



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

ELTON JHONES GRANEMANN FURTADO

**VALIDAÇÃO DO MÉTODO DE INFRAVERMELHO  
PRÓXIMO NA ANÁLISE DA QUALIDADE DA CARNE SUÍNA**

---

Londrina  
2015

ELTON JHONES GRANEMANN FURTADO

**VALIDAÇÃO DO MÉTODO DE INFRAVERMELHO  
PRÓXIMO NA ANÁLISE DA QUALIDADE DA CARNE SUÍNA**

Trabalho de Conclusão de Pós-graduação *Scriptu Sensu* apresentado ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal, área de concentração em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr<sup>a</sup>. Ana Maria Bridi.  
Coorientador: Dr. Douglas Fernandes Barbin.

Londrina  
2015

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da  
Universidade Estadual de Londrina.**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

F992v Furtado, Elton Jhones Granemann.  
Validação do método de infravermelho próximo na análise da qualidade da carne suína / Elton Jhones Granemann Furtado. – Londrina, 2015.  
72 f.

Orientador: Ana Maria Bridi.  
Coorientador: Douglas Fernandes Barbin.  
Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2015.  
Inclui bibliografia.

1. Leitão (Suíno) – Carne – Qualidade – Teses. 2. Carne – Cor – Teses.  
3. Espectroscopia de infravermelho – Teses. 4. Quimiometria – Teses. I. Bridi, Ana Maria. II. Barbin, Douglas Fernandes. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal.  
IV. Título.

CDU 636.4

ELTON JHONES GRANEMANN FURTADO

**VALIDAÇÃO DO MÉTODO DE INFRAVERMELHO PRÓXIMO NA  
ANÁLISE DA QUALIDADE DA CARNE SUÍNA**

Trabalho de Conclusão de Pós-graduação *Scriptu Sensu* apresentado ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal, área de concentração em Ciência Animal.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup>. Ana Maria Bridi  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Caio Abercio da Silva  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. Marcia Regina Coelho  
Centro Universitário Filadélfia - UNIFIL

Londrina, 27 de abril de 2015.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por todas as bênçãos concedidas.

Aos meus pais aos quais amo muito, Manoel Alfeu Furtado e Maria Ivone Granemann Furtado, pelo amor, carinho, educação e incentivo, Muito Obrigado.

A minha orientadora, professora Dr<sup>a</sup>. Ana Maria Bridi pela constante disponibilidade, pelo ensinamento, pela bondade, mas sobretudo pela sua amizade, confiança e apoio, Muito Obrigado.

Agradeço ao meu coorientador Dr. Douglas Fernandes Barbin, pelo apoio neste trabalho, pela amizade e por sua constante disponibilidade.

A todos o professores do Programa de Pós-Graduação de Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina, pelos ensinamentos, Muito Obrigado.

Agradeço aos amigos(as) do Grupo de Pesquisa e Análises da Carne (GPAC) pela amizade e companheirismo.

A amizade e companheirismo de todos os discentes do Curso de Pós-Graduação em Ciência animal, em especial à Lara Medeiros e Leticia Castro pela amizade, bondade e grande ajuda, Muito Obridado.

Agradeço as pessoas que contribuíram para a conclusão deste trabalho; técnicos do Laboratório de Análises de Nutrição Animal (LANA), Tania Mara Sedemaka Milani e Fernando Massaro e do Laboratório de Apoio à Pesquisa Agropecuária (LAPA), Vinicius Acquaro Junior e outros.

A Universidade Estadual de Londrina, ao Programa de Pós Graduação em Ciência animal, ao coordenador Dr. Odilon Vidotto, por proporcionar esta grande oportunidade de cursar o Mestrado, a secretária Helenice Kieski, pela amizade e grande

ajuda, Muito Obrigado.

Agradeço ao professor Dr. Alexandre Oba pelo empenho e ajuda nas correções prestadas.

Aos professores Caio Abércio da Silva e Marcia Regina Coelho, participantes da banca examinadora, pelo aceite, carinho e atenção, Muito obrigado.

FURTADO, Elton Jhones Granemann. **Validação do Método de Infravermelho Próximo na Análise da Qualidade da Carne Suína**. 2015. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

## RESUMO

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o método de infravermelho próximo comparado aos dados de análises tradicionais para verificar a qualidade da carne suína. As amostras de carne utilizadas para as análises foram obtidas a partir de 77 carcaças suínas. Foram analisados os valores de pH 45 minutos após o abate e após 24 horas de refrigeração na câmara de maturação sanitária. De cada meia carcaça retirou-se uma amostra do músculo *longissimus dorsi*. O corte da amostra foi entre a penúltima e última costela no sentido cranial. Analisou-se a cor ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) pelo sistema CIELAB\*, e determinou-se a composição química da carne. A capacidade de retenção de água da carne foi determinada pelo método de perda de água por pressão. Para a quimiometria foram utilizados dados de cor, pH, capacidade de retenção de água e análise da composição química (umidade, proteína bruta, extrato etéreo e cinzas). A análise de Espectroscopia de Infravermelho Próximo da carne foi realizada no equipamento FOSS NIR Analyzers XDS™. Os dados foram submetidos à análise estatística pelo método dos mínimos quadrados parciais (PLS) no software Unscrambler version 9.7, CAMO, Trondheim, Norway. Os resultados para cor pelo sistema CIELAB\* apresentam-se satisfatórios para o parâmetro  $a^*$  com  $R^2 = 0,86$ , sendo que os resultados mostram-se insatisfatórios para  $L^*$  com  $R^2 = 0,67$  e  $b^*$  com  $R^2 = 0,76$ . O pH apresentou resultado insatisfatório com  $R^2 = 0,67$ . As análises de perda de água por pressão e composição centesimal apresentaram resultados de predição muito baixos. Em conclusão o método do infravermelho próximo foi efetivo na determinação do parâmetro  $a^*$  de cor, mas pouco eficiente para as demais características de qualidade de carne suína.

**Palavras-chave:** Cor. Extrato etéreo. Matéria Seca. Método não destrutivo. Proteína bruta.

FURTADO, Elton Jhones Granemann. **Validation of Near Infrared Method in the Quality Analysis of Swine Meat**. 2015. 72 p. Dissertation (Master's Animal Science) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2015.

### ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the near infrared method compared to traditional data analysis to verify the quality of swine meat. The meat samples used to the analyses were obtained from (n = 77) carcasses. Were analyzed pH values at 45 minutes after slaughter and after 24 hours of maturation in sanitary cooling chamber, where in each left half carcass removed a sample of the *longissimus dorsi* muscle. The cut of the sample was between the penultimate and last rib in the cranial direction. For chemometrics, color data were used, pH, water holding capacity and chemical composition (moisture, crude protein, ether extract and ash). The Near infrared spectroscopy analysis was performed and submitted to statistical analysis by the method of partial least squares (PLS) in Unscrambler software version 9.7, CAMO, Trondheim, Norway. The results for the CIELAB\* color system showed to be satisfactory for to the parameter  $a^*$  with  $R^2 = 0,86$ , and the results was unsatisfactory to  $L^*$  with  $R^2 = 0,67$  and  $b^*$  with  $R^2 = 0,76$ . The pH showed unsatisfactory results with  $R^2 = 0,67$ . The analyzes water holding capacity and chemical composition showed very low prediction results. In conclusion, near infrared method was effective in determining the color parameter  $a^*$ , but ineffective for the other quality characteristics of swine meat.

**Key words:** Color. Crude protein. Dry Matter. Ether extract. Non-destructive method.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1 -</b>	Representação de cores para $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ .....	19
<b>Figura 2 -</b>	Tipos de vibrações moleculares .....	24
<b>Figura 3 -</b>	Fluxograma auxiliar para escolha do método para calibração .....	27
<b>Figura 4 -</b>	Esquema geral da composição do conjunto de calibração e do processo de calibração para o modelo de predição analítica NIR sobre a carne suína.....	28
<b>Figura 5 -</b>	Equação da raiz quadrada do erro médio quadrático de previsão do modelo PLS .....	29
<b>Figura 6 -</b>	Equação para obtenção do erro padrão de calibração do modelo PLS.....	30

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1 –</b>	Valores de umidade para o modelo PLS de regressão para calibração e validação em valores preditos (eixo x) vs. valores medidos (eixo y).....	48
<b>Gráfico 2 –</b>	Avaliação do erro quadrático médio de predição (RMSEC) no eixo (y) vs. adição de componentes principais (PC) eixo (x) incluídas no modelo PLS para umidade .....	49
<b>Gráfico 3–</b>	Valores de proteína bruta para o modelo PLS de regressão para calibração e validação em valores preditos (eixo x) vs. valores medidos (eixo y).....	49
<b>Gráfico 4 –</b>	Avaliação do erro quadrático médio de predição (RMSEC) no eixo (y) vs. adição de componentes principais (PC) eixo (x) incluídas no modelo PLS para proteína bruta.....	50
<b>Gráfico 5 –</b>	Valores de extrato etéreo para o modelo PLS de regressão para calibração e validação em valores preditos (eixo x) vs. valores medidos (eixo y).....	50
<b>Gráfico 6 –</b>	Avaliação do erro quadrático médio de predição (RMSEC) no eixo (y) vs. adição de componentes principais (PC) eixo (x) incluídas no modelo PLS para extrato etéreo .....	51
<b>Gráfico 7 –</b>	Valores de capacidade de retenção de água (CRA) para o modelo PLS de regressão para calibração e validação em valores preditos (eixo x) vs. valores medidos (eixo y) .....	51
<b>Gráfico 8 –</b>	Avaliação do erro quadrático médio de predição (RMSEC) no eixo (y) vs. adição de componentes principais (PC) eixo (x) incluídas no modelo PLS para CRA.....	52

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CRA	Capacidade de Retenção de Água
DFD	Escura, Firme e Seca
DP <sub>val</sub>	Desvio Padrão do Conjunto de Validação
EE	Extrato Etéreo
F <sub>c</sub>	Fator de correção
MLR	Regressão Linear Múltipla
NIR	Infravermelho Próximo
NIRS	Espectroscopia de Infravermelho Próximo
PCA	Análise dos Componentes Principais
PCR	Regressão por Componentes Principais
PLS	Mínimos Quadrados Parciais
PLSR	Regressão dos Mínimos Quadrados Parciais
PSE	Pálida, Mole e Exudativa
RMSEC	Erro Quadrático Médio de Calibração
RMSEP	Erro Quadrático Médio de Predição
RMSECV	Erro Quadrático Médio de Validação cruzada
RPD	Relação de Desempenho para Desvio
RPD <sub>val</sub>	Relação de Desempenho para Desvio do Conjunto de Validação
SEC	Erro Padrão de Calibração
SEV	Erro Padrão de Validação
SECV	Erro Padrão de Validação Cruzada
VL	Valor Latente
VLs	Valores Latentes

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	14
2.1	ANÁLISE E MEDIÇÃO DO PH NA CARNE SUÍNA.....	14
2.2	ANÁLISE E MEDIÇÃO DA COR NA CARNE SUÍNA.....	17
2.3	ANÁLISE DE CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA NA CARNE SUÍNA .....	20
2.4	COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CARNE SUÍNA.....	21
2.5	PRINCÍPIOS DA ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO PRÓXIMO.....	22
2.6	CALIBRAÇÃO .....	25
2.7	PARÂMETROS QUE INDICAM A QUALIDADE DE UM MODELO DE CALIBRAÇÃO .....	29
2.8	VALIDAÇÃO DO MODELO DE REGRESSÃO PARA NIR.....	31
	REFERÊNCIAS .....	32
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	39
3.1	OBJETIVOS GERAIS.....	39
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	39
<b>4</b>	<b>ARTIGO: MODELOS DE PREVISÃO DE COR E pH PARA QUALIDADE DA CARNE SUÍNA COM USO DE ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO PRÓXIMO</b> .....	40
	RESUMO.....	40
	ABSTRACT.....	41
	INTRODUÇÃO.....	42
	MATERIAL E MÉTODOS.....	43
	Preparação de Amostra.....	43
	Medições analíticas.....	44
	Classificação da amostra .....	44

Espectroscopia no infravermelho próximo.....	45
Modelo de calibração pelos mínimos quadrados parciais (PLS) e análise estatística espectral.....	45
Análise estatística.....	46
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
CONCLUSÃO.....	54
REFERÊNCIAS.....	55
<b>ANEXO</b> .....	60
ANEXO A - NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA JOURNAL MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY.....	61

## 1 INTRODUÇÃO

As informações do relatório das perspectivas agrícolas abrangendo os anos 2012-2021, publicado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), demonstraram que a previsão do mercado de carnes denota alta de preços para todas as carnes e salienta que o consumo mundial de carnes continuará crescendo, principalmente impulsionado por países em desenvolvimento (OECD; FAO, 2014).

O crescimento da urbanização de países em desenvolvimento, a melhoria da renda e o aumento populacional incrementam consideravelmente o consumo de alimentos, sobretudo de carnes (THORNTON, 2010). Além disso, alguns consumidores estão dispostos a pagar preços mais elevados por produtos cárneos com uma garantia adicional de qualidade (ANDRÉS et al., 2008).

Distintos fatores como idade, peso e de ordem ambiental podem influenciar a qualidade da carne (LEROY et al., 2004). Também podem ser citados outros, como raça, sexo, sistema de produção, transporte, abate dos animais e tratamentos tecnológicos *post mortem* das carcaças que afetam a qualidade da carne. Carne é um produto heterogêneo e apresenta elevado grau de heterogeneidade, as suas características qualitativas necessitam de diferentes tipos de análises para descrevê-la completamente (KOPUZLU et al., 2011).

As características de avaliação de cor na carne fresca, geralmente influenciam a escolha para a compra (JEREMIAH, 1994) e segundo Abularach, Rocha e Felicio (1998), o exsudato liberado também é um fator considerado para decidir pela aquisição ou não da carne para o consumo.

Sem um parâmetro perfeito para defenir a qualidade de carne, os consumidores apresentam dificuldade para decidirem quais os melhores atributos da carne na hora da compra (LEROY et al., 2004). Entretanto, podem ser percebidas variações na qualidade da carne suína, que apresentam características visuais e organolépticas diferentes, influenciando a aceitabilidade do produto, dependendo de diferentes análises como fonte de informação (PIRES et al., 2002).

As técnicas comumente usadas para determinar a qualidade da carne, têm parâmetros que são muito vagarosas e destrutivas, o desenvolvimento de técnica rápida sendo não destrutiva sobre a carne apresentaria grande importância para prever qualidade na linha de abate. A utilização do infravermelho próximo (NIR) na indústria, poderia antecipar a

classificação da carne e poderia determinar um melhor preço de venda em acordo com dados objetivos (LANZA, 1983).

A espectroscopia (NIR) oferece várias vantagens com grande importância sobre os métodos químicos tradicionais. É um método físico, não destrutivo, que requer um tempo de preparação mínima. Em contraste com a análise química tradicional, não são necessários reagentes e não são produzidos resíduos. É uma técnica de característica multianalítica e rápida, com várias determinações sendo feitas simultaneamente. O método oferece a possibilidade de medir propriedades físicas e químicas do análio. A técnica fundamenta-se na determinação de uma relação matemática entre o conjunto de espectros gerados e valores obtidos a partir de análises laboratoriais de referência (BÜNING-PFAUE, 2003).

Objetiva-se com o trabalho investigar o uso da espectroscopia de infravermelho próximo, utilizando quimiometria, comparando as técnicas tradicionais para a análise da qualidade da carne suína.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 ANÁLISE E MEDIÇÃO DO pH NA CARNE SUÍNA

O período pré-abate compreende vários eventos estressores, como o jejum, o transporte (aglomeração, carga e descarga, condições meteorológicas adversas, tempo de viagem e mistura de diferentes grupos), a espera no abatedouro, contenção, fadiga e o procedimento de insensibilização. Esses fatores que geram estresse agudo ou crônico, podem isoladamente ou em conjunto, afetar os processos metabólicos da transformação do músculo em carne (SANTORO; FAUCITANO, 1996).

O estresse pode resultar em modificações da qualidade da carne. Essas alterações podem ser decorrentes da maior velocidade na queda do pH *post mortem* (aumento da glicólise induzido por estresse) ou por alterar o potencial glicolítico do músculo (estimativa de glicogênio muscular em vivo) (HAMBRECHT et al., 2004).

No momento em que é completada a sangria, cessa o suprimento de oxigênio para os músculos. O metabolismo para a produção de ATP, então, segue a rota glicolítica, onde a glicólise anaeróbia resulta na formação e acumulação de ácido láctico no músculo (RÜBENSAM, 2000). A acidificação da carne ocorre como uma consequência da acumulação de ácido láctico gerando diminuição nos valores de pH (MOREL; PURCHAS; WILKINSON, 2010).

O valor de pH é a forma mais comum e universalmente aceita como indicador da qualidade final da carne (AMIN et al, 2014). As medidas utilizadas para pH buscam abranger os diferentes níveis de metabolismo na musculatura de suínos, onde as medidas de pH são aferidas em 45 minutos (pH inicial) e 24 horas (pH final) após o abate, objetivando à avaliação da qualidade da carne (DALLA COSTA et al., 2006). Na primeira hora *post mortem*, com a temperatura da carcaça entre 37 e 40 °C, o pH declina de 7,2 a 6,2, o pH final, na faixa de 5,5 a 5,8 é atingido 12 a 24 horas após abate, período em que se estabelece o *rigor mortis* (BRIDI; SILVA, 2009).

Segundo Bridi e Silva (2009), em suínos as reações metabólicas que ocorrem após o abate, que levam a transformação de músculo em carne, podem sofrer grandes alterações em suas características, levando ao desenvolvimento de diferentes tipos de carne, que podem ser classificadas em: a) RFN (reddish-pink in color, firm in texture and free of surface wateriness – non exudative); carne com aspecto de cor normal, textura firme e não exudativa, sendo a

carne desejável com ótima qualidade, com cor característica do corte analisado, com textura firme e não exudativa; b) RSE (reddish-pink in color but soft in texture and exudative); carne com cor desejável, entretanto, a textura apresentada é mole e tem baixa capacidade de retenção de água; c) PSE (pale in color, soft in texture and exudative); carne com coloração pálida, possuindo textura mole e com baixa capacidade de retenção de água; d) DFD (dark in color, firm in texture and non exudative); carne com cor escura, com revelação de textura firme e com alta capacidade de retenção de água.

A classificação definindo parâmetros da qualidade, baseada na luminosidade ( $L^*$ ), na perda de água e nos valores de pH, pode ser visualizada na Tabela 1.

**Tabela 1 -** Classificação da carne suína de acordo com suas propriedades tecnológicas

Categoria	Valor de $L^*$	Perda de água	pH inicial	pH final
PSE	$\geq 50$	$\geq 5$	$< 5,8$	$< 5,8$
DFD	$\leq 42$	$< 5$	$\geq 5,8$	$\geq 6,0$
RFN	43 - 49	$< 5$	$\geq 5,8$	$< 6,0$
RSE	43 - 49	$< 5$	$\geq 5,8$	$< 6,0$

\* Os valores de  $L^*$  sistema CIELAB (luminosidade) variam entre valores totais de 0 (preto absoluto) a 100 (branco absoluto).

Fonte: (WARNER; KAUFFMAN; GREASER, 1997; CHANNON; PAYNE; WARNER, 2000).

Há dois defeitos principais que afetam a qualidade da carne em suínos, são estes a carne PSE e DFD, que estão relacionadas com a razão na queda do pH muscular. A carne PSE ocorre quando os animais sofrem estresse agudo antes do abate, aumentando o seu metabolismo. Isso causa um rápido aumento no teor de ácido láctico durante o período *post mortem*, fazendo com que pH do músculo atinja valores inferiores a 5,8, antes da primeira hora após o abate. Na carne DFD, altos valores de pH final aparecem, quando os animais sofrem estresse crônico e utilizam a reserva de glicogênio celular antes do abate. Assim, a quantidade de ácido láctico produzido *post mortem* não é suficiente para determinar um pH muscular com valores inferiores a 6,0, 24 h após o abate (GUÀRDIA et al., 2005).

Culau, Ourique e Nicolaiewsky (1994) identificaram a frequência de 30,69% de carcaças com carne PSE no estado do Rio Grande do Sul, por meio de aferição de pH inicial no músculo *longissimus dorsi*, em 8842 carcaças suínas.

Guàrdia et al. (2005), por meio de aferição de pH final em 3075 carcaças de suínos comerciais, identificaram 17,4% de carnes DFD, em diferentes abatedouros.

Moeller et al. (2003) citaram que a presença do gene *napole* na forma dominante afeta negativamente a qualidade de carne, com diminuição na quantidade de proteína e em valores inferiores de pH final. Essas carnes possuem menor capacidade de retenção de água e redução do rendimento na produção de subprodutos cárneos. Segundo De Vries et al. (2000), a presença do gene implica em um aumento do conteúdo de glicogênio nas fibras brancas, com alto metabolismo e rápida acidificação da carne, em comparação com suínos normais. A importância do gene está relacionada por animais da raça Hampshire, por causa da sua hereditariedade dominante e o uso generalizado de reprodutores desta raça.

Suínos portadores do gene *Rianodina* tem maior predisposição ao desenvolvimento de carne PSE (McCANN et al., 2008). A incidência de PSE é maior nas raças com alto índice de carne magra, maior musculabilidade e com rápido crescimento, como Pietrain, Landrace e Poland China (BASTOS et al., 2001).

