



UDESC

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC

CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR DO OESTE – CEO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**ENRIQUECIMENTO AMBIENTAL E
PROTOCOLOS DE IMUNOCASTRACÃO
PARA SUÍNOS**

MAIQUIELI CRISTINA DEON

CHAPECÓ, 2021

MAIQUIELI CRISTINA DEON

**ENRIQUECIMENTO AMBIENTAL E PROTOCOLOS DE
IMUNOCASTRACÃO PARA SUÍNOS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração Ciência e Produção Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), como requisito parcial para obtenção de grau de Mestre em Zootecnia

Orientador: Diovani Paiano

Coorientadora: Maria Luisa Appendino Nunes Zotti

Chapecó, SC, Brasil

2021

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do CEO/UDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

DEON, MAQUIELI CRISTINA
ENRIQUECIMENTO AMBIENTAL E PROTOCOLOS DE
IMUNOCASTRACÃO PARA SUÍNOS / MAQUIELI CRISTINA
DEON. -- 2021.
101 p.

Orientador: Diovani Paiano
Coorientador: Maria Luisa Appendino Nunes Zotti
Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de
Santa Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste,
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Chapecó, 2021.

1. Bem-estar animal. 2. Cortisol salivar. 3. Instalações. 4.
manejo. I. Paiano, Diovani. II. Zotti, Maria Luisa Appendino
Nunes. III. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro
de Educação Superior do Oeste, Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia. IV. Título.

**Universidade do Estado de Santa Catarina
UDESC Oeste
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**ENRIQUECIMENTO AMBIENTAL E PROTOCOLOS DE
IMUNOCASTRACÃO PARA SUÍNOS**

Elaborada por
Maiquieli Cristina Deon

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia

Comissão Examinadora:



Dr. Diovani Paiano (UDESC)

Dr. Anderson Corassa (UFMT)

Dr. Paulo Levi de Oliveira Carvalho (Unioeste)

Chapecó, 2021.

AGRADECIMENTOS

A toda equipe UDESC, CEO, PPGZOO e LANA (professores, bolsistas e colegas de mestrado), que de alguma maneira me possibilitaram e auxiliaram na realização do projeto, durante todo este período.

Ao Programa de Bolsas Universitárias de Santa Catarina (UNIEDU), pelo financiamento do projeto.

A Aurora Alimentos pela possibilidade da realização do projeto, Cooperativa Copérdua e equipe pela oportunidade, auxílio e disponibilidade durante todo o experimento. Em especial aos colegas da Unidade Frigorífica Aurora Chapecó I, que não mediram esforços para nos auxiliar na coleta de dados.

Ao meu orientador deste mestrado, professor Dr. Diovani Paiano pelo incentivo desde o princípio, pela dedicação, auxílio, conhecimentos repassados, profissionalismo e pela paciência, muito obrigada.

A minha coorientadora Dr. Maria Luisa Appendino Nunnes Zotti, pelo apoio, auxílio e conhecimentos repassados, obrigada.

A meu noivo, pelo incentivo, auxílio, paciência e compreensão até mesmo em dias de níveis altos de cortisol, meu muito obrigada.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade do Estado de Santa Catarina

ENRIQUECIMENTO AMBIENTAL E PROTOCOLOS DE IMUNOCASTRAÇÃO PARA SUÍNOS

AUTOR: Maiqueli Cristina Deon

ORIENTADOR: Diovani Paiano

COORIENTADOR: Maria Luisa Appendino Nunes Zotti

Chapecó, 05 de maio de 2021

Os objetivos com o presente estudo foram avaliar o uso do enriquecimento ambiental e de protocolos de imunocastração sobre os aspectos de bem-estar animal, desempenho, qualidade de carcaça e carne de suínos. O período experimental teve duração de 75 dias, variáveis mensuradas até o 40º dia do experimento foram analisadas com base em um delineamento experimental inteiramente ao acaso, com dois tratamentos, suínos alojados em baias com ou sem enriquecimento ambiental (CEA e SEA, respectivamente) e 12 repetições (baias com 13 animais). Variáveis coletadas após o 41º dia foram analisadas com base em um delineamento em esquema fatorial 2*2, com 6 repetições CEA e SEA, segunda dose de imunocastração 22 e 35 dias pré-abate. O experimento foi conduzido em uma granja comercial no Oeste de Santa Catarina. As variáveis de desempenho foram mensuradas ao final das trocas de ração. As variáveis comportamentais avaliadas por meio de análise de vídeos e para o registro comportamental, foi utilizado o método focal *sampling* com a baia como a unidade experimental. E para as coletas de salivares, foi utilizado Salivette® (SARSTEDT AG & Co., Nürbrecht, Alemanha) e medido usando um ensaio imunofluorométrico, para mensuração do cortisol salivar, tendo o animal como unidade experimental. Os animais foram abatidos em um abatedouro comercial onde foram realizadas as avaliações de carcaça e posteriormente qualidade de carne. Não houve interação para as variáveis de desempenho. O enriquecimento ambiental e a imunocastração 22 dias pré-abate melhoraram a conversão alimentar e ganho de peso diário, 0,054g e 128g por unidade de ganho. Houve redução dos comportamentos negativos nos grupos enriquecidos e imunizados 35 dias, em média 40%. Os níveis de cortisol salivar não diferiram entre as variáveis avaliadas. Houve interação no peso testicular, de forma que o grupo tratado CEA35 apresentou menor valor nesta variável, e interação dos tratamentos para o escore de lesões, com menor escore no grupo CEA22. A porcentagem de carne magra e área de olho de lombo foram menores nos grupos submetidos à castração 35 dias pré-abate, independente do ambiente de criação, porém as variáveis de qualidade de carne não diferiram. Os suínos do grupo tratado CEA35 tiveram redução de comportamentos indesejados, como estereotípias, ou comportamento de monta. Além disso, a associação entre a imunocastração 22 dias pré-abate e uso de enriquecimento ambiental reduz o escore de lesões no abatedouro.

Palavras-chave: bem-estar animal, cortisol salivar, instalações, manejo.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade do Estado de Santa Catarina

ENVIRONMENTAL ENRICHMENT AND IMMUNOCASTRATION PROTOCOLS FOR SWINE

AUTHOR: Maiquieli Cristina Deon
ADVISER: Diovani Paiano
CO ADVISER: Maria Luisa Appendino Nunes Zotti
Chapecó, 05 may 2021

The objectives of the present study were to evaluate the use of environmental enrichment and two different immunocastration protocols on the aspects of animal welfare, performance, carcass quality and meat of male pigs. Two immunocastration protocols (castration 35 days pre-slaughter and castration 22 pre-slaughter) and two breeding environments (pens with environmental enrichment and conventional pens) were used. The experimental period lasted 75 days and the variables measured up to the 40th day of the experiment (for not having started the 2nd stage of immunocastration) were analyzed based on an experimental design entirely at random, with two treatments, with or without environmental enrichment (CEA and SEA, respectively) and 12 repetitions (stalls with 13 animals). Variables collected after the 41st day (after the second dose of immunocastration in the anticipated group) were analyzed based on a 2 * 2 factorial design, two ages of immunocastration, 35 and 22 days before slaughter and two production environments, with and without environmental enrichment (CEA35, CEA22 and SEA35, SEA22), with six replicates per treatment. The experiment was carried out in a commercial farm in the west of Santa Catarina. The performance variables were measured at the end of the feed changes. The behavioral variables evaluated by means of video analysis and for the behavioral recording, the focal sampling method with the stall was used as the experimental unit. And for salivary collections, Salivette® (SARSTEDT AG & Co., Nürbrecht, Germany) was used and measured using an immunofluorometric assay, to measure salivary cortisol, with the animal as an experimental unit. The animals were slaughtered in a commercial slaughterhouse where carcass and meat quality evaluations were carried out. There was no interaction for the performance variables. Environmental enrichment and immunocastration 22 days before slaughter improved feed conversion. There was a reduction in negative behaviors in the enriched and immunized groups in advance. The levels of cortisol sali-var did not differ between the variables evaluated. There was an interaction in testicular weight, so that the immunocastrated 35 days pre-slaughter had a lower value in this variable only in the enriched environment and interaction of treatments for the injury score, with a lower injury score in the enriched group, when it had the second dose of early immunocastration (CEA22). The percentage of lean meat and loin eye area was lower in the groups submitted to the anticipation of immunocastration, regardless of the rearing environment, however the meat quality variables did not differ. The immunocastration 22 days before slaughter and the use of environmental enrichment at the end improves feed conversion. Immunocastrated pigs 35 days before slaughter in an enriched environment had a reduction in undesirable behaviors, such as stereotypes or breeding behavior, also a reduction in testicular weight. In addition, the association between immunocastration 22 days before slaughter and the use of environmental enrichment reduces the score of injuries in the slaughterhouse.

Keywords: animal welfare, salivary cortisol, facilities, management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar no decorrer do período experimental	66
Figura 2 - Croqui das baias experimentais, com ilustração do posicionamento dos objetos de enriquecimento ambiental, comedouros e área ripada.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Levantamento bibliográfico dos efeitos do tipo de castração (imunológica ou cirúrgica) sobre a conversão alimentar de suínos.....	16
Tabela 2 - Diets used in the experimental period	57
Tabela 3 - Growth performance of pigs submitted to two rearing environments and two immunocastration protocols	58
Tabela 4 - Evaluation of pig carcass submitted to two rearing condition and two immunocastration protocols	59
Tabela 5- Evaluation of meat and pork tenderloin characteristics submitted to two rearing environments and two immunocastration protocols	60
Tabela 6 - Oxidative stress indicators of male castrated pigs submitted to two rearing environments and two immunocastration protocols.....	61
Tabela 7 - Etograma de trabalho utilizado na avaliação comportamental dos suínos.....	81
Tabela 8 - Comportamento de suínos machos castrados submetidos a dois ambientes de criação, com e sem enriquecimento ambiental.	82
Tabela 9- Comportamento de suínos machos castrados submetidos a dois ambientes de criação e dois protocolos de imunocastração.	83
Tabela 10 - Níveis de cortisol salivar de suínos machos castrados submetidos a dois ambientes de criação e dois protocolos de imunocastração.....	84

SUMÁRIO

1	CAPÍTULO I.....	12
	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
1.1	INTRODUÇÃO	12
1.2	BEM-ESTAR ANIMAL E MANEJO DE CASTRAÇÃO CIRURGICA.....	13
1.3	A IMUNOCASTRAÇÃO E SEUS EFEITOS SOBRE DESEMPENHO E QUALIDADE DE CARNE.....	14
1.4	MANEJO DA IMUNOCASTRAÇÃO E O BEA	17
1.5	ENRIQUECIMENTO AMBIENTAL - COMPORTAMENTO E BEA	19
1.6	ENRIQUECIMENTO AMBIENTAL E SEUS EFEITOS SOBRE O DESEMPENHO E QUALIDADE DE CARNE	24
2	OBJETIVOS.....	26
2.1	Objetivo Geral:	26
2.2	Objetivos Específicos:	26
	REFERÊNCIAS	27
	CAPÍTULO II	35
3	MANUSCRITO I.....	36
3.1	Introduction.....	38
3.2	Materials and Methods.....	39
3.2.1	2.1. Pigs, facilities, experiment period, and feeding management.....	39
3.2.2	Experimental treatments and pens	40
3.2.3	Zootechnical performance.....	41
3.2.4	Post-slaughter samples and analyses.....	41
3.2.5	Skin damage score	42
3.2.6	PH measurements.....	42
3.2.7	Meat sample collection	43
3.2.8	Color, marbling, and laboratory carcass characteristics	43
3.2.9	Water-holding Capacity	43
3.2.10	Statistical analysis	44
3.3	Results.....	44
3.3.1	Growth performance	44
3.3.2	Carcass characteristics at abattoir	45
3.3.3	Meat and tenderloin characteristics.....	45
3.3.4	Oxidative stress	46
3.4	Discussion.....	46
3.4.1	Zootechnical performance.....	46
3.4.2	Skin damage score	48

3.4.3	Lean meat.....	48
3.4.4	Serum oxidative stress variables	49
3.4.5	Meat characteristics.....	49
3.5	Conclusion	50
4	MANUSCRITO II.....	62
4.1	Introdução	64
4.2	Metodologias	65
4.2.1	Período experimental, animais, instalações e manejo alimentar.....	65
4.2.2	Tratamentos e baias experimentais	66
4.2.3	Coletas de saliva e e análises do cortisol	69
4.2.4	Avaliação comportamental	69
4.2.5	Análises estatísticas.....	70
4.3	Resultados	71
4.3.1	Comportamento.....	71
4.3.2	Cortisol salivar	72
4.4	Discussão	72
4.4.1	Comportamento.....	72
4.4.2	Cortisol.....	74
4.5	Conclusões	76
	Referências	77
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
6	REFERÊNCIAS	86
7	ANEXOS.....	96
7.1	Anexo I	97
7.2	Anexos II.....	98
7.3	Anexo III.....	99
7.4	Anexo IV.....	100
7.5	Anexo V	101

1 CAPÍTULO I

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 INTRODUÇÃO

A produção de suínos no Brasil no ano de 2019, estimada pela Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA), foi de cerca de 4.44 mil toneladas, resultado que posiciona o Brasil como o quarto maior produtor e o quarto maior exportador mundial, com 23% de sua produção destinada ao mercado externo. No Brasil, a suinocultura representa 8,8% da receita bruta dos produtos pecuários, e ocupa a oitava posição em faturamento para o país (ABPA, 2021).

Para o abate de suínos machos no Brasil, desde a década de 50, exigia-se a castração cirúrgica (RIISPOA, 1952; BRASIL, 2017), com o objetivo de evitar o amadurecimento sexual e com isso o aumento das concentrações de androsterona, que provocam odor similar a urina. Paralelamente, outro efeito da maturidade sexual dos machos suínos é o acúmulo de escatol, depositado na gordura subcutânea e intramuscular, substância volátil com odor semelhante ao fecal (DOS SANTOS et al., 2016).

A referida portaria que estabelecia a obrigatoriedade da castração para o abate foi atualizada em agosto de 2020 (Brasil, 2020) para possibilitar o abate de suínos machos inteiros, com vistas a maximizar o bem-estar dos suínos. O “odor sexual” do suíno macho inteiro pode interferir na palatabilidade da carne suína, atributo sensorial que está ligado à satisfação do consumidor em relação ao produto, e pode influenciar diretamente na decisão de compra. Existem evidências de que a aceitação da carne de macho suíno não castrado pode reduzir em mais de 50%, por consumidores com paladares mais sensíveis (ALUWÉ et al., 2018). Além disso, o escatol por ser volátil no processamento por calor, podendo intensificar o odor.

Ainda que, os animais fossem abatidos inteiros, anteriormente ao início da puberdade para reduzir a formação de androstenona, há discrepância nos métodos de avaliação que dificulta estabelecer limites de aceitação do consumidor, o que poderia comprometer a aceitação da carne (FONT-I-FURNOLS, 2012; FOINT-I- FURNOLS et al., 2016).

O uso da castração cirúrgica em leitões neonatais, é o método mais comum de castração utilizado para evitar possíveis problemas relacionados com o “odor na carcaça” (MARTINS et al., 2013), e reduzir o comportamento agressivo e sexual dos suínos (THUN et al., 2006). A castração cirúrgica causa estresse, dor aguda e crônica, infecções de feridas e depressão no

ganho de peso (PRUNIER et al., 2006) sendo que novos manejos são objeto de estudos com vistas a eliminar este procedimento.

Diante dos pontos negativos da castração cirúrgica, a imunocastração tem se tornado prática comum na suinocultura brasileira, considerada alternativa viável, pois é uma técnica que não causa dor aguda, e reduz o estresse dos animais (MARTINS et al., 2013). Contudo, até a imunização completa dos machos, que ocorre após a segunda dose da vacina de imunocastração, é observada maior frequência de comportamentos indesejáveis, como tentativa de monta e interações agressivas (SANTOS et al., 2017), o que pode acarretar lesões e, como consequência perdas financeiras e redução no bem-estar dos suínos.

O fornecimento de objetos para o enriquecimento melhora o comportamento de suínos, diminui a atenção dada aos demais indivíduos do ambiente (GODYN et al., 2019), estimula o comportamento exploratório dos animais, em especial quando este objeto apresenta como características a manipulabilidade e destrutibilidade (VAN DE WEERD et al., 2003). Assim, a combinação do uso de ambientes enriquecidos na fase de terminação de machos suínos, (HOLINGER et al., 2015) com práticas menos invasivas de castração (MARTINS et al., 2013) podem atuar sinergicamente com melhora no BEA e na produtividade dos suínos machos em terminação.

1.2 BEM-ESTAR ANIMAL E MANEJO DE CASTRAÇÃO CIRURGICA

Embora a castração cirúrgica favoreça os atributos sensoriais da carne suína, há controvérsia sobre a sua realização por ser um procedimento considerado invasivo e de baixo grau de bem-estar dos suínos, o que tem levado o setor produtivo realizar estudos, avaliações técnicas, econômicas e debates sobre seu banimento.

Estudos realizados por BRIYNE et al. (2016) e MARTINS et al. (2013), consideram a castração sem analgesia em leitões até o sétimo dia de vida, um procedimento que induz a respostas endócrinas e comportamentais que são consideradas indicadores de dor, como prostração, rigidez, tremores, e possibilita infecções pelo corte do procedimento e como consequência depressão no ganho de peso do animal.

Legislações vigentes, como a Instrução Normativa 2020/113/BR do MAPA (BRASIL, 2020); recomendações como as da World Organisation for Animal Health (OIE, 2019) e normativa 2008/120/UE (DIRECTIVA, 2008), permitem a castração cirúrgica se executada por pessoa capacitada, com utilização de analgesia e, preferencialmente realizada por um Médico

Veterinário. O protocolo anestésico a ser utilizado deve ser eficiente, necessita ser de fácil execução, viável técnica e economicamente e de fácil aplicação (VISCARDI et al., 2019).

Não se pode afirmar que apenas o controle da dor na ocasião do procedimento de castração cirúrgica seja a solução do problema pois faltam evidências sobre a eficácia da anestesia local, da necessidade de associação à sedação animal, das variáveis que devem ser avaliadas para confirmação da cessão da dor, dos princípios ativos eficientes que condizem com os custos de produção, da contenção do suíno e da restrição legal ao uso dessas drogas (BURKEMPER et al., 2019), o que a torna inviável para a utilização em grande escala no sistema intensivo de produção. Além disso, esta prática não elimina o estresse e o desconforto do animal na contenção e no manejo pré-procedimento, nem impedirá, após o efeito da anestesia, que o suíno sinta dor crônica (VISCARDI et al., 2019).

E apesar de ter sido demonstrado em um estudo comparativo que a nocicepção induzida por injeção intratesticular e subcutânea local pode ser quantificada de forma confiável medindo as respostas cardiovasculares dos animais em resposta a dor, indicadores importantes como estresse e medo do animal também precisam ser avaliados para uma análise confiável de todos os aspectos do bem-estar animal pré e pós procedimento (SALLER et al., 2020).

Contudo, a substituição da castração cirúrgica para alternativas menos invasivas em machos suínos, ainda, é apontada como uma das maiores tendências do tema na suinocultura. Esta mudança é motivada pela exigência crescente dos consumidores e de organizações de proteção animal para adoção de práticas mais éticas na criação industrial de animais (REGAN, 2019).

