 0.05$) between sampling times post-slaughter, with average values of 6.24 ± 0.11 and 5.80 ± 0.16 , for 3 and 24 hours after slaughter, respectively. MFI values found differ ($P < 0.05$) between the periods of maturation of 1, 4 and 6 days, with values of 29.5 ± 0.91 , 50.3 ± 0.91 and 70.3 ± 0.91 , respectively. The management and resulted in FC of $3.86 \text{kg} \pm 0.16$, which exceeded ($P < 0.05$) to $3.46 \pm 0.15 \text{kg}$ obtained for T management of animals. The meat of RA showed $20.3\% \pm 0.70$ PPC, being lower ($P < 0.05$) to $23.1\% \pm 0.72$ observed for beef and pork RB. There was interaction reactivity*management for PPG, with the lowest losses ($P < 0.05$) for meat from animals RA/E ($8.05\% \pm 0.42$) compared to animals RA/T ($9.28\% \pm 0.42$) and RB/E ($9.33\% \pm 0.45$), and the meat of animals RB/T ($8.75\% \pm 0.42$) similar to all other types. The color did not differ between treatments. Although the pH values, MFI and color have not been modified by different managements or reactivity, the differences observed in CF, PPC and PPG indicate that management, reactivity and the interaction between these factors may influence differently the quality attributes of meat.

Keywords: Tenderness; Proteolysis; Color; Exudation

1 INTRODUÇÃO

“Nada na vida está realmente em nossas mãos...
Mas tudo está diante de nossas possibilidades.”
(WALTER GRANDO)

Embora fatores como idade, sexo, nutrição e modificadores metabólicos exerçam uma grande influência no crescimento, e conseqüentemente nas características da carcaça e carne suína, a interação com o estresse pré-abate (apanha dos animais, transporte, temperatura ambiente, tempo de jejum), pode ser definidora da qualidade final da carne produzida.

O estresse é caracterizado por respostas fisiológicas que ditam a adaptabilidade e a susceptibilidade do animal frente a situações novas e desafiadoras. Condições estressantes têm potencial para acarretar problemas na matéria prima músculo que exercem forte impacto econômico na cadeia da carne. Além disto, existe mercado incipiente e crescente que está interessado em adquirir produtos cárneos suínos oriundos de animais cujo bem-estar foi garantido em toda cadeia produtiva. Portanto faz-se necessária a percepção de práticas de manejo pré e durante o abate que realmente afetem de forma significativa o bem-estar, para definição de parâmetros técnicos razoáveis a serem implantados na produção animal de forma a atender este mercado diferenciado.

De maneira geral, os animais submetidos ao estresse apresentam temperaturas altas e glicólise acelerada (*in vivo*), além de rápido aparecimento do *rigor mortis*. Tais características podem levar a quadros de uma grande proporção da carne produzida possuir coloração pálida, exsudativa e amolecida. Além de afetar a aparência da carne “*in natura*”, esta condição diminuiu o rendimento industrial durante processamento desta matéria-prima.

Muito embora as mudanças causadas pelo estresse na qualidade final da carne apresentem um corpo de informações estabelecidas e detalhadas, a individualidade em relação à reatividade pode causar uma variação de respostas em um grupo de animais semelhantes. Este aspecto é facilmente verificado quando ao receber manejo agressivo apenas parte dos animais apresenta a qualidade final da carne comprometida. Esta

constatação implica em investigar quais seriam as possíveis interações entre reatividade animal e estresse pré-abate na definição de variáveis de qualidade de carne.

O objetivo deste trabalho foi analisar o efeito de reatividade sobre percepção de manejos pré-abate diferenciados e impactos na fisiologia muscular pós-abate.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistema de Disparo do Estresse

Diversos são os agentes responsáveis por conduzir o animal ao quadro de estresse, porém os principais são: medo, esgotamento físico, transporte, alta densidade populacional, isolamento, calor, restrição alimentar, sede e dor.

Na presença de estímulos estressores ocorre o desencadeamento do que Seyle (primeiro cientista a teorizar sobre respostas ao estresse) designou de “Síndrome de Adaptação Geral”. Essa teoria baseia-se no fato de que a resposta ao estresse é modulada de acordo com a intensidade, duração e frequência dos estímulos. Consiste em uma resposta do organismo, via uma série de reações de adaptação, que visam à redução dos efeitos nocivos do estresse.

Sob condições normais, parte do sistema neuroendócrino composto do hipotálamo, do lobo anterior da hipófise e do córtex da adrenal, denominado eixo hipotálamo-hipófise-adrenal (HPA), mantém-se equilibrado. A ativação do eixo HPA é facilitada através de conexões anatômicas nervosas entre componentes do sistema límbico cerebral (amígdala e hipocampo) e o hipotálamo. Os estímulos estressores, tanto de origem física como neurogênica, provenientes do sistema nervoso periférico, que atingem, via medula espinhal, neurônios do sistema límbico são processados e transformados pela amígdala, em mensagens para diversas partes do cérebro responsáveis por respostas relativas ao medo. No hipotálamo, impulsos relacionados ao medo ativam o sistema nervoso simpático (SNS) e modulam a atividade do eixo HPA (RANG et al., 2003).

A modulação do eixo HPA efetiva-se pela ação de células neuro-secretoras do hipotálamo que liberam o hormônio CRF (fator de liberação de corticotropina), que estimula células na hipófise anterior, havendo um aumento imediato da secreção do hormônio adrenocorticotrópico (ACTH), o qual atinge, via circulação sanguínea, a córtex da glândula adrenal, que por sua vez estimula a conversão do colesterol em glicocorticóides, sendo o principal deles o cortisol. A defesa biológica contra o agente estressor ocorre por ativação do sistema nervoso autônomo, através de uma resposta rápida, denominada “alarme”, “síndrome de emergência” ou também “reação de luta ou

fuga” (CANNON, 1929; MOBERG, 2000). O hormônio CRF é transportado até a hipófise (pituitária), estimulando a síntese e a liberação de ACTH, que por sua vez estimula a liberação de glicocorticóides (cortisol) e catecolaminas (adrenalina e noradrenalina) pela glândula adrenal (Figura 1).

O cortisol é o maior hormônio adeno-cortical secretado, em resposta a liberação do ACTH pela hipófise em situações de estresse. A liberação se dá pelo córtex adrenal, resultando em elevada concentração de glicose plasmática, através do aumento da glicogenólise hepática e gliconeogênese associada ao catabolismo da proteína. O hormônio também é necessário para a efetividade das funções das catecolaminas, especialmente na mobilização de ácidos graxos voláteis (SHAW; TUME, 1992; SHAW; TROUT, 1995). Em situações de estresse intenso pode ocorrer exaustão muscular formando grandes quantidades de ácido láctico, resultante da degradação intensa do glicogênio muscular, o qual poderá ser liberado na corrente circulatória. Como resultado, altas concentrações de lactato plasmático são formadas na exaustão muscular.

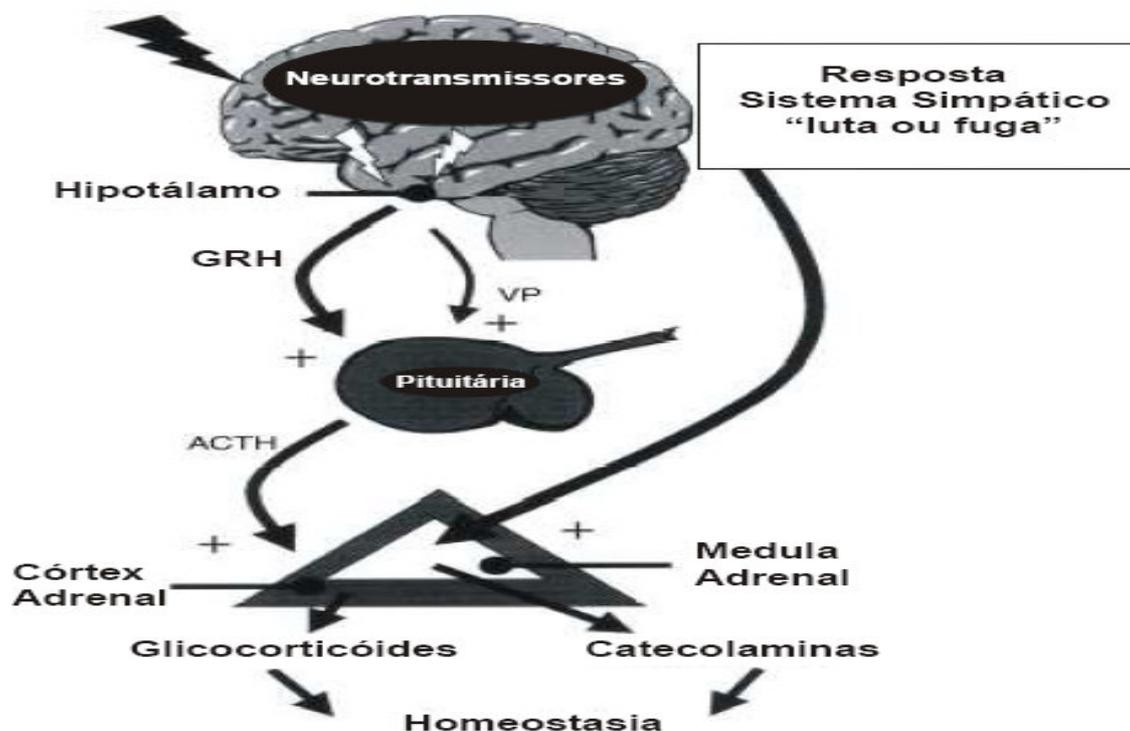


Figura 1 - Cérebro hipotálamo hipófise adrenal (Fonte: MATTERI; CARROL; DYER, 2000. Neuroendocrine responses to stress)

2.2 Estresse no Metabolismo

O aumento na liberação de hormônios adrenérgicos e corticosteróides, interfere nos níveis de glicogênio e fosfocreatina muscular e, conseqüentemente, nas concentrações de adenosina trifosfato (ATP), lactato e íons hidrogênio. O acúmulo de lactato e íons hidrogênio causam o declínio do pH *post mortem* (WARRISS, 1998b; D'SOUZA et al., 1998; STØIER et al., 2001; HENCKEL et al., 2002; ALLISON et al., 2003).

O declínio observado no pH *post mortem*, depende da habilidade para formação de lactato, a partir do glicogênio disponível (BENDALL; SWATLAND, 1988), pois o lactato é o produto final da glicólise anaeróbia. Por esta razão, ele também é bom indicador de estresse físico pelo seu acúmulo decorrente do aumento do exercício físico à medida que os animais são expostos a um estressor (MORGAN; IWAMA, 1997; BARTON; MORGAN; VIJAYAN, 2002).

Elevados níveis de lactato muscular são fortemente correlacionados com a condição PSE (carne pálida, flácida e exsudativa) em carcaças suínas. Embora níveis sanguíneos de 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 (BERTOLONI et al., 2006). Embora a queda do pH esteja relacionada com a produção de lactato, esta acidificação está diretamente ligada com a capacidade do músculo em produzir energia na forma de ATP (WARRISS; BEVIS; EKINS, 1989).