O gene *Rianodina* é também responsável pela produção de carcaças com maior porcentagem de carne magra. Porém, este conduz à maior predisposição ao estresse. Animais portadores do gene possuem uma mutação genética, que altera a proteína reguladora do fluxo de cálcio, no receptor *rianodina*, provocando o surgimento da síndrome (PSS). Por aceleração o metabolismo glicolítico e pela hipertermia gerada no músculo, leva à produção de carne PSE (MAGANHINI et al., 2007). O alelo *RYR1* (n) tem uma grande influência sobre a queda de pH observada na carne PSE, assim, a carne PSE geralmente ocorre em suínos que são geneticamente sensíveis ao estresse como no caso dos heterozigotos e homozigotos recessivos, quando submetidos ao estresse agudo pré-abate. Entretanto, a carne PSE pode ocorrer também em suínos na ausência do gene *halotano*, submetidos a condições de estresse antes do abate (GUÀRDIA et al., 2004).

O desenvolvimento de carnes DFD está relacionado com o manejo pré-abate. Fatores que levam a fadiga, como exercícios físicos, transporte, movimentação, jejum prolongado e o contato com suínos estranhos ao seu ambiente, aumentam o consumo das reservas de glicogênio, levando relativa diminuição da formação de ácido láctico muscular (MAGANHINI et al., 2007).

O pH final maior que 6,0 é indicador de carne DFD e favorece a deterioração bacteriológica da carne fresca gerando problemas tecnológicos em produtos cárneos (GUÀRDIA et al., 2005). Os microrganismos atacam os aminoácidos tornando-se evidente a deterioração, gerando baixas densidades celulares na carne (NEWTON; GILL, 1981).

## 2.2 ANÁLISE E MEDIÇÃO DA COR NA CARNE SUÍNA

As decisões do consumidor perante a compra da carne são influenciadas pela cor mais do que qualquer outro fator de qualidade. A coloração normal é usada como um indicador de carne fresca e saudável (MANCINI; HUNT, 2005). Nos suínos, a variação na cor da carne é dependente de fatores intrínsecos (sexo, raça, idade do animal, o pH final da carne, e a taxa de declínio *post-mortem* do pH, peso de abate) e extrínsecos (temperatura, disponibilidade de O<sub>2</sub> e crescimento de microorganismos na superfície) (BEKHIT; SIMMONS; FAUSTMAN, 2005).

A cor da carne depende da reação bioquímica de seus pigmentos. No período *post mortem* a carne apresenta mudanças de cor como uma consequência do estado da mioglobina (Mb) (ŠUPUT et al., 2013). A mioglobina é o pigmento primário associado com a cor da carne. O estado da mioglobina da carne fresca ocorre de várias formas, onde deoximioglobina, oximioglobina e metamioglobina são as mais importantes. A forma oxigenada da mioglobina (oximioglobina) é responsável pela cor vermelho brilhante, enquanto a forma oxidada (metamioglobina) é responsável pela cor escurecida (BEKHIT et al., 2001).

A desoximioglobina ocorre quando não há molécula de oxigênio presente no sítio de ligação da mioglobina, o ferro do grupo heme está no estado ferroso (Fe<sup>2+</sup>), resultando na cor vermelho-púrpura, tipicamente associada à cor do tecido muscular imediatamente após o corte da carne fresca. Este processo, também ocorre no caso da carne já cortada embalada a vácuo com baixa pressão de oxigênio. A oximioglobina ocorre quando a mioglobina é exposta ao oxigênio do ar, sendo caracterizada pelo desenvolvimento de uma cor vermelho brilhante, permanecendo a mesma valência do ferro durante a oxigenação (Fe<sup>2+</sup>). A descoloração ou escurecimento da carne é resultado da oxidação do (Fe<sup>2+</sup>) para o (Fe<sup>3+</sup>) com formação da metamioglobina, quando a cor da carne torna-se vermelho-marron (castanho), a metamioglobina é dependente de alguns fatores na sua formação, como a pressão parcial de oxigênio, temperatura, pH, a presença e o crescimento de microorganismos (BEKHIT et al., 2007).

O manejo estressante afeta o metabolismo e a temperatura muscular, pela aceleração do consumo energético. Isso conduz, após o abate, a inativação da enzima metamioglobina redutase e aumento do consumo de oxigênio pelas proteínas envolvidas no metabolismo, onde o aumento da temperatura muscular caracteriza significativamente a formação da metamioglobina, dando cor escura à carne (MANCINI; HUNT, 2005). Em animais abatidos

com pouca reserva de glicogênio, a carne acaba por não apresentar um pH baixo necessário para gerar coloração normal, resultando em carne de cor escura, independentemente da idade do animal e da maciez da carne (RODRIGUES; ANDRADE, 2004).

A alteração da cor da carne pode ser também a consequência da destruição da mioglobina pelo desenvolvimento bacteriano na superfície da carne. Os microrganismos utilizam a mioglobina como nutriente, e o grupo heme se separa da proteína, desenvolvendo uma coloração verde, que também ocorre devido ao crescimento de microrganismos, onde o baixo potencial de oxido-redução propicia o acúmulo de peróxido de hidrogênio (ALCANTARA, 2012).

O pH alto da carne provoca a diminuição da difusão do  $O_2$  com formação da oximioglobina somente em uma fina camada superficial. Já o pH baixo, favorece a oxidação e a desnaturação da mioglobina com formação da metamioglobina (RADETIĆ et al., 2007).

Na carne PSE, a dispersão de luz é aumentada pela presença de água na superfície e nos espaços extracelulares (SIECZKOWSKA et al., 2010). Geralmente, um aumento no valor de  $L^*$  esta relacionada com a diminuição no valor de  $a^*$  (McCANN et al., 2008). A combinação de pH baixo e de temperatura elevada na carne PSE faz com que a desnaturação das proteínas musculares reduza a capacidade de retenção de água (ADZITEY; NURUL, 2011).

Segundo Caldara et al. (2012), a cor da carne suína é inversamente proporcional ao seu pH final, onde quanto menor o pH maior será a palidez. Entre outros verificaram que os valores de  $L^*$  e  $b^*$  são maiores na presença de carnes PSE, com a rápida redução do pH *post mortem*, interferindo na capacidade de retenção de água da carne, o que afeta, consequentemente, outras características de sua coloração.

Na carne DFD, que apresenta pH final elevado, as proteínas musculares preservam uma grande capacidade de reter água no interior das células, como consequência, a superfície de corte do músculo permanece pegajosa e escura (ODA et al., 2004). A coloração escura, por ocorrência do pH mais elevado, apresenta um efeito positivo no consumo de oxigênio, onde aumenta a atividade da enzima citocromo oxidase, que acaba por disponibilizar pouco oxigênio para formação de oximioglobina (BRIDI; SILVA, 2009).

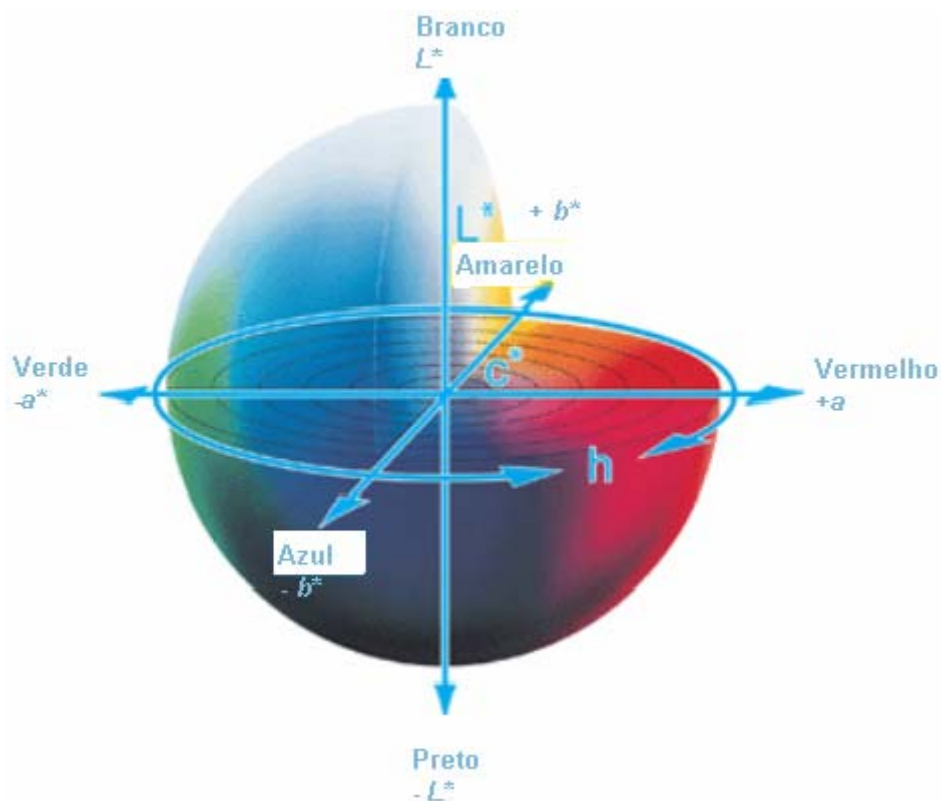
Não há recomendação padronizada para o procedimento na avaliação da coloração da carne, pois colorímetros e espectrofotômetros podem apresentar características bem distintas quanto ao tipo de iluminante, no ângulo de observação e no seu diâmetro de abertura (PAULA, 2013).

A determinação da cor é feita na carne resfriada 24 horas após o abate, respeitando um período de 15 a 20 minutos para a oxigenação do músculo, a amostra possui no mínimo

1,5 cm de espessura, evitando assim que sua avaliação não seja influenciada pela cor que está no fundo da amostra (BRIDI; SILVA, 2009).

Pelo sistema CIELAB, avalia-se a cor com uso de colorímetro pela reflectância da luz em três dimensões:  $L^*$ , que representa a luminosidade; e  $a^*$  e  $b^*$  que representam a saturação e a tonalidade, assim gerando os valores espaciais de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  no sistema CIELAB (MINOLTA, 1998). O valor de  $L^*$  igual à zero corresponde ao preto e 100 ao branco. Os valores de  $a^*$  variam de  $-a^*$  (verde) até  $+a^*$  (vermelho). Os valores de  $b^*$  variam de  $-b^*$  (azul) à  $+b^*$  (amarelo). O croma (saturação) da carne indica a pureza da cor, diferenciando em valores da cor cinza (cor viva ou fosca). O valor do croma é zero no centro da circunferência do gráfico de cor e aumenta de acordo com a distância em relação ao centro. Sua representação ocorre pela equação:  $\text{croma} = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ . A Figura 1 possui a representação das cores para  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  no espaço de cores.

**Figura 1** - Representação de cores para  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$



Fonte: (MINOLTA, 1998).

A tonalidade (cor) é o atributo pela qual se identificam as cores (violetas, azul, amarelo, laranja, vermelho e púrpura), correspondendo à percepção da absorção da energia

radiante dos diferentes comprimentos de onda, sendo expressa em graus. Representação do ângulo formado com o eixo x (valor  $a^*$ ), o ângulo de  $0^\circ$  corresponde ao vermelho ( $+a^*$ ),  $90^\circ$  ao amarelo ( $+b^*$ ),  $180^\circ$  ao verde ( $-a^*$ ) e o ângulo de  $270^\circ$  á cor azul ( $-b^*$ ), equação representando a tonalidade: Tonalidade (h) =  $\tan^{-1}(a^*/b)$  (MINOLTA, 1998).

### 2.3 ANÁLISE DE CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA (CRA) NA CARNE SUÍNA

Uma das propriedades funcionais apresentadas pelas proteínas musculares é a capacidade de retenção da água (CRA), muito importante por determinar vários fatores na carne. Por definição, a capacidade de retenção de água é a habilidade da carne em reter água durante aplicação de força externa (corte, aquecimento, moagem ou prensagem), podendo ser influenciada pelo estado das condições iniciais da proteína, com ação do pH presente na carne, pela força iônica e pela temperatura (PIRES et al., 2002).

Na estrutura da carne, cerca de 70% do teor total de água no músculo está contido dentro de miofibrilas, 20% dentro de sarcoplasma, e os restantes 10% no espaço intercelular (BODNÁR et al., 2011).

A capacidade de retenção de água avalia os efeitos ocorridos durante a conversão do músculo para carne. O valor de pH final da carne é importante na determinação da capacidade de retenção de água da carne. No ponto isoelétrico das proteínas, ocorre a união de cargas positivas e negativas, havendo uma redução na capacidade de retenção de água. A redução do espaço miofibrilar, decorrente do encurtamento dos sarcômeros no *rigor mortis*, também diminui a capacidade de retenção de água da carne. A desnaturação parcial da cabeça da miosina, que ocorre com facilidade se a temperatura da carcaça é alta e o pH baixo, tem como consequência a queda da capacidade de retenção de água da carne (HUFF-LONERGAN; LONERGAN, 2005).

A proteólise das principais proteínas do citoesqueleto, como a proteína desmina, pode estar relacionada com a desconecção com outras proteínas, destituindo a capacidade de retenção de água pelas proteínas estruturais do filamento muscular. Estas proteínas apresentam rápida degradação (45 minutos a 6 horas *post-mortem* em alguns músculos) e têm como consequência perdas de peso em produtos originários de carne suína, devido a perda de água. Normalmente estes valores estão entre 1 e 3% em cortes comerciais frescos, e até 10% em produtos cárneos oriundos de carne PSE (MELODY et al., 2004).

Bridi et al. (2006) demonstram que a carne de suínos heterozigotos para o gene halotano perderam aproximadamente 90% mais água durante o descongelamento e apresentaram coloração mais clara (maior valor de  $L^*$ ) e maior valor de  $b^*$  (componente amarelo-azul) em relação a carne dos animais homozigotos.

Em suínos que passaram por estresse crônico, o pH diminui rapidamente nas primeiras horas, e logo chega a estabilidade, permanecendo em valores superiores a 6,0 (ODA et al., 2004). Existe um aumento do número de cargas positivas das fibras musculares, de modo que, mais água se liga às proteínas miofibrilares, definindo um aumento da capacidade de retenção de água da carne (BRIDI; SILVA, 2009).

#### 2.4 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CARNE SUÍNA

Em geral, a composição carne suína consiste em 72% de água, 20% de proteína, 7% de gordura, 1% de minerais e menos que 1% por carboidratos (BRAGAGNOLO; RODRIGUEZ-AMAYA, 2002).

Os componentes químicos presentes na carne suína fresca tais como gordura, umidade, minerais e proteína, além de constituírem características de importância econômica e nutricional, são importantes em termos de rotulagem e aceitação pelo consumidor. Também, garantem o equilíbrio certo dos ingredientes em produtos cárneos secos, curados ou processados (ZAMORRA-ROJAS et al., 2011). O teor de umidade da carne tem relação direta sobre sua suculência, que é um fator fundamental para aceitação do produto pelos consumidores (RODRIGUES et al., 2004). Entretanto, quanto maior o percentual de umidade, maior será a necessidade no controle de processos, porque a umidade alta acarreta maior tempo de secagem do produto e também diminui o tempo de conservação, facilitando a proliferação de bactérias (ALISHAHI et al., 2010).

A gordura intramuscular da carne suína é considerada fator chave que influencia características sensoriais tanto da carne como de produtos cárneos. A avaliação do teor de gordura é fundamental para determinar o tempo e condições de maturação de produtos cárneos (BARLOCCO et al., 2006). Deste modo, a indústria da carne necessita de métodos para análise em tempo real para o controle de qualidade da carne, com capacidade de melhorar a eficiência, garantir a homogeneidade e atender expectativas do consumidor (ZAMORA-ROJAS et al., 2011).

A determinação da proteína bruta da carne suína é baseada na decomposição da matéria orgânica através da digestão da amostra a 400 °C, com ácido sulfúrico concentrado,

em presença de sulfato de cobre como catalisador, que acelera a oxidação da matéria orgânica. O nitrogênio presente na solução ácida resultante é determinado por destilação por arraste de vapor, seguida de titulação com ácido diluído. Utiliza-se o valor de nitrogênio obtido pela amostra para obtenção do valor de proteína por equação matemática (NOGUEIRA; SOUZA, 2005).

A determinação da quantidade de gordura da carne suína está baseada na determinação do extrato etéreo (EE). A amostra seca do material a ser analisado, é submetido à extração com éter sulfúrico ou éter de petróleo, com o princípio da solubilidade dos lipídios, e é desenvolvido num aparelho para extração de gordura e acessório (RODRIGUES, 2010).

A composição centesimal e o valor nutricional dos cortes cárneos podem variar, em função do local de origem do animal, clima, alimentação, manejo, raça, sexo e peso de abate (BALOG et al., 2008).

Hautrive, Marques e Kubota (2012) encontraram valores para carne suína, na análise centesimal, de 76,98% de umidade, 21,32% de proteína, 1,27% de lipídeos e 1,10% de cinzas.

Pinheiro et al. (2013) verificaram valores diferentes para lipídios entre machos e fêmeas suínos sem raça definida com os seguintes valores de médias 5,02% e 3,62%, sendo que umidade, proteína e cinzas não diferiram comparativamente.

Costa et al. (2005) também observaram que o efeito do sexo, em diferentes linhagens de suínos, foi significativo para as características de peso vivo, peso e quantidade de gordura na carcaça, podendo ser parcialmente explicado em virtude dos machos castrados apresentarem maior consumo de ração em relação às fêmeas, o que implica em um maior potencial de deposição de gordura na carcaça.

## 2.5 PRINCÍPIOS DA ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO PRÓXIMO

Os princípios da espectroscopia NIR envolvem a produção, gravação e interpretação de espectros resultantes da interação de radiação electromagnética com a matéria orgânica (BERZAGHI; RIOVANTO, 2009). A radiação NIR interage com uma amostra, onde pode ser absorvida, transmitida ou refletida (CEN; HE, 2007).

Os resultados espectrais são adquiridos através de aparelho de espectroscopia de infravermelho próximo, onde o espectro é obtido da absorção de energia por moléculas orgânicas (alongamento e flexão), compreendendo combinações de tons e sobretons, provenientes de vibrações fundamentais na região espectral. A primeira região não visível no espectro de absorção do infravermelho próximo (NIR) foi descoberta em 1800 por Frederick

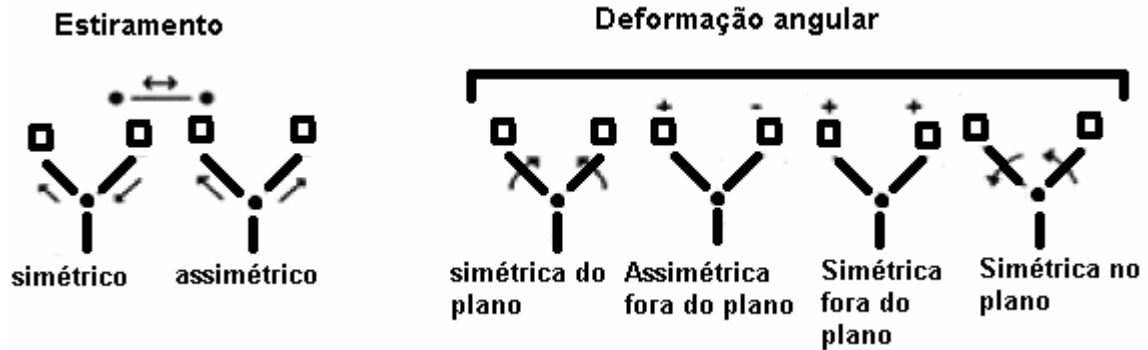
William Herschel. Atualmente, a técnica vem sendo aprimorada de forma que possa atender diversas áreas analíticas, apesar de ser um método secundário, que exige valores de referência para fins de desenvolvimento do modelo de calibração, a espectroscopia NIR é considerada igualmente significativa entre outras tecnologias analíticas (MANLEY, 2014).

A utilização NIR foi possível devido ao desenvolvimento de softwares computacionais, o desenvolvimento de instrumentos e procedimentos quimiométricos adequados. A resposta de certas ligações moleculares pode ser interpretada, por exemplo, com o uso de bandas de absorção com ligações (O-H, N-H, C-H). A radiação pelo NIR gera um espectro que pode ser característica de uma amostra e pode atuar como uma característica de um parâmetro escolhido para o anárito (WOODCOCK; DOWNEY; O'DONNELL, 2008).

O espectro gerado pelo NIR possui informações químicas e físicas baseado nas moléculas orgânicas. Essas informações podem indicar a composição do produto, onde componentes químicos diferentes, têm ação de absorção a comprimentos de onda específicos, que podem ser utilizados para definir a composição química de diferentes substâncias. Deve-se considerar picos de absorção de diferentes moléculas químicas que podem se sobrepor em várias partes da região espectral. Então, o sinal de absorção pode ser fraco, ocorrendo fenômenos que interferem na interação entre a luz e as moléculas, realizando efeitos de dispersão, sendo necessário processar matematicamente os dados espectrais para extrair informações sobre as propriedades das amostras (BERZAGHI; RIOVANTO, 2009).

O espectro de NIR provém de energia de radiação com fonte de energia elétrica que é transferida para energia mecânica, que é associada com o movimento dos átomos mantidos juntos por ligações químicas na molécula. Nas análises realizadas em temperatura ambiente, a maior parte das moléculas possui níveis de energia vibracional normais. Os átomos ou grupo de átomos que participam em ligações químicas são deslocados um em relação ao outro numa frequência que é definida pela força da ligação e a massa dos átomos individuais ligados ou dos seus grupos. São vibrações, e seus respectivos estados de estiramento dependem intimamente dos átomos envolvidos e da força de ligação (“força da mola”) entre si, dependendo logo dos fatores citados, onde cada vibração apresenta uma energia vibracional característica (PASQUINI, 2003). As vibrações angulares podem ainda ser classificadas como no plano ou fora do plano, em simetria ou assimétrica (OLIVEIRA, 2010). Diferentes tipos de vibração são mostrados na Figura 2.