1.3 A IMUNOCASTRAÇÃO E SEUS EFEITOS SOBRE DESEMPENHO E QUALIDADE DE CARNE

Diferentes alternativas podem ser adotadas para evitar o odor de macho na carne dos suínos, como a antecipação do abate para idade prévia à puberdade, utilização de sêmen sexado para o nascimento de fêmeas, entre outras. Contudo, tais opções apresentam pouca aplicação prática em nível comercial. Por outro lado, a imunocastração é considerada uma alternativa viável técnica e economicamente pois não causa dor aguda e reduz o estresse dos animais (MARTINS et al., 2013), sendo adotada por diversas agroindústrias em nível nacional, em substituição à castração cirúrgica.

A imunocastração é realizada por meio de vacina, duas aplicações intramusculares de análogo fisiologicamente inativo do GnRH, um neuropeptídeo liberado pelo hipotálamo para estimular a secreção do hormônio luteinizante (LH) e do hormônio folículo-estimulante (FSH), que leva à criação de anticorpos contra o GnRH. Como resultado há inibição da puberdade e, na prática resulta em castração imunológica temporal (CLAUS et al., 2007). A inibição do GnRH que regula a liberação de gonadotrofinas por sua vez resulta em diminuição temporária da função testicular e, conseqüentemente, menor produção de testosterona (principal hormônio sexual masculino) e esteroides testiculares, como androsterona e scatole.

A androsterona é produzida pelos testículos e não possui efeito androgênico, age apenas como feromônio, sendo que parte é secretada na saliva, e outra depositada no tecido adiposo. Na fase de maturidade sexual do macho suíno, tem-se uma grande produção deste esteroide (JAROS et al., 2005), e esse acúmulo é parcialmente responsável pelo odor na carcaça. O scatol é metabolizado pelo triptofano da dieta e pelos resíduos celulares da degradação da mucosa intestinal, e está associada ao odor das fezes. As altas concentrações de androsterona impedem a expressão do citocromo responsável pela degradação do scatole e está correlacionada ao acúmulo deste no tecido adiposo que acarreta em odor característico a carne suína (DORAN et al., 2004).

A primeira aplicação da vacinação não tem efeito fisiológico sobre os testículos, mas é importante para promover a sensibilização do organismo, e estimula a produção de anticorpos específicos contra o GNRH. Porém, somente após a segunda dose que ocorre grande produção de anticorpo, que promove a neutralização do GnRH endógeno por tempo prolongado, com isso, a metabolização dos compostos do odor sexual passa a acontecer em velocidade maior que a produção diminuindo os níveis circulantes e o acúmulo de androsterona e scatol no tecido adiposo. Como consequência apresentam pouca probabilidade de odor sexual (ČANDEK-POTOKAR et al., 2017).

Existem também algumas desvantagens com o manejo da imunocastração, como a dificuldade de vacinação dos animais, alojados em um grande grupo nas baias de terminação, problemas de auto injeção nos operadores que devem ser capacitados para a realização do manejo, a possibilidade de animais vacinados, devido a variação imunológica, ainda apresentarem odor característico na carne, e a preocupação do consumidor em relação ao possível residual da vacina na carne suína (PRUNIER et al., 2006).

Estudos conduzidos por Candek-Potokar et al. (2015) e Bruno et al. (2013) apesar de algumas limitações ainda a imunocastração possui benefícios. Por ser uma prática de fácil

execução se realizada por pessoa capacitada, segura para os animais, considerada melhor em termos de BEA, ter menor custo (média R\$ 6,00 a dose por animal) comparativamente à castração cirúrgica realizada com analgésicos e anestesia por médico veterinário, além de melhorar variáveis zootécnicas como a conversão alimentar (Tabela 1).

Tabela 1 - Levantamento bibliográfico dos efeitos do tipo de castração (imunológica ou cirúrgica) sobre a conversão alimentar de suínos.

Semanas de abate	Tipo de Castração		Animais avaliados	Melhora na CA	Autores
	Cirúrgica	Imunológica			
24	3, 23	2,99	48	-0,24	Škrlep et al. (2010)
23	3,39	3,05	100	-0,34	Dunshea et al. (2001)
26	3,73	3,10	100	-0,63	Dunshea et al. 2001
22	2,47	2,28	44	-0,19	Hennesy (2006)
	4,27	3,60	160	-0,67	Bruno (2013)
16	2,82	2,80	120	-0,02	Grela et al. (2020)
12	2,99	2,75	24	-0,24	Daza et al. (2016)
	2,63	2,51	32	-0,12	Fernandes et al. (2017)

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

A melhor conversão alimentar dos animais submetidos à imunocastração, em relação à castração cirúrgica, comumente observada na literatura (Tabela 1), está associada aos efeitos anabólicos aos quais os animais inteiros estão submetidos e, como consequência há modulação do crescimento, com maior deposição muscular e melhora produtiva (PAULY et al., 2009).

Neste contexto, os melhores índices zootécnicos podem ser atribuídos pelo fato dos suínos imunocastrados, antes da segunda dose da vacina, apresentarem altos níveis de testosterona pois a conexão hipotálamo-hipófise-gonadal permanece intacto e assim, os animais se beneficiam dos fatores fisiológicos naturais de crescimento presentes no metabolismo do macho inteiro (YAO et al., 2018; HUBER, et al., 2018). Machos castrados cirurgicamente no início da vida possuem maiores concentrações periféricas de FSH, que aumenta o acúmulo de gordura na carcaça, enquanto os machos imunizados ativamente contra GnRH na fase final de produção, têm baixas concentrações de FSH circulante e acumulam menos gordura na carcaça (HAN et al., 2021).

Grela et al. (2020) citam que suínos imunocastrados apresentam redução de até 34% na espessura média de toucinho em determinadas raças. Enquanto, Zamaratskaia et al. (2008) apontam para ganhos em carne magra próximos de 5% para suínos imunocastrados.

O protocolo escolhido de imunocastração impacta no repertório comportamental dos suínos, pois após a segunda dose e efetiva castração há significativas mudanças em comportamentos como o contato dos suínos com os pares e o comportamento de monta (RYDHMER et al., 2010) e, nos resultados de produção, como exemplo desempenho e qualidade da carne. A maior fabricante da vacina de imunocastração, indica como protocolo a aplicação das duas doses pelo menos com 4 semanas de intervalo, e a segunda dose de 3 a 10 semanas antes do abate dos suínos. A vacina não possui carência, porém necessita de no mínimo 3 semanas para ter efeito sobre o metabolismo do macho suíno. Em um trabalho com diferentes idades para a segunda aplicação, variando de 2 a 6 semanas pré-abate, Lealiifano et al. (2011) sugerem que a imunocastração pode ser realizada mais próxima do abate. Da mesma forma, Dalla Costa et al. (2020), observaram melhora no rendimento de carne dos suínos imunocastrados com segunda dose 3 semanas pré-abate utilizando restrição alimentar.

Boler et al. (2011), observaram que até a aplicação da segunda dose, os testículos produzem hormônios androgênicos que promovem uma redistribuição dos nutrientes para favorecer a síntese do tecido muscular e ósseo e, conseqüentemente, reduzir o tecido adiposo. Enquanto que, após a imunização completa, ocorre o aumento na ingestão de ração, com menores resultados de conversão neste período (ELSBERND et al., 2017), sendo que o consumo se mostra superior aos machos castrados cirurgicamente (POKLUKAR et al., 2020).

Contudo, nos sistemas de produção é usual a adoção de um protocolo de segunda dose de 4 a 5 semanas pré-abate (CANDEK- POTOKAR et al., 2017). Em um trabalho para testar o protocolo de castração, Seiquer et al. (2019) imunizaram os suínos 30 dias pré-abate, e avaliaram os indicadores de qualidade de carne, em comparação aos suínos castrados cirurgicamente, e observaram pH 48 horas após abate entre 5,5 – 5,7 em carcaças de animais imunizados de, que classifica a carne com características de qualidade desejáveis. Porém, na avaliação da coloração dos músculos de carcaça de suínos imunocastrados houve coloração menos avermelhada e menos intensa, além de carcaças com maiores perdas por gotejamento. Os autores citam que os resultados diferentes de outros trabalhos, podem estar associados à característica genética dos suínos, a idade da vacinação e o tempo decorrido desde a segunda dose e o abate.

1.4 MANEJO DA IMUNOCASTRAÇÃO E O BEA

A técnica da imunocastração acarreta em grandes benefícios para as variáveis de produção que a tornam técnica e economicamente viável, além de eliminar a dor aguda no momento da orquiectomia e a possível dor crônica pós procedimento, mesmo com o uso de anestésicos na castração cirúrgica.

Porém, o manejo de lotes de animais sob imunocastração, resulta em dificuldades relacionados ao bem-estar animal que devem ser analisadas. Entre as dificuldades estão os comportamentos indesejados dos suínos, como atividades de monta e luta entre animais inteiros, visto que, esses animais antes da completa imunização, que ocorre após a segunda dose da vacinação, permanecem com as características de macho inteiro, que embora benéfica para o desempenho, provocam maior frequência de interações negativas entre os animais o que pode ocasionar estresse e como consequência perdas econômicas e redução no bem-estar (KRESS et al., 2020).

A monta entre os suínos é uma característica comportamental natural da espécie na fase de maturidade sexual, também, a dominância e o estabelecimento hierárquico têm grande influência no comportamento dos suínos e estão relacionados a altos níveis de testosterona presentes nos machos suínos inteiros, e pode se tornar uma questão de bem-estar animal ao aumentar o risco de lesões no aparelho locomotor e de lesões cutâneas. Em suínos de vida livre esses comportamentos são minimizados pelo ambiente natural, e pela maior área habitacional que possibilita espaços de fuga, enquanto suínos manejados intensivamente em confinamento, geralmente não possuem espaços livres para evitar estas interações agonísticas (BRUNIUS et al., 2011).

Um estudo com 498 suínos de produção comercial alojados em baias com densidade de 1 m²/suíno, demonstrou 15% maior probabilidade de machos suínos inteiros apresentarem problemas de claudicação e ferimentos de casco, decorrente de montas (RYDHMER et al., 2006). Desta forma, para discutir e avaliar os índices de bem-estar dos animais de terminação é necessário estabelecer indicadores fisiológicos e comportamentais, e entender que estes podem variar de muito bom, a muito ruim, quando as estratégias comportamentais, fisiológicas, imunológicas enfrentam falhas (BROOM, 2011).

Um estudo realizado com 30 animais, comparando fêmeas, machos castrados e imunocastrados, com aplicação da 1^o dose 60 dias antes do abate e 2^o dose 30 dias antes do abate indicou que os suínos imunocastrados estão mais sujeitos a comportamentos indesejáveis antes da imunização completa, com redução significativa do comportamento sexual no período após a segunda dose (SANTOS et al., 2017).

Aluwé et al. (2016), com base na redução do comportamento do macho após a imunização completa, avaliaram o efeito da 2ª dose de imunização às 4 e 6 semanas antes do abate, sobre o comportamento, desempenho e qualidade da carne, e diferenças significativas não foram encontradas entre os dois grupos em relação a ganho de peso diário, consumo de ração e conversão alimentar, porém com melhor rendimento de carcaça e menor ocorrência de comportamento agressivo no grupo com a 2ª dose recebida na 6ª semana.

Em um experimento para a avaliação do desempenho e comportamento de machos suínos submetidos a diferentes protocolos de castração, Cronin et al. (2003) observaram que suínos machos imunocastrados possuem 2,9 e 12 vezes menor chance de realizarem comportamentos agressivos e de monta, respectivamente, em relação aos machos inteiros, com resultados similares aos castrados cirurgicamente (LEALIIFANO et al., 2011)

Como discutido por Seiquer et al. (2019), a linhagem ou raça dos animais pode interferir nos resultados de imunocastração, com a necessidade de estudos específicos para as linhagens contemporâneas. Destaca-se que são limitados os trabalhos que comparam diferentes protocolos de castração em suínos, visando quantificar e minimizar as interações negativas entre os machos na fase de terminação, que avalie pontos de bem-estar animal, produtividade e qualidade de produto final, principalmente no período que antecede a segunda dose da vacinação de imunocastração.

1.5 ENRIQUECIMENTO AMBIENTAL - COMPORTAMENTO E BEA

Uma das alternativas para a diminuição da ocorrência de comportamentos agonísticos na suinocultura é o uso de estratégias de enriquecimento ambiental, pois animais criados em ambientes sem estímulos podem ter o bem-estar comprometido (CASAL-PLANA et al., 2016). Desta forma, o enriquecimento ambiental visa a melhoria do bem-estar dos animais inseridos em ambientes de produção que limitam a realização dos comportamentos naturais apresentados pela espécie (FÀBREGA et al., 2019), ou em decorrência do manejo utilizado em sua criação, a exemplo da prática de imunocastração, manejo que poderá acarretar em maiores comportamentos agonísticos entre os animais no período que antecede a primeira e a segunda dose.

O termo enriquecimento ambiental, está associado a melhorias aplicadas para alterar de forma favorável o ambiente do suíno, pode ser utilizado para indicar melhorias sociais, físicas, sensoriais, nutricionais e imunológicas (NEWBERRY, 1995). Existem diferentes tipos de

enriquecimento ambiental para cada categoria, os alimentares consistem em alterações na composição da ração ou pela maneira com que ela é ofertada, melhorias sociais podem estar associadas ao contato com os animais, sejam da mesma espécie ou não (GUY et al., 2013). Alterações de estruturas de instalações, melhorias de ambiência que favorecem a adaptação do animal ao meio em que está inserido também são considerados enriquecimentos ao ambiente.

Ferramentas de enriquecimento ambiental na categoria física, dentre elas a disponibilização de objetos de manipulação é considerada benéfico, com melhoras significativas no comportamento de suínos (GODYN et al., 2019). Da mesma forma, estimula os comportamentos exploratórios, em especial quando o objeto utilizado atende os pontos desejáveis dos materiais de enriquecimento (VAN DE WEERD et al., 2003), que com base nestes pontos, a recomendação da Recomendação União Europeia (2016), avalia as características (quão manipuláveis, comestíveis, mastigáveis e investigáveis são) e classifica os objetos como: ótimo (ex. palha), sub ótimo (ex. caibros de madeira, papel e papelão) e marginal (ex. correntes, pneus e cordas).

O fornecimento de objetos de manipulação é visto como promissor para melhorar o grau de BEA (VAN DE WEERD et al., 2003). Porém, a maioria dos objetos utilizados na prática de granjas comerciais é avaliada como insuficiente para terem efeito positivo, em nos critérios recomendados pela União Europeia. Portanto, são necessários estudos para avaliar a eficácia do uso destes materiais e alternativas para estimular o interesse dos animais para os objetos, além do conhecimento de sua aplicação em situações de criação de machos imunocastrados.

A literatura científica sugere que a palha e materiais de substrato semelhantes têm maior potencial para atender aos primeiros critérios que abordam o bem-estar dos suínos. No entanto, nos atuais sistemas de produção de suínos, existem limitantes quanto ao uso de alguns substratos para enriquecimento, como as condições meteorológicas de determinadas regiões e períodos do ano, que podem impedir o uso de grande quantidade de palha, o que acarretaria em estresse por calor aos animais. Além disso, a estrutura dos sistemas de escoamento de dejetos, o tipo do piso das instalações (total ou parcialmente ripado) com a possibilidade de bloqueios de canaletas pela utilização da palha (WALLGREN et al., 2016).

Portanto, precisam ser identificados materiais economicamente viáveis, apropriados para os atuais sistemas de produção e capazes de satisfazer as necessidades comportamentais dos suínos (VAN DE WEERD; DAY, 2009). Alguns estudos têm apresentado os efeitos benéficos do uso de materiais sub ótimos e marginais, como caibros de madeira e correntes, mas sua eficácia varia de acordo com o tipo de propriedade, material fornecido, bem como sua

posição, sensação de novidade, limpeza e outros atributos (CHOU et al., 2018; FÁBREGA, et al., 2019). Estes materiais apesar de funcionais, são considerados abaixo do ideal, por não atenderem a todas as necessidades do animal, deste modo, devem ser usadas com outros materiais.

Uma pesquisa realizada por Haigh, Driscoll (2016) em granjas comerciais apontou que a madeira é usada nas baias de terminação com o objetivo de reduzir o canibalismo e ou/ que os produtores considerariam em utilizá-las pela eficácia, durabilidade e relação custo/benefício. Telkänranta et al. (2014), utilizaram madeiras frescas fixadas horizontalmente em correntes na parte central das baias e observaram maior interação positiva de manipulação do objeto e consequente redução dos comportamentos agonísticos como canibalismo e mordedura de orelha em suínos no final na fase de terminação.

Ainda, Santos et al. (2017) observaram em seu estudo, que os animais alojados em ambientes enriquecidos despendiam 9,6% do seu tempo médio nas interações com os objetos de enriquecimento ambiental alocados de forma pendular no centro das baias, percentual relevante comparado com o tempo médio que os animais passam com outras atividades necessárias, como comer ou beber (9,1% do tempo) e explorar o ambiente (11,5% do tempo). No mesmo trabalho verificou-se que a incidência de comportamentos agonísticos e sexuais entre os suínos alojados no ambiente enriquecido foi baixa, em média 0,19% e 0,11% do tempo total.

Nannoni et al. (2018) testaram torinhas de madeira e um bloco vegetal comestível colocados em um dispenser de metal na parte lateral da baia, e observaram redução moderada no comportamento de canibalismo e interações agonísticas, porém o objeto de manipulação não suprimiu tais comportamentos, provavelmente em função da competição pelo enriquecimento entre os animais.

Independente do fato de ainda ocorrerem comportamentos negativos nos suínos mantidos em ambientes enriquecidos, pode-se afirmar que o aumento da atividade animal e do interesse por um objeto de enriquecimento é importante para os suínos na perspectiva de bem-estar (MACHADO et al., 2017). A forma com que é disponibilizado o objeto, sejam eles no piso da baia, de forma suspensa (laterais e/ou no centro da baia) pode interferir na interação do animal, com ótimos resultados de interação para objetos suspensos, sendo que no chão da baia por estarem em maior contato com as sujidades, tendem a perder a característica num período mais curto de tempo e necessita de trocas e higienização mais frequente (TELKÄNRANTA et al., 2014).

A eficiência do enriquecimento ambiental pode ser avaliada por meio do comportamento animal, que é um indicador rápido e positivo da condição de bem-estar animal, e pode ser medido por meio de gravações de vídeo, observações visuais e demais metodologias que permitam a análise do comportamento dos suínos (FÁBREGA et al., 2019; CHOU et al., 2020).

O projeto Europeu Welfare Quality®, desenvolveu um protocolo para avaliar de forma objetiva o bem-estar animal nos sistemas de confinamento de suínos no campo. O protocolo define como comportamento social negativo, interações agressivas ou qualquer comportamento com uma resposta de fuga do animal perturbado, e comportamento social positivo, definido como farejar, cheirar, lambe e movimentar-se, sem reação agressiva ou fuga do indivíduo. Bem como, o ato do animal farejar, cheirar, lambe ou mastigar qualquer recurso da baia, é definido como comportamento exploratório (WELFARE QUALITY®, 2009).