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:



Onde: ADP: di-fosfato de adenosina; ATP: tri-fosfato de adenosina; e CPQ: Creatina Fosfoquinase (BERTOLONI et al., 2006).

2.3 Indicadores de Estresse

Portanto, indicadores sanguíneos de estresse como: cortisol, creatina fosfoquinase, lactato e catecolaminas, entre outros, têm sido associados a indicadores de qualidade da carne suína como: pH, capacidade de retenção de água e cor (BERTOLONI et al., 2006), sendo os três primeiros indicadores citados aqueles frequentemente utilizados em pesquisas de bem-estar de suínos durante o abate e manejo pré-abate.

2.4 Estresse no Período Pré-Abate

O tempo gasto no transporte de animais das baias de terminação aos frigoríficos e, evidentemente, as condições dessa viagem, podem vir a comprometer a qualidade do conjunto suíno vivo – carcaça – carne. O grande problema revela-se na chamada sobrecarga fisiológica do transporte, ou seja, o estresse do animal. Durante esta etapa, os animais são submetidos a períodos de jejum, misturados com animais estranhos de outras baias, embarcados em caminhões, transportados, desembarcados, descansam no frigorífico, e são insensibilizados e sacrificados. Estas práticas de manejo podem induzir a diferentes tipos de estresse físico/psicológico (motor, psicológico/emocional, mecânico, térmico, hídrico e digestivo), que associado ao manejo pré-abate pode afetar a qualidade da carne dos suínos (ROSENVOLD; ANDERSEN, 2003).

Períodos longos de estresse estão relacionados com o manejo na granja, embarque, transporte e desembarque, e a mistura de lotes dos suínos. A intensidade deste manejo é um dos principais fatores responsáveis pela ocorrência do estresse pré-abate em suínos (BERTOL, 2004). Neste caso, conduzem principalmente à carne com qualidade comprometida estando geralmente associada ao tipo DFD (sigla em inglês para carne escura, firme e seca).

Períodos curtos de estresse estão relacionados com o período de descanso e método de atordoamento, adotados pelo abatedouro. O período de descanso no abatedouro, nas baias de espera, permite aos animais recuperarem-se do estresse do

transporte, favorecendo a recuperação dos níveis de glicogênio, elemento de extrema importância na conversão do músculo em carne. Em casos de período de descanso insuficiente ou métodos de atordoamento ineficazes ocorre a produção de carne com qualidade comprometida devido ao aparecimento do tipo PSE (sigla em inglês para carne pálida, mole e exsudativa) (ROSENVOLD; ANDERSEN, 2003).

2.4.1 Condução dos animais

No transporte e movimentação dos animais durante o manejo pré-abate, a utilização dos bastões elétricos promove um incremento no estresse dos suínos, acelerando a velocidade de glicólise nas primeiras horas *post mortem*, promovendo uma maior incidência de carne PSE (D'SOUZA et al., 1998; FAUCITANO et al., 1998; VAN DER WAL; ENGEL; REIMERT, 1999; STØIER et al., 2001; DALLA COSTA; LUDKE; PARANHOS DA COSTA, 2005). O uso do bastão elétrico elevou as concentrações de cortisol e lactato, em resposta ao estresse psicológico e físico causado (LUDTKE et al., 2007). O aumento da frequência cardíaca também ocorre em suínos manejados no carregamento e descarregamento com uso de bastão elétrico (BRUNDIGE et al., 1998). A condução de suínos durante o carregamento, descarregamento e nas instalações do frigorífico, com a utilização excessiva do bastão elétrico, associada à falta de rigidez na aplicação da legislação de bem-estar animal, contribuem, significativamente, para as perdas de qualidade da carne suína (BRUNDIGE et al., 1998; FAUCITANO, 2000; ZANELLA; DURAN, 2000).

A ocorrência de glicólise acelerada, resultando em queda rápida do pH *post mortem*, foi observada em sistemas de condução dos animais com bastão elétrico, manejo considerado de alto estresse (LUDTKE et al., 2007). No entanto, esta modificação não foi suficiente para alterar a cor, refletância luminosa interna, capacidade de retenção de água (CRA) e perda por exsudação (PE). Resultados similares de pH e cor em suínos conduzidos com bastão elétrico foram encontrados em outros trabalhos (D'SOUZA et al., 1998; VAN DER WAL; ENGEL; REIMERT, 1999).

A eliminação do uso de bastão elétrico reduziu o percentual de carne PSE, de 41 para 9% (D'SOUZA et al., 1998). A redução das escoriações também foi observada na

eliminação do bastão elétrico (FAUCITANO et al., 1998; VAN DER WAL; ENGEL; REIMERT, 1999).

A utilização de pranchas de condução no manejo pré-abate de suínos foi suficiente para a redução dos níveis das variáveis sanguíneas relacionadas com o estresse, velocidade de queda do pH muscular *post mortem* e incidência de carne com problema (LUDTKE, 2004). Portanto, a substituição do bastão elétrico pela prancha (madeira) na condução dos suínos, é uma prática eficiente na diminuição do estresse.

2.5 Influência do Estresse na Carne

Para se ter um entendimento melhor do que acontece com o músculo, devemos conhecer as mudanças bioquímicas que ocorrem no animal após o abate. Após a exsanguinação, o transporte de oxigênio é finalizado devido ao cessar da circulação sanguínea. Entretanto, os processos enzimáticos e a glicólise teciduais continuam ativos. A glicólise é um processo que envolve todas as etapas da conversão do glicogênio ou glicose muscular em ácido pirúvico ou ácido lático. O acúmulo de ácido lático resultante da glicólise anaeróbica, por sua vez, contribui para o pH final da carne (ROÇA; BONASSI, 1981; HEDRICK; ABERLE; FORREST, 1994; ROÇA, 2000).

O processo de conversão do músculo em carne é complexo e envolve uma série de alterações no metabolismo celular, que estão relacionadas com as reservas de glicogênio no músculo, com a queda de compostos energéticos (i.e., creatina fosfato, ATP), a produção de ácido lático, a diminuição do pH ou acidificação, a desnaturação das proteínas, e a queda da temperatura do músculo (KOOHMARAIE et al., 1995; HUFF-LONERGAN et al., 1996).

Quando o animal é submetido a um estresse pré-abate, ocorre redução na quantidade de glicogênio muscular, resultando em pH final elevado com conseqüente escurecimento da carne (GREGORY, 1998). O efeito do pH sobre a cor da carne é complexo. Um dos efeitos dessa relação se deve ao fato de que todas as reações associadas aos pigmentos heme são pH dependentes. Além disso, o pH do músculo afeta a natureza da ligação de água das proteínas, e por isso atinge diretamente a estrutura física da carne e suas propriedades de reflexão da luz (BRISKEY, 1964).

O rápido declínio do pH *post mortem*, enquanto a temperatura da carcaça ainda está elevada, pode resultar numa extensiva desnaturação protéica do músculo sarcoplásmico, que afeta a cor e a CRA da carne, indicando características de carne PSE (WARRIS; BROWN, 1987). Porém, se o pH da carne estiver alto (>6,0), no estabelecimento do *rigor*, como resultado da depleção do glicogênio antes do abate, causado pelo estresse pré-abate, inanição, exercício ou tratamento com remédios, a carne se torna DFD. O conteúdo de fluido exsudado de músculos não congelados com pH 6,4 é aproximadamente 1/3 daquele com pH 5,2 (OFFER; KNIGHT, 1988).

A rápida redução do pH no músculo, antes que o calor corporal tenha se dissipado leva à desnaturação das proteínas musculares, resultando em elevadas perdas de água por gotejamento. Entretanto, se a velocidade de instalação do *rigor* é lenta e a extensão da glicólise é baixa, o pH se mantém elevado e a carne pode apresentar elevada CRA (HONIKEL; HAMM, 1994).

O pH apresenta fundamental importância no processo de transformação do músculo em carne, sendo que, sobre as características sensoriais influi não somente o pH final, mas também a velocidade de queda do mesmo (LAWRIE, 2005). Além disso, quando o pH de um músculo não declina a um nível inferior a 6,0, torna-se um ambiente ideal para o crescimento e acúmulo de esporos e microrganismos e por isso, a vida de prateleira é reduzida (DEGENHART, 1988; JUDGE; ALBERLE; FORREST, 1989).

Quando o pH atinge valor menor do que 5,7, enquanto a temperatura do músculo ainda está alta (próxima aos 35°C), têm-se a indicação de carne potencialmente PSE. Todavia, se o pH diminuir pouco, depois de decorridas as primeiras horas de abate, têm-se indicação de carne DFD, essa anomalia é comum quando ocorre estresse do animal ou exercício muscular prolongado no período pré-abate (APPLE et al., 1995).

O pH da carne é dependente da quantidade de glicogênio presente no músculo (NGOKA et al., 1982). Quando o pH da carne está acima do ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares, as moléculas de água estão fortemente ligadas, fazendo com que a luz seja absorvida pelo músculo, resultando portanto, em uma coloração mais escura (KAUFFMAN; MARSH, 1987; CORNFORTH, 1994).

A excitação antes do abate reduz o glicogênio muscular e menor quantidade de ácido láctico se acumula durante a glicólise *post mortem*, resultando, portanto, em pH mais elevado da carne (WOOD; RICHARDS, 1975). Carnes que possuem características como coloração escura e pH elevado podem representar prejuízo para a indústria, especialmente por apresentar maior susceptibilidade a alterações microbiológicas (DEGENHART, 1988; JUDGE; ALBERLE; FORREST, 1989).

O baixo pH atingido nos primeiros estágios da instalação do *rigor mortis*, quando a temperatura do músculo ainda está elevada, pode levar à desnaturação protéica, responsável por prejudicar as propriedades funcionais inerentes da carne como a capacidade de retenção de água, além de provocar o aspecto desagradável da coloração pálida (BARBUT, 1993; ALLEN et al., 1998; SAMS, 1999). A taxa de queda do pH inicial é mais dependente da atividade de enzimas glicolíticas que atuam logo que o animal é abatido, enquanto que o pH final é determinado, principalmente, pela reservas iniciais de glicogênio no músculo, no momento do abate (BENDALL, 1973).

Estresse aplicado em porcos imediatamente antes do abate pode afetar as características iniciais da carne, tais como pH, temperatura e *rigor mortis*, e também reduz a capacidade de reter água às 24 horas pós morte (VAN DER WAL; ENGEL; REIMERT, 1999). O declínio do pH está relacionado com a produção de lactato, ou mais especificamente, com a capacidade do músculo produzir energia na forma de ATP (WARRISS; BEVIS; EKINS, 1989). O processo de conversão do músculo em carne é complexo e envolve uma série de alterações no metabolismo celular bem como na estrutura protéica, que se caracterizam pelo esgotamento das reservas de ATP, diminuição do pH ou acidificação, queda da temperatura da musculatura, aumento da concentração de íons cálcio no citosol, *rigor mortis*, entre outros (JUDGE; ALBERLE; FORREST, 1989).