**Figura 2** - Tipos de vibrações moleculares



Fonte: (OLIVEIRA, 2010).

A quantidade de um composto presente em uma amostra pode ser determinada através de uma curva de calibração, construída a partir de amostras com concentrações conhecidas (VALDERAMA; BRAGA; POPPI, 2007). Para gerar predição de um composto orgânico amostral contendo uma distribuição heterogênea, o NIRS utiliza o artifício de comparar resultados obtidos por análises laboratoriais ligadas aos espectros de cada amostra, através da calibração multivariada (BRAGA; POPPI, 2004).

O uso das informações espectrais do NIR, para fins de análise, baseia-se na abordagem multivariada para a calibração, determinando um componente de interesse em uma matriz complexa ou, analisando simultaneamente vários componentes, formando um espectro com muitas bandas de vibração unidas na mesma frequência. Forma-se assim absorção de onda em diferentes comprimentos de onda, onde a dificuldade de interpretação dos dados é subtraída pela calibração multivariada (WOODCOCK; DOWNEY; O'DONNELL, 2008). A aquisição quase instantânea dos resultados permite ao NIR ser uma ferramenta analítica para monitorar continuamente os processos de produção (BAETEN; DARDENNE, 2002). Além disso, quando associados às técnicas espectroscópicas, são relativamente simples, permitem uma análise precisa, além de evitar a destruição da amostra e diminuir a presença de resíduos nocivos ao meio ambiente (RASPE; GARCIA; SILVA, 2013).

## 2.6 CALIBRAÇÃO DO MÉTODO ANALÍTICO DE INFRAVERMELHO PRÓXIMO

Quando se utilizam técnicas instrumentais de análise, a concentração é uma propriedade determinada indiretamente por meio de relação com diferentes grandezas, com absorção ou reflexão de luz, numa prática conhecida como calibração. O processo de calibração pode ser definido como uma série de operações que se estabelecem, sob condições específicas, uma relação entre medidas instrumentais e valores correspondentes às propriedades de interesse realizadas como padrões.

Entre os métodos de calibração existentes, os mais difundidos são os métodos univariados, onde se tem apenas uma medida instrumental para cada uma das amostras de calibração. Esses métodos são relativamente fáceis de serem aplicados e validados, porém, a aplicação de modelos univariados é restrita a situações em que a grandeza que é medida diretamente no sistema é livre de interferentes que possam provocar desvios entre sua relação linear com a propriedade de interesse. Em métodos de calibração multivariada, duas ou mais respostas instrumentais são relacionadas com a propriedade de interesse. Esses métodos possibilitam análises, mesmo na presença de interferentes, desde que estejam presentes nas amostras de calibração e de validação. Diversos modelos de calibração multivariada vêm sendo utilizados, tais como regressão linear múltipla (MLR), regressão por componentes principais (PCR) e regressão por mínimos quadrados parciais (PLS) (BRAGA; POPPI, 2004).

Existem comprimentos de onda em que a intensidade do sinal não é linearmente correlacionada ao parâmetro de interesse, podendo existir também diferentes comprimentos de onda correlacionados (colineares). Então, os métodos de seleção de variáveis buscam encontrar as variáveis minimamente correlacionadas e colineares que contenham informações relacionadas ao parâmetro de interesse, a fim de construir modelos mais robustos e eficientes (HONORATO et al., 2007).

A regressão pelos mínimos quadrados parciais, para construção do modelo, utiliza as informações do conjunto de dados da matriz espectral ( $X$ ) e correlaciona-as com informações obtidas do conjunto de dados referencial (matriz  $Y$ ). Através de combinações lineares dos dados espectroscópicos (da matriz  $X$ ) e de dados das referências (matriz  $Y$ ) obtém-se o número de variáveis latentes necessárias para correlacionar os espectros e as concentrações usando para a calibração. É necessário um número de variáveis latentes que proporcione um erro de previsão menor possível, ou seja, onde as diferenças entre valores de referência e valores previstos sejam baixos. Na modelagem por mínimos quadrados parciais, tanto a

matriz das variáveis independentes ( $X$ ), como o vetor das variáveis dependentes ( $Y$ ) são representados pelos escores e pesos (MORGANO et al., 2008).

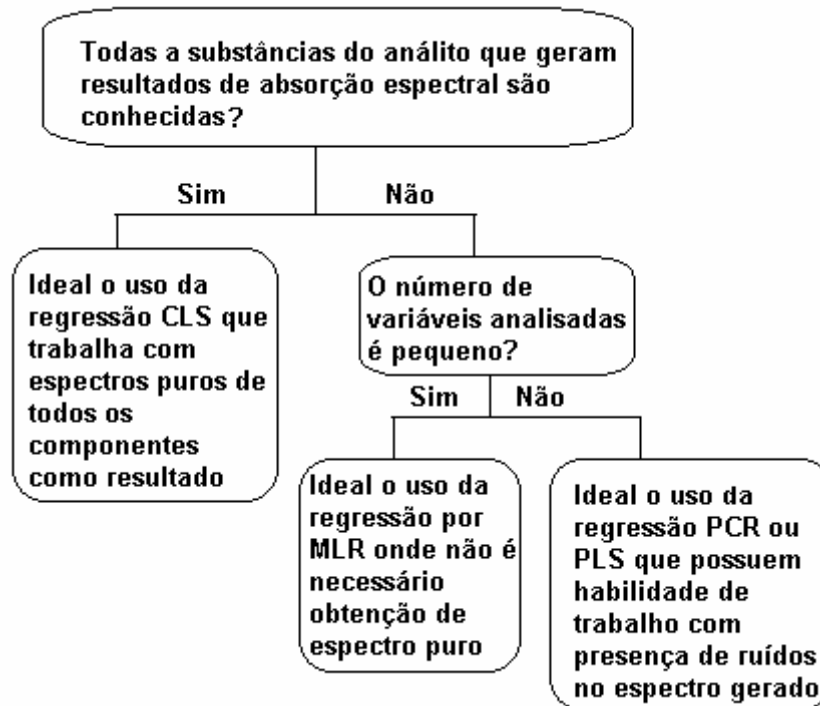
A parte mais importante no desenvolvimento de um método de análise NIR é a construção do modelo de previsão, chamado de calibração. O processo para desenvolvimento do modelo de previsão pode envolver vários passos: a) a aquisição de dados espectrais; b) a utilização de métodos de referência adequados com a concentração de analito determinado do número de amostras utilizado; c) o desenvolvimento da relação matemática entre absorção e concentrado de analitos NIR; d) validação dos modelos usando outro conjunto de amostras não utilizadas no conjunto de calibração (CEN; HE, 2007).

Para avaliação do modelo utiliza-se o coeficiente de determinação, que é a percentagem de variabilidade da concentração de uma substância explanada por uma equação de regressão, onde se deve ter a percepção que os valores de  $R^2$  igual a zero denotam erros nas técnicas laboratoriais (SHENK; WESTERHAUS, 1991).

Os modelos tradicionais de calibração CLS (método clássico de mínimos quadrados) e MLR (regressão linear múltipla) possuem vantagens e desvantagens. Quando aplicados a interações químicas, ambos utilizam totalidade da informação contida na matriz de dados dos espectros ( $X$ ) para formular o modelo para a concentração, ou seja, toda a informação espectral, incluindo informações irrelevantes como presença de ruído. O CLS apresenta o problema principal da necessidade em se conhecer todas as concentrações com relação absorptiva espectral no conjunto de calibração, o que em geral é inviável. Já o método MLR sofre com o problema da colinearidade (variáveis que apresentam grande redundância entre si), sendo necessário um número de amostras excedente ao número de variáveis, fornecendo informação predominantemente única, o que pode ser laborioso.

Então, mais interessante seria a utilização de algum método que, como o CLS, use o espectro inteiro para análise, e como o MLR, necessite somente da concentração do analito de interesse no conjunto de calibração. Dois métodos que preenchem estes requisitos são PCR (regressão de componentes principais) e PLS (mínimos quadrados parciais). Estes dois métodos são consideravelmente mais eficientes para lidar com ruídos experimentais, colinearidades e não linearidades, onde todas as variáveis relevantes são incluídas nos modelos via PCR ou PLS, o que implica que a calibração pode ser realizada eficientemente mesmo na presença de interferentes. Os métodos PCR e PLS são robustos, seus parâmetros praticamente não se alteram com a inclusão de novas amostras no conjunto de calibração com alto número de amostras (FERREIRA et al., 1999). Na Figura 3 o esquema geral dos métodos de regressão, para auxiliar na escolha do método de calibração multivariada.

**Figura 3 -** Fluxograma auxiliar para escolha do método para calibração



Onde: CLS = método clássico de mínimos quadrados; MLR = regressão linear múltipla; PCR = regressão de componentes principais e; PLS = mínimos quadrados parciais.

Fonte: Adaptado de (FERREIRA et al., 1999).

O uso de todas as variáveis espectrais (comprimentos de onda) resultará em modelos melhorados, mas exigem técnicas de regressão multivariada, como o método de regressão de componentes principais (PCR) ou do método de regressão por mínimos quadrados parciais (PLS). Estes dois métodos de regressão são baseados no princípio de que só alguns componentes lineares (combinações), dentro dos dados espectrais, podem ser utilizados na equação de regressão. Estes componentes são determinados utilizando cálculos matemáticos apropriados. Desta forma, apenas as informações mais relevantes do conjunto de dados espectral são selecionadas para o desenvolvimento do modelo de regressão ou de calibração (MANLEY, 2014).

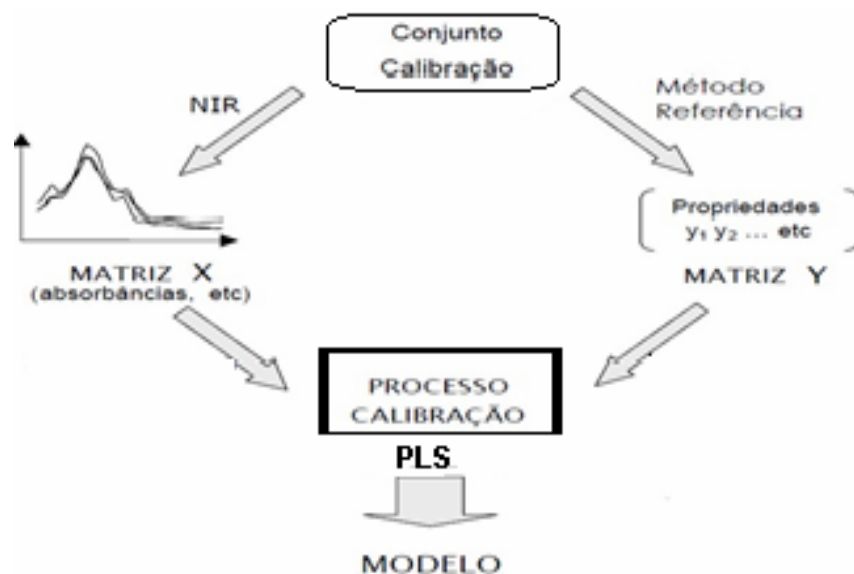
O PLS é o método de regressão mais comumente encontrado para a construção de modelos de calibração multivariada com dados de primeira ordem. Assim como a PCR, não requer um conhecimento total de todos os componentes nas amostras, realizando de forma efetiva a previsão amostral mesmo na presença de interferentes, considerando que estes estejam presentes também por ocasião na construção do modelo (BRERETON, 2000).

A regressão PLS difere da PCR na determinação das matrizes, utilizando informação da matriz das concentrações, e não apenas informações da matriz dos dados espectrais. Ambas são baseadas na decomposição das matrizes originais em dois conjuntos novos denominados escores e pesos, sendo chamados de métodos de regressão indiretos (SALDANHA; ARAÚJO; BARROS NETO, 1999).

A base fundamental do método PLS é a análise dos componentes principais (PCA), que consiste em uma manipulação da matriz de dados, visando representar as variações presentes nas variáveis, através de um número menor de fatores. O método desenvolve-se em um novo sistema de eixos (denominados componentes principais, variáveis latentes ou ainda autovetores) para representar as amostras, no qual a natureza multivariada dos dados pode ser visualizada em poucas dimensões. A variável latente descreve a direção de máxima variância que também se correlaciona com a concentração. Estas variáveis latentes são simplesmente, combinações lineares das componentes principais calculadas pelo método PCA (CUNHA JUNIOR et al., 2003).

Após a coleta dos espectros de amostras para calibração em um equipamento NIRS, analisam-se essas amostras, obtendo os valores correspondentes através de um método de referência. O modelo é desenvolvido na determinação das relações entre os espectros e os valores de referência dos parâmetros analisados (SOTELO et al., 2006). O esquema geral do processo de calibração está demonstrado na Figura 4.

**Figura 4** - Esquema geral da composição do conjunto de calibração e do processo de calibração para o modelo de predição analítica NIR sobre a carne suína



Onde: PLS = método de regressão por mínimos quadrados parciais.

Fonte: Adaptado de (SOTELO, 2006).

O próximo passo do processo é a avaliação dos dados, onde as matrizes do modelo são decompostas em duas matrizes de variações: pesos (Y) e escores (X), representando a relação das variáveis espectrais entre o sistema original e o sistema definido pelos fatores, ou seja, a relação de relevância entre as variáveis envolvidas com medidas em comum. Assim, define-se um número de componentes principais de tal maneira que a maior porcentagem da variação presente no conjunto de dados originais seja incorporada (SOUZA; POPPI, 2012).

## 2.7 PARÂMETROS QUE INDICAM A QUALIDADE DE UM MODELO DE CALIBRAÇÃO

Um modelo de calibração é considerado robusto quando a qualidade dos resultados não é afetada pela inclusão de novas amostras com variações não calibradas. A capacidade do modelo pode ser influenciada pela escolha dos equipamentos envolvidos na transferência de dados, pelo pré-processamento dos espectros e pela técnica de calibração empregada (HONORATO et al., 2007).

A exatidão do modelo pode expressar o grau de concordância entre o valor medido e o valor obtido como verdadeiro ou de referência. Comumente em aplicações com calibração multivariada a exatidão é estimada através da raiz quadrada do erro médio quadrático de previsão RMSEP (RMSEP – "Root Mean Squares Error of Prediction"), onde n é o número de amostras de validação (BRAGA; POPPI, 2004). Figura 5, indicando equação para RMSEP.

**Figura 5** – Equação da raiz quadrada do erro médio quadrático de previsão do modelo PLS

$$\text{RMSEP} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}}$$

**Fonte:** (BRAGA; POPPI, 2004).

A utilização prática do coeficiente de determinação  $R^2$  é muito importante, pelo qual podemos afirmar que a porcentagem da variação de (Y) pela reta de regressão, o que realmente ajuda na análise objeto do estudo. O coeficiente de determinação múltiplo ajustado ( $R^2$ ) é a medida do grau de ajustamento da equação de regressão múltipla aos dados amostrais, com valores variando de 0,1 a 1,0, sendo que para um ajustamento perfeito teríamos o valor 1,

que serve também como uma medida de aderência da equação de regressão aos dados amostrais (MANNARELLI FILHO, 2005).

A capacidade de predição é considerada boa, se o valor extraído pelo modelo de calibração está próximo do valor obtido pelo método de referência. Então a avaliação da habilidade de previsão de um modelo é obtida pelo erro padrão de calibração (SEC), com valores preditos após a construção do modelo abrangendo todas as amostras, ou seja, o modelo faz a predição de calibração de uma única vez, (calcula-se o SEC, onde “n” representa o número de amostras utilizadas) (FERRÃO et al., 2004). Equação na Figura 6.

**Figura 6 -** Equação para obtenção do erro padrão de calibração do modelo PLS

$$SEC = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{n}}$$

**Fonte:** (FERRÃO et al., 2004).

## 2.8 VALIDAÇÃO DO MODELO DE REGRESSÃO PARA NIR

Segundo Pasquini (2003), após a calibração do equipamento, o modelo ainda não está pronto para ser utilizado, já que a calibração deve ser testada por um processo chamado de validação, que pode parecer muito com a calibração, mas com uma diferença fundamental, as amostras de validação não são empregadas para se ajustar o modelo, somente para verificar o desempenho do modelo com novos dados.

A validação do modelo é imprescindível. Depois de calibrada uma propriedade qualquer espectroscópica por um conjunto espectral, a validação por opção pode ser realizada por dois métodos, externa e cruzada (LIMA et al., 2008). Determinados pelo método de referência com uso de um conjunto em separado, constituindo a abordagem de validação mais direta (PASQUINI, 2003).

A equação utilizada para erro padrão de calibração (SEC) é aproveitada para obter o erro padrão de validação, onde se substitui os valores para as amostras deste conjunto, denominando de erro padrão de validação (SEV). Os valores do erro SEC e de SEV são utilizados para determinar o ajuste de um modelo. De acordo com valores de SEV, se muito maiores que o SEC, indica modelos sobre-ajustados, isto é, a regressão encontrada considera dados que não apresentam correlação, havendo a presença de interferentes com, ruídos e erros sistemáticos. Já a modelagem é considerada eficiente quando a relação SEC/SEV fica no intervalo entre 0,5 e 1, sendo que valores mais próximos de 1 indicam modelos com melhor ajuste (FERRÃO et al., 2004).

Somente resultados baixos de erros de predição não garantem a ausência de erro sistemático em um modelo (BOTELHO; MENDES; SENA, 2013). Para interpretação real da precisão do modelo de previsão é aconselhável avaliar a relação de desempenho para o desvio (RPD), que é a razão entre o erro padrão de previsão para o desvio padrão (das amostras de validação) (MANLEY, 2014).

A equação para obtenção da relação de desempenho para desvio (RPD) de calibração do modelo PLS corresponde a:  $RPD_{val} = DP_{val} / RMSEP$ , onde:  $DP_{val}$  = desvio padrão da validação;  $RMSEP$  = erro quadrático médio de predição (BOTELHO; MENDES; SENA, 2013).

## REFERÊNCIAS

- ABULARACH, M. L. S.; ROCHA, C. E.; FELÍCIO, P. E. de. Características de qualidade do contrafilé (m. *L. dorsi*) de touros jovens da raça nelore. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 2, p. 205-210, maio/jul. 1998.
- ADZITEY, F.; NURUL, H. Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: causes and measures to reduce these incidences - a mini review. **International Food Research Journal**, Malaysia, v. 18, n.1, p. 11-20, feb. 2011.
- ALCANTARA, M.; MORAIS, I. C. L.; SOUZA, C. M. O. C. C. Principais Microrganismos envolvidos na deterioração das características sensoriais de derivados cárneos. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 6, n. 1, p. 1-20, jan./jun. 2012.
- ALISHAHI, A.; FARAHMAND, H.; PRIETO, N.; COZZOLINO, D. Identification of transgenic foods using NIR spectroscopy: a review. **Spectrochimica Acta. Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy**, Amsterdam, v. 751, p. 1-7, jan. 2010.
- AMIN, M.; KIEFER, C.; FEIJÓ, DIAS G. L.; GONÇALVES, L. M. P.; SOUZA, K. M. R. de.; RODRIGUES, G. P. Níveis de energia líquida e ractopamina na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 15, n. 2, p. 484-492, abr./jun. 2014.
- ANDRÉS, S.; SILVA, A.; SOARES-PEREIRA, A. L.; MARTINS, C.; BRUNO-SOARES, A. M.; MURRAI, I. The use of visible and near infrared reflectance spectroscopy to predict beef *M. longissimus thoracis et lumborum* quality attributes. **Meat Science**, Oxford, v. 78, n. 3, p. 217-224, mar. 2008.
- BAETEN, V.; DARDENNE, P. Spectroscopy: developments in instrumentation and analysis, **Grasas y Aceites**, Sevilla, v. 53, p. 45–63. apr./june 2002.
- BALOG, A.; MENDES, A. A.; PAZ, I. C. L. A.; SILVA M. C.; TAKAHASHI S. E.; KOMIYAMA C. M. Carne de avestruz: rendimento de carcaça e aspectos físicos e químicos. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 400-407, abr./jun. 2008.
- BARLOCCO, N.; VADELL, A.; BALLESTEROS, F.; GALIETTA, G.; COZZOLINO, D. Predicting intramuscular fat, moisture and Warner-Bratzler shear force in pork muscle using near infrared reflectance spectroscopy. **Animal Science**, Penicuik, v. 82, n.1, p. 111 –116, feb. 2006.
- BASTOS, R. G.; FEDERIZZI, J.; DESCHAMPS, J. C.; CARDELLINO, R. A.; DELLAGOSTIN, O. A. Efeito do gene do estresse suíno sobre características de quantidade e qualidade de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n.1, p. 37-40. jan/fev. 2001.
- BEKHIT, A. E. D.; CASSIDY, L.; HURST, R. D.; FAROUK, M. M. *Post-mortem* metmyoglobin reduction in fresh venison. **Meat Science**, Oxford, v. 75, n. 1, p. 53–60. jan. 2007.