Avaliações fisiológicas também são importantes para medir o efeito dos materiais de enriquecimento no metabolismo animal. Entre as variáveis para indicar o BEA, os níveis de cortisol são indicadores complementar para avaliação do bem-estar animal, pois os suínos submetidos a situações de estresse produzem mudanças bioquímicas pela ativação do sistema adrenomedular simpático e o principal hormônio secretado pela glândula adrenal é o cortisol, que quando alterado pode indicar estresse fisiológico, estresse físico e resposta animal ao ambiente (MANTEUFFEL et al., 2002). Entretanto, a avaliação do cortisol deve estar associada a outros aspectos, pois isoladamente pode levar a falhas na mensuração do BEA (CASAL-PLANA et al., 2016).

O alojamento de suínos em terminação com ambientes de baixo estímulo pode limitar o animal expressar as características comportamentais específicas da espécie, como investigar, o que leva à frustração (CASAL et al., 2017). Associado às interações agonísticas como a monta, principalmente no período entre a primeira e a segunda dose de imunização, momento em que ocorre a maturidade sexual do macho suíno ainda inteiro, e essas transformações com a puberdade, acarreta em aumento do estresse dos machos suínos imunocastrados e um maior nível de cortisol (TONEPOHL et al., 2012), e como implicações, perdas econômicas.

Trabalhos desenvolvidos por Luo et al. (2017) e Tonepohl et al. (2012) indicam que suínos alojados em ambientes enriquecidos, além de apresentarem menor nível de cortisol, apresentam níveis mais altos de anticorpos IgM e IgG naturais, o que pode beneficiar a adaptação aos desafios impostos pelo sistema de confinamento.

Casal et al. (2017) e Fábrega et al. (2019), utilizaram a coleta salivar em seus estudos sobre enriquecimento ambiental para suínos, para avaliação de indicadores fisiológicos de bem-estar animal. Ambos coletaram amostras de suínos terminados, utilizando um Salivette® (SARSTEDT AG & Co., Nürbrecht, Alemanha), acoplados a uma pinça fixada a um cabo de madeira, que possibilitou o manejador realizar a coleta distante e individualizada dos animais e os níveis de cortisol salivar medidos por meio de ensaio imunofluorométrico validado por TR-IFMA. Os resultados da avaliação do cortisol no trabalho de Casal et al. (2017), não apresentaram diferenças entre os grupos enriquecidos e alojados em ambientes áridos, supostamente o aumento agudo da interação e exploração dos animais com o objeto de enriquecimento pode ter influência na liberação de cortisol aos níveis dos animais alojados em ambientes pobres. No entanto, os autores ressaltam a necessidade da agregação de múltiplos indicadores para avaliar o bem-estar animal e interpretar com prudência alguns biomarcadores fisiológicos.

Entre outros parâmetros, a presença de lesões afeta o bem-estar animal, e a pontuação e mensuração envolve a contagem das lesões presentes no corpo do suíno. No protocolo do Welfare Quality (2009) bastante utilizado em avaliações em nível de campo (FÁBREGA et al., 2019; VITALI et al., 2017) avaliações de lesões são realizadas na carcaça do animal no frigorífico, considerando-se cinco regiões corporais e somente um lado é avaliado, 1) orelhas, 2) dianteiro 3) meio 4) quartos traseiros e 5) pernas. Cada região é avaliada de acordo com a gravidade, e pontuada de 0 a 5, sendo a maior pontuação quando a carcaça possui qualquer ferimento que penetre o tecido muscular, ou mais de 10 lesões maiores que 2 cm.

As lesões cutâneas observadas na parte frontal do corpo dos suínos estão relacionadas com a alta frequência de brigas entre os indivíduos da baia. Por sua vez, os danos cutâneos encontrados na pele na parte posterior, incluindo a cauda, indicam que o indivíduo passou parte do seu tempo sendo montado por um animal da baia (GODYN et al., 2019).

As ocorrências de lesões foram avaliadas sobre os indicadores de bem-estar animal, em um estudo comparando machos suínos imunocastrados em dois tempos distintos da segunda dose da vacina de imunocastração, na possibilidade da redução de comportamentos agonísticos com antecipação da segunda dose e, como consequência redução nas lesões de pele. Porém, a antecipação da segunda dose em duas semanas antes do tempo habitual de aplicação não afetou a ocorrência de lesões, o que sugere que alternativas devem ser usadas neste período para tentar reduzir comportamentos negativos (ALUWÉ et al., 2015).

As pontuações de lesões em suínos machos imunocastrados são geralmente mais baixas para suínos alojados em ambientes enriquecidos, em comparação com suínos alojados em ambientes estéreis que podem apresentar maior agressividade e, conseqüentemente lesões graves, o que prejudica a qualidade da carcaça (TONEPOHL et al., 2012). Portanto, fornece ambiente enriquecido para machos suínos imunocastrados, não leva necessariamente a grande redução no comportamento agressivo ou sexual, mas pode reduzir o risco de lesões e melhorar os níveis de bem-estar animal.

1.6 ENRIQUECIMENTO AMBIENTAL E SEUS EFEITOS SOBRE O DESEMPENHO E QUALIDADE DE CARNE

As pesquisas sobre os efeitos dos materiais de enriquecimento frequentemente se concentram nos resultados comportamentais e fisiológicos, mas também é importante avaliar outros aspectos, como, saúde, produtividade, viabilidade econômica, praticabilidade para os suinocultores e até mesmo a influência na qualidade do produto final.

Referindo-se à qualidade do produto final, Beattie et al. (2000) observaram maior peso de carcaça (+ 5%) e menores perdas por cocção em suínos criados em um ambiente enriquecido. Da mesma forma, em suínos abatidos com 110 kg de peso corporal, Lebret et al. (2006) observaram menor porcentagem de carne magra e maior espessura de toucinho. A maior deposição de gordura na carcaça de suínos criados em ambiente enriquecidos pode estar relacionada à maior taxa de crescimento resultante de um maior consumo de ração nas últimas duas semanas de terminação, decorrente da maior atividade dos animais incentivados pela interação com o objeto.

Também, suínos alojados em ambientes enriquecidos apresentaram uma porcentagem menor de carne exsudativa ($P < 0,05$), possivelmente resultante de um menor potencial glicolítico do músculo post-mortem (FAUCITANO et al., 2020).

Benefícios de campo também foram observados por Casal et al. (2017), onde suínos suplementados com fitoterápicos e alojados em um ambiente enriquecido, apresentaram melhores índices zootécnicos, que os autores atribuíram ao maior comportamento exploratório e redução do estresse. Resultados semelhantes foram observados por Beattie et al. (2000) em que os suínos alojados em ambientes de baixo estímulo, aumentaram o tempo gasto com comportamento social negativo, como consequência a ingestão média diária de alimentos foi

menor e as taxas de conversão alimentar foram maiores em comparação aos alojados em ambiente enriquecido.

Em situações de estresse, ocorre a alteração do metabolismo fisiológico do animal que envolve respostas neuroendócrinas e comportamentais, que visam manter o equilíbrio das funções vitais. Assim a energia do suíno que normalmente seria gasta para o crescimento pode ser redirecionada para estes mecanismos, o que acarreta no comprometimento dos resultados de produção (MOBERG, 2000).

A hipótese é de que a utilização do enriquecimento ambiental diminuirá as interações negativas entre os suínos, e como consequência redução no custo biológico da adaptação ao estresse, com melhores resultados de produção e qualidade de carne e carcaça.

Assim, estudos com machos suínos precisam ser realizados para avaliar o uso de enriquecimento ambiental e protocolos de imunocastração sobre o desempenho, comportamento e qualidade de carcaça e carne de machos suínos, com possibilidade de minimizar os pontos críticos no sistema de alojamento de suínos machos imunocastrados na fase de terminação.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral:

- Avaliar o uso de enriquecimento ambiental e dois protocolos de imunocastração de machos suínos sobre o desempenho, comportamento e qualidade de carcaça e carne.

2.2 Objetivos Específicos:

- Avaliar a utilização de enriquecimento ambiental em baias de suínos na terminação e a expressão dos comportamentos;
- Avaliar a utilização do enriquecimento ambiental sobre o desempenho, melhora nos indicadores de bem-estar animal e na qualidade de carcaça e carne;
- Avaliar a associação do enriquecimento ambiental com diferentes idades de imunocastração sobre o comportamento, desempenho e qualidade da carne.

REFERÊNCIAS

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual 2021**. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2021/04/ABPA_Relatorio_Anual_2021_web.pdf>. Acesso em: 04 de maio de 2021.

ALUWÉ, M.; ASLYNG, M.; BACKUS, G.; BONNEAU, M.; CHEVILLON, P, J. E. HAUGEN.; MEIER-DINKEL, L.; MORLEIN, D.; M.A. OLIVER.; H.M OLIVER.; H.M. SNOEK.; F.A.M. TUYTTENS.; M. FONT-I-FURNOLS. M. Consumer acceptance of minced meat patties from boars in four European countries. **Meat Science**, v.137, p. 235-243, 2018.

ALUWÉ, M.; DEGEZELLE, L.; DEPUYDT, L.; REMAUT, D.; VAN DEN BROEKE, A.; MILLET, S. Immunocastrated male pigs: effect of 4 v. 6 weeks time post second injection on performance, carcass quality and meat quality. **Animal**, v.10, p.1466–1473, 2016.

ALUWÉ, M.; TUYTTENS, F.A.; MILLET, S. Field experience with surgical castration with anaesthesia, analgesia, immunocastration and production of entire male pigs: performance, carcass traits and boar taint prevalence. **Animal**, v.9, p500–508, 2015.

BEATTIE, V.E.; O' CONNELL, N.E.; MOSS, B.W. Influence of environmental enrichment on the behaviour, performance and meat quality of domestic pigs. **Livestock Production Science**, v. 65, p.71–7, 2000.

BOLER, D.D.; KUTZELER, L.W.; MEEUWSE, D.M.; KING, V.L.; CAMPION, D.R.; MCKEITH, F.K.; KILLEFER, J. Effects of increasing lysine on carcass composition and cutting yields of immunologically castrated male pigs. **Journal Animal Science**, v. 89, p.2189–2199, 2011.

BRASIL. Decreto nº 9.013, de 2017 RIISPOA - **Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal** PERGUNTAS E RESPOSTAS. 19 de agosto de 2020 disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/arquivos-publicacoes-dipoa/perguntas-e-respostas-decreto-9-013-de-2017-regulamento-de-inspecao-industrial-e-sanitaria-de-produtos-de-origem-animal>>. Acesso em: 02 de maio de 2021.

BRASIL. Instrução normativa nº 113, de 16 de dezembro de 2020. **Diário Oficial de União**, 18 de dezembro de 2020. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-113-de-16-de-dezembro-de-2020-294915279>>. Acesso em: 10 de março de 2021.

BRIYNE, N.; BERG, C.; BLAHA, T.; TEMPLE, D. Pig castration: Will the EU manage to ban pig castration by 2018?. **Porcine Health Management**, v. 2, p.29, 2016.

BROMM, D.M. A history of animal welfare science. **Acta Biother**, v. 59, p.121-137, 2011.

BRUNIUS, C.; ZAMARATSKAIA, G.; ANDERSSON, K.; CHEN, G.; NORRBY, M.; MADEJ, A.; LUNDSTROM, K. Early immunocastration of male pigs with Improvac®. Effect on boar taint, hormones and reproductive organs. **Vaccine**, v. 29, p.9514–9520, 2011.

BRUNO, H. V.; KIEFER, C.; BRUMATTI, R. C.; SANTOS, A. P. D.; ROCHA, G. C.; RODRIGUES, G. P. Technical-economic evaluation of imuno and surgically castrated male pigs. **Ciência Rural**, v. 43(11), p.2063-2069, 2013.

BURKEMPER, M.C.; PARIS-GARCIA, M.D.; MORAES, L.E.; PARK, R.M.; MOELLER, S.J. Effects of oral meloxicam and topical lidocaine on pain associated behaviors of piglets undergoing surgical castration. **Journal Applied Animal Welfare Science**, v. 23(2), p.209-218, 2019.

ČANDEK-POTOKAR, M.; BATOREK LUKAČ, N.; LABUSSIÈRE, E. IMMUNOCASTRATION IN PIGS. New perspectives and challenges of sustainable. **Livestock Production**, v. 325, p. 324-335, 2015.

ČANDEK-POTOKAR, MAJETA; ŠKRLEP, MARTIN; ZAMARATSKAIA, GALIA. Immunocastration as Alternative to Surgical Castration in Pigs. **Theriogenology**, v. 6, p. 109-126, 2017.

CASAL, N.; MANTECA, X.; ESCRIBANO, D.; FABREGA, E. Effect of environmental enrichment and herbal compound supplementation on physiological stress indicators (chromogranin A, cortisol and tumour necrosis factor- α) in growing pigs. **Animal**, v. 11, n. 7, p. 1228-1236, 2017.

CASAL-PLANA, N.; MANTECA, X.; DALMAU, A.; FÁBREGA, E. Influence of enrichment material and herbal compounds in the behaviour and performance of growing pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 195, p. 38–43, 2016.

CHOU, J.Y.; DEATH, R.B.; SANDERCOCK, D.A.; DRISCOLL, K. Enrichment use in finishing pigs and its relationship with damaging behaviours: Comparing three wood species and a rubber floor toy. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 224, p. 104944, 2020.

CHOU, J.Y.; DEATH, R.B.; SANDERCOCK, D.A.; WARAN, N.; HAIGH, A.; DRISCOLL, K. Use of different wood types as environmental enrichment to manage tail biting in docked pigs in a commercial fully-slatted system. **Livestock Science**, v.213, p.19-27, 2018.

CLAUS, R.; LACORN, M.; DANOWSKI, K.; PEARCE, MC, BAUER, A. Short-term endocrine and metabolic reactions before and after second immunization against GnRH in boars. **Vaccine**, v. 25, p.4689–469, 2007.

CRONIN, G.; DUNSHEA, F.; BUTLES, K.; MC CAULEY, I.; BARNETT, J.; HEMSWORTH, P. The effects of immuno- and surgical-castration on the behaviour and consequently growth of group-housed, male finisher pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v.81, p.111–126, 2003.

DALLA COSTA, O.A.; TAVERNARI, F.C.; LOPES, L.S.; DALLA COSTA, F.A.; FEDDERN, V.; LIMA, G..J.M.M. Performance, carcass and meat quality of pigs submitted to immunocastration and different feeding programs. **Research in Veterinary Science**, v.131, p.137-145, 2020.

DAZA, A.; LATORRE, M.A.; OLIVARES, A.; LÓPEZ, B. C.J. The effects of male and female immunocastration on growth performances and carcass and meat quality of pigs intended for dry-cured ham production - A preliminary study. **Livestock Science**, v.190, p. 20-26, 2016.

DIRECTIVA 2008/120/CE – NORMAS MÍNIMAS DE PROTECÇÃO DE SUÍNOS. **Jornal Oficial da União Europeia**. 19 de dezembro de 2008. Disponível em: EUR-Lex - 32008L0120 - EN - EUR-Lex (europa.eu). Acesso em: 10 de janeiro de 2021.

DORAN, E.; WHITTINGTON, F. M.; WOOD, J. D.; MCGIVAN, J.D. Characterisation of androstenone metabolism in pig liver microsomes. **Chemico-biological interactions**, v. 147(2), p. 141-149, 2004.

DOS SANTOS, E.R.; DE LIMA GIANGARELI, B.; ROGEL, C.P.; CORREIA, E.R.; CAVALLARO, G.G.; TREVISAN, B.R.A, BRIDI, A.M. Avaliação do desempenho de suínos machos não castrados em fase de terminação. **Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública**, v.3, p.254-256, 2016.

DUNSHEA, F.R.; COLANTONI, C.; HOWARD, K.; MCCAULEY, I.; JACKSON, P.; LONG, K.A.; LOPATICKI, S. Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. **Journal Animal Science**, v.79, p.25-35, 2001.

ELSBERND, A.J, DE LANGE, C.F.M.; STALDER, K.J.; KARRIKER, L.A, PATIENCE, J.F., SID lysine requirement of immunologically and physically castrated male pigs during the grower, early and late finisher periods. **Journal Animal Science**, v. 95, p. 1253-1263, 2017.

FÀBREGA, E.; MARCET-RIUS, M.; VIDAL, R.; ESCRIBANO, D.; CERÓN, J.J.; MANTECA, X.; VELARDE, E. The effects of environmental enrichment on the physiology, behaviour, productivity and meat quality of pigs raised in a hot climate. **Animals**, v.9, p.235, 2019.

FAUCITANO, L.; CONTE, S.; POMAR, C.; PAIANO, D.; DUAN, Y.; ZHANG, P.; DROUIN, G.; RINA, SU.; GUAY, F.; DEVILLERS, N. Application of extended feed withdrawal time preslaughter and its effects on animal welfare and carcass and meat quality of enriched-housed pigs, **Meat Science**, v.167, p.1-10, 2020.

FERNANDES, A. R.; PENA, M. S.; CARMO, M. A.; COUTINHO, G. A.; BENEVENUTO JUNIOR, A. A. Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de suínos sob castração cirúrgica ou imunológica. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v.18, p. 303-312, 2017.

FONT-I-FURNOLS, M. Consumer studies on sensory acceptability of boar taint: A review. **Meat Science**, v.92 (4), p. 319-329, 2012.

FONT-I-FURNOLS, M.; AASLYNG, M.D.; BACKUS, G.B.; HAN, J.; KUZNETSOVA, T.G.; PANELLA-RIERA, N.; OLIVER, M.A. Russian and Chinese consumers' acceptability of boar meat patties depending on their sensitivity to androstenone and skatole. **Meat Science**, v.121, p. 96-103, 2016.

GODYN, D.; NOWICKI, J.; HERBUT, P. Effects of Environmental Enrichment on Pig Welfare- A Review. **Animals**, v.9, p.383, 2019.

GRELA, E.R.; SWIATKIEWICZ, M.; VASILEV, E.K.; FLOREK, M.; KORZECKA, U.K.; SKALECKI, P. An attempt of implementation of immunocastration in swine production – impact on meat physicochemical quality and boar taint compound concentration in the meat of two native pig breeds. **Livestock Science**, v.232, p.103905, 2020.

GUY, J.H.; MEADS, Z.A.; SCHIEL, R.S.; EDWARDS, S.A. The effect of combining different environmental enrichment materials on enrichment use by growing pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 144, p.102– 107, 2013.

HAIGH, A.; O' DRISCOLL, K. The long and short of it: Irish farmers' experiences of tail biting. In Teagasc Pig Research Dissemination Day 2016. Presented at the Teagasc Pig Research Dissemination Day 2016. Cavan Ireland, 2016.

HAN, X.; MENG, F.; CAO, X.; DU, X.; BU, G.; KONG, F.; HUANG, A.; ZENG, X. FSH promotes fat accumulation by activating PPAR γ signaling in surgically castrated, but not immunocastrated, male pigs. **Theriogenology**, v. 160, p.10-17, 2021.

HENNESSY, D. Global control of boar taint, Part 4, Immunological castration in action, *Pig Progress*, 22, 6, 2-4, 2006.

HOLINGER, M.; FRÜH, B.; HILLMANN, E. Group composition for fattening entire male pigs underenriched housing conditions—Influences on behaviour, injuries and boar taint compounds. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 165, p. 47-56, 2015.

HUBER, L.; SQUIRES, E.J.; MANDELL, I.B.; LANGE, C.F.M. Age at castration (surgical or immunological) impacts carcass characteristics and meat quality of male pigs. **Animal**, v. 12, n. 3, p. 648-656, 2018.