As enzimas responsáveis pela glicólise são progressivamente desnaturadas à medida que o valor de pH diminui até atingir valores entre 5,5 e 5,8, muito próximo do ponto isoelétrico da maior parte das proteínas da carne. Em condições normais após o abate, o que resta de glicogênio dentro do músculo e se o retículo sarcoplasmático funciona corretamente, a diminuição do pH se faz lentamente até atingir o valor final. Mas se alguma causa perturba a atividade do retículo sarcoplasmático, reduzindo sua

aptidão em regular a taxa de Ca^{++} , a velocidade de glicólise sofre uma aceleração e o pH diminui rapidamente (RÜBENSAM, 2000).

A súbita elevação de íons Ca^{++} no sarcoplasma aumenta a velocidade de utilização do ATP muscular e da glicogenólise e com isso, a velocidade de declínio do pH é acelerada. A combinação pH baixo – musculatura quente provoca a desnaturação das proteínas, especialmente das miofibrilares, responsáveis pela retenção de água na Carne (RÜBENSAM, 2000).

Os principais músculos do lombo e do pernil, respectivamente, longo dorsal (*Longissimus dorsi*) e o semimembranoso (*Semimembranosus*) são os músculos de eleição para a avaliação da qualidade da carne suína, através das medidas de pH inicial e/ou refletância por serem acessíveis em carcaças intactas. Os valores de pH destes músculos, medido no mesmo momento, se correlacionam entre si indicando que o padrão de declínio do pH num músculo é semelhante ao que está acontecendo no outro músculo (RÜBENSAM, 2000).

O pH final da carne suína, em geral, apresenta coeficientes de correlação muito altos com a cor ($r=0,68$ a $r=0,58$), avaliada no mesmo momento (20 a 24h *post mortem*) enquanto sua relação com a capacidade de retenção de água não é muito consistente ($r=0,3$) uma vez que o pH final sofre pouca variação em relação ao pH inicial. Durante todo o período *ante mortem*, os suínos estão submetidos a vários tipos de estresse que se refletem em uma desqualificação da carne, matéria prima desqualificada pelo pH, coloração e textura incompatíveis com a qualidade do produto cárneo (RÜBENSAM, 2000).

Sob condições de estresse frequentemente o suíno apresenta hipertermia e desta forma uma queda rápida do pH gera uma desnaturação das proteínas dos músculos provocando a aparição de carne PSE (pálida, mole e exudativa). Estas carnes PSE até podem apresentar um pH final, medido 24 horas após o abate, próximo do valor padrão da carne (CHEVILLON, 2000).

Um dos aspectos mais marcantes da transformação do músculo em carne é a queda do pH, inclusive, a ponto de determinar a futura qualidade da carne. A taxa de resfriamento influencia na qualidade da carne suína já que ela depende do efeito pH/temperatura do músculo (PRÄNDL et al., 1994). Dessa maneira, a velocidade de

acidificação e o valor do pH final da carne devem ser monitorados direta e indiretamente, durante e após o abate, para assim se evitar problemas na coloração e na capacidade de retenção de água (carnes com problemas de PSE e DFD), na maciez da carne (problemas de encurtamento, provocado pelo abaixamento rápido da temperatura dos músculos antes de atingir o *rigor mortis*) (ASHMORE et al., 1973), e no rendimento industrial em produtos cárneos (presunto e embutidos) (DALLA COSTA; LUDKE; PARANHOS DA COSTA, 2005).

2.5.1 Carne PSE

Carnes pálidas, moles e exsudativas (PSE) em suínos foram descritas na Europa no século XIX. Estas carnes abrangem diferentes tipos de defeitos, sendo que o traço comum é que todas resultam em palidez e perda de água por gotejamento.

A carne PSE pode acontecer quando os animais (de maior ocorrência em suínos) são submetidos a um estresse intenso, ocorrendo uma rápida redução do pH da carne (devido ao rápido consumo de glicogênio) associado a problemas de dissipação de calor. Como resultado, a carne se apresenta pálida (devido à desnaturação das proteínas musculares), extremamente mole e exsudativa (baixa capacidade de retenção de água – CRA) (HEDRICK; ABERLE; FORREST, 1994). Embora esta seja a explicação mais comum para a ocorrência de carne PSE, os mecanismos subjacentes à ocorrência deste tipo de carne não são totalmente compreendidos (WARRIS; BROWN, 2000).

O intenso trabalho muscular e a insensibilização incorreta e prolongada são fatores predisponentes à ocorrência de carne PSE. Em músculo submetido a intenso trabalho, o pH intracelular pode ser reduzido para valores inferiores a 6,7, enquanto a temperatura é aumentada acima do valor normal de descanso (cerca de 38°C no músculo *Longissimus* suíno). Durante o abate, a temperatura muscular é ainda maior devido ao atordoamento elétrico (às vezes aumento de mais de 1,5°C no *Longissimus*), em especial quando o atordoamento é defeituoso e prolongado, uma vez que suscita fortes e prolongadas contrações musculares (MURRAY, 2000).

Portanto, os fatores envolvidos na ocorrência da carne tipo PSE são: a) predisposição genética (PSS - síndrome do estresse suíno); b) elevado metabolismo ou

susceptibilidade ao estresse; c) estresse pré-abate; d) combinações destes fatores (NORMAN, 1978).

2.5.2 Carne DFD

Carcaças escuras, de carne com cor vermelha púrpura são encontradas em todas as espécies. Os cortes de carne são firmes e secos, de modo a ser designada em inglês de “dark, firm and dry” (DFD). Cor escura e baixa perda de água por gotejamento estão relacionados com o elevado valor de pH final (PARDI et al., 2001).

Em trabalho sobre a aceitação da carne DFD pelos consumidores, foi observado que para as qualidades sensoriais de aparência geral, cor e aceitabilidade, ocorreu preferência pela carne de pH normal em detrimento de cortes com problema de DFD, quando esta carne era apresentada *in natura* (crua), do que aquela com problemas, e não foram detectadas diferenças quando se fez a comparação envolvendo carnes assadas (VILJOEN; DE KOCK; WEBB, 2002). Todavia, quando forçados a escolher, consumidores preferiram carnes assadas que possuíam pH normal, possivelmente devido ao seu melhor sabor e sua coloração mais aceitável.

2.6 Reatividade dos Animais

A reatividade dos animais ao homem e a situações novas pode influenciar manejo, produção e qualidade do produto de origem animal. Recentemente, a percepção de diferenças significativas na qualidade de carne provenientes do manejo dos animais, especialmente no pré-abate, tem direcionado atenção para impacto da reatividade do animal na qualidade final da carne. O estudo do comportamento dos indivíduos frente a novos desafios em seu ambiente pode ser uma abordagem para identificar maneiras de verificar pontos críticos de controle das condições de estresse no pré-abate e, conseqüentemente, reduzir problemas com o bem-estar animal, assim como efeitos deletérios na carne produzida. O comportamento pode ser incluído como um dos fatores que interferem em qualidade de carne, entretanto são necessárias diferenças de temperamento individuais significativas para que possam ser melhor identificadas (SILVEIRA, 2005).

Em trabalho de teste de comportamento de suínos das raças Large White (LW) e Duroc (D), fêmeas LW foram consideradas mais reativas e machos castrados D menos reativos, sendo que estes animais apresentaram valores de luminosidade mais altos (carne mais clara). Portanto, problema semelhante na carne de animais com reatividades diferenciadas evidencia a possibilidade de interação manejo (ambiente) e predisposições biológicas características de cada indivíduo (STELLA, 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Animais

Foram utilizados 48 animais em fase de terminação. Os animais foram previamente classificados de acordo com o grau de reatividade em teste de comportamento no labirinto em Y, formando dois grupos de animais com reatividade divergente (24 animais mais reativos e 24 menos reativos) de acordo com Silva (2009).

O transporte dos animais envolvendo embarque, transporte, desembarque, descanso e insensibilização, foi padronizado para não haver uso de métodos agressivos, e a equipe de embarque e desembarque dos animais foi do grupo de trabalho do Laboratório de Anatomia e Fisiologia Animal (LAFA). Os animais foram transportados em dois lotes iguais (com mesmo número de animais agrupados por condição sexual e reatividade) em caminhão apropriado por uma distância de 50 km, do galpão de terminação para o abatedouro, por um período aproximado de 2 horas.

No desembarque, os animais dos dois lotes foram divididos em baias de descanso diferentes. No primeiro lote, duas baias foram utilizadas para separação dos animais por tipo de manejo, sendo que nessa divisão também foi levado em conta o grau de reatividade, de forma que os tipos de manejo possuíssem a mesma quantidade de animais de cada grupo de reatividade. No segundo lote, os animais dos dois manejos foram mantidos na mesma baia.

O período de descanso no abatedouro foi de 3 horas, sendo que a movimentação dos animais com as conduções diferenciadas foi realizada nos últimos 30 minutos deste período. A adoção deste sistema visou facilitar o controle mais eficaz das diferenças na condução do animal que foi executada por pessoal treinado do LAFA no abatedouro, eliminando a necessidade de interferir no transporte. Seria necessário treinar o responsável pela condução do caminhão caso optássemos por envolver todo o processo de transporte como forma de tratamento. A única restrição neste quesito foi um transporte por um período curto (não superior a 2 horas).

3.2 Tratamentos

Dois tipos de manejo pré-abate foram utilizados:

- **Condução Tranquila:** Animais conduzidos calmamente, com tom gentil da voz do condutor, utilizando-se apenas de auxílio de prancha de madeira para a movimentação dos animais (com ausência de métodos agressivos, exceto no corredor para o box de insensibilização, onde foi aplicado 1 choque elétrico em cada indivíduo).
- **Condução Estressante:** Animais conduzidos de forma “agressiva”, caracterizada por situação comum em abatedouros com presença de alto tom da voz do condutor (gritos e assovios) na aproximação para movimentação dos animais utilizando-se bastão de choque elétrico de 85 cm de comprimento (Walmur PT 85); total de 5 choques elétricos em cada animal (tempo de repetição entre 5 a 8 minutos), sendo 2 destes realizados nos 5 minutos finais; no momento da condução no corredor para o box de insensibilização foi aplicado 1 choque elétrico adicional em cada indivíduo.

Os tratamentos foram os seguintes:

- T1: Animais muito reativos + condução tranquila;
- T2: Animais muito reativos + condução “estressante”;
- T3: Animais pouco reativos + condução tranquila;
- T4: Animais pouco reativos + condução “estressante”.

Os animais foram insensibilizados com choque elétrico. As avaliações das características fisiológicas e de qualidade foram realizadas utilizando-se os 48 animais.