- BEKHIT, A. E. D.; GEESINK, G. H.; MORTON, J. D.; BICKERSTAFFE, R. Metmyoglobin reducing activity and colour stability of ovine longissimus muscle. **Meat Science**, Oxford, v. 57, n. 4, p. 427–435, apr. 2001
- BEKHIT, A. E. D.; SIMMONS, N.; FAUSTMAN, C. Metmyoglobin reducing activity. **Meat Science**, Oxford, v. 71, n. 3, p. 407–439, nov. 2005.
- BERZAGHI, P.; RIOVANTO, R. Near infrared spectroscopy in animal science production: principles and applications. **Italian Journal of Animal Science**, Pavia, v. 8, n. 3, p. 39-62. jan. 2009.
- BODNÁR, M.; NAGY, J.; POPELKA, P.; KORÉNEKOVÁ, B.; MAČANGA, J.; NAGYOVÁ, A. Effect of quantum therapy on pork quality. **Journal Zhejiang Univ Sci B**. v. 12, n. 11, p. 892–899, nov. 2011.
- BOTELHO, B. G.; MENDES, B. A. P.; SENA, M. M. Implementação de um método robusto para o controle fiscal de umidade em queijo minas artesanal. Abordagem metrológica multivariada. **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 9, p. 1416-1422, set. 2013.
- BRAGA, J. W. B.; POPPI, R. J. Validação de modelos de calibração multivariada: uma aplicação na determinação de pureza polimórfica de carbamazepina por espectroscopia no infravermelho próximo. **Química Nova**, São Paulo, v. 27, n. 6, p. 1004-1011, nov./dez. 2004.
- BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. Teores de colesterol, lipídios totais e ácidos graxos em cortes de carne suína. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 1, p. 98-104, jan. 2002.
- BRERETON, R. G. Introduction to multivariate calibration in analytical chemistry. **Analyst**, Cambridge, v. 125, n. 11, p. 2125-2154, oct. 2000.
- BRIDI, A. M.; SILVA, C. A. Avaliação qualitativa. In: \_\_\_\_\_. **Métodos de avaliação da carcaça e da carne suína**. Londrina: Midiograf, 2009. p. 17-30.
- BRIDI, A. M.; OLIVEIRA, A. R.; FONSECA, N. A. N.; SHIMOKOMAKI, M.; COUTINHO, L. L.; SILVA, C. A. Efeito do genótipo halotano, da ractopamina e do sexo do animal na qualidade da carne suína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 2027-2033, set/out. 2006.
- BÜNING-PFAUE, H. Analysis of water in food by near infrared spectroscopy. **Food Chemistry**, Londres, v. 82, p.107–115. july 2003.
- CALDARA, F. R.; SANTOS V. M. O.; SANTIAGO J. C.; PAZ I. C. L. A.; GARCIA R. G.; VARGAS JUNIOR F. M.; SANTOS L. S.; NÄÄS I. DE A. Propriedades físicas e sensoriais da carne suína PSE. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, Salvador, v. 13, n. 3, p. 815-824, set. 2012.
- CEN, H.; HE, Y. Theory and application of near infrared reflectance spectroscopy in determination of food quality. **Trends in food science & technology**, Colney, v. 18, n. 2, p. 72-83, feb. 2007.

COSTA, M. C. R.; SILVA, C. A. da.; PINHEIRO, J. W.; FONSECA N. A. N.; SOUZA, N. E. de; VISENTAINER J. V.; BELÉ, J. C.; BOROSKY, J. C.; MOURINHO, F. L.; AGOSTINI, P. da S. Utilização da torta de girassol na alimentação de suínos nas fases de crescimento e terminação: Efeitos no desempenho e nas características de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 5, p.1581-1588, set./out. 2005.

CULAU, P. O. V.; OURIQUE, J. M. R.; NICOLAIEWSKY, S. Incidence of PSE in commercial pig carcasses in Rio Grande do Sul state. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 40. **Abstracts...** The Hague: ICoMST, 1994. P. S-IVA.01.

CUNHA JUNIOR, A. P. da.; CUNHA, V. de P. P. da.; SILVEIRA JUNIOR., L.; MARTIN, A. A. Modelo de calibração da concentração de metilmetacrilato em solução aquosa utilizando espectroscopia de absorção no ultravioleta. **Química Nova**, São Paulo, v. 26, n. 6, dez. 2003.

CHANNON, H. A.; PAYNE, A. M.; WARNER, R. D. Halothane genotype, pre-slaughter handling and stunning method all influence pork quality. **Meat Science**, v. 56, n. 3, p. 291-299, nov. 2000.

DALLA COSTA, O. A.; COLDEBELLA, A.; COSTA, M. J. R. P. da.; FAUCITANO, L.; PELOSO, J. V.; LUDKE, J. V.; SCHEUERMANN, G. N. Período de descanso dos suínos no frigorífico e seu impacto na perda de peso corporal e em características do estômago. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.5, p. 1582-1588, set./out., 2006.

De VRIES, A. G.; FAUCITANO, L.; SOSNICKI, A.; PLASTOW, G. S. The use of gene technology for optimal development of pork meat quality. **Food Chemistry**, Londres, v. 69, n. 4, p. 397-405, june 2000.

FERRÃO, M. F.; CARVALHO, C. W.; MÜLLER, E. I.; DAVANZO, C. U. Determinação simultânea dos teores de cinza e proteína em farinha de trigo empregando NIR-PLS e DRIFT-PLS. **Ciência e tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 333-340, jul./set. 2004.

FERREIRA, M. M. C.; ANTUNES, A. M.; MELGO, M. S.; VOLPE, P. L. O. Quimiometria I: calibração multivariada, um tutorial. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 5, p. 724-731, set. 1999.

GUÀRDIA, M. D.; ESTANY, J.; BALASCH, S.; OLIVER, M. A.; GISPERT, M.; DIESTRE, A. Risk assessment of PSE condition due to pre-slaughter conditions and RYR1 gene in pigs. **Meat Science**, Oxford, v. 67, n. 3, p. 471-478, july 2004.

GUÀRDIA, M. D.; ESTANY, J.; BALASCH, S.; OLIVER, M. A.; GISPERT, M.; DIESTRE, A. Risk assessment of DFD meat due to pre-slaughter conditions in pigs. **Meat Science**, Oxford, v. 70, n. 4, p. 709 -716, aug. 2005.

HAMBRECHT, E.; EISSEN, J. J.; NEWMAN, D. J.; SMITS, C. H. M.; VERSTEGEN M. W. A.; DEN HARTOG, L. A. Preslaughter handling effects on pork quality and glycolytic potential in two muscles differing in fiber type composition. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 5, p. 1401-1409, may 2004.

HAUTRIVE, T. P.; MARQUES, A. C.; KUBOTA, E. H. Composição centesimal da carne de avestruz. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 2, p. 327-334, abr./jun. 2012.

HONORATO, F. A.; BARROS NETO, B.; MARTINS, M. N.; GALVÃO, R. K. H.; PIMENTEL, R. F. Transferência de calibração em métodos multivariados, **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 5, p. 1301-1312, jun. 2007.

HUFF-LONERGAN, E. ; LONERGAN, S. Mechanisms of water-holding capacity of meat: the role of *post mortem* biochemical and structural changes. **Meat Science**, Oxford, v. 71, p. 194-204, sep. 2005.

JEREMIAH, L. E. Consumer responses to pork loin chops with different degrees of muscle quality in two western Canadian. **Canadian Journal Animal Science**, Ottawa, v. 74, n. 3, p. 425-432, sep. 1994.

KOPUZLU, S.; ONENC, A.; BILGIN, O. C.; ESENBUGA, N. Determination of meat quality through principal components analysis. **The Journal of Animal & Plant Sciences**, Lahore, v. 21, n. 2, p.151-156. jul. 2011.

KUCHENMEISTER, U.; KUHN, G.; ENDER, E. Seasonal effects on Ca<sup>+2</sup> transport of sarcoplasmic reticulum and on meat quality of pigs with different malignant hyperthermia status, **Meat Science**, Oxford, v. 55, n. 2, p. 239–245, jun. 2000.

LANZA, E. Determination of moisture, protein, fat, and calories in raw pork and beef by near-infrared spectroscopy. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 48, n. 2, p. 471–474, mar. 1983.

LEROY, B.; LAMBOTTE, S.; DOTREPPE, O.; LECOCQ, H.; ISTASSE, L.; CLINQUART A. Prediction of technological and organoleptic properties of beef Longissimus thoracis from near-infrared reflectance and transmission spectra. **Meat Science**, Oxford, v. 66, n. 1, p. 45-54, jan. 2004.

LIMA, K. M. G.; TREVISAN, M. G.; POPPI, R. J.; ANDRADE, J. C. de. Determinação não destrutiva do nitrogênio total em plantas por espectroscopia de reflectância difusa no infravermelho próximo. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 700-703. mar. 2008.

McCANN, M. E. E.; BEATTIE, V. E.; WATT, D.; MOSS, B. W. The effect of boar breed type on reproduction, production performance and carcass and meat quality in pigs. **Irish Journal of Agricultural and Food Research**, Carlow, vol. 47, n. 2, p. 171–185. 2008.

MANNARELLI FILHO, T. Análise da Correlação e Regressão da Expansão Açucareira da Região Oeste de São Paulo, **Revista Economia & Pesquisa**, Araçatuba, v. 10, n. 7, p. 7 -33, mar. 2005.

MAGANHINI, M. B.; MARIANO, B.; SOARES, A. L.; GUARNIERI, P. D.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E. I. Carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) e DFD (Dark, Firm, Dry) em lombo suíno numa linha de abate industrial. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 69-72, ago. 2007.

MANCINI, R. A.; HUNT, M. C. Current research in meat color. **Meat Science**, Oxford, v. 71, n. 1, p. 100-121, sep. 2005.

MANLEY, M. Near-infrared spectroscopy and hyperspectral imaging: non-destructive analysis of biological materials. **Chemical Society Reviews**, Londres, v. 43, n. 24, p. 8200-8214, aug. 2014.

MELODY, J. L.; LONERGAN, S. M.; ROWE, L. J.; HUIATT, T. W.; MAYES, M. S.; HUFF-LONERGAN, E. Early *post mortem* biochemical factors influence tenderness and water-holding capacity of three porcine muscles. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 82, n. 4, p. 1195–1205, feb. 2004.

MINOLTA. Precise color communication: color control from perception to instrumentation [Japan: Minolta co., 1998].p.19.

MOELLER, S. J.; BAAS, T. J.; LEEDS, T. D.; EMNETT, R. S.; IRVIN, K. M. Rendement Napole gene effects and a comparison of glycolytic potential and DNA genotyping for classification of Rendement Napole status in Hampshire-sired pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 81, n. 2, p. 402 - 410, feb. 2003.

MOREL, P. C. H.; PURCHAS, R. W.; WILKINSON, B. H. P. Review of pork-quality studies in new zealand. **Proceedings of the New Zealand society of animal production**, Morrisville, v. 70, p. 261-265, jun. 2010.

MORGANO, M. A.; FARIA, C. G.; FERRÃO, M. F.; BRAGAGNOLO, N.; FERREIRA, M. M. DE C. Determinação de umidade em café cru usando espectroscopia NIR e regressão multivariada. **Ciência e Tecnologia Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 12-17, mar., 2008.

NEWTON, K. G.; GILL, C. O. The microbiology of DFD fresh meats: A review. **Meat Science**, v.5, n. 3, p. 223-232, may. 1981.

NOGUEIRA, A. R. A.; SOUZA, G. B. **Manual de Laboratórios: Solo, Água, Nutrição Vegetal, Nutrição Animal e Alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. p. 313.

ODA, S. H. I.; BRIDI, A. M.; SOARES, A. L.; GUARNIERI, P. D.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. Carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) e DFD (Dark, Firm, Dry) em aves e suínos - diferenças e semelhanças. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 28, n. 325, p. 108-113, mar. 2004.

OECD-FAO Agricultural Outlook 2014-2023, OECD/FAO (2014). Updated on: 15 April, 2014. Available from:

<[http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Welternahrung/OECD-FAO-AgriculturalOutlook.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Welternahrung/OECD-FAO-AgriculturalOutlook.pdf?__blob=publicationFile)>

OLIVEIRA, Raphael Rocha de. **Aplicação da espectroscopia de infravermelho próximo para a determinação do caseinomacropéptido em leite uat**. 2010. 63 fls. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS. Goiania, 2010.

PASQUINI, C. Near infrared spectroscopy: Fundamentals practical aspects and analytical

applications. **Journal of Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 198-219, mar./apr. 2003.

PAULA, E. F. E. de.; STIVARI, T. S. S.; SALGADO, J. A.; FERNANDES, M. A. M.; GILAVERTE, S.; MONTEIRO, A. L. G. Determinação da qualidade da carne com uso da espectroscopia de reflectância. **Scientia Agraria Paranaensis – SAP**, Marechal Cândido Rondon, v. 12, n. 4, p. 301-307, out./dez., 2013.

PINHEIRO, R. E. E.; CARDOSO, E. C.; KLEIN JÚNIOR, M. H.; MURATORI, M. C.S.; LOPES, J. B.; FARIAS, L. A.; TEIXEIRA, M. de P. F. Qualidade da carne de suínos mestiços comerciais e sem raça definida criados em regime intensivo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 14, n. 1, p.149-160, jan./mar. 2013.

PIRES, I. S. C.; ROSADO, G. P.; AZEVEDO, R. M. C. de.; NEVES, M. B.; MIRANDA, L. S. Composição centesimal, perdas de peso e maciez de lombo (*longissimus dorsi*) suíno submetido a diferentes tratamentos de congelamento e descongelamento. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 163-172, mai/ago. 2002.

RADETIĆ, P.; MILIJAŠEVIĆ, M.; JOVANOVIĆ, J.; VELEBIT, B. Modified atmosphere packaging for fresh meat – trend that lasts! **Tehnologija mesa**, Kačanskog, v. 48, n. 2, p. 99-108, jun. 2007.

RASPE, J. D.; GARCIA, V. A.; SILVA, C. da. Determinação de ésteres etílicos de ácidos graxos por espectroscopia ft-nir e calibração multivariada em reações de transesterificação. **e-xacta**, Belo Horizonte, v. 6, p. 27-33. jun. 2013.

RODRIGUES, C. R. **Métodos de Análises Bromatológicas de Alimentos: Métodos Físicos, Químicos e Bromatológicos**. Documentos 306. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2010. 177 p.

RODRIGUES, V. C.; ANDRADE, I. F. de. Características físico-químicas da carne de bubalinos e de bovinos castrados e inteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1839-1849, dez. 2004.

RÜBENSAM, J. M. **Transformações post mortem e qualidade da carne suína**. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL VIRTUAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1. 2000. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2001. p. 89-99.

SALDANHA, T. C. B.; ARAÚJO, M. C. U. de; BARROS NETO, B. de. Análise multicomponente simultânea por espectrofotometria de absorção molecular UV-VIS, **Química Nova**, São Paulo, vol. 22, n. 6, p. 847- 853, fev. 1999.

SANTORO, P.; FAUCITANO, L. P. Stress in pig production. **Pig News and Information**, Oxfordshire, v. 17, n. 2, p. 49–52, 1996.

SHENK, J.; WESTERHAUS, M. New standardization and calibration procedure for NIR analytical systems. **Crop Science**, Florida, v. 31, n. 6, p.1694-1692, nov. 1991.

SIECZKOWSKA, H.; KOĆWIN-PODSIADŁA, M.; ZYBERT, A.; KRZECIO, E.; ANTOSIK, K.; KAMIŃSKI, S.; WÓJCIK, E. The association between polymorphism of

PKM2 gene and glycolytic potential and pork meat quality. **Meat Science**, Oxford, v. 84, n. 1, p. 180-185. jan. 2010.

SOTELO, Francisco Falla. **Aplicação da espectroscopia de Infravermelho Próximo na caracterização de petróleo**: Simulação de uma unidade de destilação atmosférica. 2006. 77 fls. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SOUZA, V. L. F.; SILVA, R. S. S. F. Dietary vitamin E supplementation on cholesterol and cholesterol oxides of pig meat and cooked ham. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 49, n. 2, p.197-205, mar. 2006.

SOUZA, A. M.; POPPI, R. J. Experimento didático de quimiometria para análise exploratória de óleos vegetais comestíveis por espectroscopia no infravermelho médio e análise de componentes Principais: um tutorial, parte I. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 223-229, jul. 2012.

ŠUPUT, Z. D.; LAZIĆ, L. V.; LEVIĆ, B. L.; PEZO, L. L.; TOMOVIĆ, M. V.; HRMIŠ, M. N. Effect of specific packaging conditions on myoglobin and meat color. **Food & Feed Research**, Novi Sad, v. 40, n. 1. p. 1-10. june 2013.

THORNTON, F. K. Livestock production: recent trends, future prospects. **Philosophical Transactions of The Royal Society B.**, Nairobi, v. 365, n.1554, p. 2853–2867, aug. 2010.

WARNER, R. D.; KAUFFMANN, R. G.; GREASER, M. L. Muscle protein *changes post mortem* in relation to pork quality traits. **Meat Science**, v. 45, n. 3 p. 339-352, mar. 1997.

WOODCOCK, T.; DOWNEY, G.; O'DONNELL, C. P. Better quality food and beverages: the role of near infrared spectroscopy. **Journal of Near Infrared Spectroscopy**, Chichester, v.16, p. 1-29. jan., 2008.

ZAMORA-ROJAS, E.; GARRIDO-VARO, A.; DE PEDRO-SANZ, E.; GUERRERO-GINEL, E.; PÉREZ-MARÍN, D. Monitoring NIRS calibrations for use in routine meat analysis as part of Iberian pig-breeding programs. **Food Chemistry**, v. 129, p. 1889–1897, dec. 2011.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVOS GERAIS

- Avaliar o uso da Espectroscopia de Infravermelho Próximo, utilizando quimiometria, para a identificação e quantificação de caracteres ligados à qualidade da carne suína.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Verificar a eficiência da Espectroscopia de Infravermelho Próximo para caracterizar a composição centesimal da carne suína.
- Comparar a eficácia da Espectroscopia de Infravermelho Próximo na avaliação da cor, pH e da capacidade de retenção de água.

#### 4 ARTIGO: MODELOS DE PREVISÃO DE COR E PH PARA QUALIDADE DA CARNE SUÍNA COM USO DE ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO PRÓXIMO<sup>1</sup>

##### RESUMO

O uso da espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) foi testado como técnica potencial para a previsão de atributos de qualidade em características físicas de amostras aleatórias de carne suína. As amostras de carne utilizadas para as análises foram obtidas a partir de 77 carcaças suínas. Foram analisados os valores de pH 45 minutos após o abate e após 24 horas de refrigeração na câmara de maturação sanitária, onde de cada meia carcaça retirou-se uma amostra da do músculo *longissimus dorsi*. O corte da amostra foi entre a penúltima e última costela no sentido cranial. Foram realizadas as análises de cor, pH, capacidade de retenção de água e composição química. Atributos de qualidade foram avaliados através da obtenção dos espectros com comprimentos de onda compreendidos entre 400 e 2500 nm. Os dados foram submetidos à análise estatística comparativa pelo método dos mínimos quadrados parciais (PLS) na versão de software Unscrambler 9.7, camo, Trondheim, Noruega. Resultados médios em qualidade foram obtidos para o parâmetro para  $a^*$ , e com baixa qualidade para  $L^*$ ,  $b^*$ , pH, com modelos desenvolvidos individualmente ( $R^2_{cv}$  0,72 e 0,86 SECV) e ( $R^2_{cv}$  0,63, 0,65, 0,67 e 1,88 SECV, 0,69, 0,08, respectivamente). As análises de capacidade de retenção de água e a composição química demonstraram resultados muito baixos de previsão. Os resultados sugerem que o NIR pode tornar-se uma ferramenta útil para a avaliação da qualidade dos suínos, no entanto, depende de mais estudos para aumentar a qualidade dos modelos.

Palavras-chaves: Cor. Extrato etéreo. pH. Proteína. NIR.

---

<sup>1</sup> Artigo redigido segundo as normas da Revista Journal Meat Science And Technology.

## ABSTRACT

The use of spectroscopy near infrared (NIR) was tested as potential technique for predicting quality attributes in physical characteristics of random samples of swine. The meat samples used to the analyses were obtained from (n = 77) carcasses. Were analyzed pH values at 45 minutes after slaughter and after 24 hours of maturation in sanitary cooling chamber, where in each left half carcass removed a sample of the *longissimus dorsi* muscle. The cut of the sample was between the penultimate and last rib in the cranial direction. Were analyzes color performed, pH, water holding capacity (WHC) and chemical composition. Quality attributes evaluated by obtaining the spectra with wavelengths between 400 and 2500 nm. Data were subjected to comparative statistical analysis by method of partial least squares (PLS) in Unscrambler software version 9.7, CAMO, Trondheim, Norway. Average quality results were obtained for the parameter to  $a^*$ , and low quality for  $L^*$ ,  $b^*$ , pH, with individually provided models ( $R^2_{cv}$  0.72 and 0.86 SECV) and ( $R^2_{cv}$  0.63, 0, 65, 0.67 and SECV 1.88, 0.69, 0.08 respectively). The analyzes of the WHC and chemical composition showed very low prediction results. The results suggest that the NIR can become a useful tool for the evaluation of swine quality, however, depends on further studies to increase the quality of templates.

KEYWORDS: COLOR. ETHER EXTRACT. NIR. pH. PROTEIN.

## INTRODUÇÃO

A carne é um importante produto para a dieta humana e vem sendo muito valorizada, devidamente associada ao seu alto valor nutricional. A carne de alta qualidade é cada vez mais procurada pelos consumidores (Kamruzzaman et al., 2012).