JAROS, P.; BURGI, E.; STARK, K.D.C.; CLAUS, R.; HENNESST, D.; THUN, R. Effect of active immunization against GnRH on androstenone concentration, growth performance and carcass quality in intact male pigs. **Livestock Production Science**, v.92, n.1, p. 31-38, 2005.

KRESS K.; WEILER, U.; SCHMUCKER S.; CANDEK-POTOKAR M, VRECL, M.; FAZARINC, G.; SKRLEP, M.; BATOREK-LUKAC, N, STEFANSKI, V. Influence of Housing Conditions on Reliability of Immunocastration and Consequences for Growth Performance of Male Pigs. **Animals**, v.10, p.27, 2020.

LEALIIFANO, A.K.; PLUSKE, J.R.; NICHOLLS, R.R.; DUNSHEA, F.R.; CAMPBELL, R.G.; HENNESSY, D.P.; MULLAN, B.P. Reducing the length of time between slaughter and the secondary gonadotropin-releasing factor immunization improves growth performance and clears boar taint compounds in male finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v.89(9), p.2782-2792, 2011.

LEBRET, B.; MEUNIER-SALAUM, M.C.; FOURY, A.; MORMED, P.; DRANFIELD, E.; DOURMAD, J.Y. Influence of rearing conditions on performance, behavioral, and physiological responses of pigs to preslaughter handling, carcass traits, and meat quality. **Journal of Animal Science**, v. 84 (9), p.2436-2447, 2006.

LUO, L.; GEERS, R.; REIMERT, I.; KEMP, B.; PARMENTIER, HK.; Effects of environmental enrichment and regrouping on natural autoantibodies-binding danger and neural antigens in healthy pigs with different individual characteristics. **Animal**, v.11, p.1-8, 2017.

MACHADO, S.P.; CALDARA, F.R.; FOPPA, L.; DE MOURA, R.; GONÇALVES, L. M. P.; GARCIA, R. G.; DE OLIVEIRA, G.F. Behavior of pigs reared in enriched environment: alternatives to extend pigs attention. **PloS one**, v.12, p.1-18, 2017.

MANTEUFFEL, G. Central nervous regulation of the hypothalamic-pituitary adrenal axis and its impact on fertility, immunity, metabolism and animal welfare – a review. **Archiv für Tierzucht**, v. 45, p.575–595, 2002.

MARTINS, P.C.; ALBURQUERQUE, M.D.; MACHADO, I.P.; MESQUITA, A. A. Implicações da imunocastração na nutrição de suínos e nas características de carcaça. **Archivos de Zootecnia**, v.62, p. 105-118, 2013.

MOBERG, G.P. Biological response to stress: implications for animal welfare. MOBERG, G.P.; MENCH, J.A. Editors. **The Biology of Animal Stress**, CABI Publishing, p. 123–46, 2000.

NANNONI, E.; SARDI, L.; VITALI, M.; TREVISI, E.; FERRARIA, A.; FERRI, M. E.; MARTELLI, G. Enrichment devices for undocked heavy pigs: Effects on animal welfare, blood parameters and production traits. **Italian Journal of Animal Science**, v.18 (1), p. 45-56, 2018.

NEWBERRY, R.C. Environmental enrichment: increasing the biological relevance of captive environments. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 44(2-4), p.229-243, 1995.

PAULY, C.; SPRING, P.; O'DOHERTY J.V.; AMPUERO KRAGTEN S.; BEE G.: Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically castrated, immunocastrated (Improvac[®]) and entire male pigs and individually penned entire male pigs. **Animal**, v.3, p.1057–1066, 2009.

POKLUKAR, K.; CANDEK-POTOKAR, K.; VRECL, M.; BATOREK-LUKAC, N.; FAZARINC, G.; KRESS, K.; WEILER, U.; STEFANSKI, V.; SKRLEP, M. The effect of immunocastration on adipose tissue deposition and composition in pigs. **Animal**, v 10, p. 1751-7311, 2020.

PRUNIER, A.; BONNEAU, M.; BORELL, E. H.; CINOTTI, S.; GUNN, M.; FREDRIKSEN, P.; GIERSEN, M. MORTON, D.B.; TUYTTENS, F. A. M.; VELARDE, A. A review of the welfare consequences of surgical castration in piglets and evaluation non-surgical methods. **Animal Welfare**, v. 15, p. 277-289, 2006.

RECOMENDAÇÃO (UE) 2016/336 – Normas mínimas de proteção de suínos no tocante as medidas destinadas a reduzir a necessidade de corte da cauda. **Jornal Oficial da União Europeia**. 08 de março de 2016. Disponível em: EUR-Lex - 32016H0336 - EN - EUR-Lex (europa.eu). Acesso em: 10 de fevereiro de 2021.

REGAN, Á. 'Smart farming' in Ireland: A risk perception study with key governance actors. **NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences**, v.90, p.100292, 2019.

RIISPOA. Regulamento da Inspeção Sanitária de Produtos de Origem Animal. 1952. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/bem-estar;-animal/arquivos/arquivos-legislacao/decreto-30691-de-1952.pdf/view>>. Acesso em: 27 novembro 2020.

RYDHMER, L.; LUNDSTROM, K.; ANDERSONN, K. Immunocastration reduces aggressive and sexual behaviour in male pigs, **Animal**, v.4, p. 965-972, 2010.

RYDHMER, L.; ZAMARATSKAIA, G.; ADERSSON, H. K.; ALGERS, B.; GUILLEMET, R.; LUNDSTRÖN, K. Aggressive and sexual behavior of growing and finishing pigs reared in groups, without castration. Acta Agricultura e Scandinavica Section. **Animal Science**, v. 56, p. 109-119, 2006.

SALLER, A.M.; WERNER, J.; REISER J.; SENF, S.; DEFFNER, P.; ABENDSCHÖN N. Local anesthesia in piglets undergoing castration—A comparative study to investigate the analgesic effects of four local anesthetics on the basis of acute physiological responses and limb movements. **PLoS ONE**, v.15(7): e0236742, 2020.

SANTOS, R.D.K.S.; CALDARA, F.R.; MOI, M.; SANTOS, L.S.; FOPPA, L.; GARCIA, R.G.; BORQUIS, R.R.A. Behavior of immunocastrated pigs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.45, p.540–545, 2017.

SEIQUER, I.; PALMA-GRANADOS, P.; HARO, A.; LARA, L.; LACHICA, M.; FERNÁNDEZ-FÍGARES, I.; NIETO, R. Meat quality traits in longissimus lumborum and gluteus medius muscles from immunocastrated and surgically castrated Iberian pigs. **Meat Science**, v.150, p.77–84, 2019.

ŠKRLEP, M.; ZAJEC, M.; KASTELIC, M.; KOSOROK, S.; FAZARINC, G. Effect of immunocastration (Improvac) in fattening pigs I: growth performance, reproductive organs and malodorous compounds. **Slovenian Veterinary Research**, v.47, p.57-64, 2010.

TELKÄNRANTA, H.; BRACKE, M.; VALROS, A. Fresh wood reduces tail and ear biting and increases exploratory behaviour in finishing pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v.161, p.50-59, 2014.

THUN, R.; GAJEWSKI, Z.; JANETT, F. Castration in male pigs: techniques and animal welfare issues. **Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 57, p.189-194, 2006.

TONEPOHL, B.; APPEL, A.K.; WEL, S.; VOB, B.; BORSTEL, U.K. Effect of marginal environmental and social enrichment during rearing on pigs' reactions to novelty, conspecifics and handling. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 140, p.137-145, 2012.

VAN DE WEER, H. A.; DOCKING, C. M.; DAY, J. E. L.; AVERY, P. J.; EDWARDS, S. A. A systematic approach towards developing environmental enrichment for pigs. **Applied animal behaviour Science**, v. 84, p. 101-118, 2003.

VAN DE WEERD, H. A.; DAY, J.E. A review of environmental enrichment for pigs housed in intensive housing systems. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 116, n. 1, p. 1-20, 2009.

VISCARDI, A.V.; TURNER, P.V. Use of meloxicam, buprenorphine, and Maxilene® to assess a multimodal approach for piglet pain management, part 1: Surgical castration. **Animal Welfare**, v. 28, p.487–498, 2019.

VITALI, M.; NANNONI, E.; SARDI, L.; BASSI, P.; MILITERNO, G.; MARTELLI, G. Effects of different enrichment devices on on-farm and post-mortem lesions and meat quality of italian heavy pigs. **Scienze Veterinarie**, v. 184, p.25-34, 2017.

WALLGREN, T; WESTIN, R; GUNNARSSON, S. A survey of straw use and tail biting in Swedish pig farms rearing undocked pigs. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 58, n. 1, p. 1-11, 2016.

WELFARE QUALITY ASSESMENT PROTOCOL FOR PIGS. 2009. Disponível em < Microsoft Word - Old pig protocol - 120809 - PPN (welfarequality.net)>. Acesso em :15 de janeiro de 2020.

World organisation for animal health (OIE). INTRODUCTION TO THE RECOMMENDATIONS FOR ANIMAL WELFARE. In: Terrestrial Animal Health Code. 2019, cap.7, p1-4. Disponível em: https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahc/current/chapitre_aw_introduction.pdf. Acesso 10 de março de 2021.

YAO, Y.; MA, H.; WU, K.; SHAO, Y.; HAN, W.; CAI, Z. Body composition, serum lipid levels, and transcriptomic characterization in the adipose tissue of male pigs in response to sex hormone deficiency. **Gene**, v.646, p. 74-82, 2018.

ZAMARATSKAIA, G.; ANDERSSON, H. K.; CHEN, G.; ANDERSSON, K.; MADEJ, A.; LUNDSTÖM, K. Effect of a gonadotropin-releasing Hormone Vaccine (Improvac™) on steroid hormones, boar taint compounds and performance in entire male pigs. **Blackwell Verlag**, v. 43, p. 351–359, 2008.

CAPÍTULO II

Os resultados desta dissertação são apresentados na forma de dois manuscritos, com sua formatação de acordo com as orientações das revistas ao quais foram submetidos: *Livestock Production Science* e *Semina: Ciência Agrária*

3 MANUSCRITO I

Desempenho, carcaça e carne de suínos com diferentes protocolos de imunocastração com ou sem enriquecimento ambiental

Autores: Maiquieli Cristina Deon

De acordo com normas para publicação em: Livestock Production Science.

Immunocastration protocols with or without environmental enrichment for Pig: performance, carcass and meat quality

Maiquieli Cristina Deon^{a*}

^aPostgraduate Program in Animal Science, State University of Santa Catarina (UDESC), Chapecó/SC, Brazil.

*Corresponding author: maiquieli-deon@auroraalimentos.com.br

Abstract

Immunocastration improves animal welfare (AW), production results, and meat and carcass quality. Immunocastration is achieved through a two-dose vaccine. There is no agreement regarding the interval between vaccines, and varying results have been generated. When given at the onset of puberty in male pigs, it causes behavioral problems that result in financial losses, and the enrichment can reduce the agonistic behavior. This study aimed determination of environmental enrichment and two immunocastration protocols on the performance, carcass and meat quality of male pigs. Two immunocastration protocols were used (with the second dose 22 days or 35 days before slaughter) and two raising conditions (pens with or without environmental enrichment). The experimental period lasted 75 days. The variables measured up to the 40th day of the experiment were analyzed based on a completely randomized experimental design, with two treatments, with or without environmental enrichment (ENR and NER, respectively), and 12 experimental units (pens with 13 pigs). Variables collected after 41 days were analyzed based on a 2 X 2 factorial design (groups ENR35, ENR22, and WER35, WER22, with six replicates per treatment). Performance variables were measured at the end of feed changes. The animals were slaughtered in a commercial slaughterhouse where carcass and meat quality evaluations were carried out. There were no interactions among the performance variables. Environmental enrichment and immunocastration 22 days before slaughter improved feed conversion, 0.054 g and 128 g per unit of gain, respectively. Daily weight gain improved in these groups of 0.025 g and 0.049 g, respectively. The ENR35 group had a lower testicle weight ($P = 0.024$). Injury scores were lower in the ENR22 group (0.4%). The percentage of lean meat ($P = 0.014$) and rib eye area ($P = 0.03$) were lower in ENR35; however, the meat quality variables did not differ. Immunocastration 22 days before slaughter and the use of

environmental enrichment at the end improved feed conversion. The association between immunocastration 22 days before slaughter and environmental enrichment reduced the injury scores in the slaughterhouse. Environmental enrichment can be used in commercial farms to improve the welfare quality and pig performance.

Keywords: chain toy, finishing pigs, pig facilities, pig welfare, wood toy.

3.1 Introduction

Immunocastration provides better WQ than surgical castration. It is associated with better growth rate and better feed:gain ratio (Grela et al., 2020, Daza et al., 2016, Fernandes et al., 2017), better gain:feed ratio (ASMUS et al., 2014). Additionally reduction of the backfat (Andreo et al., 2018) or tendency to backfat reduction (ASMUS et al., 2014), and more sizable proportion of lean meat; it does not affect the qualitative carcass characteristics (Fernandes et al., 2017). Immunocastration protocols need two vaccine doses, with the second vaccine between 3 to 10 weeks before slaughter and an interval of at least 4 weeks from the first dose.

With high testosterone levels until complete immunization, pigs benefit from the natural physiological growth factors present in the metabolism of the intact male (Yao et al., 2018; Huber et al., 2018). Although beneficial for performance, the period preceding the second dose of vaccine in parallel with the onset of swine male puberty is characterized by a higher frequency of undesirable behaviors such as sexual behavior and aggressive interactions between pigs; these can lead to injuries, financial losses, and reduced welfare (Kress et al., 2020).

There is no consensus regarding the best timing of the second dose of the vaccine, and varying results have been generated. Lealiifano et al. (2011) suggested that immunocastration could be performed closer to slaughter. Dalla Costa et al. (2020) observed improvement in the meat yield of immunocastration pigs with a second dose three weeks pre-slaughter. Immunocastration at 6 weeks allowed minimization of negative behaviors (Cronin et al., 2003; Aluwé et al., 2016).

Environmental enrichment tools, including manipulation objects, stimulate exploratory behavior in pigs and reduce agonistic behavior in the finishing phase, thereby improving carcass and meat quality (Godyn et al., 2019). Birch trunks (10 cm diameter) suspended horizontally by chains in bottom of pens reduce cannibalism and stereotypical behaviors (Telkanranta et al., 2014). The incidence of aggressive and sexual behaviors among pigs housed in the enriched

environment is low, on average 0.19% and 0.11%, respectively (Santos et al., 2017). Consequently, less biological cost is attributed to stress, resulting in an improvement of 0.15 g in feed conversion and 120 g in daily weight gain, greater carcass weight (+ 5%), and fewer cooking losses. Likewise, there is a lower percentage of lean meat and a greater thickness of bacon (Casal et al., 2017, Beattie et al., 2000).

Alternatives should be used to minimize critical points of pig welfare, reducing costs and production losses. The literature provides examples of environmental enrichment in swine farming (Godyn et al., 2019); nevertheless, the effectiveness of these elements in swine finishing systems has not yet been demonstrated, nor their effects on males subjected to various immunocastration protocols.

It is possible that an environmental enrichment object and its association with immunocastration 22 days before slaughter (especially during the phase before complete immunization) would result in better welfare quality performance, carcass, and meat quality. Therefore, the objective with the present study was to evaluate the use of environmental enrichment and two intervals of the second dose of the immunocastration vaccine on the performance, carcass quality, and meat in male pigs.

3.2 Materials and Methods

The ethics committee on animal experimentation at the Santa Catarina State University approved the study under protocol nº. CEUA No. 3783021219

3.2.1 2.1. Pigs, facilities, experiment period, and feeding management

We used intact male pigs of commercial lineage selected to gain lean tissue. The pigs were housed in the finishing facility at approximately 64 days of age. The experimental period (76 days) was started at 38 days after housing when the pigs received the first dose of vaccine of the immunocastration protocol, where the pigs weighed 55.7 ± 6.2 kg.

The work was carried out in a commercial finishing farm, located in the west of Santa Catarina, integrated with the Central Cooperative of the west of Santa Catarina. The finishing facilities had 35 pens (4.3 x 3.3 m), divided by a central corridor, and designed to house 13 pigs per pen, equipped with a forced ventilation system and curtains.

We used the 24 central pens from facilities; temperature and humidity were recorded in intervals of 60 min (data logger positioned at geometric center of facilities). The mean

temperature was 22.5 ± 4.0 °C, and the mean of relative humidity was $71 \pm 12\%$ during the experimental period.

The pens had a partial slatted floor (40%) at the bottom of the pens, with a linear feeder (4.3 m) in front of the pens (parallel to the central corridor) and pendant nipple drinker (flow greater than 2 L/m). The feeding and nutrition protocol followed the one adopted by the partner agribusiness, with four diets over the period (Table 1) and three daily feedings (6:00, 13:00, and 18:00). The daily feed supply followed the system established by the partner company. Before feeding, the rations were moistened using a drip system.

3.2.2 Experimental treatments and pens

Two immunocastration intervals were studied, with the second dose of vaccine 22 or 35 days before slaughter, combined with pens with or without environmental enrichment (branching chains or dry wooden rafters). The experimental design was a 2x2 factorial scheme, with two immunocastration protocols and with or without enrichment. There were six pens per treatment with 13 pigs, totaling 24 pens and 312 pigs (individually identified by ear tags). The four treatments were called ENR22 and ENR35 (with environmental enrichment and second dose of immunocastration at 22 or 35 days before slaughter, respectively), and WER22 and WER35 (without environmental enrichment and second dose of immunocastration at 22 or 35 days before slaughter, respectively). The experiment consisted of two experimental periods, separated by applying the second dose of the immunocastration vaccine in the ENR22 and WER22 groups. The first period was from 0 to 40 days, and the second was from 41 to 76 days.

Four pigs were removed during the experimental period (three from WER22 and one from WER35) due to sudden death or locomotor problems for 308 pigs at the end of the experimental period.

To carry out the immunocastration, we used a commercial vaccine labeled for two applications (VIVAX[®], 2021). The first dose performed to all pigs 77 days before slaughter. The second dose was performed at 22 or 35 days before slaughter, called typical protocol or early protocol, respectively. The vaccines were given in the morning by appropriately trained and qualified staff.

The environmental enrichment consisted of a dry wooden raft (30 x 5 x 5 cm) of eucalyptus sp in each pen, hung from the center such that the two ends were accessible to the

pigs (positioned at the height of pig eyes) and a branching metal chain (links of 2 x 45 cm) suspended at eye height, with a minimum distance of 60 cm between the objects and the side walls. The height of the chains and rafters were adjusted during the experiment according to the growth of the pigs. We opted for dry wooden rafters because of their easy availability, lack of toxicity, manipulability, low price, and the possibility of standardization that had been evaluated previously (Chou et al., 2020). The same criteria were used to choose branching chain as enrichment, although such objects are considered to provide marginal enrichment (RC, 2016). The enrichment objects were installed on the first day of the experimental period, and the rafters were replaced at 22, 52, and 66 days of the experiment, when the chains were washed with running water and presented to the pigs.