3.3 Avaliação das Características de Qualidade

3.3.1 Avaliação de pH

Os dados de pH da carcaça foram tomados nos tempos 3 e 24 horas após o abate para acompanhamento da instalação do processo de *rigor mortis*. Essas medidas foram tomadas no músculo *Longissimus dorsi*, do lado esquerdo da carcaça, utilizando-se de um medidor de pH portátil modelo Sentron com sonda LanceFET.

3.3.2 Índice de fragmentação miofibrilar (MFI)

Para a determinação de MFI foram necessários 4g de tecido muscular de cada animal, homogeneizados em tampão (100mM KCl; 20mM KH₂PO₄; 20mM K₂HPO₄; 1mM MgCl₂; 1mM EDTA) nos liquidificadores de alta rotação do tipo "Waring". Sendo feita a leitura do MFI em espectrofotômetro Coleman 295 a 540 nm (CULLER et al., 1978).

3.3.3 Verificação de maciez instrumental (força de cisalhamento) e perdas por cozimento

As amostras de carne foram submetidas ao cozimento em chapa elétrica (marca Edanca) com aquecimento nas duas faces, até atingirem a temperatura interna de 70°C, segundo padrão de cozimento em chapa recomendada (AMSA, 1995).

Os bifes foram pesados antes e depois do cozimento para a determinação da porcentagem de perdas por cozimento.

Após o cozimento foram resfriadas à temperatura ambiente e posteriormente refrigeradas à 4°C por 24 horas (AMSA, 1995). De cada bife foram removidas aproximadamente 8 amostras cilíndricas medindo 1,27 cm diâmetro por 2,54 cm de comprimento, extraídas paralelamente ao longo do eixo das fibras musculares (AMSA, 1995), por um elemento vasado acoplado a uma furadeira presa a um suporte em posição vertical.

O cisalhamento foi feito perpendicularmente a orientação longitudinal das fibras musculares. Cada amostra foi cisalhada por completo em seu centro geométrico por um texturômetro Warner-Bratzler Shear Mecmesin.

3.3.4 Coloração

A cor do músculo (Sistema CIE L*a*b) foi determinada com um colorímetro (Minolta Chroma Meter). As análises foram feitas no músculo *Longissimus dorsi* (LD) 24 horas após abate. Para cada amostra do músculo LD foram realizadas 3 leituras em pontos distintos no sentido lateral na faixa central do eixo dorso-ventral dentro do mesmo corte transversal do músculo. O valor médio desses resultados foi utilizado na análise estatística.

3.3.5 Perdas por gotejamento (PPG)

A análise de PPG foi realizada de maneira que amostras pesando aproximadamente 100 g foram envoltas em embalagens plásticas reticuladas e suspensas no interior de bolsas plásticas (HONIKEL; HAMM, 1994; DIRINCK et al., 1996; VAN LAACK et al., 2000). O conjunto foi mantido em câmara fria à temperatura de 2 ± 1 °C, de modo que o exsudado não permaneceu em contato com a carne. Após 72 horas procedeu-se à retirada das amostras e antes da pesagem removeu-se a umidade superficial com o auxílio de papel absorvente. O resultado foi expresso em porcentagem, como a perda de peso em mg.g^{-1} do peso original.

3.4 Análise Estatística

Análise Completa: Foram utilizados 48 animais com graus de reatividade divergentes distribuídos em dois tipos de conduções pré-abate, sendo também distribuídos equitativamente entre os sexos. O delineamento experimental usado foi o inteiramente ao acaso com um arranjo fatorial 2 (tipos de manejo pré-abate) x 2 (graus de reatividade) x 2 (sexos). As variáveis dependentes pH, MFI, Força de Cisalhamento e Perda por Cozimento foram obtidas através de medidas repetidas no tempo; para as análises de Coloração e Perda por Gotejamento foi utilizado o teste T-student para comparar as diferenças entre médias. Os valores são expressos pela média \pm erro padrão. As análises foram realizadas utilizando o procedimento Mixed do pacote estatístico SAS.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Avaliação de pH

Os valores de pH (Figura 2) e temperatura do músculo *Longissimus* na carcaça não apresentaram variação ($P < 0,05$) decorrente de diferenças no sexo, reatividade ou manejo pré-abate dos animais. Houve apenas uma queda de pH e temperatura do músculo entre 3 e 24 horas pós-abate nas carcaças estocadas em câmara fria à 4°C. Os valores médios de pH e temperatura verificados nas carcaças foram $6,24 \pm 0,11$ e $28,3^\circ\text{C} \pm 0,40$, e $5,80 \pm 0,16$ e $11,6^\circ\text{C} \pm 0,21$ para medidas às 3 e 24 horas *post mortem*, respectivamente.

A ausência aparente de efeito de reatividade ou manejo no pH da carne pode ser resultado do efeito do jejum sobre o músculo *Longissimus*, relacionado com postura e portanto sujeito a utilização de reservas de glicogênio antes do manejo pré-abate. O jejum prolongado (48h antes do abate) resulta em pH diferenciado do músculo *Longissimus dorsi*, mesmo quando o potencial glicolítico, glicogênio/glucose/glucose-6-fosfato, lactato, pH do músculo *Semimembranosus* não sofre qualquer alteração (LEHESKA; WULF; MADDOCK, 2003).

Todavia, no experimento o jejum pode ter sido relativamente curto para influenciar a produção de ácido láctico e o pH, ao considerarmos que tais variáveis não são influenciados por até 36 horas de privação de alimento (BERTOL, 2004). Por outro lado, aquele autor relata reduzida temperatura corporal em suínos em jejum pelo mesmo período, submetidos a manejo de alta ou baixa intensidade, e sugere que nestas condições pode ocorrer redução do metabolismo basal do animal e da temperatura da carcaça resultando em desaceleração do metabolismo anaeróbico *post mortem* e em menor incidência de PSE, condição que associa elevada temperatura e baixo pH do músculo. Esta condição de redução de metabolismo e temperatura corporal associada ao tempo de descanso podem ter favorecido uma queda normal do pH. O jejum (prolongado) pode influenciar os valores de pH da carne, embora alguns autores não tenham observado tal efeito. A queda do metabolismo basal e temperatura corporal devido ao jejum pode causar uma redução na incidência de PSE, que implica em queda rápida de pH com temperatura da carcaça ainda 'alta'.

O período de jejum dos suínos na granja pode influenciar significativamente a qualidade da carne, alterando de forma negativa o pH, a perda de água do músculo e a sua cor (qualidade da carne). Suínos que foram submetidos a longos períodos de jejum (mais do que 24 horas) durante o manejo pré-abate geralmente apresentaram maiores valores de pH em relação aos suínos que não foram submetidos ao jejum, ou a pequenos períodos de jejum (com menos de 12 horas de duração). Dessa forma vários pesquisadores (WARRISS; BROWN, 1987; EIKELENBOON; BOLINK; SYSBENA, 1991; MURRAY; JONES, 1994; WITTMANN et al., 1994; BIDNER, 1999; BEATTIE et al., 2002) observaram que suínos submetidos a longos períodos de jejum (mais do que 24 horas) apresentaram valores de pH significativamente maiores em relação aos suínos que não foram submetidos a jejum ou, que ficaram por pequenos períodos de jejum antes do abate.

Estudos realizados por diferentes equipes de pesquisadores (WARRISS; BROWN, 1987; EIKELENBOON; BOLINK; SYSBENA, 1991) demonstraram um efeito significativo do tempo de jejum dos suínos na granja sobre pH dos músculos dos suínos. Entretanto também existem relatos de pesquisadores (EIKELENBOON; BOLINK; SYSBENA, 1991; MURRAY; JONES, 1994; SMET et al., 1996; e MURRAY et al.; 2001) que descrevem a ausência de efeito do jejum dos suínos sobre o pH. Todavia (EIKELENBOON; BOLINK; SYSBENA, 1991; MURRAY et al., 2001; LEHESKA; WULF; MADDOCK, 2003) não encontraram efeito significativo do jejum dos suínos no período pré-abate sobre o pH. O tempo de jejum dos suínos tem um maior efeito sobre o pH da carne, pois é influenciado diretamente pela reserva de glicogênio presente nos músculos dos suínos.

A**B**

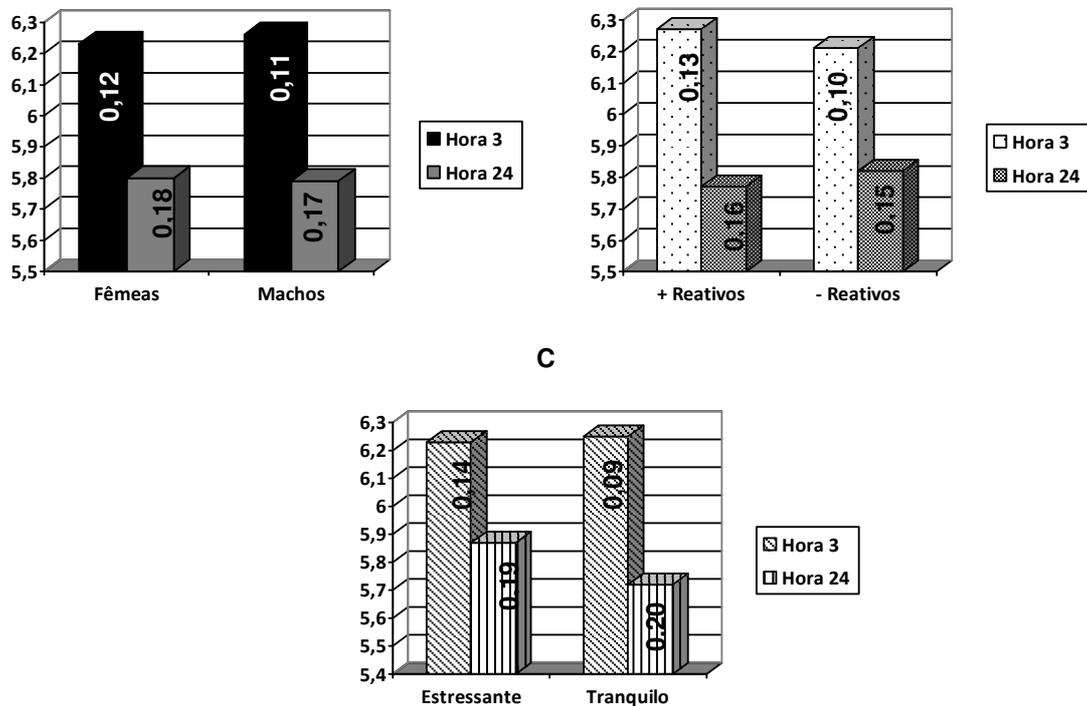


Figura 2 - Valores médios de pH do músculo *Longissimus* de animais de diferentes sexos (A), reatividades (B) e manejos (C). *Valores no interior das barras correspondem aos seus respectivos erros padrões

Em ensaio realizado de maneira conjunta, a concentração de lactato plasmático não foi alterada ($P > 0,05$) por sexo, reatividade ou manejo pré-abate. Para o efeito sexo, a média de lactato foi de 4,16 mmol/L nas fêmeas e 3,75 mmol/l nos machos; para reatividade foram observados valores de 3,91 mmol/l nos animais muito reativos e 4,00 mmol/l nos animais pouco reativos; e no manejo os animais estressados apresentaram 4,17 mmol/l e os animais tranquilos 3,74 mmol/l. Uma possível justificativa para este resultado é que a intensidade do choque e a movimentação não foram suficientes para elevar a concentração acima daquela observada em animais com manejo tranquilo (SILVA, 2009).