A qualidade da carne pode ser afetada por vários fatores, como condições ambientais, durante o manejo pré-abate. Ainda, outras condições podem ser citadas, como genética, sexo, raça, sistema de produção, condições no manejo de pré-abate, o método de atordoamento e o procedimento de abate (Čandek-Potokar, Zlender, 1998 e Hu et al., 2008 e Rosenvold, Andersen, 2003). Os tradicionais métodos de avaliação da qualidade da carne são demasiadamente demorados e inviáveis para uso em linha de abate em plantas comerciais. Logo, a espectroscopia de infravermelho próximo mostra um grande potencial para substituir as análises químicas da composição de carne (Andrés et al., 2007 e Prevolnik, Čandek-Potokar, & Škorjanc, 2004). Esta técnica é rápida, confiável e precisa (Andrés et al., 2008 e Cozzolino et al., 2003 e Teye, Xing-yi, & Newlove, 2013). Conforme Adamopoulos, Goula e Petropakis (2001), a associação entre espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) e ferramentas de calibração multivariada permite a redução de erros humanos e o aumento da rapidez na análise.

As informações dominantes presente nos espectros NIR surgem de vibrações com combinações harmônicas e combinação em agrupamentos moleculares, tais como O-H, N-H, C-H e H-S, que são normalmente amplas em compostos orgânicos, tornando a identificação de composição química uma tarefa complexa para estrutura detalhada e para atribuir características individuais de componentes químicos específicos (Alexandrakis, Downey e Scannell, 2012).

Os compostos orgânicos possuem absorção eletromagnética e intimamente ligada a esse fato, estão às ligações covalentes, onde apresentam movimentos de estiramento e rotação em resposta a ação física da luz. Para o uso do NIR é necessário seguir corretamente alguns passos como a seleção de amostras, realização de análises de técnicas como referência, aquisição de dados espectrais, determinação da equação matemática mais adequada e finalmente a validação. A utilização desta tecnologia na rotina laboratorial fornecerá de forma ágil, sensível e pouco onerosa as estimativas as características tecnológicas e nutritivas dos alimentos (Campestrini, 2005).

Cozzolino e Murray (2004) afirmaram que as características químicas e físicas, tais como umidade, pigmentação, gordura intramuscular, textura e outras características (estrutura muscular e tipo de fibras musculares) podem explicar as diferenças entre propriedades de

carnes de diferentes espécies. A análise da composição físico-química da cor em carne suína com o uso de reflectância NIR tem sido relatada por diversos autores (Chan, Walker, & Mills, 2002 e Cozzolino et al., 2003 e Geesink et al., 2003 e Hu et al., 2008 e Kang, Park, & Choy, 2001 e Liu et al., 2004 e Roza-Delgado et al., 2013 e Savenije et al., 2006 e Xing, et al., 2007).

Muitas pesquisas vêm sendo realizadas sobre a composição química da carne suína com uso da espectroscopia de infravermelho próximo, no modo de reflexão e absorção (Barlocco et al., 2006 e Chan, Walker & Mills, 2002 e Lanza, 1983 e Horiuchi et al., 1999 e Hu et al., 2008 e Savenije et al., 2006 e Tøgersen et al., 1999). A maioria das pesquisas teve como objetivo a utilização do NIRS para determinação de características tecnológicas da carne ou seus indicadores de qualidade (Brondum et al., 2000 e Geesink et al., 2003 e Hoving-Bolink et al., 2005 e Kapper et al., 2012 e Liao, Fan, & Cheng, 2012 e Meulemans et al., 2003 e Monroy et al., 2010).

Objetivou-se com este estudo investigar o potencial da espectroscopia de infravermelho próximo para avaliar as características de qualidade da carne suína, incluindo cor, pH, perda de água e composição química em amostras aleatórias do músculo *longissimus dorsi* de suínos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Preparação de Amostra

Amostras de lombo suíno (n total = 77) foram adquiridas de um lote de suínos de linhagem genética comercial, composto por machos e fêmeas, que foram alimentados com dietas isoenergética e isonutrientes, a base de milho e farelo de soja, até alcançarem peso vivo médio final de  $110,63 \pm 5,70$  Kg.

Os animais foram abatidos segundo as normas de Abate Humanitário (Brasil, 2000). Após 24 horas de refrigeração das carcaças, foram coletadas amostras do músculo *longissimus dorsi*, entre a 12ª e 13ª costelas. As amostras foram identificadas, embaladas e transportados sob refrigeração para o Laboratório de Ciência animal UEL, Londrina-PR, Brasil. Foram retirados cortes em fatias (20 a 25 mm de espessura) do músculo lombar e utilizadas para a realização de medida de cor, pH, perda de água e análise centesimal. Cortes de carne suína (parte central do músculo *longissimus dorsi*) foram cuidadosamente aparados com um bisturi cirúrgico para inserção em uma célula de amostra (ring cup), logo após cada amostra foi

submetida em processador de alimentos e homogeneizada. O recipiente do processador foi lavado com água e detergente neutro e secado com papel.

### Medições analíticas

Os valores de pH foram medidos no músculo *longissimus dorsi* 45 minutos e 24 horas após o abate, com auxílio do potenciômetro de inserção (Testo 205 AG, Lenzkirch, Alemanha).

Atributos de qualidade foram medidos 24 horas *post mortem*. Depois de um período de troca gasosa da amostra com o ar atmosférico por 30 min, a determinação da cor foi obtida como média de 3 medições consecutivas em locais aleatórios de amostras do músculo lombar, usando um colorímetro Minolta® portátil (modelo CR-10 colorímetro com iluminante C e 8° ângulo de inclinação - Tokyo, JP). A cor foi expressa com valores de luminosidade ( $L^*$ ), intensidade de vermelho-verde ( $a^*$ ) e intensidade de amarelo-azul ( $b^*$ ) usando o sistema de cor Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) (CIE, 1978 e Honikel, 1998 e Karamucki, 2011). A capacidade de retenção de água foi realizada de acordo com Hamm (1960), com base em carne de perda de água quando a pressão é aplicada sobre o músculo. Cubos de carne com um peso de 2 g foram colocados entre dois círculos de papel de filtro dispostos em placas de acrílico, e submetidos a prensagem por um peso de 10 kg durante 5 min. Em seguida, com as amostras retiradas dos papéis de filtro, a perda de água foi calculada como a diferença entre o peso inicial e final da amostra. Os resultados foram expressos como a porcentagem de perda por gotejamento em relação ao peso inicial da amostra. As amostras retiradas para análise centesimal foram congeladas a  $-18^{\circ}\text{C}$ . Para determinação de umidade, cinzas, proteína bruta e extrato etéreo utilizou-se o método descrito pela AOAC (1990).

### Classificação da amostra

Com base nos resultados da cor, pH final e capacidade de retenção de água, as amostras foram pré-classificadas em três classes de qualidade diferentes, ou seja PSE ( $L^* > 53$ ,  $\text{pH} < 5,8$ ), DFD ( $L^* < 46$ ,  $\text{pH} > 6,1$ ), e normal ( $46 < L^* < 53$ ,  $\text{pH} > 5,8$ ). Os valores estão baseados nas informações de Barbin et al. (2015), indicando que as amostras dentro destes intervalos representam as três categorias.

## Espectroscopia no infravermelho próximo

Os dados espectrais foram coletados no modo de reflectância e registrados como absorvância ( $\log 1/R$ ), usando um modelo XM 1100 séries XDS Near-Infrared - Analyser Content Rápida (Foss NIRSystems, Dinamarca), em toda a gama de comprimentos de onda 400-2498 em intervalos de 2 nm. Entre as análises das amostras, a superfície da célula onde foi depósito da amostra foi lavado com etanol (70% v / v), água destilada e seca utilizando papel macio. Os espectros foram adquiridos a partir de amostras frescas picadas, estabelecido assim o procedimento mais adequado para a preparação da amostra.

## Modelo de calibração pelos mínimos quadrados parciais (PLS) e análise estatística espectral

O modelo de calibração utilizado foi:

$$y = Xb + E$$

Onde  $y$  é a matriz de resposta de medições instrumentais e sensoriais independentes ( $N^\circ$  amostras  $\times$  1),  $X$  é a matriz preditores ( $n$  amostras  $\times$   $w$  comprimentos de onda),  $b$  representa a matriz de coeficientes de regressão obtidas a partir de análise PLS, e  $E$  é a matriz com informação dos resíduos não contida nos fatores.

Avaliou-se o modelo quanto a sua capacidade de predição, por meio do cálculo do coeficiente de determinação na calibração  $R^2c$ , erro padrão de calibração (SEC), coeficiente de determinação na validação cruzada  $R^2cv$  e erro padrão estimado pela validação cruzada (SECV). A seleção do melhor modelo levou em consideração a presença de altos coeficientes de determinação ( $R^2$  e  $R^2cv$ ) e baixos erros (SEC e SECV), além da menor diferença possível entre SEC e SECV (Skibsted et al., 2004). A relação de desempenho para desvio (RPD) também foi considerada, isto é, a razão entre o desvio padrão da variável de resposta (SD) para a SECV; e a relação do intervalo de erro (RER), representando a relação entre o intervalo dos valores de resposta para SECV. Valores de RER no intervalo de 4-8 foram considerados com possibilidade de discriminar os valores quantitativamente. Valores de RER no intervalo de 8-12 representam média a boa previsibilidade, e RER apresentando valores superiores a 12 indica ótima previsibilidade (Barbin et al., 2012). Mais de três foi considerado o valor de RPD ideal, levando em consideração que a variação nos dados de referência sejam baixos. Os valores para o  $R^2$  e o RPD não podem ser muito altas (Williams and Sobering, 1996 apud

Pérez-Marin et al., 2004). A referência para modelos de regressão múltipla foi considerada de boa precisão quando apresentou o valor mínimo de  $R^2$  de 0,80. Quando o RPD foi superior a 3 e o RER superior a 10, aumenta-se a qualidade e a viabilidade do uso do modelo estatístico utilizado (Barbin et al., 2012).

### Análise estatística

Os dados de pH, cor, composição química e perda de água da carne foram submetidos à análise estatística descritiva pelo programa SAEG software (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas, versão 9.1).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos valores de máximo, mínimo, média, coeficiente de variação e desvio padrão dos parâmetros de cor, pH, capacidade de retenção de água e composição centesimal encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores da cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , croma e tonalidade), da composição química (umidade, proteína, extrato etéreo e matéria mineral), pH inicial e pH final e perda de água do músculo *Longissimus dorsi* de suínos.

Parâmetros	Valor		Média	CV (%)	DP (%)
	Mínimo	Máximo			
$L^*$	46,23	63,93	54,9	5,94	3,28
$a^*$	2,83	9,76	5,96	27,81	1,67
$b^*$	8,6	14,96	11,3	11,29	1,29
Croma	9,73	17,18	12,98	13,74	1,78
Tonalidade	0,89	1,29	1,09	8,00	0,08
Umidade (%)	71,86	76,06	74,42	1,18	0,87
Proteína Bruta (%)	20,06	23,88	21,63	4,12	0,89
Extrato Etéreo (%)	1,94	3,79	3,02	18,06	0,54
Matéria Mineral (%)	1,02	2,15	1,1	11,9	0,13
pH inicial	5,34	6,89	6,41	4,72	0,3
pH final	5,33	5,83	5,53	2,35	0,13
Perda de água (%)	26,96	42,76	34,31	9,81	3,36

CV= coeficiente de variação

DP= desvio padrão

A luminosidade ( $L^*$ ), a tonalidade, a umidade, a proteína bruta, a matéria mineral, o pH e a perda de água apresentaram coeficientes de variação baixos, o valor de  $b^*$ , o croma e o extrato etéreo apresentaram coeficientes de variação médios enquanto que o coeficiente de variação do valor de  $a^*$  foi considerado alto, para dados relativos, a correlação é positiva e negativa, o coeficiente de variação tende ao infinito. A intensidade do vermelho-verde ( $a^*$ ) apresentou o maior coeficiente de variação (27,81%), com valor médio de  $a^*$  5,96.

A luminosidade apresentou valor médio de 54,9. Esse valor indica que, em média, as carnes suínas avaliadas eram claras, segundo Warner et al., (1997), a carne suína com coloração normal deve possuir valor de  $L^* < 50$ . O coeficiente de variação para essa característica foi baixo com 5,94. A ocorrência de carnes pálidas é explicada pela exsudação de água na carne, o croma do brilho ( $L^*$ ) tende a aumentar pelo acúmulo de líquido na superfície, e o croma do vermelho ( $a^*$ ) tende a diminuir devido principalmente à diluição superficial dos pigmentos (Rosa et al. 2001).

As cores pelos parâmetros  $a^*$  e  $b^*$  apresentaram valores máximos e mínimos de 9,76, e 2,83, e 14,96 e 8,6. A presença de carnes palidas influenciou nos valores médios de croma ( $a^*$ ) e ( $b^*$ ) com valores de 5,96 e 11,3, respectivamente, as carnes ficaram abaixo dos valores normais. Van Der Wal et al. (1988), que estudaram a cor da carne suína e obtiveram, em carnes suínas normais, valores de  $a^*$  de 6,3, e  $b^*$  de 13,7.

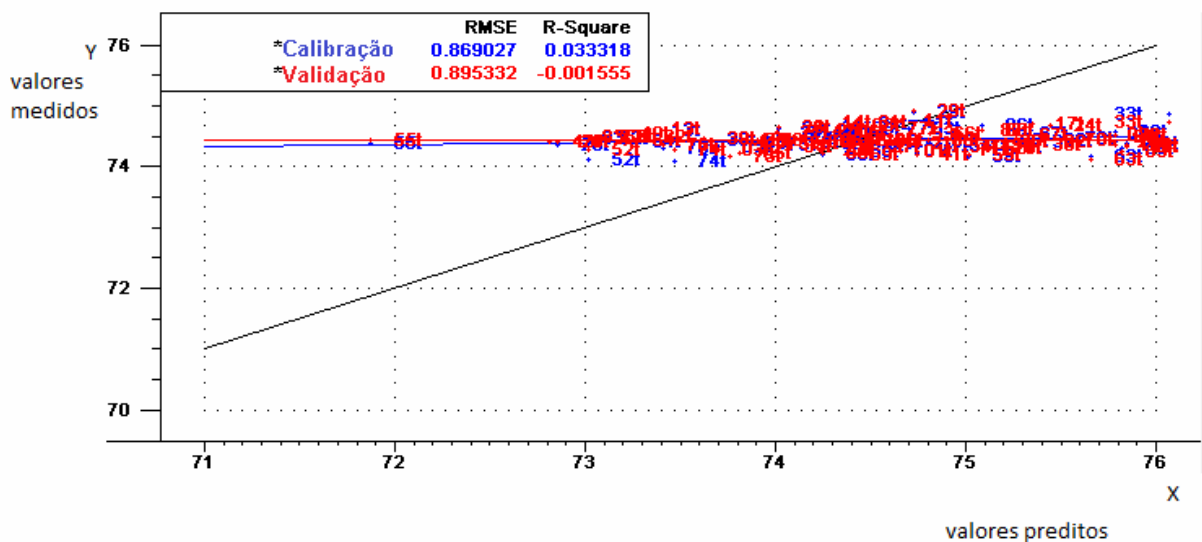
Valores médios normais foram encontrados na composição centesimal neste experimento, com umidade de 74,42%, proteína bruta 21,63%, extrato etéreo 3,02% e matéria mineral 1,1%. Valores semelhantes com carnes classificadas como normais foram encontrados por Caldara et al. (2012), com umidade de 74,52%, proteína bruta 21,53%, extrato etéreo 2,48 e cinzas 1,08.

Com base nos valores de pH, 74 amostra (96,1%) apresentaram características normais, ou seja, com valores de pH inicial maior que 5,8. Três amostras (3,89 %) apresentaram características de carne PSE, com pH inicial menor que 5,8. Nenhuma amostra foi classificada como DFD (pH final  $> 6,0$ ). Valores mais altos foram encontrados por Maganhini et al. (2007), que estimaram a incidência de carne PSE em suínos, com proporção de 22,83%, e DFD, 1,06%. Também Culau et al. (2002) afirmaram que a carne de suínos de diferentes genótipos podem apresentar valores de pH inicial inferiores a 5,8, sendo consideradas carnes PSE, além de uma frequência elevada de carcaças PSE (pH inicial  $< 5,8$ ) incidente em 46,36% dos animais analisados, onde a classificação de qualidade de carne com base no pH inicial é rigorosa, sendo adotada como parâmetro ideal na classificação da carne suína.

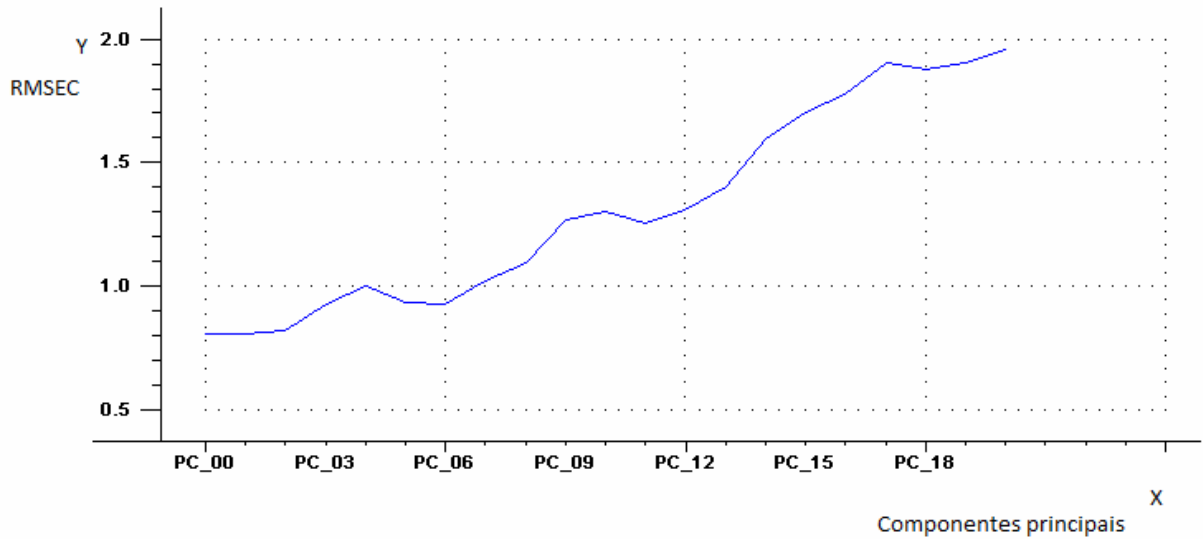
Em consideração aos valores da perda de água, que neste estudo apresentou valor médio de 34,31%, indicando valores acima do normal. Van Der Wal et al. (1988) relataram valores de perda de água de 30,7% na carne PSE e 26,9% na carne normal.

Os dados obtidos de composição química e perda de água para amostras do músculo *longissimus dorsi* não obtiveram nenhuma correlação entre as medidas analíticas e os espectros pela regressão PLS, (Gráficos 1, 3, 5, 7), onde eles se distanciam da linha de 45° (ponto de encontro correspondente à exatidão de valores preditos no eixo X e medidos no eixo Y). Além disso, em análise os Gráficos 2, 4, 6 e 8 observa-se que o erro no formato (RMSEC) aumenta quando se adicionam novas variáveis na presença do aumento dos componentes principais (PC), mostrando que não existe predição possível para estas condições.