3.2.3 Zootechnical performance

Feed supply was standardized among treatments (Table 01), so feed consumption was not statistically analyzed. The amount of feed/pen was weighed before each feeding (Toledo electronic scale 2095/23) to supply the quantity established in the feeding program stipulated by the partner company (Table 01). Body weight was obtained by weighing the pigs individually on days 0, 15, 40, and 75 using an electronic scale (DIGITRON UL-5) programmed in animal weighing mode (± 0.1 kg). The pigs were removed from the pens and individually directed to the scale. The weighing on the 56th day (when the finishing I diet was changed to finishing II) was not carried out due to State and Federal government decrees that established measures to suspend face-to-face activities given the COVID-19 pandemic. Feed intake, weight gain, daily weight gain, and feed conversion were calculated.

3.2.4 Post-slaughter samples and analyses

After the performance evaluation, the pigs were slaughtered in a commercial slaughterhouse located 55 km away from the facility used for the performance work. The pigs in the experiment were transported to the abattoir unit in a specific truck, in four loads, one for each treatment group (ENR 35, ENR 22, NER 35, and NER 22), with an average truck density of ± 280 kg of pig body weight/m². All the pigs at the end of the finishing period were withdrawn for 8 hours before boarding, and total fasting before slaughter did not exceed 24 hours.

The lairage time in the abattoir unit was 3 hours for the ENR22 and ENR35 groups and 4 hours for the WER22 and WER35 groups. In groups of eight pigs, the pigs were previously

CO₂ stunning followed by slaughter by exsanguination according to Humane Slaughter Standards (Brasil, 2000), and carcass Split and chilled according to the abattoir unit.

Blood samples were collected from 12 pigs/treatment, two per pen (previously selected randomly at the performance facility) at the bleeding time. After the collection, the blood was sent to the laboratory, centrifuged (3500 rpm for 10 minutes), and the serum was stored at –20 °C for oxidative stress analysis.

The following parameters were measured: serum lipid peroxidation levels determined by the technique of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) according to the method described by Jentzsch et al. (1996); levels of reactive oxygen species (ROS) determined according to the technique described by Halliwell and Gutteridge (2007); glutathione S-transferase (GST) activity was evaluated spectrophotometrically at 340 nm by the method of Habig et al. (1974); Thiol levels were measured spectrophotometrically using Ellman's reagent (1959).

After the slaughter, the pig's testicles were sectioned and weighed (portable electronic scale ± 1 g). Then, the ear tag identification was removed, and the carcasses were reidentified according to the sequence of the abattoir unit.

The individual weight of the hot carcasses was obtained on the slaughterhouse line by the electronic system, which recorded the weight of all slaughtered pigs and estimated the amount of lean meat. After the cooling procedure, 26 hours after slaughter, the carcasses were re-weighed to obtain the cold carcass weight.

3.2.5 Skin damage score

To assess the Skin damage score, the numbered carcasses were photographed individually in the slaughter line on both sides. We used the standard scale of Skin damage score from the Meat and Livestock Commission (MLC, 1985), with a range of 1 to 5.

3.2.6 PH measurements

For the pH measurement (HANNA HI99163), 12 carcasses per treatment were used, totaling 48 samples from the same pigs selected to obtain the serum and loin samples. The equipment used for analysis included a metal probe introduced into the meat of the carcass; pH measurements were performed after a fast cooling process (pH₄₅) and 24 hours after slaughtering (pH₂₄) (carcass kept at 2 °C).

3.2.7 Meat sample collection

Loin samples were collected from 12 carcasses per treatment (two pigs/pen, the same pigs previously selected for serum sample) after pH measurement 24 hours, except for carcasses not classified by the abattoir unit, that were replaced by other carcasses randomly selected from the same treatment. The carcasses were cut between the last thoracic vertebra and the first lumbar vertebra, and a caudal-cranial sample was taken, ± 20 cm from the longissimus dorsi muscle. The loins sampled were identified, packaged, stored in thermal boxes, and transported to the appropriate laboratory for analysis.

3.2.8 Color, marbling, and laboratory carcass characteristics

A chop (2.5 cm) of the Longissimus thoracis (LT) muscle, previously sampled, was cut in the caudo-cranial direction. The colors were instrumentally evaluated (Minolta Chroma Meter model CR-400) CIE $L^*a^*b^*$, values for lightness (L^* and L), redness/ greenness (a^* and a), and yellow/blueness (b^* and b) according to AMSA (2012), the colors were analyzed after muscle sections were exposed to the air for 15 minutes before reading.

Marbling was analyzed (average obtained from the analysis of three observers) according to the scale defined by the NPPC (2000). Transverse sections of the first section of the loin, after color measures previous describe, were scanned (HP Deskjet F4180 setted with 600 dpi/inch) to determine the loin eye areas (LEA) and backfat thickness at laboratory (P2L) by ImageJ2 software (Rueden et al., 2017) according NPPC (2000).

3.2.9 Water-holding Capacity

The loin chop (2.5 cm thick ± 100 g) was dissected (the perimysium removed), weighed, and kept under refrigeration (4°C) for 24 hours to determine the drip loss. The procedure was adapted from the methodology described by Christensen (2003), in which the loin samples were suspended in plastic nets in plastic cups 500 mL, and after 24 hours weighted.

Thawing losses were evaluated in subsequent loin chop (same procedures described for the evaluation of drip loss), following the methodology described by Bridi and Silva (2006) with adaptations. The loin chops samples were frozen at -15 °C for 48 hours, followed by

thawing and stabilizing the temperature of the meat at room temperature (22°C), drying with paper towels, and weighing to determine drip loss. The chop were packaged in plastic bags resistant to temperature and subjected to cooking (30 min) in a water bath (80 °C), then removed and kept at room temperature until the temperature decreased and the meat was sent to refrigeration (4°C.) for 24 hours (protected in plastic bags to avoid excessive dehydration). Samples were dried with paper towels and weighed to measure cooking losses.

To evaluate the shear force, the loin samples previously used to determine water loss by cooking were used, six subsamples were removed from the loins cooked and measured using a probe. We cut cylinders of 1.2 cm in diameter and 2.2 cm in length (length followed the direction of the muscle fiber). Subsequently, the sub-samples were positioned with the fibers perpendicular to the Warner-Bratzler sheets of a texturometer (TA.XT Plus®) according to Lyon, Lyon, Dickens (1998), and the results were converted into kgf/cm².

3.2.10 Statistical analysis

Previously, the data error was subjected to the Kolmogorov–Smirnov normality test ($P > 0.05$) and transformed if necessary to meet the normality precepts. Variables measured up to the 40th day of the experiment (because they did not start the second stage of immunocastration) were analyzed based on a completely randomized experimental design with two treatments (with or without environmental enrichment) and 12 experimental units (EU). Variables collected after the 41st day (after the second immunocastration vaccine for the 35-day pre-slaughter group protocol) were analyzed based on a 2 X 2 factorial design, with two immunocastration protocols (22- or 35-days pre-slaughter) and two raising conditions (with and without environmental enrichment) with six replicates per treatment. In the case of significant interaction, the averages were split and tested using the Tukey test ($P < 0.05$). For performance variables, pens were considered the experimental unit. For serum, carcass, and meat variables, pigs were used as the experimental unit.

3.3 Results

3.3.1 Growth performance

There was no interaction between the immunocastration protocols and environmental enrichment ($P > 0.05$) for the evaluated performance variables (Table 2). Pigs immunized 35 days before slaughter had a lower weight gain than those castrated earlier ($P = 0.009$).

Until the 40th day, the pigs were under the same immunocastration management, constituting only two experimental treatments to date. This resulted in two types of statistical models for performance, the first being an entirely randomized design with two treatments from the first on the 40th day and the second in a factorial design (2 X 2) from the 41st day before slaughter and from the first day at slaughter. Thus, the total period of the pig immunocastration was presented only to analyze interactions and consequences for the enrichment factor in total period.

The phases I and II isolated, there was no enrichment effect ($P > 0.05$) for weight gain and feed conversion; however, for the total period, the pigs raised in enrichment pens showed better weight gain ($P = 0.01$) and better feed conversion ($P = 0.01$). In phase II, there was an effect of the immunocastration protocol with better weight gain ($P < 0.009$) and better feed conversion ($P < 0.008$) for the castrated group 22 days before slaughter. In the total period, there were no differences ($P > 0.05$)

3.3.2 Carcass characteristics at abattoir

There was an interaction between the immunocastration protocols and the environment enrichment ($P < 0.05$) for the testicles weight and the skin damage score. The other carcass variables showed no significant interactions ($P < 0.05$) among the factors evaluated (Table 3). Pigs in the group with immunocastration 22 days before slaughter had higher testicle weight ($P = 0.01$). The pigs immunocastrated earlier protocol when raised in the enriched environment presented lower testicle weight than the pigs in the conventional environment ($P = 0.02$). Pigs housed in an enriched and immunocastrated environment 22 days before slaughter had injury scores lower than pig immunocastration protocol 22 days before slaughter in conventional pens ($P = 0.01$).

The loin depth (LD) was bigger in the non-enriched pens. Consequently, the estimate of lean meat (calculated from the weight of the hot carcass, the thickness of the bacon, and the depth of the loin) was also deeper in the non-enriched environment ($P < 0.05$). Likewise, the early immunocastration protocol (35 days before slaughter) promoted greater loin depth and a more significant amount of estimated lean meat ($P < 0.05$)

3.3.3 Meat and tenderloin characteristics

There was no interaction between the immunocastration protocols and the enrichment treatments ($P > 0.05$) for meat characteristics (Table 4), and there were no effects of treatments ($P > 0.05$). However, drip losses and red intensity (a^*) showed a tendency ($P = 0.06$) toward lower mean losses, and there was a higher a^* for the enriched environment.

There was an interaction of ($P < 0.05$) for the loin eye area and the P2L position. Pigs in the WER22 treatment had a LEA than ENR22 ($P < 0.05$) no difference for other ($P > 0.05$), and the P2L thickness was thicker in the ENR35 group than in the WER35 treatment ($P < 0.05$) and no difference for other.

3.3.4 Oxidative stress

There was no interaction between the immunocastration protocols and the enrichment raising conditions ($P > 0.05$) for the variables related to oxidative stress, and there was no difference between the immunocastration protocols and the raising conditions (with and without enrichment), on serum oxidative stress variables studied (Table 5).

3.4 Discussion

3.4.1 Zootechnical performance

Weight gain and feed conversion were better for pigs housed in an enriched environment than for housed without enrichment. This effect was associated with the fact that a low stimulus environment increases the time the pigs spend engaged in negative social behaviors (Casal et al., 2017, Beattie et al., 2000). In stressful situations, the physiological metabolism of the animal changes, involving neuroendocrine and behavioral responses that aim to maintain the balance of vital functions. The pig's energy that would normally be spent for growth would be redirected to these mechanisms, resulting in compromised production (Moberg, 2000). This explains the better conversion and weight gain observed in the group housed in an enriched environment. These pigs showed more remarkable exploratory behavior and reduced stress (unpublished data). Related results were obtained by Beattie et al. (2000) in an experiment in which they evaluated the environmental enrichment at the end and observed improvements of 0.15 g in feed conversion and an improvement of 120 g in daily weight gain.

There was better weight gain and feed conversion in the immunocastrated group 22 days before slaughter than those castrated earlier. This phenomenon might have been related to the higher levels of endogenous anabolic steroids present in intact males (Yao et al., 2018). In the earlier group, the effect of castration took place about 13 days in advance, which allowed the castrated group at 22 days pre-slaughter to experience higher levels of the anabolic steroids naturally produced by the testicles. The testicles produce androgenic hormones that promote the redistribution of nutrients to favor the synthesis of muscle and bone tissue, which have a lower energy cost with a reduction in the production of adipose tissue (Boler et al., 2011). This phenomenon explains the better dietary conversion we observed.

After the second dose of the immunocastration vaccine, this hormonal production changes, and the proportion of muscle and fat deposited is inverted (Millet et al., 2011; Huber et al., 2013). There is an increase in feed intake, with worse feed conversion results (Elsbernd et al., 2017). It should be noted that our feeding protocol equalized the feed supply between the groups, such that, with other feeding protocols, the differences observed could be more significant, with more intense results between immunocastration treatments.

The testicles of the pig group with immunocastration close to slaughter (22 days before slaughter) were heavier than those immunocastrated earlier (35 days before slaughter). This result might be associated with gonadotropin-releasing hormone stimulation after applying the second dose of immunocastration vaccine that leads the pituitary gland to produce less luteinizing hormone and follicle-stimulating hormone with less stimulation of testicular growth and a consequent reduction in size (Čandek-Potokar et al., 2015).

The significant interaction observed for this variable with lower testicular weight in the enriched group among the pigs castrated 35 days before slaughter can be explained by different hypotheses. First, the lower chronic stress of the pigs in the enriched group allows better functioning of the immune system and, consequently, greater immunological challenges. The response to the vaccine used for immunocastration may have been intensified in this group, and as a result, there would be lower testicular weight in that group (Gimsa et al., 2018). Another possibility is that the increase in interactions between pigs in the non-enriched group (Beattie et al., 2000) caused by the greater monotony of the non-enriched environment (which stimulated sexual maturation) with a later reduction in testicular activities also contributed to the higher testis weight (Parois et al., 2017). The breeding group can interfere with the development of reproductive organs. Anderson et al. (1999) found that male pigs raised together with females had heavier epididymis than pigs raised in stalls with only males. These

hypotheses need to be evaluated in future studies to quantify the immunological responses to immunocastration vaccines.

3.4.2 Skin damage score

The lower injury scores in the carcasses of the ENR22 pigs compared to the pigs of the same pre-slaughter date of immunocastration in a non-enriched environment (WER22) may be associated with less breeding activity or antagonistic interactions (Rydhmer et al., 2006, Tonephol et al., 2012). However, depending on the intensity and durability to which they occur, these interactions may not result in skin lesions (Parois et al., 2017).

In the present study, skin damage was not evaluated before slaughter, so there was no possibility of determining the moment the damage occurred. There was no behavioral association in the group of pigs immunocastration at -22 days of negative interactions in these treatments (unpublished data), suggesting that these injuries may have occurred during handling or in the pre-slaughter waiting room.

The absence of previous environmental enrichment in the referred group (NER-22) may have caused a higher incidence of fights among unfamiliar pigs (the waiting room held 80 pigs) and, consequently, a higher occurrence of lesions in this group. Nevertheless, the residual effects of environmental enrichment on the behavior of immunocastrated pigs closer to slaughter need to be better elucidated.

In a study in which two immunocastration ages -6 or -4 weeks before slaughter in an unenriched environment were evaluated, Aluwé et al. (2016) found no differences in the incidence of injuries after slaughter. A similar result was observed in the present study for treatments with immunocastration 35 days before slaughter.

3.4.3 Lean meat

The higher percentage of lean meat (obtained in the refrigerator) observed in immunocastrated pigs 35 days before slaughter was not expected. The longer time the pigs remained intact would be related to greater nitrogen retention and would result in greater muscle development (Huber et al., 2013). After immunocastration, the net energy available, after supplying the need for maintenance of the organism, is directed in greater proportion for adipose tissue deposition, losing efficiency because the energy cost for fat deposition is higher than for muscle deposition, as a result, feed efficiency worse (Grela et al., 2020; Asmus et al., 2014). This hypothesis of a lower percentage of lean meat in pre-slaughtered immunocastrated

pigs 22 was previously confirmed by finding better results in this group in terms of feed conversion (improvement of 0.012 kg).

Nevertheless, this comparison might be biased because the slaughter weights in the previously mentioned studies were lower than the slaughter weights studied in the present study (slaughter weight 132 kg). Another point to be considered is that feeding curves were established in the present study, which equalized consumption (Table 1). In these conditions, other muscle groups or other carcass characteristics such as carcass length can be shown different growth between groups, interfering with LD and P2 values and the respective benefit observed for feed conversion at this step. The analysis of carcass characteristics performed on the loins, which indicated less fat thickness in the WER35 group than ENR35 and greater LEA in WER22 than ENR22, suggests the referred difference between muscle groups and carcass composition.

The nutritional level of immunocastrated pigs can alter the carcass gain, retention, and liver weight in pigs (Palma-Granados et al., 2021). However, the growth rates of different muscle groups need to be better studied in studies in pigs of different ages at immunocastration. Another possibility is the need for adjustments in the carcass classification system used in this work.

3.4.4 Serum oxidative stress variables

The absence of effects on oxidative stress variables may be associated with the low effect of environmental enrichment on these variables. Regarding the absence under the immunocastration protocols, they may be related to the 22-day pre-slaughter period, having minimized the effects of the variables. It is possible that collection close to the immunocastration event could result in detectable effects on this variable. We emphasize that there are no studies of enrichment or immunocastration that evaluated oxidative stress variables, as we reported here.

3.4.5 Meat characteristics

The tendency of greater intensity of red meat in the enriched group may be related to the greater interaction of pigs with objects, which may have caused greater physical demand. Greater exercise can increase the muscle demand for oxygen and, consequently, the myoglobin

content (Lawrie et al., 2006). The desirable standards for pork color are reddish-pink to purplish-red (NPPC, 2000), demonstrating that environmental enrichment can favor meat quality concerning color, an essential standard for consumer decision-making.

The tendency toward less drip loss in the enriched group may be related to previously discussed factors for staining. The drip losses may be responsible for the variation in luminosity; that is, the greater the net loss, the less light is absorbed by the meat, causing the absorption of green light and reducing the intensity of the red color (Warris, 2000).

3.5 Conclusion

The use of pens with environmental enrichment improves weight gain and promotes better feed conversion in male finishing pigs. The immunocastration carried out 22 days before slaughter improves production rates, and environmental enrichment in pigs immunocastrated 22 days before slaughter reduces skin damage in the carcass at abattoir.

Acknowledgements

This work was partially funded by the Cooperativa Central Aurora Alimentos.

UNIEDU-Programa de Bolsas Universitárias do Estado de Santa Catarina.

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

References

- Aluwé, M., Aaslyng, M., Backus, G., Bonneau, M., Chevillon, P., Haugen, J.E, Meier-Dinkel L, Mörlein D, Oliver, M.A., Snoek, H.M., Tuytens, F.A.M., Font-i-Furnols, M., 2018. Consumer acceptance of minced meat patties from boars in four European countries. *Meat Science* 137, 235–243. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.11.034>.
- Aluwé, M., Degezelle, I., Depuydt, L., Fremaut, D., Van Den Broeke, A, Millet, S., 2016. Immunocastrated male pigs: Effect of 4 v. 6 weeks time post second injection on performance,

carcass quality and meat quality. *Animal*. 10, 1466–1473. <http://doi.org/10.1017/S1751731116000434>.

AMSA- Meat Color Measurement Guidelines - American Meat Science Association – International. 2012. Meat color measurement guidelines. AMSA, Champaign, IL, USA. <http://www.meatscience.org>.

Andersson, H.K., Hullberg, A., Malmgren, L., Lundström, K., Rydhmer, L., Squires, J., 1999. Sexual maturity in entire male pigs: Environmental effects, Relations to skatole level and female puberty. *Acta Agriculturae Scandinavica A: Animal Sciences* 49, 103–112. <http://doi.org/10.1080/090647099424169>.

Andreo, N., Bridi, A.M., Silva, C.A., Peres, L.M., Giangareli, B.J., Santos, E.R., Rogel, C.P., Vero, J.G., Ferreira, G.A., 2018. Immunocastration and its effects on carcass and meat traits of male pigs Imunocastração e seus efeitos nas características de carcaça e carne de suínos machos. *Semina: Ciências Agrárias* 39, 2531-2540. <http://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n6p2531>.