4.2 Índice de Fragmentação Miofibrilar (MFI)

Foi observado um aumento ($P < 0,05$) no MFI com o tempo de maturação em condições refrigeradas (Figura 4). A fragilização natural progressiva da estrutura miofibrilar durante o período de conservação da carne em condições refrigeradas está

refletida nos índices médios de $29,5 \pm 0,91$, $50,3 \pm 0,91$ e $70,3 \pm 0,91$ para os dias 1, 4 e 6 pós-abate, respectivamente. Não foram observados efeitos de sexo, reatividade animal e manejo pré-abate.

Em trabalho sobre qualidade da carne, a ractopamina influenciou os valores do índice de fragmentação miofibrilar. Nas primeiras 24 horas pós-abate o MFI foi maior para a raça Duroc em relação à raça Large White, enquanto a dose de 20 ppm de ractopamina apresentou o menor índice. As diferenças dentro de raças e doses perduraram com o passar dos dias de maturação, como exceção do dia 3 onde não houve diferença do MFI entre as raças (LEONARDO, 2008).

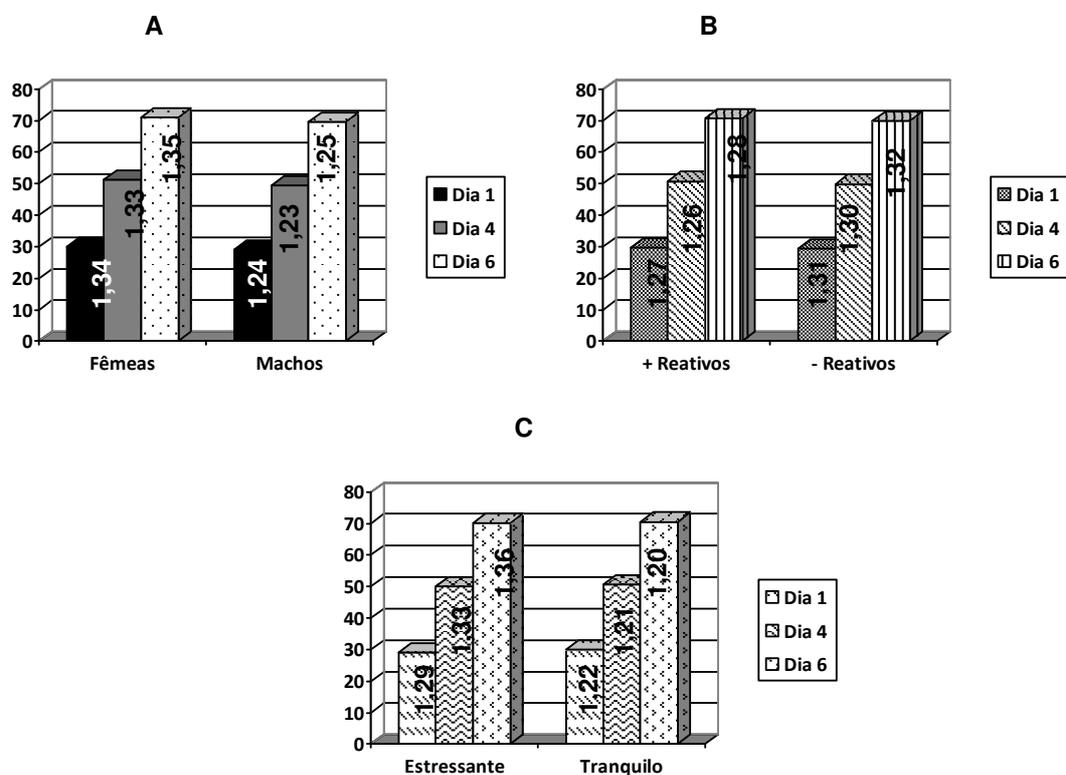


Figura 3 - Valores médios de MFI para diferentes sexos (A), reatividades (B) e manejos (C). *Valores no interior das barras correspondem aos seus respectivos erros padrões

Uma injeção de epinefrina aplicada 3 ou 24 horas antes do abate causou uma redução nos valores de MFI no *Longissimus* e *Semimembranosus* (WARNER et al. citados por FERGUSON; WARNER, 2008).

4.3 Verificação de Maciez Instrumental (Força de Cisalhamento) e Perdas por Cozimento

Para força de cisalhamento ocorreu diferenças estatísticas para manejo e dia, não acontecendo o mesmo para os outros efeitos, o manejo apresentou valores médios de 3,86kgf±0,16 no estressante e 3,46kgf±0,15 no tranquilo, e nos dias 1, 4 e 6 foram apresentados os valores médios de 4,11kgf±0,14, 3,62kgf±0,13 e 3,26kgf±0,09, respectivamente (Figura 5). Estando de acordo com a hipótese de que o manejo estressante interfere na maciez da carne de forma negativa, e também que a maciez aumenta conforme o tempo de maturação da carne. O eixo simpático adreno medular libera epinefrina que pode atuar regulando a expressão e atividade da calpastatina e portanto prejudicando o processo proteolítico de amaciamento da carne. Em estudo realizado, no dia 1 pós-abate a força foi mais elevada para animais Large White do que da raça Duroc, e embora tenha ocorrido queda da força de cisalhamento com o tempo pós-abate, a diferença entre as raças se manteve no dia 5 pós-abate (LEONARDO, 2008).

Uma injeção de epinefrina, a 3 ou 24 h antes do abate causou na força de cisalhamento valores maiores para o grupo que recebeu epinefrina 24h antes do abate no *Longissimus* e *Semimembranosus*, porém este trabalho não foi publicado (WARNER et al. citados por FERGUSON; WARNER, 2008).

Animais que sofrem estresse pré-abate (movimentação e reagrupamento na noite anterior ao abate) podem apresentar maior FC (LAHUCKY et al., 1999). Todavia, aqueles autores verificaram redução na concentração de glicogênio muscular e maior pH final para os animais estressados, o que não corrobora com os dados obtidos neste experimento.

Nas perdas por cozimento houve efeito ($P < 0,05$) para sexo, reatividade do animal e dia pós-abate, sendo que o manejo pré-abate não influenciou nos resultados (Figura 6). Foram encontrados os valores médios de PPC de 20,8%±0,74 para carne de fêmeas e 22,6%±0,68 para machos, enquanto animais muito reativos apresentaram menor PPC de 20,3%±0,70 em relação aos 23,1%±0,72 encontrados nos pouco reativos. As perdas diminuíram no sexto dia pós-abate, sendo da ordem de 22,7%±0,64, 22,4%±0,67 e 20,0%±0,53, para os dias 1, 4 e 6 pós-abate,

respectivamente. Animais que sofreram estresse antes do abate também apresentaram diferenças no valor de perdas por cozimento (LAHUCKY et al., 1999).

A literatura revela não haver diferenças entre sexos para perda por cozimento (STOLLER et al., 2003; UTTARO et al., 1993; SMITH et al., 1995) e entre doses (SMITH et al., 1995; CARR et al., 2005 ; STOLLER et al., 2003). Mudanças na perda por cozimento devido ao fornecimento de ractopamina não parece estar ligada a possíveis mudanças no comportamento ditadas por este agonista beta adrenérgico (STELLA, 2007).

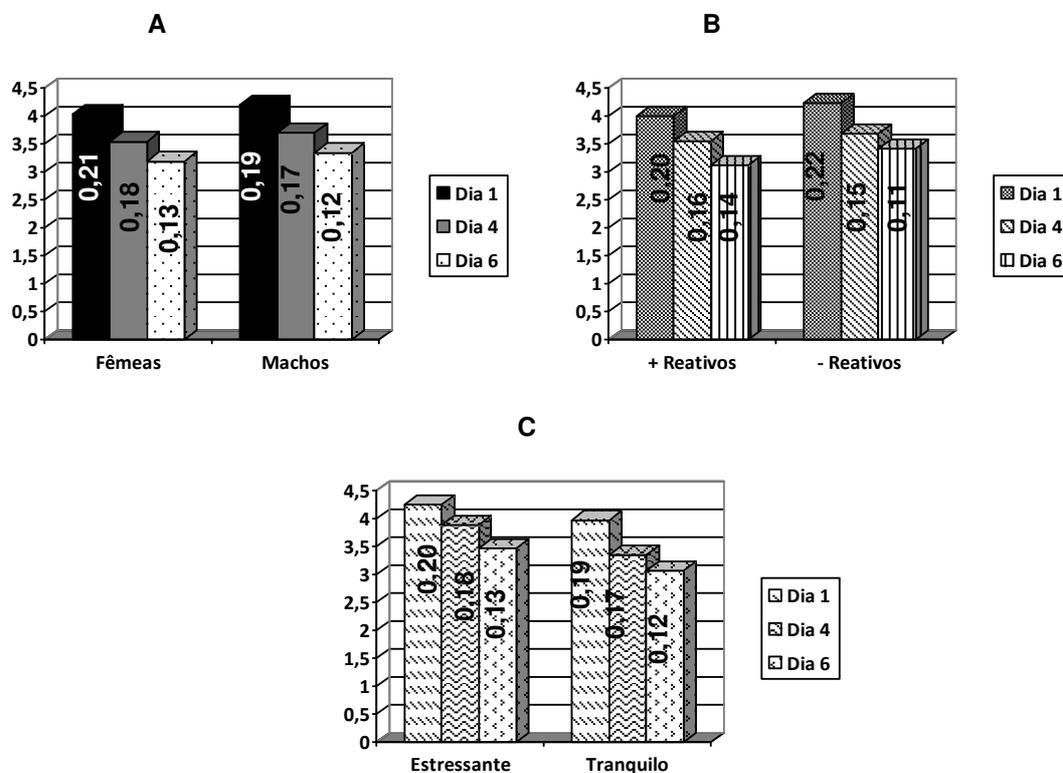


Figura 4 - Valores médios de força de cisalhamento para diferentes sexos (A), reatividades (B) e manejos (C). *Valores no interior das barras correspondem aos seus respectivos erros padrões