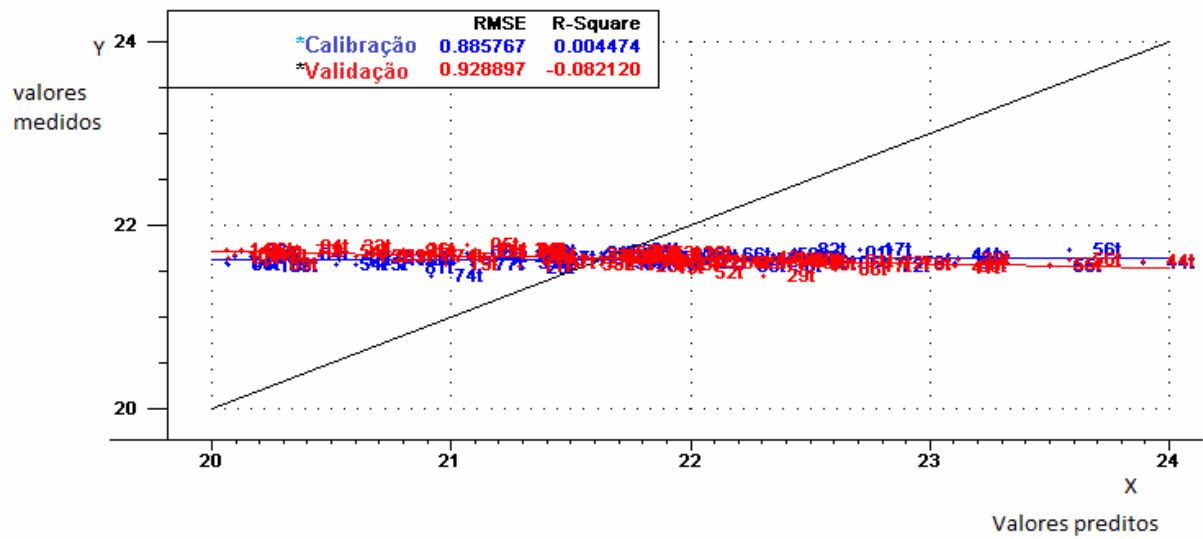
**Gráfico 1** – Valores de umidade para o modelo PLS de regressão para calibração e validação em valores preditos (eixo x) vs. valores medidos (eixo y)



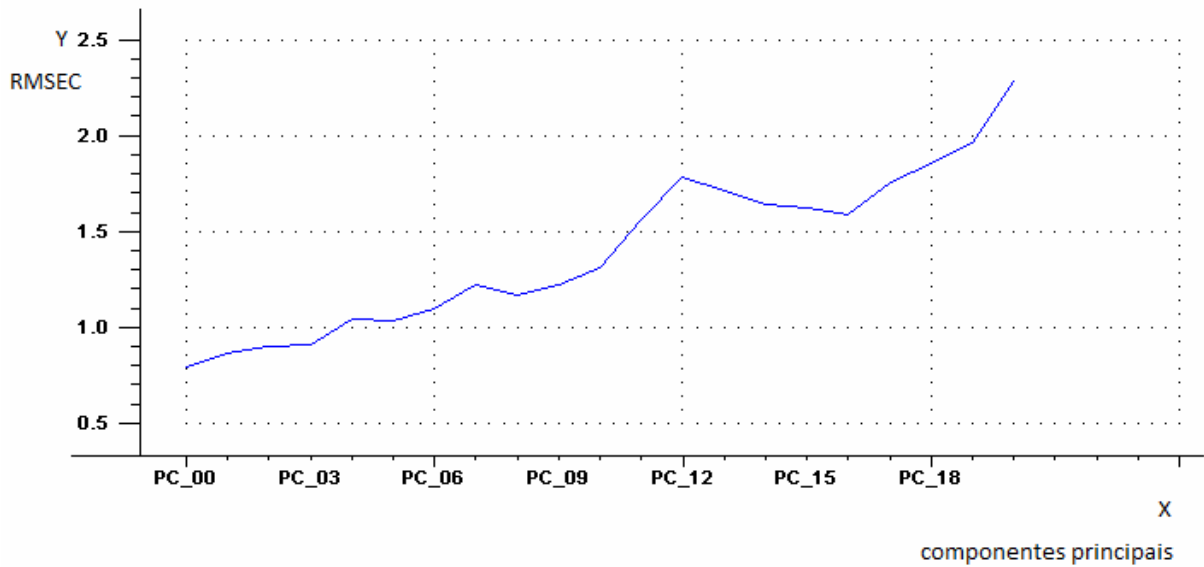
**Gráfico 2 –** Avaliação do erro quadrático médio de predição (RMSEC) no eixo (y) vs. adição de componentes principais (PC) eixo (x) incluídas no modelo PLS para umidade



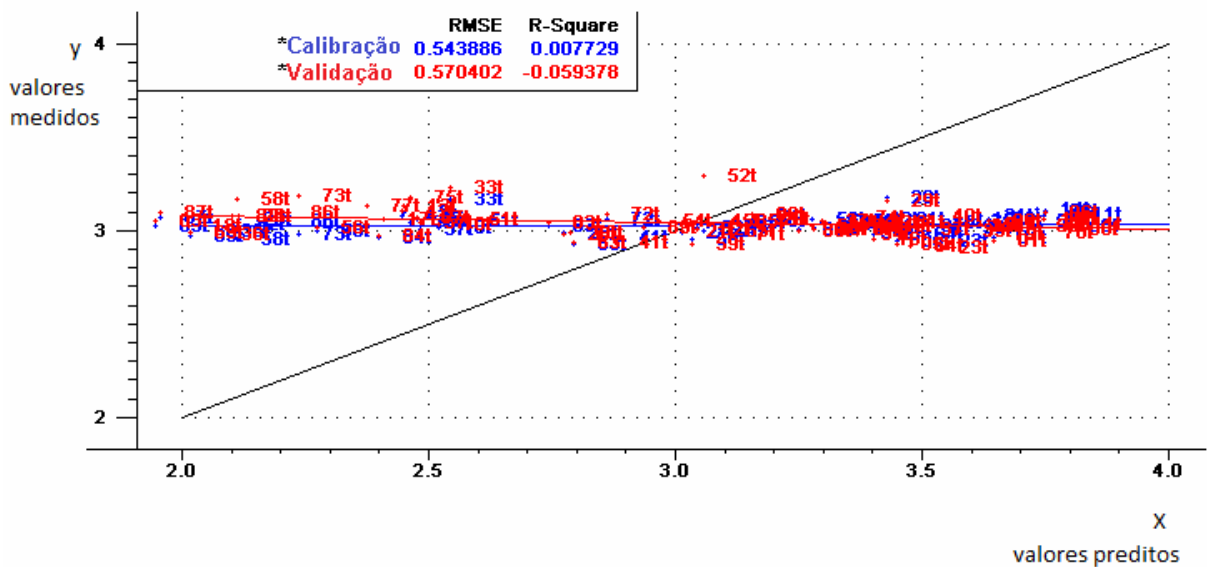
**Gráfico 3 –** Valores de proteína bruta para o modelo PLS de regressão para calibração e validação em valores preditos (eixo x) vs. valores medidos (eixo y)



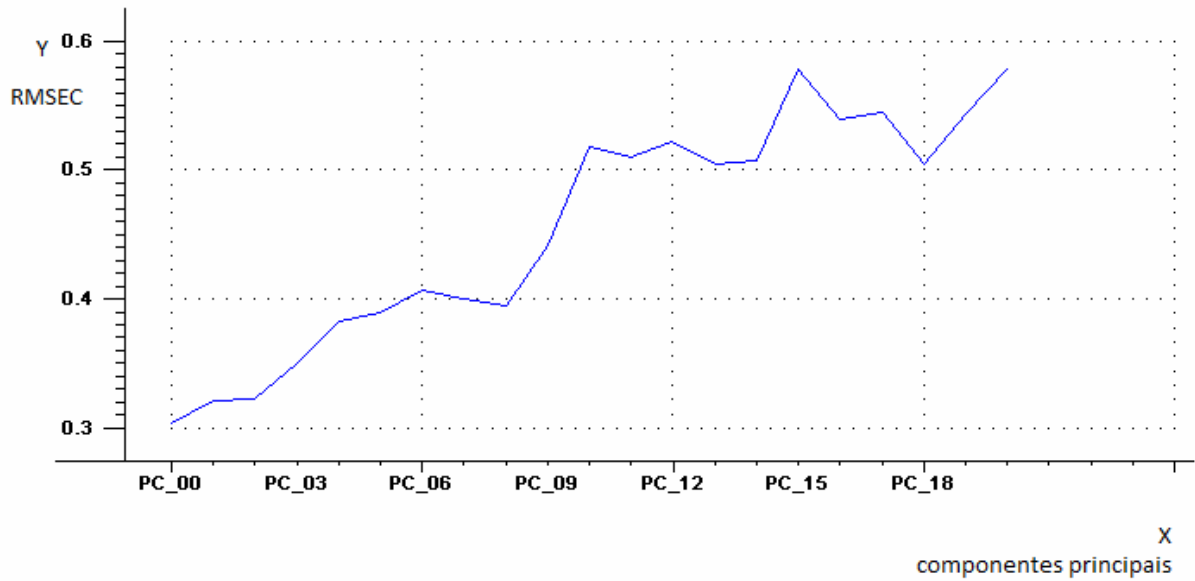
**Gráfico 4** – Avaliação do erro quadrático médio de predição (RMSEC) no eixo (y) vs. adição de componentes principais (PC) eixo (x) incluídas no modelo PLS para proteína bruta



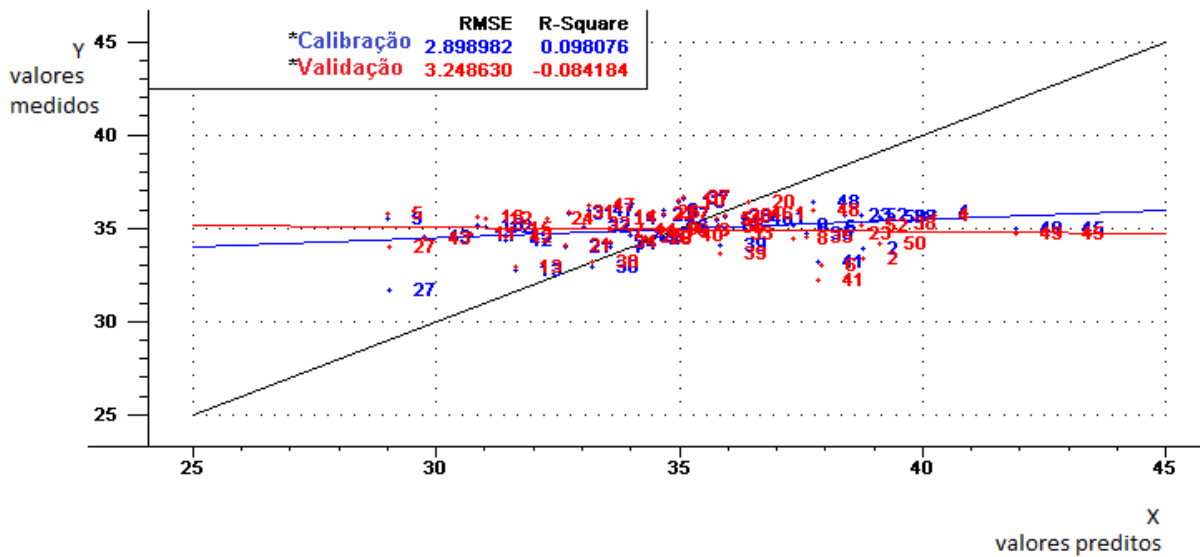
**Gráfico 5** – Valores de extrato etéreo para o modelo PLS de regressão para calibração e validação em valores preditos (eixo x) vs. valores medidos (eixo y)



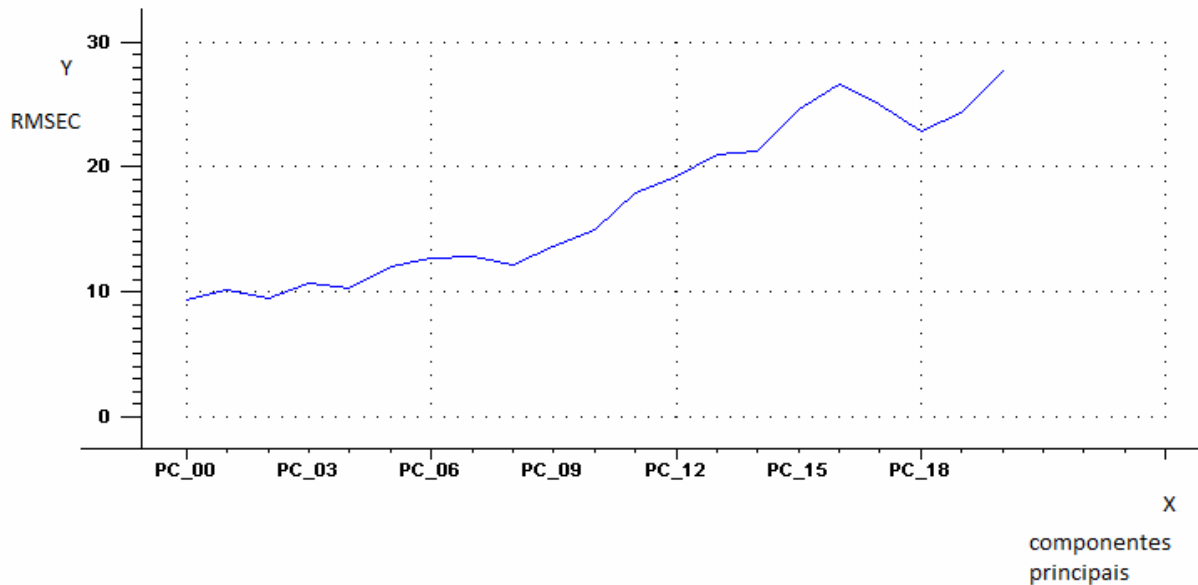
**Gráfico 6** – Avaliação do erro quadrático médio de predição (RMSEC) no eixo (y) vs. adição de componentes principais (PC) eixo (x) incluídas no modelo PLS para extrato etéreo



**Gráfico 7** – Valores de capacidade de retenção de água (CRA) para o modelo PLS de regressão para calibração e validação em valores preditos (eixo x) vs. valores medidos (eixo y)



**Gráfico 8 –** Avaliação do erro quadrático médio de predição (RMSEC) no eixo (y) vs. adição de componentes principais (PC) eixo (x) incluídas no modelo PLS para CRA



O pequeno intervalo de variação dos dados de referência (baixo DP) pode afetar negativamente a previsibilidade NIR de qualquer parâmetro, também, a não homogeneidade das amostras de carne apresentado ao instrumento pode também dificultar o processo de formação de um modelo de predição (Cozzolino e Murray, 2002). Os dados apresentam-se em comum com alguns autores (Abeni e Bergoglio, 2001 e Berzaghi et al., 2005 e Prieto et al., 2006) na tentativa de quantificar valores de cinzas da carne pela composição centesimal, onde não obtiveram sucesso, devido principalmente ao fato do NIR não interagir com minerais puros ou compostos inorgânicos nas suas formas de sais iônicos.

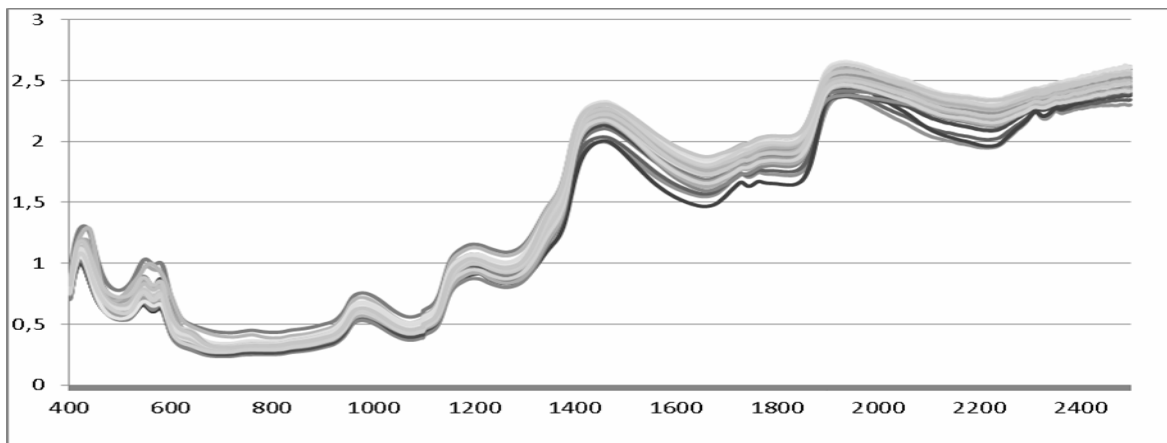
Em análise, é necessário maior controle de todos os fatores que influenciam os dados de espectro e da precisão do método de referência. Segundo Búning-Pfaue et al. (2003), as principais desvantagens do método NIR estão na dependência do método de referência, na fragilidade para componentes menores, na transferência limitada de calibração entre instrumentos e na interpretação trabalhosa dos dados espectrais.

A regressão do modelo desenvolvido demonstrou razoável valor de predição para cor  $a^*$  com  $R^2$  de 0,86, mas com baixo valor de RPD de 1,99. Para a predição dos parâmetros em  $L^*$  e  $b^*$  mostrou valores pouco satisfatórios, com  $R^2$  de 0,67 e 0,76 respectivamente, com fraca relação entre desvio padrão do modelo e desvio padrão da variável, onde os valores de RPD foram 1,75 e 1,90 respectivamente. Os dados podem ser visualizados na Tabela 2. Na Figura 1 estão apresentados os espectros  $[\text{Log}(1/R)]$  obtidos das amostras de carne suína.

**Tabela 2 -** Desempenho da validação dos modelos PLS para a previsão de recursos de cores ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) e pH.

Atributo	$R^2c$	$R^2cv$	SD	SEC	SEV	SEC/SEV	RPD	RER
$L^*$	0,67	0,63	3,29	1,75	1,88	0,93	1,75	9,41
$a^*$	0,86	0,72	1,71	0,61	0,86	0,70	1,99	8,06
$b^*$	0,76	0,65	1,31	0,57	0,69	0,82	1,90	9,23
pH	0,67	0,62	0,13	0,07	0,08	0,87	1,63	6,25

**Figura 1 -** Espectros NIR de amostras de carne suína com comprimentos de onda no eixo (x) e absorção [Log (1/R)] no eixo (y).



Com o aumento do número de publicações pelo uso de espectroscopia em carnes de modo geral, destaca-se a avaliação da cor pelo sistema CIE  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , onde Prieto et al. (2008), mostraram coeficiente de correlação de até 0,8 para o parâmetro  $a^*$ , e os valores de  $L^*$  e  $b^*$  obtidos, apresentaram grande variação com valores de correlação que variam de 0,008 até 0,71 em amostras de carnes de bovinos adultos e novilhos.

Segundo Čandek-Potokar et al. (2006), o valor obtido para correlação da equação gerada para carne suína foi menos eficiente no parâmetro  $L^*$  com  $R^2$  de 0,37, e valores apresentados ainda que razoáveis, mas ainda insuficientes para  $a^*$  e  $b^*$  com  $R^2$  0,65 e 0,71 respectivamente.

A baixa variabilidade das amostras utilizadas para a medição de pH pode ter contribuído para uma performance ruim na calibração do parâmetro pH, não garantindo boa previsão. A equação provou ser ineficaz com  $R^2$  0,62 e RPD de 1,67. Segundo Campestrini (2005), a grande variabilidade gerada nos resultados é proveniente da retirada amostral de forma despadronizada, levando a uma baixa capacidade de predição em modelos estudados.

Melhores valores de pH foram encontrados por Andersen et al (1999), com boa previsão para carne suína processada, com valor de  $R^2$  0,79, e para outras espécies como no caso dos bovinos, onde Andres et al. (2008) e Cozzolino e Murray (2002), demonstraram que se poderia obter precisão nos valores de pH em amostras de carne bovina ( $R^2 = 0,81, 0,97$ ; RPD = 2,11, 3,17 utilizando amostra de carne intacta).

#### 4 CONCLUSÃO

Na avaliação do uso da espectroscopia de infravermelho próximo, utilizando quimiometria para a identificação e quantificação de caracteres ligados à qualidade da carne suína, obteve-se vantagem pela rapidez e baixa destruição amostral sobre os métodos tradicionais para a rotina laboratorial. Entretanto, não foi possível caracterizar a composição centesimal da carne suína, nos modelos PLSR gerados para avaliação de cada parâmetro estudado. A cor com parâmetro  $a^*$  demonstrou-se mais eficiente na predição dos resultados, mas ainda com baixa qualidade na validação do modelo. Sugere-se que novos estudos devam aumentar o número amostral para obter melhorias na variação experimental dos modelos.

## REFERÊNCIAS

- Abeni, F., & Bergoglio, G. (2001). Characterization of different strains of broiler chicken by carcass measurements, chemical and physical parameters and NIRS on breast muscle. *Meat Science*, 57, 133–137.
- Adamopoulos K.G., Goula A.M., & Petropakis H.J. (2001). Quality control during processing of feta cheese – NIR application. *Journal of Food Composition Analysis*, 14, 431-440.
- Alexandrakis, D., Downey, G., & Scannell, A.G.M. (2012). Rapid non-destructive detection of spoilage of intact chicken breast muscle using near-infrared and fourier transform mid-infrared spectroscopy and multivariate statistics. *Food Bioprocess Technology*, 5, 338–347.
- Andersen, J.R., Borggaard, C., Rasmussen, A.J., & Houmøller L.P. (1999). Optical measurements of pH in meat. *Meat Science*, 53, 135–141.
- Andrés, S., Murray, I., Navajas, E.A., Fisher, A.V., Lambe, N.R., & Bünger L. (2007). Prediction of sensory characteristics of lamb meat samples by near infrared reflectance spectroscopy. *Meat Science*, 76, 509–516.
- Andrés, S., Silva, A., Soares-Pereira, A.L., Martins, C., Bruno-Soares, A.M., & Murray, I. (2008). The use of visible and near infrared reflectance spectroscopy to predict beef *M. longissimus thoracis et lumborum* quality attributes. *Meat Science*, 78, 217–224.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (1990). Official methods of the association of the agricultural chemists. AOAC, Official methods of analysis, 2 (15th ed.). Arlington. pp.1298.
- Barbin, D.F., ElMasry, G., Sun, D.W., & Allen P. (2012). "Predicting quality and sensory attributes of pork using near-infrared hyperspectral imaging". *Analytica chimica acta*, 719, 30-42.
- Barbin, D.F., Kaminishikawahara, C.M., Soares, A.L., Mizubuti, I.Y., Grespan, M., Shimokomaki, M., & Hirooka, E.Y. (2015). Prediction of chicken quality attributes by near infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 168, 554–560.
- Barlocco, N. Vadell, A., Ballesteros, F., Galiotta, G. & Cozzolino, D. (2006). Predicting intramuscular fat, moisture, and Warner - Bratzler shear force in pork muscle using near - infrared spectroscopy. *Animal Science*, 82 111 - 116.
- Berzaghi, P., Dalla Zotte, A., Jansson, L.M., & Andrighetto, I. (2005). Near-infrared reflectance spectroscopy as a method to predict chemical composition of breast meat and discriminate between different n-3 feeding sources. *Poultry Science*, 84, 128–136.
- Brasil, 2000. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa n. 3, de 17 de Janeiro de 2000. Aprovar o Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Ministerio/concursos/em\\_andamento/instrucoes%20normativas/int%20003%2017%2001%202000%20abate%20humanit%25c1rio%20animais%20de%20acougue.doc](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/concursos/em_andamento/instrucoes%20normativas/int%20003%2017%2001%202000%20abate%20humanit%25c1rio%20animais%20de%20acougue.doc)>. Acesso em: 15 mar. 2015.