Asmus, M.D., Tavarez, M.A., Tokach, M.D., Dritz, S.S., Schroeder, A.L., Nelssen, J.L., Goodband, R.D., DeRouchey, J.M., 2014. The effects of immunological castration and corn dried distillers grains with solubles withdrawal on growth performance, carcass characteristics, fatty acid analysis, and iodine value of pork fat depots. *Journal of Animal Science* 92, 2116–2132. <http://doi.org/10.2527/jas2013-6910>.

Beattie, V.E., O’Connell, N.E., Moss, B.W., 2000. Influence of environmental enrichment on the behaviour, performance and meat quality of domestic pigs. *Livestock Production Science*. 65, 71–79. <http://doi.org/10.1016/S0301-6226, 99.00179-7>.

Boler, D.D., Kutzeler, L.W., Meeuwse, D.M., King, V.L., Campion, D.R., Mckeith, F.K., Killefer, J., 2011. Effects of increasing lysine on carcass composition and cutting yields of immunologically castrated male pigs. *Journal Animal Science* 89, 2189–2199. <http://doi/10.2527/jas.2010-3640>.

BRASIL. Instrução Normativa nº 3, de 17 de janeiro de 2000. Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2000, 5.

<https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/instrucao-normativa-sda-3-de-17-01-2000,661.html>.

Bridi, A.M., Silva, C.A., 2006. Métodos de avaliação da carcaça e carne suína. Midiiograf. 97p.

Čandek-Potokar, M., Lukač, N.B., Labussière, E., 2015. Immunocastration in pigs. Proceedings of the 4th International Congress New Perspectives and Challenges of Sustainable Livestock Production 324–335.

Casal, N., Manteca, X., Escribano, D., Cerón, J.J., Fàbrega, E., 2017. Effect of environmental enrichment and herbal compound supplementation on physiological stress indicators, chromogranin A, cortisol and tumour necrosis factor- α . in growing pigs. *Animal* 11, 1228–1236, <http://doi.org/10.1017/S1751731116002561>.

Chou, J.Y., D'Eath, R.B., Sandercock, D.A., O'Driscoll, K., 2020. Enrichment use in finishing pigs and its relationship with damaging behaviours: Comparing three wood species and a rubber floor toy. *Applied Animal Behaviour Science* 224, 1-8. <http://doi.org/10.1016/j.applanim.2020.104944>.

Christensen, L. B., 2003. Drip loss sampling in porcine m. longissimus dorsi. *Meat Science* 63, 469–477. <http://doi.org/10.1016/S0309-1740,02.00106-7>.

CR - Commission Recommendation (EU) 2016/336 of 8 March 2016 on the application of Council Directive 2008/120/EC laying down minimum standards for the protection of pigs as regards measures to reduce the need for tail-docking C/2016/1345. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016H0336&from=EN>.

Cronin, G.M., Dunshea, F.R., Butler, K.L., McCauley, I., Barnett, J.L., Hemsworth, P.H., 2003. The effects of immuno- and surgical-castration on the behaviour and consequently growth of group-housed, male finisher pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 81, 111–126. <http://doi.org/10.1016/S0168-1591,02.00256-3>.

Dalla Costa, O.A., Tavernari, F.C., Lopes, L.S., Dalla Costa, F.A., Feddern, V., Lima, G J.M.M., 2020. Performance, carcass and meat quality of pigs submitted to immunocastration and different feeding programs. *Research in Veterinary Science*. 131, p.137-145. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.04.015>

- Daza, A., Latorre, M.A., Olivares, A., López Bote, C.J., 2016. The effects of male and female immunocastration on growth performances and carcass and meat quality of pigs intended for dry-cured ham production: A preliminary study. *Livestock Science*. 190, 20–26. <http://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.05.014>.
- Ellman, G.L. 1959. Tissue sulphhydryl groups. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 82, 70–77. [http://doi/10.1016/0003-9861\(59\)90090-6](http://doi/10.1016/0003-9861(59)90090-6).
- Elsbernd, A.J., De Lange, C.F.M., Stalder, K.J., Karriker, L.A., Patience, J. F., 2017. SID lysine requirement of immunologically and physically castrated male pigs during the grower, early and late finisher periods. *Journal of Animal Science* 95, 1253–1263. <http://doi.org/10.2527/jas2016.0544>.
- Fernandes, A.R., Pena, M.S., Carmo, M.A., Coutinho, G; A., Benevenuto Junior, A.A., 2017. Performance, carcass characteristics and meat quality of pigs under surgical or immunological castration. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* 18, 303–312.
- Gimsa, U., Tuchscherer, M., Kanitz, E., 2018. Psychosocial stress and immunity—what can we learn from pig studies? *Frontiers in Behavioral Neuroscience* 12, 1–9. <http://doi.org/10.3389/fnbeh.2018.00064>.
- Godyn, D., Nowicki, J., Herbut, P., 2019. Effects of Environmental Enrichment on Pig Welfare—A Review. *Animals* 9, 1-17. <http://doi.org/10.3390/ani9060383>.
- Grela, E.R., Świątkiewicz, M., Kowalczyk-Vasilev, E., Florek, M., Kosior-Korzecka, U., Skąlecki, P., 2020. An attempt of implementation of immunocastration in swine production – impact on meat physicochemical quality and boar taint compound concentration in the meat of two native pig breeds. *Livestock Science* 232, 1-9. <http://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103905>.
- Habig, W. H., Pabst, M. J., Jakoby, W.B., 1974. Glutathione S-transferases. The first enzymatic step in mercapturic acid formation. *J. Biol. Chem.* 249, 7130–7139. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(19\)42083-8](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(19)42083-8)
- Halliwell, B., Gutteridge, J.M.C. 2007. Free radicals in biology and medicine, 4th edn. Oxford University Press, New York.

Huber, L., Squires, E.J., De Lange, C.F.M., 2013. Dynamics of nitrogen retention in entire male pigs immunized against gonadotropin-releasing hormone. *Journal of Animal Science* 91, 4817–4825. <http://doi.org/10.2527/jas.2013-6290>.

Huber, L., Squires, E.J., Mandell, I.B., De Lange, C.F.M., 2018. Age at castration (surgical or immunological) impacts carcass characteristics and meat quality of male pigs. *Animal* 12, 648–656. <http://doi.org/10.1017/S1751731117002063>.

Jentzsch, A.M., Bachmann, H., Fürst, P., Biesalski, H. K., 1996. Improved analysis of malondialdehyde in human body fluids. *Free Radic. Bio. Med.* 20, 251- 256. [http://doi.org/10.1016/0891-5849\(95\)02043-8](http://doi.org/10.1016/0891-5849(95)02043-8).

Kress, K., Weiler, U., Schmucker, S., Čandek-Potokar, M., Vrecl M., Fazarinc, G., Škrlep, M., Batorek-Lukač, N., Stefanski, V., 2020. Influence of housing conditions on reliability of immunocastration and consequences for growth performance of male pigs. *Animals* 10, 1-27. <http://doi.org/10.3390/ani10010027>.

Lawrie, R.A., Ledward, D.A. *Lawrie's meat science*. 7th ed. Boca Raton: CRC, 2006. 442p.

Lealiifano, A. K., Pluske, J. R., Nicholls, R. R., Dunshea, F. R., Campbell, R. G., Hennessy, D. P., Mullan, B. P., 2011. Reducing the length of time between slaughter and the secondary gonadotropin-releasing factor immunization improves growth performance and clears boar taint compounds in male finishing pigs. *Journal of Animal Science* 89, 2782-2792. <https://http://doi.org/10.2527/jas.2010-3267>.

Lyon, CE, Lyon, B.G, Dickens, J.A., 1998. Effects of carcass stimulation, deboning time, and marination on color and texture of broiler breast meat. *Journal of Applied Poultry Research*. 7, 53–60. <http://doi.org/10.1093/japr/7.1.53>.

Millet, S., Gielkens, K., De Brabander, D., Janssens, G.P.J., 2011. Considerations on the performance of immunocastrated male pigs. *Animal*. 5, 1119–1123. <http://doi.org/10.1017/S1751731111000140>.

MLC - Meat and Livestock Commission. 1985. Rindside Damage Scale. Reference 2031M 8/85. Milton Keynes, Meat and Livestock Commission, Bletchley, UK.

Moberg, G.P., 2000. Biological response to stress: implications for animal welfare. Moberg, G.P, Mench, J.A, editors. *The Biology of Animal Stress CABI Publishing*, 1-23. [Http//doi/10.1079/9780851993591.0001](http://doi.org/10.1079/9780851993591.0001).

National Pork Producers Council (NPPC). 2000. Composition and Quality assessment procedures. <https://porkgateway.org/wp-content/uploads/2015/07/pork-composition-and-quality-assessment-procedures.pdf>.

Palma-Granados, P., Lara, L., Seiquer, I., Lachica, M., Fernández-Fígares, I., Haro, A., Nieto R., 2021. Protein retention, growth performance and carcass traits of individually housed immunocastrated male- and female- and surgically castrated male Iberian pigs fed diets of increasing amino acid concentration. *Animal* 15, 1-9. <http://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100187>.

Parois, S., Larzul, C., Prunier, A., 2017. Associations between the dominance status and sexual development, skin lesions or feeding behaviour of intact male pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 187, 15–22. <http://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.12.001>.

Rueden, T., Schindelin, J., Hiner, M.C., DeZonia, B.E., Walter, A.E., Arena, E.T., Eliceiri, K.W., 2017. ImageJ2: ImageJ for the next generation of scientific image dataCurtis. *BMC Bioinformatics*. 18, 1-26. <http://doi.org/10.1186/s12859-017-1934-z>.

Rydhmer, L., Zamaratskaia, G., Andersson, H. K., Algers, B., Guillemet, R., Lundström, K., 2006. Aggressive and sexual behaviour of growing and finishing pigs reared in groups, without castration. *Acta Agriculturae Scandinavica A: Animal Sciences* 56, 109–119. <http://doi.org/10.1080/09064700601079527>.

Santos, R.D.K.S., Caldara, F.R., Moi, M., Santos, L.S., Foppa, L., Garcia, R.G., Borquis, R.R.A., 2017. Behavior of immunocastrated pigs. *Brazilian Journal of Animal Science* 45, 540–545. <http://doi.org/10.1590/S1806-92902016000900006>

Telkänranta, H., Bracke, M.B.M., Valros, A., 2014. Fresh wood reduces tail and ear biting and increases exploratory behaviour in finishing pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 161, 51–59. <http://doi.org/10.1016/j.applanim.2014.09.007>.

Tönepöhl, B., Appel, A.K., Welp, S., Voß, B., König von Borstel, U., Gauly, M., 2012. Effect of marginal environmental and social enrichment during rearing on pigs' reactions to novelty, conspecifics and handling. *Applied Animal Behaviour Science* 140, 137–145. <http://doi.org/10.1016/j.applanim.2012.05.002>.

VIVAX, 2021. Technical Information. <https://www.improvac.com/nz/technical-information.aspx>.

Warriss, P. D. An introductory text. Wallingford: CAB International, 2000. Meat science, 310p. <http://doi.org/10.1079/9780851994246.0000>.

Yao, Y., Ma, H., Wu, K., Shao, Y., Han, W., Cai, Z., Xu, N., Qi M., Zhao, C., Wu, C., 2018. Body composition, serum lipid levels, and transcriptomic characterization in the adipose tissue of male pigs in response to sex hormone deficiency. *Gene* 646, 74–82. <http://doi.org/10.1016/j.gene.2017.12.057>.

Table 2 - Diets used in the experimental period

	Experimental periods ¹			
Ingredients (g/kg)	Start I	Start II	Finishing I	Finishing II
Ground corn	670	690	710	740
Soybean meal 46%	230	215	200	185
Other ingredients	100	95	90	75
Calculated composition (g/kg)				
Crude protein	166.08	161.05	145.26	138.93
Ethereal extract	61.88	53.86	47.32	44.85
Crude fiber	18.19	18.02	17.48	17.17
Ash	42.16	39.02	36.21	32.93
Total calcium	6.00	5.50	5.00	4.50
Total phosphorus	4.11	3.84	3.53	3.25
Total lysine	11.73	11.21	9.86	9.32
Total methionine	4.44	4.34	3.84	3.58

Source: Prepared from the nutritional plan established by the partner company. Start -I, 1-15 days of experimental period and 30 kg/pigs; Start II, 16-40 days of experimental period and 57 kg/pigs; Finishing I, 41-56 days of experimental period and 37.5 kg/pig; Finishing II, 57-75 days of experimental period and 54 kg/pigs.

Table 3 - Growth performance of pigs submitted to two rearing environments and two immunocastration protocols

Not enriched		Enriched		Enrichment		Immunocastration day		<i>P values</i>				
Castr–22	Castr–35	Castr–22	Castr–35	no	yes	–22	–35	Enrich.	Castr.	Enri*Cast r	CV	
Body weight. kg												
0 day				55.59	55.74			0.87			3.88	
15 days				70.92	71.13			0.89			5.30	
40 days				96.99	97.66			0.56			2.83	
75 days	131.82	130.23	133.12	133.08	131.04	133.10	132.47	131.67	0.07	0.46	0.48	1.98
Coefficients of variation in the weight of the animals per pen. %												
0 day				11.23	9.32			0.07			23.915	
15 days				11.40x	9.22y			0.04			24.50	
40 days				10.6x	8.53y			0.05			26.394	
75 days	9.54	8.58	9.08	7.05	9.06	8.07	9.31	7.82	0.30	0.127	0.576	26.747
Average daily gain. kg												
0–15 days				0.99	0.99			0.77			14.734	
16–40 days				1.05	1.06			0.75			10.384	
0–40 days				1.03	1.04			0.35			3.372	
41–75 days	0.99	0.94	1.03	0.98	0.97	1.00	1.01X	0.96Y	0.06	0.009	0.957	4.180
0–75 days	1.01	0.99	1.03	1.03	1.006x	1.03y	1.02	1.01	0.01	0.172	0.621	2.196
Feed conversion												
0–15 days				2.05	2.10			0.93			12.362	
16–40 days				2.17	2.15			0.85			10.893	
0–40 days				2.11	2.08			0.35			3.428	
41–75 days	2.62	2.75	2.54	2.66	2.69	2.60	2.58X	2.70Y	0.06	0.008	0.86	4.048
0–75 days	2.35	2.39	2.30	2.32	2.37x	2.31y	2.32	2.35	0.01	0.16	0.59	2.162

Means in enrichment treatments followed by different lowercase letters (x or y) in the line, and immunocastration day treatment follow by different uppercase letter (X or Y) in the line differ by the t test ($P < 0.05$).; CV= coefficient of variation; Enrich.= P values of enrichment of pens; Castr.= P values of data of 2nd dose of immunocastration vaccine; Enri*Castr= P values of interactions of Enrich.* Castr.

Table 4 - Evaluation of pig carcass submitted to two rearing condition and two immunocastration protocols

Variables*	Not enriched		Enriched		Enrichment		Immunocastration day		<i>P values</i>			
	Castr-22	Castr-35	Castr-22	Castr-35	no	yes	-22	-35	Enric.	Castr.	Enri*Castr	CV
Testicles. g	678.7aA	587.9aB	683.1aA	519.7bB	633.0	602.0	680.9	555.0	0.048	<0.001	0.024	22.555
PCQ. kg	95.3	94.4	94.7	95.6	94.9	95.1	95.0	94.9	0.706	0.964	0.343	9.710
P2S. mm	14.9	14.4	14.8	14.7	14.6	14.8	14.9	14.5	0.709	0.417	0.595	21.086
LD. mm	64.0	67.1	59.7	61.8	65.5x	60.7y	61.9X	64.6Y	<0.001	0.003	0.532	11.529
CARN. %	58.8	59.7	58.0	58.5	59.2x	58.2y	58.4X	59.1bY	0.001	0.014	0.493	4.129
PCF. Kg	92.8	93.2	93.0	94.1	93.0	93.5	92.9	93.6	0.611	0.505	0.735	9.957
Skin Damage	2.24aA	2.01aA	1.78bA	2.06aA	2.13	1.92	2.00	2.04	0.034	0.778	0.011	40.186

Means in enrichment treatments followed by different lowercase letters (x or y) on the line, and immunocastration day treatment follow by differ uppercase letter (X or Y) in the line differ by the t test ($P < 0.05$); CV= coefficient of variation; Enrich.= P values of enrichment of pens; Castr.= P values of data of 2nd dose of immunocastration vaccine protocol; Enri*Castr= P values of interactions of Enrich.* Castr.; * PCQ = hot carcass weight; ET- fat thickness in position P2, PL = loin depth in position P2; CARN = percentage of lean meat; PCF = cold carcass weight; Post analysis of interactions: Means followed by lowercase letters in the line differ within the immunocastration factor and means followed by uppercase letters in the line differ within the enrichment factor by the Tukey test ($P < 0.05$).

Table 5- Evaluation of meat and pork tenderloin characteristics submitted to two rearing environments and two immunocastration protocols

Variables*	Not enriched		Enriched		Enrichment		Immunocastration day		<i>P values</i>			CV
	Castr -22	Castr-35	Castr-22	Castr-35	no	yes	-22	-35	Enric	Castr	Enri*Castr	
L*	50.2	50.7	49.4	50.3	50.4	49.8	49.8	50.5	0.391	0.351	0.727	5.33
a*	2.2	2.2	3.1	2.3	2.2	2.7	2.7	2.2	0.066	0.112	0.198	39.17
b*	5.2	5.2	5.7	5.2	5.2	5.4	5.4	5.2	0.375	0.386	0.478	13.89
AOL. cm ²	67.7aA	62.9aA	61.4bA	67.5aA	65.4	64.7	64.9	65.2	0.751	0.840	0.015	11.10
P2L. cm	1.7aA	1.4bA	1.6aA	1.8aA	1.6	1.7	1.7	1.6	0.311	0.685	0.046	26.74
LD. cm	7.6	7.6	6.9	7.8	7.6	7.4	7.3	7.7	0.361	0.110	0.062	10.08
MARM	1.6	1.5	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.000	0.846	0.615	26.92
Drip loss. %	3.51	4.05	3.08	3.35	3.77	3.23	3.32	3.70	0.066	0.189	0.593	29.97
PDESC. %	12.5	13.2	12.9	12.8	12.8	12.9	12.7	13.0	0.975	0.615	0.579	17.68
PCOZ. %	35.6	35.5	36.6	35.6	35.6	36.1	36.1	35.6	0.197	0.189	0.262	3.89
PACUM. %	43.6	44.0	44.7	43.9	43.8	44.3	44.2	43.9	0.401	0.656	0.274	4.51
PHCH	6.2	6.3	6.4	6.3	6.2	6.4	6.3	6.3	0.088	0.618	0.199	4.17
PHEQ	5.7	5.6	5.6	5.7	5.7	5.6	5.6	5.6	0.195	0.483	0.129	4.78
F.Cis. kgf/cm ²	6.74	7.64	7.15	7.21	7.17	7.18	6.93	7.43	0.605	0.099	0.132	20.98

CV= coefficient of variation; Enrich.= P values of enrichment of pens; Castr.= P values of data of 2nd dose of immunocastration vaccine; Enri*Castr= P values of interactions of Enrich.* Castr. ; L * = luminosity; a * = red/green coordinate; b * = yellow/blue coordinate; AOL = rib eye area, cm²; fat thickness measured manually at position 2, cm; PM = very long muscle depth measured manually; Drip loss = drip loss; MARM = marbling of the Longissimus dorsi muscle; PDESC = water loss on defrosting,%; PCOZ cooking water loss,%; PACUM sum of defrost and cooking water losses; PHCH pH after temperature equalization in the cold chamber; PHEQ pH after 24 hours in a cold chamber; F.Cis = shear force, kgf/cm²; Post analysis of interactions: Means followed by lowercase letters in the line differ within the immunocastration factor and means followed by uppercase letters in the line differ within the enrichment factor by the Tukey test (P < 0.05).