A

B

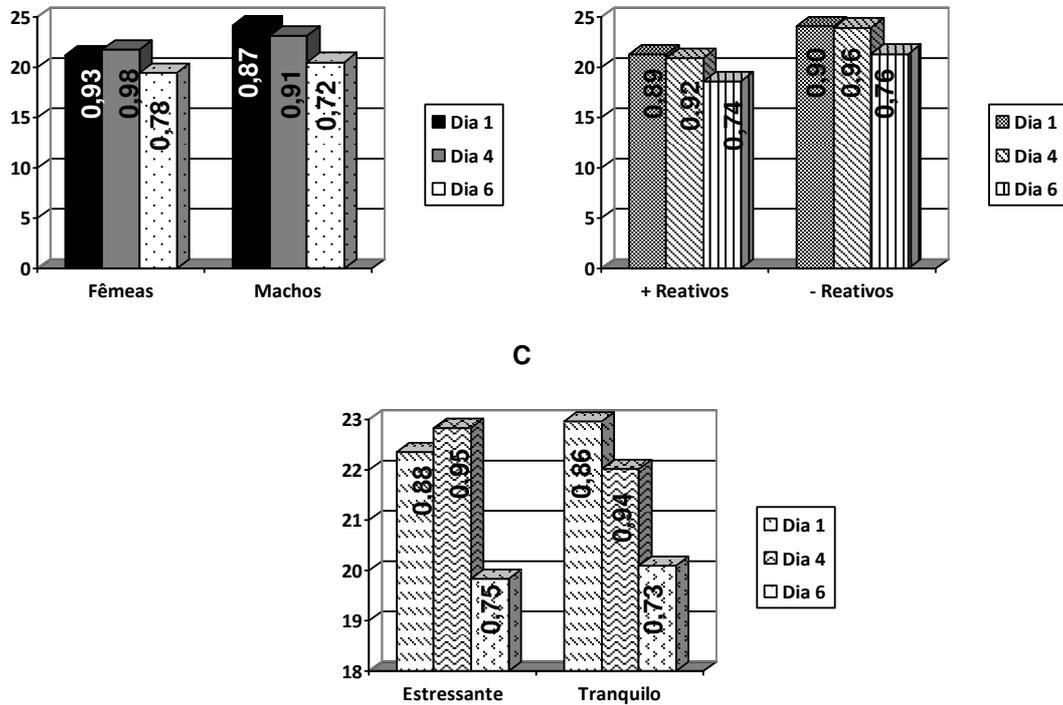


Figura 5 - Valores médios de perda por cozimento para diferentes sexos (A), reatividades (B) e manejos (C). *Valores no interior das barras correspondem aos seus respectivos erros padrões

4.4 Coloração

Os cenários de comportamento não podem explicar todas as variações em cor da carne para as diferentes raças, pois outros fatores como o tipo de fibra muscular são importantes (STELLA, 2007).

Os valores de coloração não apresentaram variação ($P > 0,05$) decorrente de diferenças no sexo, reatividade do animal ou manejo pré-abate (Figuras 7, 8 e 9). Foram observados valores médios de $56,96 \pm 1,14$ para L^* , $8,49 \pm 0,34$ para a^* e $4,88 \pm 0,36$ para b^* .

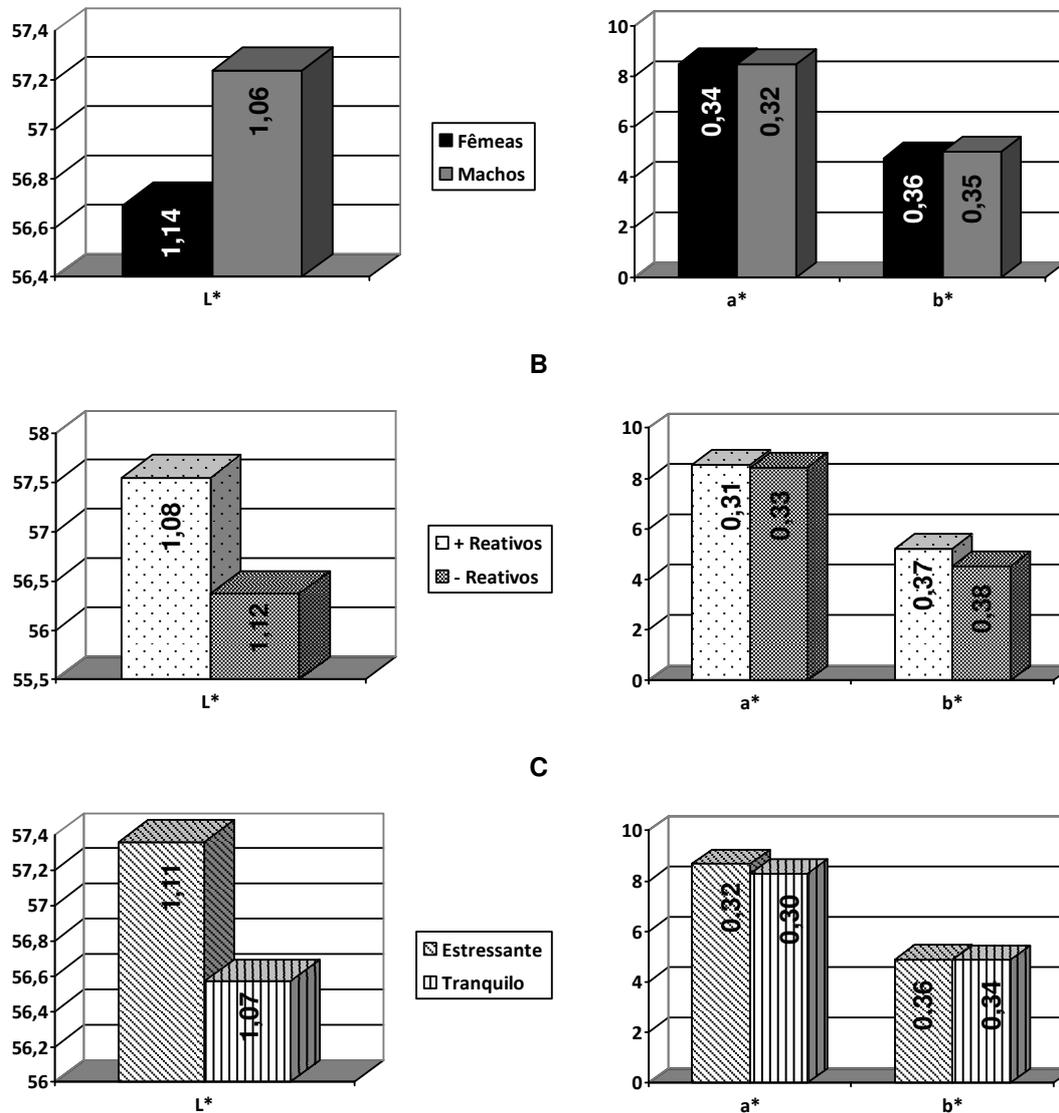


Figura 6 - Valores médios de L*, a* e b* para diferentes sexos (A), reatividades (B) e manejos (C)
*Valores no interior das barras correspondem aos seus respectivos erros padrões

Ao contrário de outros estudos (VAN DER WAL; ENGEL; REIMERT, 1999; HAMBRECHT et al. 2004), mas de acordo com alguns autores (D'SOUZA et al., 1998; CHANNON; PAYNE; WARNER, 2000), a cor da carne parece não ser afetada pelo nível de estresse. Com exceção da diminuição nos valores de b*, a cor da carne de suínos não foi afetada pelo estresse elevado (HAMBRECHT et al., 2005). De fato, tanto o estresse pré-abate como o potencial glicolítico explicam uma grande parte da variação da cor na carne de suínos.

4.5 Perdas por Gotejamento

Em trabalho realizado sobre comportamento suíno, interações com ractopamina e suas possíveis implicações na qualidade da carne, não foram encontradas diferenças para a análise de perda por gotejamento (STELLA, 2007)

Esta variável foi influenciada pelo sexo ($P < 0,05$) e apresentou alterações decorrentes da interação entre reatividade do animal e manejo pré-abate ($P < 0,05$) (Figura 10). As fêmeas apresentaram uma PPG de $9,35\% \pm 0,31$, que superou ($P < 0,05$) os $8,35\% \pm 0,29$ verificados na carne proveniente de machos. Na interação reatividade*manejo, as menores perdas ($P < 0,05$) foram para carne dos animais de reatividade alta/estressados ($8,05\% \pm 0,42$) comparada à de animais de reatividade alta/tranquilos ($9,28\% \pm 0,41$) e de reatividade baixa/estressados ($9,33\% \pm 0,45$), sendo a carne de animais de reatividade baixa/tranquilos ($8,75\% \pm 0,43$) similar a todos os outros tipos.

Normalmente animais mais estressados ou recebendo manejos mais intensos são associados com obtenção de músculo com temperatura mais elevada imediatamente após abate, rápida queda do pH *post mortem*, bem como uma maior perda por gotejamento e uma maior incidência de carne PSE (D'SOUZA et al., 1998; PURSLOW et al., 2008). O manejo estressante pode redundar em aumento na condutividade elétrica, na umidade medida por papel filtro, e nas perdas por gotejamento da carne de suínos. Todavia, o efeito do estresse na PPG e outros atributos de qualidade dependem do potencial glicolítico que o animal apresenta durante o período pré-abate (HAMBRECHT et al., 2005).

Os dados obtidos sugerem uma interação entre reatividade do animal com manejo, possivelmente alterando o potencial glicolítico imediatamente pré-abate, de tal forma que animais reativos possam ter uma atividade mais constante do sistema nervoso simpático e portanto gasto do glicogênio previamente, por exemplo durante transporte e mesmo durante o período de descanso, de maneira a diminuir a possibilidade de queda rápida de pH imediatamente pós-abate e limitação da PPG. Animais muito reativos com manejo tranquilo e pouco reativos com manejo estressante podem apresentar uma reserva de glicogênio muscular que possivelmente permite uma

queda mais acentuada de pH e perdas mais elevadas de água, embora em níveis considerados normais. Os animais pouco reativos e com manejo tranquilo apresentam um comportamento intermediário.

A interação reatividade do animal com manejo pré-abate pode ser parte da explicação para resultados que relatam suínos manejados de maneira negativa na granja e/ou no matadouro, mesmo apresentando menor concentração de glicogênio no músculo *Longissimus* logo após o abate, não produziram carne com percentuais de perda por gotejamento, pH final e incidência de carne pálida, mole e exsudativa diferentes de suínos que sofreram manejo mínimo (D'SOUZA et al., 1998).