- Brondum, J., Munck, L., Henckel, P., Karlsson, A., Tornberg, E., & Engelsen S.B. (2000). Prediction of water-holding capacity and composition of porcine meat by comparative spectroscopy. *Meat Science*, 55, 177–185.
- Caldara, F.R., Santos, V.M.O., Santiago, J.C., Paz, I.C.L.P., Garcia, R.G., Vargas Junior, F.M., Santos, L.S., Nääs, I.A. (2012). Propriedades físicas e sensoriais da carne suína PSE. *Revista Brasileira de Saúde e Proução Animal*, 13, 815-824.
- Campestrini, E. (2005). Utilização de equipamento nirs (near infrared reflectance spectroscopy) nos estudos de valores nutricionais (composição química e digestibilidade) de alimentos para não ruminantes. *Revista Eletrônica Nutritime*, 2, 240-251.
- Čandek-Potokar, M., & Zlender, B. (1998). Effects of age and/or weight at slaughter on longissimus dorsi muscle: Biochemical traits and sensory quality in pigs. *Meat Science*, 48, 287–300.
- Čandek-Potokar, M., Prevolnik, M., & Škrlep, M. (2006). Ability of near infrared spectroscopy to predict pork technological traits. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 14, 269–277.
- Chan, D.E., Walker, P.N., & Mills, E.W. (2002). Prediction of pork quality characteristics using visible and near infrared spectroscopy. *Transactions ASAE*, 45, 1519–1527.
- Commission Internationale de l’Eclairage, CIE (CIE) (1978). International Commission on illumination, recommendations on uniform colour spaces, colour, difference equations, psychometric colour terms. CIE Publication (15th ed.), Paris: Bureau Central de la CIE.
- Cozzolino, D., Barlocco, N., Vadell, A., Ballesteros, F. & Gallieta G. (2003). The use of visible and near infrared reflectance spectroscopy to predict color on both intact and homogenized pork muscle. [Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie](#) 36, 195–202.
- Cozzolino, D., & Murray, I. (2002). Effect of sample presentation and animal muscle species on the analysis of meat by near infrared reflectance spectroscopy. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 10, 37–44.
- Cozzolino, D., & Murray, I. (2004). Identification of animal meat muscles by visible and near infrared reflectance spectroscopy. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 37, 447–452.
- Culau, P.O.V., López, J., Rubensam, J.M., Lopes, R.F.F. & Nicolaiewsky, S. (2002). Influência do gene halotano sobre a qualidade da carne. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31, 954-961.
- Geesink, G.H., Schreutelkamp, F.H., Frankhuizen, R., Vedder, H.W., Faber, N.M., Kranen, R.W., & Gerritzen, M.A. (2003). Prediction of pork quality attributes from near infrared reflectance spectra. *Meat Science*, 65, 666–668.
- Hamm, R. (1960). Biochemistry of meat hydration. *Advances in Food Research*, 10, 355–436.
- Honikel, K.O. (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49, 447–457.

- Horiuchi, A., Chikio, M., Murohusi, A., Kawarazaki, T., Suzuki, S., Maruyama, T., & Sinohara, K. (1999). Near-infrared spectroscopy determination of physical and chemical characteristics in pork muscles Bull. Shizuoka Swine and Poultry Experiment Station, 10, 9-13.
- Hoving-Bolink, A.H., Vedder, H.W., Merks, J.W.M., Klein, W.J.H., Reimert, H.G.M., & Frankhuizen, R. (2005). Perspective of NIRS measurements early post mortem for prediction of pork quality. *Meat Science*, 69, 417-423.
- Hu, Y. Guo, K., Suzuki, T., Noguchi, G., & Satake, T. (2008). "Quality evaluation of fresh pork using visible and near-infrared spectroscopy with fiber optics in interactance mode". *Transactions of the ASABE*, 51, 1029-1033.
- Kamruzzaman, M., Barbin, D.F., ElMasry, G., Da-Wen, S., & Allen, P. (2012). Potential of hyperspectral imaging and pattern recognition for categorization and authentication of red meat. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 16, 316 -325.
- Kang, J.O., Park, J. Y., & Choy, Y. H. (2001). Effect of Grinding on Color and Chemical Composition of Pork Sausages by Near Infrared Spectrophotometric Analyses. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 14, 858-861.
- Kapper, C., Klont, R.E., Verdonk, J., Williams, P., & Urlings, H.A.P. (2012) Prediction of pork quality with near infrared spectroscopy (NIRS) 2. Feasibility and robustness of NIRS measurements under production plant conditions. *Meat Science*, 91, 300-305.
- Karamucki, T., Gardzielewska, J., Rybarczyk, A., Jakubowska, M., & Natalczyk-Szymkowska, W. (2011). Usefulness of selected methods of colour change measurement for pork quality assessment. *Czech Journal of Food Science*, 29, 212-218.
- Lanza, E. (1983). Determination of moisture, protein, fat, and calories in raw pork and beef by near-infrared spectroscopy. *Journal of Food Science*, 48, 471-474.
- Liu, Y., Lyon, B.G., Windham, W.R., Lyon, C.E., & Savage, E. M. (2004). Prediction of Physical, Color, and Sensory Characteristics of Broiler Breasts by Visible/Near Infrared Reflectance Spectroscopy. *Poultry Science*, 83, 1467-1474.
- Liao, Y., Fan, Y., & Cheng F. (2012). On-line prediction of pH values in fresh pork using visible/near-infrared spectroscopy with wavelet de-noising and variable selection methods. *Journal of Food Engineering*, 109, 668-675.
- Maganhini, M.B., Mariano, B., Soares, A. L., Guarnieri, P.D., Shimokomaki, M., & Ida, E.I. (2007). Meats PSE (Pale, Soft, Exudative) and DFD (Dark, Firm, Dry) of an industrial slaughterline for swine loin. *Food Science and Technology (Campinas)*, 27, 69-72.
- Meulemans, A., Dotreppe, O., Leroy, B., Istase, L., & Clinquart, A. (2003). Prediction of organoleptic and technological characteristics of pork meat by near infrared spectroscopy. *Sciences des Aliments*, 23, 159-162.

- Monroy, M., Prasher, S., Ngadi, M.O., Wang, N., & Karimi, Y. (2010). Pork meat quality classification using Visible/Near-Infrared spectroscopic data. *Biosystems Engineering*, 107, 271-276.
- Pérez-Marín, D.C., Garrido-Varo, A., Guerrero-Ginel, J.E., & Gómez-Cabrera, A. (2004). Near-infrared reflectance spectroscopy (NIRS) for the mandatory labelling of compound feedingstuffs: chemical composition and open-declaration. *Animal Feed Science and Technology*, 116, 333-349.
- Prieto, N., Andrés, S., Giráldez, F.J., Mantecón, A.R., & Lavín, P. (2006). Potential use of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) for the estimation of chemical composition of oxen meat samples. *Meat Science*, 74, 487–496.
- Prieto, N., Andrés, S., Giráldez, F.J., Mantecón, A.R., & Lavín, P. (2008). Ability of near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) to estimate physical parameters of adult steers (oxen) and young cattle meat samples. *Meat Science*, 79, 692–699.
- Prevolnik, M., Čandek-Potokar, M., Škorjanc, D. (2004). Ability of NIR spectroscopy to predict meat chemical composition and quality: a review. *Czech Journal of Animal Science*, 49, 500–510.
- Roza-Delgado, B., Soldado, A., Oliveira, A.F.G.F., Martínez-Fernández, A., & Argamenteira, A. (2013). “Assessing the Value of a Portable Near Infrared Spectroscopy Sensor for Predicting Pork Meat Quality Traits of "Asturcelta Autochthonous Swine Breed””. *Food analytical methods*, 7, 1-6.
- Rosa, A.F., Sobral, P.J.A., Lima, C.G., Gomes, J.D.F. (2001). Determinação das características físico-químicas da carne de suínos em fase de crescimento. *Revista TeC Carnes – Campinas*, 3, 13-18.
- Rosenvold, K., & Andersen, H. J. (2003). Factors of significance for pork quality: A review *Meat Science*, 64, 219 - 237.
- SAEG (2007). Sistema para Análises Estatísticas. Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas. Software versão 9.1. Viçosa: Fundação Arthur Bernardes.
- Savenije, B., Geesink, G.H., Van der Palen, J.G.P. & Hemke, G. Prediction of pork quality using visible/near - infrared reflectance spectroscopy. *Meat Science*, 73, 181 - 184.
- Skibsted, E.T.S., Boelens, H.F.M., Westerhuis, J.A., Witte, D.T., & Smilde, A.K. (2004). New indicator for optimal preprocessing and wavelength selection of near-infrared spectra. *Applied Spectroscopy*, 58, 264–271.
- Teye, E., Xing-yi, H., & Newlove, A. (2013). "Review on the Potential Use of Near Infrared Spectroscopy (NIRS) for the Measurement of Chemical Residues in Food". *American Journal of Food Science and Technology*, 1, 1-8.
- Tøgersen, G., Isaksson, T., Nilsen, B.N., Bakker, E.A., & Hildrum, K.I. (1999). On - line NIR analysis of fat, water, and protein in industrial - scale ground meat batches. *Meat Science*, 51, 97 - 102.

Van Der Wal, P.G., Bolink, A.H., Merkus, G.S.M. (1988). Differences in quality characteristics of normal, PSE and DFD pork. *Meat Science*, 24,79-84.

Williams, P.C., & Sobering, D. (1996). How do we do it: a brief summary of the methods we use in developing near infrared calibrations. In: Davies, A.M.C., Williams, P.C. (Eds.), *Near Infrared Spectroscopy: The FutureWaves*. NIR Publications, Chichester: West Sussex, UK, pp. 185–188.

Xing, J., Ngadi, M., Gunenc, A., Prasher, S., & Gariepy, C. (2007). [Use of visible spectroscopy for quality classification of intact pork meat](#). *Journal of Food Engineering*, 82, 135-141.

**ANEXO**

## ANEXO A

### Normas para publicação na Revista Journal Meat Science And Technology

#### **Início**

##### **Tipos de papel**

Trabalhos de pesquisa de relatórios de trabalho original; avaliações de autoridades sobre temas específicos no domínio do músculo / carne; comunicações breves; resenhas de livros, conferências e reuniões; cartas ao editor, decorrentes de aspectos de trabalhos publicados. Em documentos gerais não deve exceder 8000 palavras, inclusive de tabelas e ilustrações.

Papéis de comunicação curtos também serão considerados. Eles não devem exceder 2.500 palavras, excluindo tabelas e figuras. Todos os trabalhos devem ser formatados em Times New Roman, fonte 12, ser o dobro ou um e meio (1,5), espaçados, com a linha de numeração contínua. Probabilidade deve ser indicada como P (por exemplo, negrito e itálico).

##### **Os dados de contato para a apresentação**

Submissão para todos os tipos de manuscritos para Meat Science procede totalmente online. Via site do Sistema Editorial Elsevier (EES) para esta revista, <http://ees.elsevier.com/meatsci>, você será guiado passo-a-passo através da criação e upload de vários arquivos.

As questões relativas ao conteúdo de uma apresentação proposta podem ser direcionadas para o editor:

Dr David Hopkins

Diretor Sênior Research Scientist (Meat Science), NSW DPI

Centro de carne vermelha e Desenvolvimento Sheep

PO Box 129

Cowra

NSW 2794

E-mail: [David.Hopkins@dpi.nsw.gov.au](mailto:David.Hopkins@dpi.nsw.gov.au)

##### **Ética na publicação**

Para obter informações sobre a Ética na publicação e diretrizes éticas para publicação revista ver <http://www.elsevier.com/publishingethics> e <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

##### **Humanos e direitos dos animais**

Se o trabalho envolve o uso de animais ou seres humanos, o autor deve garantir que o trabalho descrito foi realizado em conformidade com o Código de Ética da Associação Médica Mundial (Declaração de Helsinki) para experimentos envolvendo seres humanos <http://www.wma.net/en/30publications/10policies/b3/index.html>; Diretiva da UE 2010/63 / UE para experiências com animais.

[http://ec.europa.eu/environment/chemicals/lab\\_animals/legislation\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/chemicals/lab_animals/legislation_en.htm); Requisitos uniformes para manuscritos submetidos a revistas biomédicas <http://www.icmje.org>. Os autores devem incluir uma declaração no manuscrito que o consentimento informado foi obtido para a experimentação com seres humanos. Os direitos de privacidade dos seres humanos devem ser sempre observados.

## Declaração de ética

Experimentos envolvendo abate, transporte, ou procedimentos invasivos em animais vivos devem incluir uma declaração indicando a aprovação pelo comitê de ética / bem-estar adequado para atestar a conformidade com todas as exigências do país em que os experimentos foram conduzidos. Se não houver essa comissão existe, uma carta do chefe de departamento de confirmação do cumprimento será suficiente.

## Conflito de interesses

Todos os autores são convidados a divulgar qualquer conflito real ou potencial de interesse, incluindo quaisquer relações financeiras, pessoais ou outros com outras pessoas ou organizações dentro de três anos de iniciar o trabalho apresentado que poderiam influenciar de forma inadequada, ou ser percebida de influenciar, o seu trabalho. Veja também <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest> . Para mais informações e um exemplo de um conflito de forma juro podem ser encontradas em: [http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a\\_id/286/p/7923](http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/286/p/7923) .

## Declaração de Submission e verificação

Apresentação de um artigo implica que o trabalho descrito não foi publicado anteriormente (exceto na forma de um resumo ou como parte de uma palestra publicada ou tese acadêmica ou como uma pré-impressão eletrônica, ver <http://www.elsevier.com/sharingolicy>), que não está sob consideração para publicação em outros lugares, que a sua publicação é aprovado por todos os autores e tácita ou explicitamente pelas autoridades responsáveis, onde o trabalho foi realizado, e que, se aceita, não vai ser publicado em outro lugar na mesma forma, em Inglês ou em qualquer outra língua, incluindo por via eletrônica, sem o consentimento por escrito do titular dos direitos de autor a. Para verificar a originalidade, o seu artigo podem ser verificados através do serviço de detecção de originalidade CrossCheck <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect> .

## Mudanças à autoria

Esta política diz respeito à adição, exclusão ou rearranjo de nomes de autores na autoria de manuscritos aceitos:

Antes do manuscrito aceito é publicado em uma edição on-line: Os pedidos para adicionar ou remover um autor, ou para reorganizar os nomes de autores, devem ser enviadas para o Editor Gerente do autor correspondente do manuscrito aceito e deve incluir: (a) a razão O nome deve ser adicionado ou removido, ou os nomes dos autores reorganizados e (b) a confirmação por escrito (e-mail, fax, carta) de todos os autores que concordam com a adição, remoção ou rearranjo. No caso da adição ou remoção de autores, esta inclui a confirmação do autor sendo adicionadas ou removidas. Os pedidos que não são enviadas pelo autor correspondente será encaminhado pelo Editor para o autor correspondente, que deve seguir o procedimento descrito acima. Note-se que: (1) Jornal Managers irá informar os Editores de Revistas de tais pedidos e (2) a publicação do manuscrito aceito em uma edição on-line está suspensa até autoria que foi acordado.

Após o manuscrito aceito é publicado em uma edição on-line: Todos os pedidos para adicionar, excluir ou reorganizar os nomes dos autores em um artigo publicado em uma edição on-line vai seguir as mesmas políticas Como mencionado acima e resultar em uma retificação.

## Direitos autorais

Após a aceitação de um artigo, os autores serão convidados a preencher um "Acordo de

Editoração de Revistas" (para mais informações sobre este e os direitos autorais, consulte <http://www.elsevier.com/copyright> ). Um e-mail será enviado para o autor confirmando o recebimento correspondente do manuscrito, juntamente com um formulário de "Acordo Publishing Jornal" ou um link para a versão online deste acordo.

Os assinantes podem reproduzir tabelas de conteúdo ou preparar listas de artigos, incluindo resumos de circulação interna dentro de suas instituições. Permissão do editor é necessário para revenda ou distribuição fora da instituição e para todos os outros trabalhos derivados, incluindo coletâneas e traduções (consulte <http://www.elsevier.com/permissions>). Se excetos de outras obras protegidas por direitos autorais estão incluídas, o autor (s) deve obter autorização por escrito dos proprietários dos direitos autorais e de crédito da fonte (s) no artigo. Elsevier tem pré-impressão formulários para uso por autores, nestes casos: por favor consulte <http://www.elsevier.com/permissions> .

Para artigos de acesso aberto: Após aceitação de um artigo, os autores serão convidados a preencher um "acordo exclusivo de licença" (para mais informações, consulte <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement> ). Terceira reutilização partido permitido de artigos de acesso aberto é determinada pela escolha do autor de licença de usuário (veja <http://www.elsevier.com/openaccesslicenses> ).

### **Direitos de autor**

Como um autor que você (ou seu empregador ou instituição) tem certos direitos de reutilizar o seu trabalho. Para mais informações consulte <http://www.elsevier.com/copyright> .

### **Papel da fonte de financiamento**

Você está convidado a identificar quem forneceu apoio financeiro para a realização da pesquisa e / ou preparação do artigo e descrever brevemente o papel do patrocinador (s), se houver, no desenho do estudo; na recolha, análise e interpretação dos dados; na redação do relatório; e na decisão de enviar o artigo para publicação. Se a fonte (s) de financiamento não tinha esse envolvimento, então isso deve ser indicado.

### **Financiamento acordos e políticas do corpo**

Elsevier estabeleceu uma série de acordos com os organismos financiadores que permitem que autores de cumprir as políticas de acesso aberto de seu financiador. Alguns autores também podem ser reembolsados por taxas de publicação associados. Para saber mais sobre os acordos vigentes visite <http://www.elsevier.com/fundingbodies> .

### **O acesso aberto**

Esta revista oferece uma escolha autores em publicar sua pesquisa:

#### **O acesso aberto**

- Os artigos estão disponíveis livremente para ambos os assinantes e ao público em geral com a reutilização permitida
- Uma taxa de publicação em acesso aberto é pago pelos autores ou em seu nome, por exemplo, pelo seu financiador ou instituição de pesquisa

#### **Subscrição**

- Os artigos são disponibilizados aos assinantes, bem como os países em desenvolvimento e grupos de pacientes através de nossos programas de acesso universal (<http://www.elsevier.com/access> ).
- Não há taxa de publicação em acesso aberto a ser pago pelos autores.

Independentemente de como você optar por publicar o seu artigo, a revista vai aplicar os mesmos critérios de avaliação pelos pares e padrões de aceitação.

Para artigos de acesso aberto, permitiu partida (re) utilização terceiro é definido pelos seguintes licenças de usuários Creative Commons:

#### **Creative Commons Attribution (CC BY)**

Deixa os outros distribuir e copiar o artigo, criar extratos, resumos e outras versões revistas, adaptações ou obras derivadas ou de um artigo (como uma tradução), incluir em um trabalho coletivo (como uma antologia), texto ou dados mina o artigo, até com fins comerciais, desde que seja dado crédito ao autor (s), não representam o autor como endossando sua adaptação do artigo, e não modificar o artigo de tal forma a danificar a honra ou a reputação do autor .

#### **Creative Commons Attribution-Share Alike (CC BY-NC-ND)**

Para fins não comerciais, permite que outros distribuir e copiar o artigo, e para incluir em um trabalho coletivo (como uma antologia), desde que seja dado crédito ao autor (s) e, desde que não altere ou modifique o artigo.

A taxa de publicação de acesso aberto para esta revista é **de US \$ 3000**, sem impostos. Saiba mais sobre a política de preços da Elsevier: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing> .

#### **Linguagem (serviços de utilização e edição)**

Por favor, escreva seu texto em Inglês bom (uso americano ou britânico é aceito, mas não uma mistura destes). Autores que se sentem sua língua Inglês manuscrito pode exigir edição para eliminar possíveis erros gramaticais ou ortográficos e conformar-se para corrigir Inglês científica pode desejar usar o serviço de Inglês Language Editing disponível a partir WebShop da Elsevier ( <http://webshop.elsevier.com/languageediting/> ) ou visite o nosso site de suporte ao cliente ( <http://support.elsevier.com> ) para obter mais informações.

#### **Apresentação**

Nosso sistema de submissão on-line orienta você passo a passo através do processo de digitar seus dados do artigo e fazer upload de seus arquivos. O sistema converte seus arquivos de artigos em um único arquivo PDF utilizado no processo de peer-review. Arquivos editáveis (por exemplo, o Word, LaTeX) são necessários para escrever o seu artigo para publicação final. Toda a correspondência, incluindo a notificação da decisão do Editor e pedidos de revisão, é enviado por e-mail.

Os autores devem fornecer e utilizar um endereço de e-mail exclusivo para si mesmos e não compartilhada com outro autor inscrito na EES, ou um departamento.

#### **Árbitros**

Por favor envie os nomes e endereços de e-mail institucional de vários árbitros potenciais. Para mais detalhes, visite nosso [site de suporte](#) . Note-se que o editor reserva-se o direito exclusivo de decidir se quer ou não os revisores sugeridas são usados.

#### **Informações adicionais**

Meat Science é uma revista arbitrada. Os trabalhos não podem ser aceitas sem uma revisão independente. Nos casos em que um manuscrito é devolvido a um autor de revisão, deve ser rerepresentado no prazo de 90 dias; caso contrário, será assumida a ser retirado.

### **Uso de software de processamento de texto**

É importante que o arquivo seja salvo no formato nativo do processador de texto utilizado. O texto deve ser em formato de coluna única. Mantenha o layout do texto o mais simples possível. A maioria dos códigos de formatação será removida e substituída em processar o artigo. Em particular, não use as opções do processador de texto para justificar o texto ou a hifenização palavras. No entanto, fazer uso corajoso face, itálico, subscripto, sobrescrito etc. Ao preparar tabelas, se você estiver usando uma grade de tabela, use apenas uma grade para cada tabela individual e não uma grade para cada linha. Se nenhuma rede for utilizado, guias, e não espaços, para alinhar colunas. O texto eletrônico deve ser preparado de uma forma muito semelhante ao de manuscritos convencionais (ver também o Guia para Publishing com Elsevier: <http://www.elsevier.com/guidepublication>). Note que os arquivos de origem de figuras, tabelas e gráficos do texto será necessário ou não incorporar suas figuras no texto. Veja também a seção sobre arte electrónica.