Table 6 - Oxidative stress indicators of male castrated pigs submitted to two rearing environments and two immunocastration protocols.

Variables	Not enriched		Enriched		Enrichment		Immunocastration day		<i>P values</i>			
	Castr -22	Castr -35	Castr -22	Castr -35	no	yes	-22	-35	Enric	Castr	Enri*Cast	CV
TBARS	23.52	24.56	24.07	25.57	24.04	24.75	23.75	24.95	0.402	0.174	0.801	13.637
ROS	937219	883665	892918	932360	910442	910846	918233	902394	0.975	0.917	0.494	26.674
GST	0.166	0.164	0.167	0.161	0.165	0.164	0.166	0.163	0.790	0.479	0.673	11.704
Thiols	0.102	0.098	0.092	0.099	0.100	0.095	0.098	0.098	0.544	0.957	0.957	10.329

CV= coefficient of variation; Enrich.= P values of enrichment of pens; Castr.= P values of data of 2nd dose of immunocastration vaccine; Enri*Castr= P values of interactions of Enrich.* Castr.; TBARS- substances reactive to thiobarbituric acid, $\mu\text{mol MDA/mL}$; ROS- reactive oxygen species, U DCFH/mL; GST- glutathione S-transferase, $\mu\text{mol Cdnb/min/mL}$; Total thiols, NPSH: Mmol NPSH/m.

4 MANUSCRITO II

Aspectos de bem-estar animal de suínos com diferentes protocolos de imunocastração criados em baia com enriquecimento ambiental.

Autores: Maiquieli Cristina Deon

De acordo com normas para publicação em: Semina: Ciências Agrárias.

Aspectos de bem-estar de suínos submetidos a diferentes protocolos de imunocastração criados em baia com enriquecimento ambiental

Maiquieli Cristina Deon

¹Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Centro de Educação Superior do Oeste, Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC, Chapecó, Santa Catarina, Brasil.

Resumo

A imunocastração é uma técnica considerada menos invasiva, e viável em substituição à castração cirúrgica em machos suínos, com vistas a reduzir o estresse, dor e infecções e atender às exigências crescentes dos consumidores para adoção de práticas mais éticas na criação industrial e melhorar o bem-estar dos animais de produção. Entretanto, o fato de o suíno só estar efetivamente castrado após a segunda aplicação da vacina de imunocastração, gera problemas comportamentais entre os indivíduos alojados, como a ocorrência de monta e de comportamentos agonísticos. Afim de avaliar se o uso do enriquecimento ambiental e de dois tempos distintos de imunocastração afetam aspectos de bem-estar de machos suínos em terminação, realizamos um experimento para testar o efeito do uso de enriquecimento ambiental e dois protocolos de imunocastração (segunda dose 22 e 35 dias pré-abate). Para tanto, até o 40º dia experimental o experimento foi realizado em um delineamento inteiramente ao acaso, com dois tratamentos, com ou sem enriquecimento ambiental (CEA e SEA, respectivamente) e 12 repetições, a partir do 41º dia o delineamento adotado passou a ser considerado com em esquema fatorial 2x2 (duas idades de imunocastração -35 e -22 dias pré-abate e dois ambientes de produção, com e sem enriquecimento ambiental), perfazendo os tratamentos CEA35, SEA35 e CEA22, SEA22, com seis repetições por tratamento, cada repetição com 13 suínos machos, totalizando 312 suínos. O experimento foi conduzido em uma granja comercial de terminação de suínos. As variáveis comportamentais foram avaliadas por meio de análise de vídeos, divididas em quatro ciclos, cada ciclo foi formado por três dias consecutivos de observação e em cada dia foram gravados seis vídeos (registro comportamental- RC) de 2 minutos por baia com intervalo de 40 min entre gravações iniciadas a partir das 08H00M. Para a avaliação dos RC foi utilizado o método focal *sampling* com a baia como a unidade experimental. Adicionalmente aos RC foram realizadas coletas de saliva de dois animais por baia, para a análise do cortisol com o suíno como unidade experimental. Os níveis de cortisol salivar não diferiram entre os tratamentos avaliados ($P>0,05$). Para as variáveis comportamentais não houve interação entre os tratamentos ($P>0,05$). No grupo CEA, ocorreu uma redução de 40% na ocorrência de estereotípias e comportamentos direcionados em todos os ciclos de avaliação, paralelo a um aumento nos comportamentos positivos. No primeiro ciclo de avaliação, os suínos tiveram 6,1 mais interações com a corrente como objeto de enriquecimento, enquanto nos demais ciclos e até o final do experimento os suínos tiveram 6,4 mais interações com os caibros de madeira. Foi possível observar uma redução de 30% no comportamento sexual entre os animais do grupo imunocastrados 35 dias pré-abate. Nossos resultados apontam para a efetividade do enriquecimento ambiental e da imunocastração antecipada para a redução de comportamentos considerados indesejados e relacionados ao menor grau de BEA, como estereotípias ou comportamentos de monta.

Palavras-chave: bem-estar animal; manejo na terminação, indicadores de estresse.

4.1 Introdução

A forma de criação e os manejos realizados com os animais de produção são assuntos que crescem rapidamente e ganham maior importância na produção pecuária, e exigências são impostas pelo mercado consumidor e organizações de proteção animal, para adoção de práticas mais éticas na criação industrial de animais. A imunocastração é considerada melhor em termos de bem-estar animal (BEA) em comparação à técnica de castração cirúrgica, pois não causa dor aguda e reduz o estresse dos animais (MARTINS et al., 2013).

A biotecnologia da imunocastração é viabilizada por meio de vacinação em duas doses, e o protocolo escolhido de aplicação influencia no repertório comportamental dos suínos, e possivelmente nos resultados de produção. Foi estabelecido para sistemas de produção um protocolo de segunda dose aplicado de 3 a 10 semanas pré-abate (ČANDEK-POTOKAR et al., 2017). No entanto, a segunda dose da imunocastração aplicada seis semanas pré-abate mostrou-se eficiente em minimizar a ocorrência de comportamento agressivo entre os machos suínos, quando comparada à aplicação quatro semanas antes do abate (ALUWÉ et al., 2016). Apesar da antecipação da segunda dose ter se mostrado promissora em termos comportamentais, ainda são limitados os trabalhos que comparam diferentes protocolos de castração e alternativas em linhagens contemporâneas de suínos (SEIQUER et al., 2019).

Ferramentas de enriquecimento ambiental na categoria física, dentre elas a disponibilização de objetos de manipulação, é considerada benéfica, com melhora nos comportamentos positivos de suínos (GODYN et al., 2019). Estudos realizados por Casal-Plana et al. (2017) demonstram redução de 3,7 vezes nas ocorrências de estereotípias e 1,4 vezes no comportamento social negativo. O fornecimento de madeiras macias, palha, correntes e cordas, apesar de serem classificadas como subótimos e marginais, de acordo com as características desejáveis dos objetos de enriquecimento (quão manipuláveis, investigáveis, destrutíveis e comestíveis são) (VAN DE WEERD et al., 2003) estimulam o comportamento exploratório dos animais (GODYN et al., 2019).

Estímulos negativos (briga, monta), limitação do comportamento característico da espécie (manipulação e exploração), sobrecarregam a fisiologia de controle do suíno, que resulta em estresse, modificando a fisiologia do animal. Dentre estas alterações, o cortisol é um hormônio glicocorticoide do eixo HPA, que em situações de estresse agudo, com o estímulo da glândula adrenal altera seus níveis basais, que tendem a retornar ao ritmo circadiano em uma hora (ESCRIBANO et al., 2019). E em situações crônicas, podem manter-se elevados com a

finalidade de equilibrar e restaurar a homeostase do organismo lesado e reduzir o efeito negativo do agente estressor, sendo o cortisol um biomarcador para avaliação do bem-estar animal em consequência destas variações (GOYMANN et al., 2003). É possível identificar aumento de até quatro vezes nos níveis de cortisol em suínos submetidos a situações de estresse (GRANDIN, 1994).

É necessário escolher alternativas de enriquecimento ambiental que atraiam a atenção dos animais ao longo do período de produção (VAN DE WEERD et al., 2003) e que, ao mesmo tempo, mostrem-se exequíveis em situações de campo. Apesar da literatura já ter evidenciado vantagens da utilização de enriquecimento ambiental na suinocultura (GODYN et al., 2019), ainda não foi demonstrada a eficácia destes elementos em sistemas de terminação suína, com machos submetidos à imunocastração.

Assim, nossa hipótese é que o uso combinado de objetos de enriquecimento marginal e subótimo com diferentes idades de imunocastração reduzirão a ocorrência de comportamentos indesejáveis com melhoria no BEA. Desta forma, os objetivos com o presente trabalho foram avaliar o uso de correntes e caibros de madeira em baias comerciais de produção de suínos em dois protocolos de imunocastração (2ª dose de imunocastração aos 35 ou 22 dias pré-abate) e seus respectivos efeitos sobre o comportamento e o cortisol salivar.

4.2 Metodologias

Este trabalho foi previamente aprovado pelo comitê de ética em experimentação animal da Universidade do Estado de Santa Catarina sob o protocolo nº CEUA N°3783021219.

4.2.1 Período experimental, animais, instalações e manejo alimentar

Para a realização do trabalho foram utilizados suínos machos inteiros de linhagem comercial selecionados para alto ganho de tecido magro, provenientes de três crechários comerciais. O alojamento na instalação foi realizado com aproximadamente 63 dias de idade e peso médio de 23 kg. O período experimental iniciou 38 dias após o alojamento na instalação de terminação e teve duração de 75 dias.

O trabalho foi realizado em uma unidade comercial de terminação de suínos, localizada no Oeste de Santa Catarina, que possuía 35 baias (4,3 x 4,3 m), divididas por um corredor

central, em cada baia foram alojados 13 suínos (aproximadamente 1 m²/suíno), a instalação era equipada com sistema de ventilação forçada e cortinas.

Para o trabalho foram selecionadas as 24 baias centrais da instalação e a temperatura e umidade relativa do ar foram registradas automaticamente em intervalo de 60 min por meio de *dataloggers* posicionados no centro geométrico da instalação, a fim de caracterizar o ambiente térmico (Figura 1) a que os animais foram submetidos:

Figura 1 - Temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar no decorrer do período experimental



As baias possuíam piso parcialmente vazado de concreto armado (40%) no fundo da baia, com comedouro linear (4,3 m) na frente da baia (corredor central), no sentido da largura da baia e bebedouro tipo *nipple* pendular com vazão superior a 2 L/min. O protocolo de arraçamento e nutricional, seguiu o adotado pela agroindústria parceira, com quatro diferentes dietas ao longo do período (denominadas: crescimento I e II e terminação I e II) com três arraçamentos diários (6:00; 13:00 e 18:00). O fornecimento diário de ração seguiu o estabelecido pela empresa parceira e as rações foram umedecidas previamente ao fornecimento (proporção próxima de 1:1 água:ração).

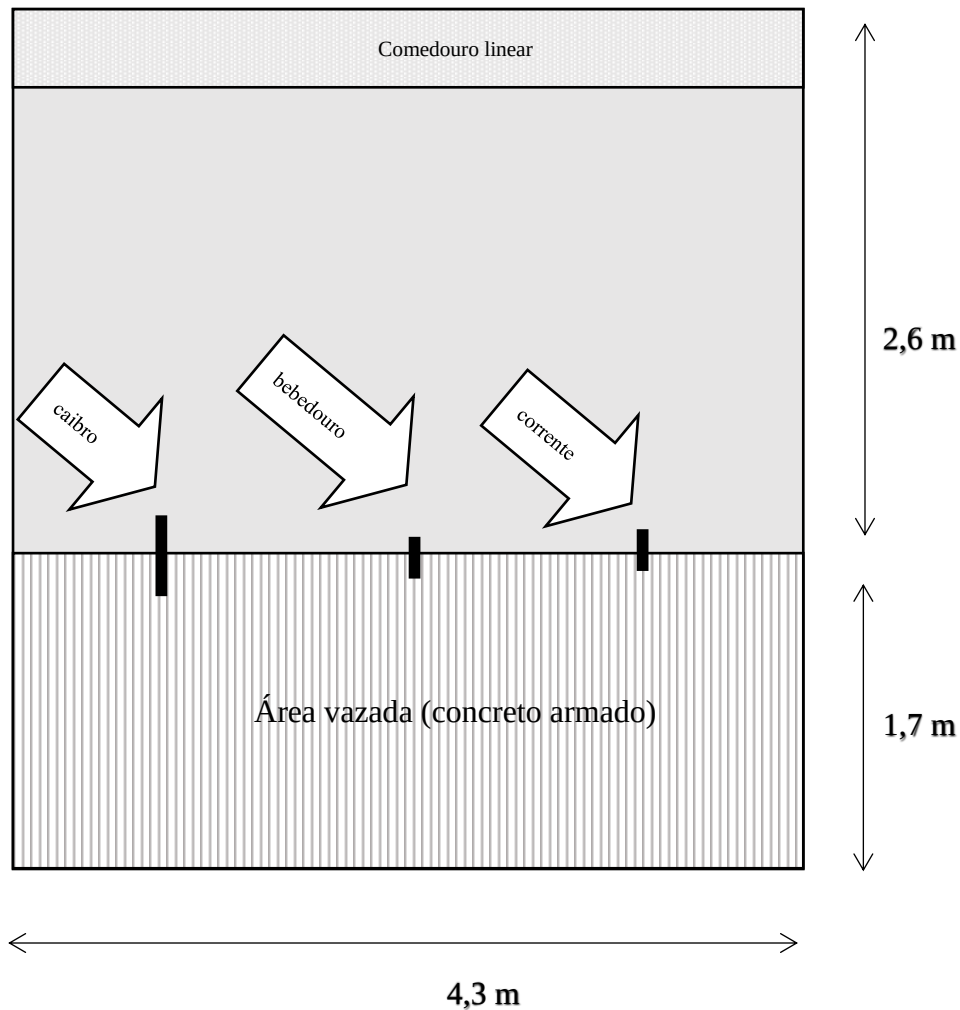
4.2.2 Tratamentos e baias experimentais

Foram estudados dois tratamentos de imunocastração (dois períodos de aplicação da segunda dose de vacina para imunocastração, sendo 22 ou 35 dias pré-abate), combinados com baias com ou sem enriquecimento ambiental, perfazendo um delineamento experimental em esquema fatorial 2x2, com seis baias por tratamento, totalizando 24 baias e 312 animais identificados individualmente com brincos (308 ao final do experimento, em função da ocorrência de mortes e retirada de animais com problemas locomotores). Os quatro tratamentos foram denominados CEA_35 e CEA_22 (com enriquecimento ambiental e segunda dose de imunocastração aos 35 e 22 dias pré-abate, respectivamente) e SEA_35 e SEA_22 (sem enriquecimento ambiental e segunda dose de imunocastração aos 35 e 22 dias pré-abate, respectivamente). No entanto, no período de 0-40 dias, por não terem sido iniciados os protocolos de aplicação da segunda dose de imunocastração, os animais estavam submetidos a apenas dois tratamentos (com e sem enriquecimento ambiental) assim foram analisados com base em um delineamento experimental inteiramente ao acaso, formando os tratamentos CEA e SEA, respectivamente, com 12 repetições cada.

Para a imunocastração foi utilizado produto comercial que possui protocolo de duas aplicações (VIVAX, 2021), com a primeira dose aplicada em todos os suínos aos 77 dias pré-abate. A segunda dose foi aplicada respectivamente nos 35 e 22 dias antes do abate (dias 41 e 54 do experimento), sendo classificadas como aplicação antecipada ou normal, respectivamente. As aplicações das vacinas foram realizadas pela parte da manhã, por pessoa devidamente capacitada para o manejo.

O enriquecimento ambiental consistiu do uso de caibros de madeira (30x5x5 cm) de eucalipto, pendurados pelo centro de forma que as duas extremidades fossem acessíveis aos suínos. Adicionalmente, as baias do tratamento enriquecido possuíam correntes de metal galvanizadas, com elos de 2 mm de 45 cm, suspensa na altura dos caibros, com distância mínima de 60 cm entre os objetos (Figura 2). A altura das correntes e dos caibros foi ajustada de acordo com o crescimento dos suínos, de forma a estarem sempre posicionados na altura dos olhos.

Figura 2 - Croqui das baias experimentais, com ilustração do posicionamento dos objetos de enriquecimento ambiental, comedouros e área ripada.



Optou-se pelo uso de caibros de madeira pendurados, visto a disponibilidade, atoxidade, manipulabilidade, baixo custo e possibilidade de padronização. O uso de madeira possui eficiência previamente avaliada em outros trabalhos como os de Chou et al. (2020), porém os referidos autores o classificam como enriquecimento ambiental “sub-ótimo”, pois não apresentam todas as características de um enriquecimento ambiental ótimo. Os mesmos critérios foram utilizados para a escolha das correntes como enriquecimento, embora, tais objetos sejam considerados como enriquecimento marginal (RECOMENDAÇÃO UE 2016/336). Desta forma, a proposta de combinar tais objetos teve o objetivo de melhorar os efeitos benéficos destas técnicas comparativamente ao uso das mesmas de forma isolada. Os objetos de enriquecimento foram instalados no 1º dia do experimento e os caibros foram substituídos aos 22, 52 e 66 dias do experimento (visto o desgaste excessivo dos mesmos em

algumas baias, ocasião em que as correntes foram lavadas com água corrente e reapresentadas aos animais).

4.2.3 Coletas de saliva e análises do cortisol

A metodologia utilizada para coleta e análise do cortisol salivar foi adaptada de estudos anteriores (CASAL et al., 2017; FÁBREGA, et al., 2019). A coleta de saliva foi realizada em dois animais por baia, totalizando 48 animais amostrados em três fases do experimento. Para a primeira coleta, os suínos foram selecionados aleatoriamente, e seu número identificado de forma a serem mantidos os mesmos animais nas coletas subsequentes.

As coletas foram realizadas nos dias 53, 65 e 75, entre às 08H00M e 10H00M. O fluxo de água de bebida dos animais foi suspenso uma hora antes do início das coletas e mantido fechado até a finalização do procedimento. Para as coletas foram utilizados kits Salivette® (SARSTEDT AG & Co., Nürbrecht, Alemanha), oferecidos aos animais por meio de extensor de plástico (cabo rígido com 60 cm de comprimento), o que permitiu a mastigação individual do salivete pelos suínos selecionados.

Para a realização das coletas, os salivettes eram apresentados para a mastigação, pelos suínos previamente selecionados, até a saturação com saliva, procedimento que durava cerca de 2 minutos. Após as coletas, os salivetes foram armazenados em tubos identificados, transportados sob refrigeração para laboratório onde foram centrifugados a 3500 rpm, por 10 minutos para a separação da saliva, na sequência as amostras de saliva foram congeladas (-20°C) para posterior análises. O cortisol salivar foi mensurado, por meio de ensaio imunofluorométrico (ESCRIBANO et al., 2013).