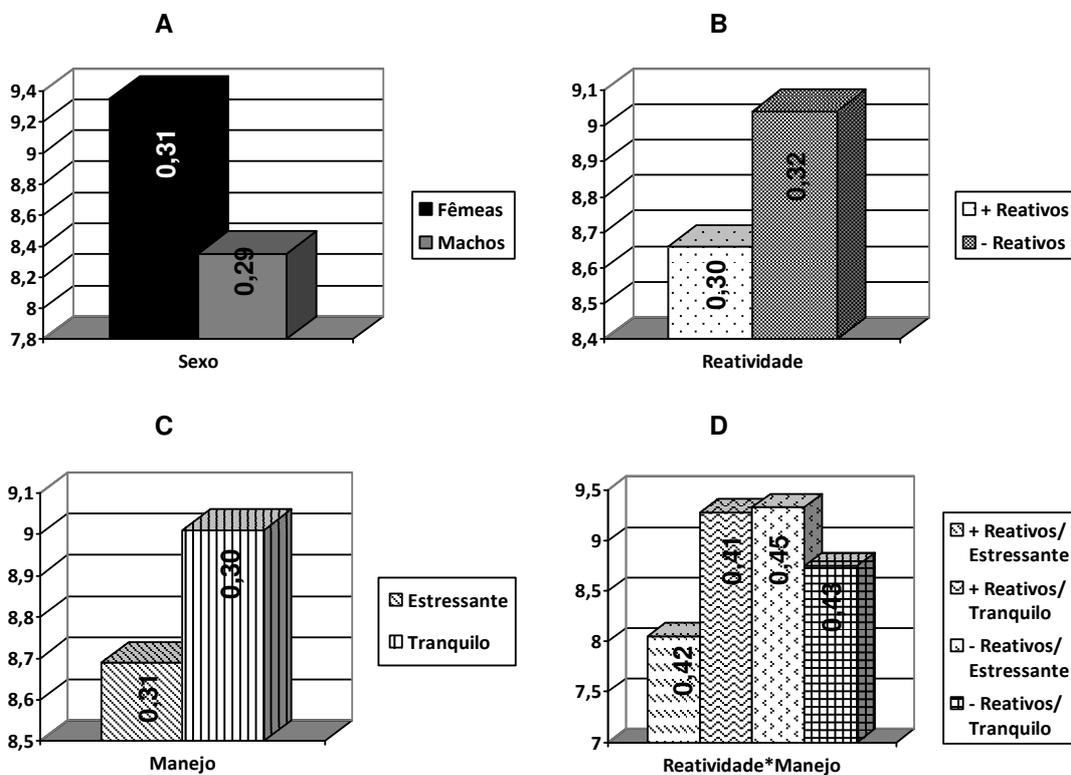


Figura 7 - Valores médios de perda por gotejamento para diferentes sexos (A), reatividades (B), manejos (C) e interação reatividade*manejo (D). *Valores no interior das barras correspondem aos seus respectivos erros padrões

5 CONCLUSÃO

Embora os valores de pH, índice de fragmentação miofibrilar e cor não tenham sido modificados pelos diferentes manejos ou reatividades, as diferenças observadas em força de cisalhamento, perda por cozimento e perda por gotejamento indicam que manejo, reatividade e a interação entre estes fatores podem influenciar de maneiras diversas os atributos de qualidade de carne.

REFERÊNCIAS

ALLEN, C.D.; FLETCHER, D.L.; NORTHCUTT, J.K.; RUSSELL, S.M. The relationship of broiler breast color to meat quality and shelf-life. **Poultry Science**, Champaign, v.77, n.2, p.361-366, 1998.

ALLISON, C.P.; BATES, R.O.; BOOREN, A.M.; JOHNSON, R.C.; DOUMIT, M.E. Pork quality variation is not explained by glycolic enzyme capacity. **Meat Science**, East Lansing, v.63, p.17-22, 2003.

AMSA- AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of fresh meat**. Chicago, 1995. 47p.

APPLE, J.K.; DIKEMAN, M.E.; MINTON, J.E.; McMURPHY, R.M.; FEDDE, M.R.; LEITH, D.E.; UNRUH, J.A. Effects of restraint and isolation stress and epidural blockade on endocrine and blood metabolite status, muscle glycogen metabolism, and incidence of dark-cutting longissimus muscle of sheep. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.73, p.2295–2307, 1995.

ASHMORE, C.R.; CAROLL, F.; DOERR, L.; TOMPKINS, G.; STOKES, H.; PARKER, W. Experimental prevention of dark-cutting meat. **Journal of Animal Science**, Davis, v.36, p.33, 1973.

BARBUT S. Colour measurements for evaluating the pale soft exudative (PSE) occurrence in turkey meat. **Food Research International**, Essex, v.26, p.39-42, 1993.

BARTON, B.A.; MORGAN, J.D.; VIJAYAN, M.M. Physiological and condition-related indicators of environmental stress in fish. In: ADAMS (Ed.). **Biological indicator of aquatic ecosystem stress**. Bethesda:Maryland, American Fisheries Society, 2002. p.289-320.

BEATTIE, V.E.; BURROWSA, M.S.; MOSSB, B. W.; WEATHERUPC, R.N. The effect of food deprivation prior to slaughter on performance, behaviour and meat quality. **Meat Science**, Kidlington, v. 62, p. 413-418, 2002.

BENDALL, J.R. *Post mortem* changes in muscle. In: **The structure and functions of muscle**. Academic Press. New York. v.11, 1973. 243p.

BENDALL JR.; SWATLAND, H.J. A review of the relationship of pH with physical aspects of pork quality. **Meat Science**, Barking, v.24, p.85-126, 1988.

BERTOL, T.M. **Estresse pré-abate: consequências para a sobrevivência e a qualidade da carne em suínos**. Nordeste Rural. 2004. Disponível em: <http://www.nordeste rural.com.br/nordeste rural/matler.asp?newsId=1780> . Acesso em: 01 out. 2009.

BERTOLONI, W.; SILVEIRA, E.T.F.; COSTA, M.R.; LUDTKE, C.B. Avaliação de diferentes híbridos suínos submetidos à insensibilização elétrica e gasosa (CO₂). **Revista Ciência e Tecnologia Alimentar**, Campinas (SP), v.26, p.555-563, jul.-set. 2006.

BIDNER, E.S. **The effects of RN genotype, feed withdrawal prior to slaughter, lysine-deficient diet, and sodium tripolyphosphate pumping on pork quality and sensory characteristics**. 1999. 91p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - University Ollinois, 1999.

BRISKEY, E.J. Etiological Status and Associated Studies of Pale, Soft, Exudative Porcine Musculature, **Advances in Food Research**, Madison, n.13, p.89-178, 1964.

BRUNDIGE, L.; OLEAS, T.; DOUMIT, M.; ZANELLA, A.J. Loading techniques and their effect on behaviour and physiological responses of market weight pigs. **Journal of Animal Science**, Bethesda, v.76, suppl.1, p.95-99, 1998.

CANNON, W. Organization for physiology homeostase. **Physiological Reviews**, Bethesda, v.9, p.399-431, 1929.

CARR, S.N.; IVERS, D.J.; ANDERSON, D.B.; JONES, D.J.; MOWREY, D.H.; ENGLAND, M.B.; KILLEFER, J.; RINCKER, P.J.; McKEITH, F.K. The effects of ractopamine hydrochloride on lean carcass yields and pork quality characteristics. **Journal of Animal Science**, London, v.83, p.2886-2893, 2005.

CHANNON, H.A.; PAYNE, A.M.; WARNER, R.D. Halothane genotype, pre-slaughter handling and stunning method all influence pork quality. **Meat Science**, London, v.56, p.291-299, 2000.

CHEVILLON, P. O bem-estar dos suínos durante o pré-abate e no atordoamento. In: CONFERÊNCIA VIRTUAL INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 2000. Disponível em: <http://www.cnpsa.embrapa.br/pork> . **Anais...** CNPSA/ EMBRAPA, 2000. 1CD-ROM. Acesso em: 01 out. 2009.

CORNFORTH, D. Color – its basis and importance. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. Ed. **Advances in meat research: Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products**. New York: AVI Book, 1994. 1v.

CULLER R.D.; PARRISH, F.C.; SMITH, G.C.; CROSS, H.R. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine *longissimus* muscle. **Journal of Food Science**, Chicago, v.43, p.1177-1180, 1978.

D'SOUZA, D.N.; DUNSHEA, F.R.; WARNER, R.D.; LEURY, B.J. The effect of handling pre-slaughter and carcass processing rate post-slaughter on pork quality. **Meat Science**, Werribee, v.50, p.429-437, 1998.

DALLA COSTA, O.A.; LUDKE, J.V.; PARANHOS DA COSTA, M.J.R. In: IV SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE AVES E SUÍNOS, 2005. Florianópolis, **Anais...**, Florianópolis 2005. p.1–25.

DEGENHART, J. **Tecnologia de produtos curados**. Campinas: ITAL, 1988. p.51-71. (Curso de Tecnologia da Carne).

DIRINCK, P.; DE WINNE, A.; CASTEELS, M.; FRIGG, M. Studies on vitamin E and meat quality. 1. Effect of feeding high vitamin E levels on time-related pork quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.44, p.65-68, 1996.

EIKELENBOON, G.; BOLINK, A.H.; SYSBENA, E. Effects of feed withdrawal before delivery on pork quality and carcass yield. **Meat Science**, Kidlington, v.29, p.25-30, 1991.

FAUCITANO, L. Effects of preslaughter handling on the pig welfare and its influence on meat quality. In: INTERNATIONAL VIRTUAL CONFERENCE ON PORK QUALITY. 1., 2000. Concórdia, **Proceedings...** Disponível em: www.cnpsa.embrapa.br/pork . 2000. p.52-71. Acesso em: 01 out. 2009.

FAUCITANO, L.; MAQUARDT, M.S.; OLIVEIRA, M.S.; SEBASTIANY, H.S.; TERRA, N.N. The effect of two handling and slaughter systems on skin damage, meat acidification and colour in pigs. **Meat Science**, Girona, v.50, p.13-19, 1998.

FERGUSON, D.M.; WARNER, R.D. Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? **Meat Science**, Armidale, v.80, p.12–19, 2008.

GREGORY, N.G. **Animal welfare and meat science**. Cambridge: University Press, 1998. 289p.

HAMBRECHT, E.; EISSEN, J.J.; NEWMAN, D.J.; SMITS, C.H.M.; DEN HARTOG, L.A.; VERSTEGEN, M.W.A. Negative effects of stress immediately before slaughter on pork quality are aggravated by suboptimal transport and lairage conditions. **Journal of Animal Science**, Stanford, v.83, p.440-448, 2005.

HAMBRECHT, E.; EISSEN, J.J.; NOOIJEN, R.I.J.; DUCRO, B.J.; SMITS, C.H.M.; DEN HARTOG, L.A.; VERSTEGEN, M.W.A. Preslaughter stress and muscle energy largely determine pork quality at two commercial processing plants. **Journal of Animal Science**, Boxmeer, v.82, p.1401–1409, 2004.

HEDRICK, H.B.; ABERLE, E.D.; FORREST, J.C. et al. **Principles of meat science**. 3rd ed. San Francisco: Kendall/Hunt Publishing, 1994. p.123-132.

HENCKEL, P.; KARLSSON, A.; JENSEN, M.T.; OKSBJERG, N.; PETERSEN, J.S. Metabolic conditions in porcine longissimus muscle immediately preslaughter and its influence on peri and post mortem energy metabolism. **Meat Science**, Tjele, v.62, p.145-155, 2002.

HONIKEL, K.O; HAMM, R. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. Eds. **Quality Attributes and Their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products**. cap.5, p.125-159, 1994 (Advances in Meat Research, 9).