Para evitar erros desnecessários que são fortemente aconselhados a usar as funções "de verificação ortográfica 'e' check-gramática" de seu processador de texto.

Todas as páginas devem ser numeradas, e todas as linhas devem ser numeradas consecutivamente ao longo do manuscrito.

### **Seções numeradas - Bairro**

Divida o seu artigo em seções bem definidas e numeradas. Subseções devem ser numeradas 1.1 (em seguida, 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (o resumo não está incluído na numeração de seção). Use esta numeração também para referência cruzada interna: não se refere apenas ao "texto". Qualquer subseção pode ser dado um título breve. Cada título deve aparecer em sua própria linha separada.

### **Introdução**

Apresentar os objetivos do trabalho e fornecer uma base adequada, evitando-se uma pesquisa bibliográfica detalhada ou um resumo dos resultados.

### **Material e métodos**

Forneça detalhes suficientes para permitir que o trabalho a ser reproduzido. Métodos já publicados devem ser indicados por uma referência: apenas alterações relevantes devem ser descritas.

### **Análise Estatística**

Antes de efetuar um experimento, a devida consideração deve ser dada para a concepção da experiência. Isto é de modo que após a análise dos dados, alguma confiança pode ser atribuído às conclusões. Por exemplo, se um estudo foi concebido para comparar os diferentes raças de gado, é importante que os animais selecionados são representativos da raça, não a partir de um pequeno número de touros e que os animais individuais da amostra em estudo pode ser ligado de volta para o seu reprodutor. Se esta condição não é aplicada em seguida, os resultados podem muito bem refletir os efeitos dos touros mais do que produzir efeitos e a diferença impossível de determinar.

Outro problema comum em carnes e alimentos ciência é a falta de replicação e também de confusão. Isto é ilustrado com dois exemplos abaixo retiradas de trabalhos apresentados:

### Exemplo 1

Um total de trinta cordeiros mestiços único nascido em junho foram usados em um experimento para comparar três sistemas de produção (12 cordeiros alocados por sistema) e os efeitos posteriores não só sobre características de crescimento e carcaça, mas também características de qualidade de carne. Cordeiro dos três sistemas de produção foram pesados quinzenalmente. Quando um alvo 35 kg de peso vivo foi conseguido os cordeiros com peso > 35 kg foram transportados para um matadouro. Os cordeiros foram abatidos depois de uma noite sem estabulação de alimentação, mas o acesso livre à água.

Há uma série de problemas com o design.

1. Nenhuma menção foi incluído no papel quanto a saber se os 36 cordeiros utilizados no estudo (a) foram selecionados aleatoriamente de uma população; ou (b) foram divididos aleatoriamente em três grupos de tratamento. Supunha-se pelo revisor que eles foram selecionados aleatoriamente e atribuído.
2. Os animais de cada grupo foram executados em conjunto, mas em separado dos outros dois grupos. Assim, não há replicação do grupo de tratamento.
3. Cada cordeiro em um grupo de tratamento no estudo é submetido a um sistema de produção específico e isso pode não ser representativo de outros cordeiros cultivadas em que o tratamento específico em um estabelecimento diferente. Assim grupo de tratamento não é replicado que é necessário avaliar a variabilidade de um sistema de produção específico sob diferentes condições.
4. A outra questão importante com o projeto é que, em intervalos quinzenais, os cordeiros foram pesados e cordeiros superior a 35 kg, foram abatidos. Assim, não só foram os grupos de tratamento não replicados, eles também foram confundidos com idade de abate / dia e para características de qualidade de carne, como pH e cor que significava efeitos dos dias de abate poderia surgir. Com tais números pequenos por dia grupo de tratamento abate não poderiam ser efetivamente contabilizados na análise.

### Exemplo 2

Presuntos foram produzidos com cinco níveis decrescentes de fosfato em combinação com 5 níveis crescentes de tomilho. Todas as formulações foram aplicadas a um **único lote** de carne de porco. Cada formulação produziu uma mistura que foi vácuo cheio em tripa de plástico para produzir quatro presunto "replica". Estes foram preparados, em um banho de água.

Este método produziu réplicas pseudo Hurlbert (1984, 2009; Maindonald 1992). Os presuntos cozidos são sub amostras das misturas de suínos de cada formulação. O presunto para presunto (sub-amostra) variabilidade não representa a mistura para mistura (tratamento) variabilidade. Para obter a medida correta de variabilidade para comparar tratamentos o processo de mistura para cada formulação teriam de ser replicado. Os presuntos produzidos a partir de cada mistura da formulação daria verdade que a replicação de formulação.

Referências relevantes:

Granato, D., Calado, V., & Jarvis, B. Observações sobre o uso de métodos estatísticos em Ciência e Tecnologia de Alimentos. **Food Research International**, 55, 137-145, 2013.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996913005723>

### **Experimental**

Forneça detalhes suficientes para permitir que o trabalho a ser reproduzido. Métodos já publicados devem ser indicados por uma referência: apenas alterações relevantes devem ser descritas.

### **Resultados**

Os resultados devem ser claras e concisas.

### **Discussão**

Isso deve explorar o significado dos resultados do trabalho, e não repeti-los. A seção de discussão de resultados combinados e é muitas vezes o caso. Evite citações extensas e discussão de literatura publicada.

### **Conclusões**

As principais conclusões do estudo podem ser apresentadas em uma seção Conclusões curtas, o que pode ficar sozinho ou formar uma subseção de uma seção de Discussão ou Resultados e Discussão.

### **Essencial informação da página de título**

- **Título.** Conciso e informativo. Títulos são frequentemente utilizados em sistemas de recuperação de informação. Evite abreviações e fórmulas sempre que possível.
  - **Os nomes dos autores e afiliações.** Sempre que o nome de família pode ser ambíguo (por exemplo, um nome duplo), indique isso claramente. Apresente endereços de afiliação dos autores (em que o trabalho tenha sido feito) abaixo os nomes. Indique todas as afiliações com uma letra minúscula sobrescrito imediatamente após o nome do autor e em frente ao endereço apropriado. Fornecer o endereço completo de cada afiliação, incluindo o nome do país e, se disponível, o endereço de cada autor e-mail.
  - **Endereço para correspondência.** Indique claramente quem vai lidar com a correspondência em todas as fases de arbitragem e publicação, também pós-publicação.
- Certifique-se de que o endereço de e-mail está dado e que os detalhes de contato são mantidas atualizadas pelo autor correspondente.**
- **Presente / endereço permanente.** Se um autor se moveu desde o trabalho descrito no artigo foi feito, ou estava visitando no momento, um "endereço Presente" (ou "endereço Permanente "".) pode ser indicada como uma nota de rodapé do nome desse autor . O endereço no qual o autor, na verdade, fez o trabalho deve ser mantido como o principal, endereço filiados. Algarismos arábicos sobrescrito são usados para tais notas de rodapé.

### **Resumo**

Um resumo conciso e factual é necessária. O resumo deve indicar sucintamente o objetivo da pesquisa, os principais resultados e as principais conclusões. Um resumo é frequentemente apresentado separadamente do artigo, então deve ser capaz de ficar sozinho. Por esta razão, as referências devem ser evitados, mas se essencial, em seguida, citar o autor (es) e ano (s). Além disso, as abreviaturas não-padrão ou incomuns deve ser evitada, mas se essencial que deve ser definido na sua primeira menção no próprio resumo.

**Cada trabalho deve ser dotado de um resumo de cerca de 100-160 palavras, relatando de forma concisa sobre a finalidade e os resultados do papel.**

### **Luzes**

Os destaques são um pequeno conjunto de pontos que transmitem as principais conclusões do

artigo. Destaques são opcionais e devem ser apresentadas em um arquivo editável separado no sistema de submissão online. Utilize 'Destaques' no nome do arquivo e incluem 3-5 pontos de bala (máximo de 85 caracteres, incluindo espaços, por ponto de bala). Veja <http://www.elsevier.com/highlights> para exemplos.

### **Palavras-chave**

Imediatamente após o resumo, proporcionar um máximo de 6 palavras-chave, usando a ortografia americana e evitando termos gerais e plurais e diversos conceitos (evitar, por exemplo, 'e', 'de'). Ser poupadores com abreviaturas: apenas abreviaturas firmemente estabelecidas no campo pode ser elegível. Essas palavras-chave será usada para fins de indexação.

### **Os compostos químicos**

Você pode enriquecer o seu artigo, fornecendo uma lista de compostos químicos estudados no artigo. A lista dos compostos será utilizada para extrair informações relevantes do banco de dados composto NCBI PubChem e exibi-lo ao lado da versão on-line do artigo sobre ScienceDirect. Você pode incluir até 10 nomes de compostos químicos no artigo. Para cada composto, forneça as PubChem CID do registro mais relevante, como no exemplo a seguir: ácido glutâmico (PubChem CID: 611). Os CIDs PubChem podem ser encontrados via <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pccompound>. Por favor, coloque a lista de compostos imediatamente abaixo da seção "Palavras-chave". Recomenda-se vivamente a seguir a formatação como no exemplo abaixo o texto exato:

Os compostos químicos estudados neste artigo

Etilenoglicol (PubChem CID: 174); Plitidepsin (PubChem CID: 44152164); O cloreto de benzalcônio (PubChem CID: 15865)

Mais informações estão disponíveis em: <http://www.elsevier.com/PubChem>.

### **Agradecimentos**

Agrupar reconhecimentos em uma seção separada no final do artigo, antes das referências e não fazer, portanto, incluí-los na página de título, como uma nota de rodapé para o título ou não. Liste aqui aqueles indivíduos que prestaram ajuda durante a pesquisa (por exemplo, fornecendo a ajuda da língua, escrita assistência ou a prova de ler o artigo, etc.).

### **Unidades**

Siga as regras e convenções internacionalmente reconhecidas: utilizar o Sistema Internacional de Unidades (SI). Se outras unidades são mencionados, por favor, dar o seu equivalente em SI.

Por favor, note que "os dados de força de compressão e de cisalhamento deve ser relatado em Newtons"

Longissimus dorsi (LD) é um redundante € "o correto latim para este músculo é" thoracis longuíssimo ou lombar "(para todo o músculo Longissimus usar thoracis et lombar (LTL) ou referir-se a qualquer uma das suas duas partes, longuíssimo do tórax (LT) ou lombar longuíssimo (LL), dependendo de qual é referenciado)". Veja papel na Meat Science (1990) (Volume 28, Issue 3, P 259-265; terminologia Recomendado para o músculo comumente designado como 'longissimus dorsi »).

Por favor, note que a revista será a conversão de i -calpain para Calpain-1 e de m-calpaína para Calpain-2, calpastatina permanecerá inalterada. Mais detalhes sobre esta nomenclatura

para o resto da família calpaína pode ser encontrado em Campbell, Davies RL e PL. 2012. relações estrutura-função em calpains. Biochem J. 447: 335-351 ou em <http://calpain.org/>.

### **Vinculação de banco de dados**

Elsevier encoraja os autores para se conectar artigos com bancos de dados externos, dando aos seus leitores o acesso de um clique para bases de dados relevantes que ajudam a construir uma melhor compreensão da pesquisa descrita. Por favor, consulte os identificadores de banco de dados relevantes usando o seguinte formato em seu artigo: Base de dados: xxxx (eg, TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN). Veja <http://www.elsevier.com/databaselinking> para obter mais informações e uma lista completa de bancos de dados suportados.

### **Obra de arte**

#### **Artwork eletrônico**

Aspectos gerais

- Certifique-se de usar a rotulação uniforme e dimensionamento de sua arte original.
- Incorporar as fontes usadas se o aplicativo oferece essa opção.
- procurar utilizar as seguintes fontes em suas ilustrações: Arial, Courier, Times New Roman, Símbolo, ou usar fontes que parecem semelhantes.
- Número as ilustrações de acordo com sua sequência no texto.
- Use uma convenção de nomenclatura lógica para seus arquivos de arte.
- fornecer legendas para ilustrações em separado.
- Tamanho das ilustrações perto as dimensões desejadas da versão publicada.
- Enviar cada ilustração como um arquivo separado.

Um guia detalhado sobre arte electrónica está disponível em nosso site:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>

**Você está convidada a visitar este site; alguns trechos da informações detalhadas são dadas aqui.**

Formatos

Se a sua arte eletrônica é criado em um aplicativo do Microsoft Office (Word, PowerPoint, Excel), por favor, fornecer "como está" no formato de documento nativo.

Independentemente da aplicação usada diferente do Microsoft Office, ao seu trabalho artístico eletrônicos estiver finalizado, por favor 'Salvar como' ou converter as imagens para um dos seguintes formatos (observe os requisitos de resolução para desenhos de linha, meios-tons e linha / combinações de meio-tom abaixo indicados):

EPS (ou PDF): desenhos vetoriais, incorporar todas as fontes utilizadas.

TIFF (ou JPEG): fotos em tons de cinza (meios-tons) Cor ou, mantenha-se um mínimo de 300 dpi.

TIFF (ou JPEG): bitmap (puros pixels em preto e branco) desenhos de linha, mantenha-se um mínimo de 1000 dpi.

TIFF (ou JPEG): Combinações linha bitmapped / meio-tom (cores ou tons de cinza), mantenha-se um mínimo de 500 dpi.

**Por favor, não:**

- arquivos de fornecimento que são otimizados para uso em tela (por exemplo, GIF, BMP, PICT, WPG); Estes geralmente têm um baixo número de pixels e conjunto limitado de cores;
- arquivos de fornecimento que são muito baixos em resolução;
- Enviar os gráficos que são desproporcionalmente grande para o conteúdo.

#### **Artwork Cor**

Por favor, certifique-se de que arquivos de arte estão em um formato aceitável (TIFF (ou

JPEG), EPS (ou PDF), ou arquivos do MS Office) e com a resolução correta. Se, em conjunto com o seu artigo aceito, você apresentar figuras em cores utilizáveis então Elsevier irá garantir, sem nenhum custo adicional, que estes números irão aparecer a cores on-line (por exemplo, ScienceDirect e outros sites), independentemente de haver ou não estas ilustrações são reproduzidas em cor na versão impressa. **Para reprodução de cor na impressão, você receberá informações sobre os custos de Elsevier, após a recepção do seu artigo aceito.** Por favor, indique a sua preferência por cor: impresso ou on-line. Para mais informações sobre a preparação de arte electrónica, consulte <http://www.elsevier.com/artworkinstructions> . Atenção: Por causa de complicações técnicas que podem surgir através da conversão de valores de cores para "escala de cinza" (para a versão impressa que você não deve optar por cores na impressão) Por favor envie além versões preto e branco de utilização de todas as ilustrações a cores.

### **As legendas das figuras**

Certifique-se de que cada ilustração tem uma legenda. Captions Abastecimento separadamente, não ligado à figura. Uma legenda deve compreender um breve título (**não** na própria figura) e uma descrição da ilustração. Manter texto nas ilustrações a um mínimo, mas explicar todos os símbolos e as abreviaturas utilizadas.

### **Tabelas**

Por favor envie tabelas como texto editável e não como imagens. Os quadros podem ser colocados quer ao lado do texto relevante no artigo, ou através da página (s) separada no final. As tabelas numéricas, consecutivamente, em conformidade com o seu aparecimento no texto e colocar todas as notas tabela abaixo do corpo da tabela. Seja poupar no uso de tabelas e garantir que os dados apresentados no deles não duplicar resultados descritos em outras partes do artigo. Por favor, evite o uso de regras verticais.

### **Referências**

#### **Citação no texto**

Por favor, garantir que todas as referências citadas no texto também está presente na lista de referência (e vice-versa). Todas as referências citadas no resumo deve ser dada na íntegra. Resultados não publicados e comunicações pessoais não são recomendados na lista de referências, mas podem ser mencionadas no texto. Se essas referências estão incluídas na lista de referências devem seguir o estilo da revista de referência padrão e deve incluir a substituição da data de publicação, quer com "resultados não publicados" ou "comunicação pessoal". Citação de uma referência como "no prelo" implica que o artigo foi aceito para publicação.

#### **Software de gerenciamento de Referência**

Esta revista tem modelos padrão disponíveis em pacotes de gerenciamento de chave de referência EndNote ( <http://www.endnote.com/support/enstyles.asp> ) e Gerente de Referência ( <http://refman.com/support/rmstyles.asp> ). Através dos plug-ins para pacotes de processamento de texto, os autores só precisa selecionar o modelo de revista apropriada quando a preparar o seu artigo e a lista de referências e citações a estas serão formatados de acordo com o estilo da revista, que é descrito abaixo.

Texto: As citações no texto devem seguir o estilo de referência utilizado pela American Psychological Association. Está previsto o Manual de Publicação da American Psychological Association, sexta edição, ISBN 978-1-4338-0561-5, cujas cópias podem ser solicitadas a partir <http://books.apa.org/books.cfm?id=4200067> ou APA Ordem Dept., POB 2710,

Hyattsville, MD 20784, EUA ou APA, 3 Henrietta Street, Londres, WC3E 8LU, Reino Unido.

Lista: as referências devem ser organizadas em ordem alfabética primeiro e depois ainda ordenados cronologicamente, se necessário. Mais do que uma referência do mesmo autor (es), no mesmo ano, devem ser identificados pelas letras 'a', 'b', 'c', etc., colocado após o ano de publicação. Todos os autores de um artigo devem ser listados na referência.

Exemplos:

Referência a uma publicação da revista:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., & Lupton, R.A. (2010). A arte de escrever um artigo científico. *Journal of Comunicações Científicas*, 163, 51-59.

Referência a um livro:

Strunk, W., Jr., & White, E.B. (2000). *Os elementos de estilo*. (4ª ed.). New York: Longman, (Capítulo 4).

Referência a um capítulo de um livro editado:

Mettam, GR, e Adams, LB (2009). Como preparar uma versão eletrônica do seu artigo. Em BS Jones, e RZ Smith (Eds.), *Introdução à era eletrônica* (pp. 281-304). New York: E-Publishing Inc.

### **AudioSlides**

A revista encoraja os autores a criar uma apresentação AudioSlides com o seu artigo publicado. AudioSlides são breves, apresentações de estilo webinar que são mostrados ao lado do artigo on-line no ScienceDirect. Isso dá aos autores a oportunidade de resumir suas pesquisas em suas próprias palavras e para ajudar os leitores a entender o que o papel é de cerca. Mais informações e exemplos estão disponíveis em <http://www.elsevier.com/audioslides>. Autores da revista receberá automaticamente um convite por e-mail para criar uma apresentação AudioSlides após a aceitação do seu papel.

### **Dados suplementares**

Elsevier aceita material suplementar eletrônico para apoiar e melhorar a sua pesquisa científica. Documentos Suplementares oferecer o autor possibilidades adicionais para publicar aplicações de suporte, imagens de alta resolução, conjuntos de dados de fundo, clipes de som e muito mais. Arquivos complementares fornecidos serão publicados on-line juntamente com a versão eletrônica do seu artigo em produtos Web Elsevier, incluindo ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. A fim de garantir que o seu material enviado é diretamente utilizável, por favor fornecer os dados em um dos nossos formatos de arquivo recomendadas. Os autores devem enviar o material em formato electrónico em conjunto com o artigo e fornecer uma legenda concisa e descritiva para cada arquivo. Para obter instruções mais detalhadas, visite nossas páginas de instruções trabalhos de arte em <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

### **Lista de verificação Submission**

A lista a seguir será útil durante a verificação final de um artigo antes de enviá-lo para o jornal para revisão. Por favor, consulte este Guia de Autores para mais detalhes de qualquer item.

#### **Certifique-se de que os seguintes itens estão presentes:**

Um autor foi designado como o autor correspondente com detalhes de contato:

- Endereço de e-mail
- endereço postal completo

Todos os arquivos necessários foram enviados, e conter:

- Palavras-chave

- Todas as legendas das figuras
- Todas as tabelas (incluindo título, descrição, notas de rodapé)

Outras considerações

- Manuscrito foi 'escrito-marcada "e" gramática-selecionados'
- As referências são no formato correto para esta revista
- Todas as referências citadas na lista de referências devem ser citadas no texto, e vice-versa
- A permissão foi obtida para uso de material protegido por direitos autorais de outras fontes (incluindo a Internet)

Versão impressa de figuras (se aplicável), em cores ou em preto-e-branco

- indicar claramente se ou não colorido ou preto-e-branco na impressão é necessário.
- Para a reprodução em branco em preto e, por favor, fornecer versões em preto-e-branco de os números para fins de impressão.

Para mais informações, visite nosso site de suporte ao cliente em <http://support.elsevier.com>.

### **A utilização do Digital Objeto Identifier**

A Digital Object Identifier (DOI) pode ser usado para citar e link para documentos eletrônicos. O DOI é composto por uma sequência de caracteres alfanumérico único que é atribuído a um documento pelo editor sobre a publicação eletrônica inicial. O DOI atribuído nunca muda. Portanto, é um meio ideal para citando um documento, em particular «artigos na imprensa», porque eles ainda não receberam a sua informação bibliográfica completa”.

Exemplo de um determinado corretamente DOI (no formato de URL; aqui um artigo na revista Physics Letters B):

<http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2010.09.059>

Quando você usa um DOI para criar links para documentos na web, o DOIs são garantidos e nunca irão mudar.