HUFF-LONERGAN, E.; MITSUHASHI, T.; BEEKMAN, D.D.; PARRISH, F.C.; OLSON, D.G.; ROBSON, R.M. Proteolysis of specific muscle structural proteins by μ -calpain at low pH and temperature is similar to degradation in postmortem bovine muscle. **Journal of Animal Science**, Ames, v.74, p.993-1008, 1996.

JUDGE, M.D.; ALBERLE, E.D.; FORREST, J.C. **Principles of Meat Science**. 2nd ed. Duburque: Kendall/Hunt, 1989. 351 p.

KAUFFMAN, R.G.; MARSH, B.B. Quality characteristics of muscle as a food. In: PRICE, J.F.; SCHWEIGERT, B.S. (Ed.). **The science of meat and meat products**. Westport: Food & Nutrition Press, 1987. P.349-369.

KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S.D.; WHEELER, T.L.; LONERGAN, S.M.; DOUMIT, M.E. A muscle hypertrophy condition in lamb (callipyge): characterization of effects on muscle growth and meat quality traits. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.73, p.3596-3607, 1995.

LAHUCKY, R.; PALANSKÁ, O.; ZAUJEC, K.; PAVLIČ, M.; HUBA, J. Impact of vitamin E on meat quality of bulls, (in Slovak). **Journal of Farm Animal Science**, Nitra, v.32, p.133–138, 1999.

LAWRIE, R.A. **Ciência da carne**. Tradução Jane Maria Rubensam. 6ed. Porto Alegre: Artmed, 2005, 384p.

LEHESKA, J.M.; WULF, D.M.; MADDOCK, R.J. Effects of fasting and transportation development and extent of postmortem metabolism. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.81, p.3194-3202, 2003.

LEONARDO, E.F. **A expressão da isoforma de calpastatina responsiva à ractopamina altera a maciez da carne, com implicações na eficiência de crescimento de suínos**. 2008. 65p. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

LUDTKE, C.B. Avaliação da influência do transporte no bem-estar e qualidade da carne suína. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 2.; CONGRESSO DE SUINOCULTURA DO MERCOSUL, 4, 2004, Foz do Iguaçu. **Anais...** Paulínia: Animalword, 2004. p.279-280.

LUDTKE, C.B.; SILVEIRA, E.T.F.; ANDRADE, J.C.; BUZELLI, M.L.; SOARES, G.J.D.; FICHER, V.; ROÇA, R.O. Avaliação da influência do transporte no bem-estar e qualidade da carne suína. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE SUINOCULTURA, 2, 2007. Campinas (SP). **Anais...** Campinas (SP), 2007.

MATTERI, R.L.; CARROL, J.A.; DYER, C.J. Neuroendocrine responses to stress. In: MOBERG, G.P.; MENCH, J.A. **The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare.** Wallingford: CAB International, 2000. cap.3, p.43-76.

MOBERG, G.P. Biological response to stress: implications for animal welfare. In: MOBERG, G.; MENCH, J.A. **The biology of animal stress: basic principles and implications for animal welfare.** Davis: University of California, 2000. p.1-22.

MORGAN, J.D.; IWAMA, G.K. Measurements of stressed states in the field. In: IWAMA, G.W.; PICKERING, A.D.; SUMPTER, J.P.; SCHRECK, C.B. (Ed.). **Fish stress and health in aquaculture.** Cambridge: University Press, 1997. p.247-270.

MURRAY, A.C. **Reduzindo perdas da porteira da granja até o abatedouro – uma perspectiva canadense.** In: CONFERÊNCIA VIRTUAL INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DA CARNE SUÍNA, 1., 2000, p.247-270.

MURRAY, C.; JONES, S.D.M. The effect of mixing, feed restriction and genotype with respect to stress susceptibility on pork carcass and meat quality. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.74, p.587-594, 1994.

MURRAY, C.; ROBERTSON, W.; NATTRESS, F.; FORTIN, A. Effect of preslaughter overnight feed withdrawal on pig carcass and muscle quality. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v.81, p.89-97, 2001.

NGOKA, D.A.; FRONING, G.W.; LOWRY, S.R.; BADJI, A.S. Effects of sex, age, preslaughter factors and holding conditions on the quality characteristic and chemical composition of turkey breast muscle. **Poultry Science**, Champaign, v.67, n.4, p.635-640, 1982.

NORMAN, H.D. Effect of herd, year, age, and stage of lactation on Jersey type classification. **Journal of Dairy Science**, Beltsville, v.61, p.352, 1978.

OFFER, G.; KNIGHT, P. **Developments in meat science-4.** London: Elsevier Applied Science, chap. 3, p.63-171, 1988.

PARDI, M.C.; SANTOS, I.F.; SOUZA, E.R.; PARDI, H.S. **Ciência e Higiene e Tecnologia da Carne.** Goiânia: Univ. Federal de Goiás – UFG, Editora UFG, 2001. v.1.

PRÄNDL, O.; FISCHER, A.; SCHMIDHOFER, T.; SINELL, H. **Tecnologia e higiene de la carne.** Zaragoza: Acribia, 1994. p.101-115.

PURSLOW, P.P.; MANDELL, I.B.; WIDOWSKI, T.M.; BROWN, J.; DELANGE, C.F.M.; ROBINSON, J.A.B.; SQUIRES, E.J.; CHA, M.C.; VANDERVOORT, G. Modelling quality variations in commercial Ontario pork production. **Meat Science**, Guelph, v.80, p.123–131, 2008.

RANG, H.P.; DALE, M.M.; RITTER, J.M.; MOORE, P.K. **Farmacologia**. 5.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003. 338p.

ROÇA, R.O. **Tecnologia da carne e produtos derivados**. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 2000. 234p.

ROÇA, R.O.; BONASSI, I.A. **Temas de tecnologia da carne e produtos derivados**. Botucatu: Fac.Ciências Agrônômicas, 1981. 129p. (mimeogr.)

ROSENVOLD, K.; ANDERSEN, H.J. Factors of significance for pork quality - a review. **Meat Science**, Barking, v.64. p.219-237, 2003.

RÜBENSAM, J. M. **Transformações post-mortem e qualidade da carne SUÍNA**, 2000. Disponível em: http://www.suino.com.br/download/anais00cv_jane_pt.pdf . Acesso em: 28 mar. 2009.

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

SILVA, F.R.S. **Deteção de reatividade divergente pelo teste de labirinto e sua implicação em indicadores fisiológicos e musculares de estresse em suínos sob diferentes manejos pré-abate**. 2009. 69p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

SHAW, F.D.; TROUT, G.R. Plasma and muscle cortisol measurements as indicators of meat quality and stress in pigs. **Meat Science**, Barking, v.39, p.237-246, 1995.

SHAW, F.D.; TUME, R.K. The assessment of pre-slaughter and slaughter treatments of livestock by measurement of plasma constituents – a review of recent work. **Meat Science**, Barking, v.32, p.311- 329, 1992.

SILVEIRA, I.D.B. **Influência da genética bovina na suscetibilidade ao estresse durante o manejo e seus efeitos na qualidade da carne**. 2005. 180p. Tese (Doutorado em Produção Animal) - Faculdade de Agromomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas, RS, 2005.

SMET, S.M. de; PAUWELS, H.; DE BIE, S.; DEMEYER, D.I.; CALLEWIER, J.; EECKHOUT. W. Effect of halothane genotype, breed, feed withdrawal, and lairage on pork quality of Belgian slaughter pigs. **Journal of Animal Science**, Melle, v.74, p.1854-1863, 1996.

SMITH, W.C.; PURCHAS, R.W.; ENKEVORT, A.V.; PEARSON, G. Effects of ractopamine on the growth and carcass quality of entire male and female pigs fed ad libitum or at a restricted level. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Palmerston North, v.38, p.373-380, 1995.

STØIER, 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**, Maglegårdsvej, v.59, p.127-131, 2001.

STELLA, I.L. **Comportamento suíno, interações com Ractopamina e suas possíveis implicações na qualidade da carne**. 2007. 53p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”/ Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

STOLLER, G.M.; ZERBY, H.N.; MOELLER, S.J.; BAAS, T.J.; JOHNSON, C.; WATKINS, L.E. The effect of feeding ractopamine (Paylean) on muscle quality and sensory characteristics in three diverse genetic lines of swine. **Meat Science**, Champaign, v.81, p.1508-1516, 2003.

UTTARO, B.E.; BALL, R.O.; DICK, P.; RAE, W.; VESSIE, G.; JEREMIAH, L.E. Effect of ractopamine and sex on growth, carcass characteristics, processing yield, and meat quality characteristics of crossbred swine. **Journal of Animal Science**, Guelph, v.71, p.2439-2449, 1993.

VAN DER WAL, P.G.; ENGEL, B.; REIMERT, H.G.M. The effect of stress, applied immediately before stunning, on pork quality. **Meat Science**, Lelystad, v.53, p.101-106, 1999.

VAN LAACK, R.L.J.M.; LIU, C.H.; SMITH, M.O.; LOVEDAY, H.D. Characteristics of pale, soft, exudative broiler breast meat. **Poultry Science**, Savoy, v.79, n.7, p.1057-1061, 2000.

VILJOEN, H.F.; DE KOCK, H.L.; WEBB, E.C. Consumer acceptability of dark, firm and dry (DFD) and normal pH beef steaks. **Meat Science**, Pretoria, v.61, p.181-185, 2002.

WARRISS, P. D. The welfare of slaughter pigs during transport. **Animal Welfare**, Washington, v.7, p.365-381, 1998.

WARRISS, P.D.; BEVIS, E.A.; EKINS, P.J.. The relationship between glycogen stores and muscle ultimate pH in commercially slaughtered pigs. **British Veterinary Journal**, Paris, v.145, p.378-383, 1989.

WARRIS, P.D.; BROWN, S.N. Bem-estar de suínos e qualidade da carne: uma visão britânica. In: CONFERÊNCIA VIRTUAL INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2000. Concórdia. **Anais...** 16 de nov. a 16 de Dez de 2000 - CNPSA/EMBRAPA. p.17-20.

WARRISS, P.D.; BROWN, S.N. The relationships between initial pH, reflectance and exudation in pig muscle. **Meat Science**, Barking, v.20, p.65-74, 1987.

WITTMANN, T.A.; ECOLAN, P.; LEVASSEUR, P.; FERNANDEZ, X. Fasting-induced glycogen depletion in different fibre types of red and white pig muscle – relationship with ultimate pH. **Journal of Science and Food Agricultural**, Grub, v.66, p.257-266, 1994.

WOOD, D.F.; RICHARDS, J.F. Effect of some antemortem stressors on post-mortem aspects of chicken broiler pectoralis muscle. **Poultry Science**, Savoy, v.54, p.528-531, 1975.

ZANELLA, A.J.; DURAN, O. Bem-estar de suínos durante o embarque e o transporte: Uma visão norte-americana. In: CONFERÊNCIA VIRTUAL INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUINA, 1., 2000, Concordia. **Anais...** Concórdia, 2000. p.01-04.