4.2.4 Avaliação comportamental

Os registros comportamentais (RC) foram obtidos por meio de vídeos realizados no decorrer do experimento os quais foram posteriormente avaliados por um único observador treinado. Os comportamentos registrados seguiram o definido no etograma de trabalho (Tabela 07), adaptado da metodologia de Fábrega et al. (2019) e do protocolo Welfare Quality® (SCOTT et al., 2009). Para a obtenção dos RC foi utilizado o método focal *sampling* (observação contínua, com registro conspícuo), com a baia como a unidade experimental.

Os vídeos foram registrados por meio de câmeras eletrônicas móveis por dois observadores treinados. Foram definidos quatro ciclos de observação, cada ciclo foi constituído por três manhãs (07H00M às 11H00M) consecutivas de observação. Para o ciclo I: foram avaliados os dias 5, 6 e 7; o Ciclo II: os dias 24, 25 e 26; o Ciclo III: os dias 53, 54 e 55 e para o Ciclo IV: os dias 66, 67 e 68 do experimento, respectivamente. O primeiro ciclo (dias 5, 6 e 7 do período experimental) foi iniciado cinco dias após a instalação dos objetos de enriquecimento ambiental (para minimizar o efeito da novidade dos objetos dentro das baias).

As coletas eram iniciadas uma hora após o primeiro arraçoamento do dia, cerca de dez minutos antes de iniciar os vídeos, os dois observadores entravam na instalação e caminhavam por cinco minutos para permitir que os suínos se acostumassem com sua presença. Em cada manhã de observação foram realizadas seis sequências de filmagem de 2 minutos (intervalo de 40 min entre filmagens, totalizando 144 vídeos/dia ou 432 vídeos/ciclo, que ao final dos ciclos totalizou 1728 vídeos (cerca de 58 horas de filmagens).

4.2.5 Análises estatísticas

Previamente às análises, as contagens dos comportamentos dos três dias foram agrupadas em única unidade experimental (soma dos três dias), perfazendo 24 unidades experimentais por período avaliado, na sequência os dados foram submetidos ao teste de normalidade dos erros Kolmogorov-Smirnov ($P > 0,05$) e transformados (log ou raiz) se necessário para atender aos preceitos de normalidade. Variáveis cujos erros não apresentaram normalidade com as transformações utilizadas foram testadas com o teste de WILCOXON ($P < 0,05$). Variáveis mensuradas até o 40º dia do experimento (por não terem iniciado a 2ª etapa de imunocastração) foram analisadas com base em um delineamento experimental inteiramente ao acaso, com dois tratamentos (com ou sem enriquecimento ambiental) e 12 repetições. Variáveis coletadas após o 41º dia (após a segunda dosagem da imunocastração no grupo antecipado) foram analisadas com base em um delineamento em esquema fatorial 2×2 , duas idades de imunocastração (35 e 23 dias pré-abate) e dois ambientes de produção (com e sem enriquecimento ambiental) com seis repetições por tratamento. No caso de interação significativa, as médias foram desdobradas ($p < 0,05$), exceto para as variáveis cujas normalidades dos erros não foram obtidas.

Paralelamente, as informações quanto a interação com a madeira e com a corrente foram agrupadas em outro conjunto de dados e analisadas separadamente dos demais comportamentos

para avaliar a preferência dos suínos pela interação com a madeira ou com a corrente, nesta subanálise foram avaliados apenas os grupos de baias com o enriquecimento ambiental.

Para as variáveis de cortisol, os animais foram considerados como a unidade experimental e para as variáveis comportamentais as baias foram consideradas como a unidade experimental.

4.3 Resultados

4.3.1 Comportamento

Nos ciclos 1 e 2 de observação, os suínos alojados em ambiente enriquecido apresentaram maior contagem de comportamentos positivos ($P < 0,01$) em relação aos alojados em baias sem enriquecimento (Tabela 8). Na mesma fase, os suínos das baias não enriquecidas apresentaram maior contagem de estereotipias ($P < 0,01$) e comportamentos direcionados ($P = 0,01$) a outros animais. As demais variáveis de comportamento não diferiram, exceto pela interação com os objetos da qual o grupo não enriquecido não poderia executar as interações com os objetos. A contagem de interações com os objetos de enriquecimento foi maior ($P = 0,011$) para a corrente no primeiro ciclo, e semelhante ($P = 0,067$) entre a corrente e caibro no segundo ciclo (dados não apresentados).

A partir do terceiro ciclo (implementado a segunda dose de imunocastração nos grupos antecipados CEA35 e SEA35) na análise estatística foi considerado o uso de enriquecimento e protocolos de imunocastração. Nesta fase não houve interação ($P > 0,05$) entre os fatores nos comportamentos avaliados. Os suínos imunizados 35 dias pré-abate, apresentaram menores ocorrências dos comportamentos direcionados ($P < 0,001$), negativo duradouro ($P = 0,038$) e sexual ($P < 0,001$). Os suínos das baias enriquecidas apresentaram maior contagem de comportamentos positivos ($P = 0,04$), menor contagem de estereotipias ($P = 0,002$) e menor contagem de comportamento direcionado ($P < 0,001$). A contagem de interações com os objetos de enriquecimento foi maior com a madeira neste ciclo ($P = 0,002$) (dados não apresentados).

No quarto ciclo, quando todos os suínos estavam efetivamente imunizados, não houve interação ($P > 0,05$) entre os fatores avaliados, indicando a independência do efeito dos fatores sobre as variáveis estudadas. Os suínos do protocolo de imunização 22 dias pré-abate apresentaram maior contagem de comportamento sexual ($P = 0,05$) em relação ao protocolo de imunização 35 dias pré-abate. Os suínos alojados em ambiente sem enriquecimento,

apresentaram maior frequência de estereotipias ($P < 0,001$) e comportamento direcionado ($P = 0,041$), em comparação ao grupo alojado com enriquecimento ambiental. Neste ciclo não houve diferença entre a contagem de interações com a corrente e a com madeira ($P = 0,065$).

4.3.2 Cortisol salivar

Não houve interação entre os protocolos de imunoscastração e o uso de enriquecimento ($P > 0,05$) para o cortisol salivar e não houve efeito dos tratamentos para esta variável ($P > 0,05$) (Tabela 10).

4.4 Discussão

4.4.1 Comportamento

Os suínos alojados em ambientes enriquecidos apresentaram cerca de 40% a mais de comportamentos positivos, a maior ocorrência pode estar associada ao maior estímulo proporcionado pela manipulação dos objetos de enriquecimento, que favorece os suínos a expressarem as características comportamentais específicas da espécie, como investigar, o que leva à sensação de satisfação (CASAL et al., 2017), como consequência maior interação positiva entre os animais da mesma baia (TELKÄNRANTA et al., 2014), além de destinarem a maior parte do seu tempo nas interações com os objetos de enriquecimento ambiental (MACHADO et al., 2017).

Nossos resultados indicam que, os suínos alojados em ambiente enriquecido apresentaram 86,4 ocorrências de interações com os objetos de enriquecimento durante todos os ciclos de avaliação. Em contrapartida, os suínos das baias sem enriquecimento ambiental possivelmente ocuparam este tempo em comportamentos negativos, sendo observado cerca de 40% mais destes comportamentos neste grupo. O sistema de produção em confinamento e ausência de objetos para manipulação, associado ao comportamento específico da espécie (explorar e investigar), limitaram estas características a estas interações agonísticas (VAN DE WEERD et al., 2009). Resultados diferentes foram obtidos por Nannoni et al. (2019) que testaram torinhas de madeira para suínos terminados com peso de abate aproximado de 159 kg e não observaram redução no comportamento de canibalismo e nas interações agonísticas.

Em nosso estudo, as baias sem enriquecimento ambiental apresentaram cerca de 50% a mais de estereotípias. A hipótese de que a ausência de estímulos apropriados nestas baias pode ter acarretado em frustrações, e como consequência estresse ao animal, o que modula alterações sistêmicas no organismo ocasionando mudanças metabólicas e comportamentais, como comportamentos repetitivos e sem função óbvia (estereotípias) (CAMPOS et al., 2010).

Apesar da corrente ser considerada objeto de enriquecimento marginal, classificada de acordo com a União Europeia (2016) que considera quão manipuláveis, comestíveis, mastigáveis e investigáveis são os objetos utilizados, a interação com a corrente foi maior ($P=0,011$) no primeiro ciclo de observações, em comparação com o caibro de madeira, que é considerado como enriquecimento sub-ótimo. Contrariando a classificação apresentada pela União Europeia (2016), no primeiro ciclo o caibro de madeira demonstrou-se menos atraente para leitões, em relação à corrente. O referido resultado (maior interação com os caibros) provavelmente está associado com as dimensões utilizadas (30x5x5 cm), que dificultou a manipulação dos leitões visto o menor tamanho do leitão e por consequência menor abertura do aparelho bucal que dificultou a interação durante o primeiro ciclo de avaliação (NANNONI et al., 2016). A idade do animal, assim como a forma de disponibilização dos objetos é um fator importante na escolha do objeto a ser utilizado como enriquecimento ambiental para todas as categorias de suínos (RICCI et al., 2018).

No entanto, a contagem de interações com a madeira foi maior na fase 3 e tendeu a ser maior na fase 4, em comparação com a corrente, o que reforça nossa hipótese de que a espessura do caibro pode ter desestimulado as interações no primeiro ciclo de avaliação, e com o desenvolvimento do animal a referida espessura não foi mais um fator limitante tornando o referido objeto mais atrativo para o leitão o que estaria em acordo com a classificação da União Europeia (2016) que o considera melhor que as correntes.

O total de interações com os objetos (soma das interações da madeira e da corrente) foi de 34,6; 20,8; 19,2 e 11,8 nas fases 1, 2, 3 e 4, respectivamente, o que indica um declínio nas interações ao longo do tempo, provavelmente relacionado à habituação dos suínos aos objetos e à respectiva perda de interesse (TRICKETT, GUY, EDWARDS, 2009). O desenvolvimento dos suínos também pode levar à diminuição de atividades tornando-os progressivamente menos ativos (VAN DE WEERD, DAY, 2009), o que poderia, em partes, explicar o menor número de interações com os objetos de enriquecimentos com o decorrer do período do crescimento dos suínos.

Na terceira fase, quando os animais dos tratamentos CEA35 e SEA35 já haviam recebido a 2ª dose da vacina de imunocastração portanto já estavam imunocastrados, houve 31% menos ocorrência de comportamento sexual ($P < 0,05$) e 25% menos comportamento direcionado ($P < 0,005$) a outros suínos, em comparação aos suínos ainda não imunocastrados (CEA22 e SEA22). Estes resultados foram semelhantes a Aluwé et al. (2016) que avaliaram dois tempos distintos de imunização (4 e 6 semanas pré-abate) e observaram redução de 20% no comportamento agressivo no grupo com a 2ª dose 6 semanas pré-abate.

A monta entre os suínos é uma característica comportamental natural da espécie na fase de maturidade sexual (5-10 meses de idade), e está relacionada aos níveis de testosterona presentes nos machos suínos inteiros (BRUNIUS et al., 2011), que estão mais sujeitos a estes comportamentos (KRESS et al., 2020). Espera-se redução significativa da ocorrência destes comportamentos no período após a segunda dose da vacina de imunização (SANTOS et al., 2021; ALUWÉ et al., 2016), visto que após a inibição completa do GnRH, ocorre redução da produção de testosterona, tendo 2,9 e 12 vezes menor chance de realizarem comportamento direcionado e de monta, respectivamente (LEALIIFANO et al., 2011).

Na quarta fase, o grupo imunocastrado aos 22 dias pré-abate apresentou redução de cerca de 6 vezes em relação a fase 3 do comportamento (CS), mas o grupo imunocastrado aos 35 dias pré-abate manteve a menor contagem de comportamentos sexuais ($P < 0,05$). Tal resultado pode estar associado à redução gradativa da secreção dos hormônios reprodutivos, sendo que, após a segunda dose, existe um intervalo de 7 a 10 dias até a ação efetiva da vacina (HUBER et al., 2013).

4.4.2 Cortisol

Não houve interação ou efeitos isolados dos tratamentos ($P > 0,05$) para os níveis de cortisol salivar. O cortisol é um esteroide que apresenta concentrações hormonais no sangue e saliva com atividades cíclicas contínua com padrões previsíveis, e liberado durante o estresse pelo eixo HHA que começa a aumentar seus níveis para o restabelecimento da homeostase do animal.

E apesar de os suínos alojados em ambiente sem enriquecimento ambiental terem apresentado 40% a mais de interações negativas, estas não resultaram em um aumento do nível de cortisol. Sugere-se que estes animais submetidos a estressores crônicos (condições de alojamento monótono, por exemplo), tendem a adaptar-se fisiologicamente à situação em que

estão inseridos (HOLINGER et al., 2018). O que está de acordo com Prims et al. (2019) que submeteram os suínos a estressores (alojamento sem enriquecimento ambiental, com superlotação de baias e mistura de animais) e compararam os níveis de cortisol salivar com um grupo alojado em ambiente adequado (com enriquecimento ambiental, sem mistura de leitões de diferentes origens e densidade de alojamento de 0,15m mínimo exigido) e não observaram diferenças entre os tratamentos.

Suínos submetidos a estresse agudo (monta, briga entre animais), possuem uma ativação a curto prazo do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal e o aumento nas concentrações de cortisol salivar (HOLINGER et al., 2018), que tendem a retornar aos níveis basais em cerca de 24 horas (RUIS et al., 1997).

Outra hipótese que pode ser considerada, é de que níveis menores de estresse resultam em menor alteração no ritmo circadiano do cortisol quando comparados a níveis elevados de estresse (COUTELLIER et al., 2007). Supostamente os agentes estressores que os suínos foram expostos no presente estudo (ambiente sem enriquecimento e diferentes tempos de imunocastração), associado às condições adequadas de criação (densidade adequada, qualidade de água, mínima mistura de origens, higiene de baias), não resultou em níveis de estresse suficientemente elevados para provocar alteração fisiológica mensuráveis no cortisol salivar.

Na coleta no 75º dia do estudo (realizada na manhã do embarque para o abate) a média obtida para o cortisol foi de 4,53 ng/mL, resultado superiores aos reportados por Dalla Costa et al. (2008), que encontraram níveis médios de 2,67 ng/mL de cortisol salivar (leitoas com peso de abate próximo ao do presente estudo) previamente ao embarque e superior aos resultados de Guzik et al. (2014) que reportaram valores de 2 ng/mL para machos castrados minimamente manejados com peso de abate de 106 kg.

Entretanto, destacamos que a variação do cortisol salivar é elevada ao longo do dia, De Jong et al. (2000) em um experimento para verificação de níveis basais de cortisol para suínos com 22 semanas de idade criados em baias enriquecidas verificaram variações entre aproximadamente 1 e 5,5 ng/mL para as coletas realizadas as 02H00M e 07H00M, respectivamente. Outra característica a ser considerada são as diferentes linhagens de suínos as quais apresentam diferenças respotas no cortisol salivar (Rey-Salgueiro et al., 2018) assim como das condições de manejo de arraçamento que podem ter resultado nos valores mais elevados obtidos. Ressaltamos o número limitado de trabalhos que avaliaram as condições do presente experimento (animais com peso próximo de 135 kg, machos imunocastrados em ambiente com e sem enriquecimento) são limitados.

Outro ponto a ser considerado é o alto CV observado para esta variável (até 66% na coleta no 75º dia) o que consideramos necessário de número maior de repetições para melhorar a precisão estatística desta variável. No entanto, é necessário ressaltar a necessidade da agregação de múltiplos indicadores para avaliar o bem-estar animal e interpretar com prudência alguns biomarcadores fisiológicos (CASAL et al., 2017). Vale lembrar que o cortisol é relatado como um indicador de estresse agudo e crônico, útil para a verificação do bem-estar animal (CASAL, et al., 2017), mas que deve estar associado a outras variáveis pois isoladamente pode levar a falhas na mensuração do BEA (CASAL et al., 2016).

Outro ponto a ser considerado é o manejo de arraçoamento utilizado, que preconizou alimentação controlada de acordo com o arraçoamento previamente determinada, em três refeições ao dia, podem ter apresentado efeitos mais intensos sobre o cortisol salivar minimizando os efeitos dos tratamentos. Entretanto, esta hipótese precisa ser melhor estudada em trabalhos futuros em ambientes enriquecidos com protocolo de arraçoamento *ad libitum* ou controlado.

4.5 Conclusões

O enriquecimento ambiental e a imunocastração antecipada promoveram redução de comportamentos considerados indesejados e relacionados ao menor grau de bem-estar animal como estereotipias ou comportamentos de monta.

Referências

- Aluwé, M., Degezelle, I., Depuydt, L., Fremaut, D., Van Den Broeke, A., Millet, S., 2016. Immunocastrated male pigs: Effect of 4 v. 6 weeks time post second injection on performance, carcass quality and meat quality. *Animal* 10, 1466–1473. <https://doi.org/10.1017/S1751731116000434>.
- Brunius, C., Zamaratskaia, G., Andersson, K., Chen, G., Norrby, M., Madej, A., Lundström, K., 2011. Early immunocastration of male pigs with Improvac® - Effect on boar taint, hormones and reproductive organs. *Vaccine* 29, 9514–9520. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2011.10.014>.
- Campos, J. A., Tinôco, I.F.F., Silva, F.F., Pupa, J. M.R., Silva, I. J. O., 2010. Enriquecimento ambiental para leitões na fase de creche advindos de desmame aos 21 e 28 dias. *Rev. Bras. Ciênc. Agrár.* 5, 272–278. <https://doi.org/10.5039/agraria.v5i2a660>.
- Čandek-potokar, M., Škrlep, M., Zamaratskaia, G., 2017. Immunocastration as alternative to surgical castration in pigs. Carreira, R.P. (Ed.), *Theriogenology*, IntechOpen, London, UK, 109–126. <https://doi.org/10.5772/intechopen.68650>
- Casal, N., Manteca, X., Escribano, D., Cerón, J.J., Fàbrega, E., 2017. Effect of environmental enrichment and herbal compound supplementation on physiological stress indicators, chromogranin A, cortisol and tumour necrosis factor- α . in growing pigs. *Animal* 11, 1228–1236, <http://doi.org/10.1017/S1751731116002561>.
- Casal, N., Manteca, X., Escribano, D., Cerón, J.J., Fàbrega, E., 2016. Effect of environmental enrichment and herbal compound supplementation on physiological stress indicators (chromogranin A, cortisol and tumour necrosis factor- α) in growing pigs. *Animal* 11, 1228–1236. <https://doi.org/10.1017/S1751731116002561>.
- Casal-Plana, N., Manteca, X., Dalmau, A., Fàbrega, E., 2017. Influence of enrichment material and herbal compounds in the behaviour and performance of growing pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 195, 38–43. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2017.06.002>.
- Chou, J.Y., D'Eath, R.B., Sandercock, D.A., O'Driscoll, K., 2020. Enrichment use in finishing pigs and its relationship with damaging behaviours: Comparing three wood species and a rubber floor toy. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 224. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2020.104944>.
- Coutellier, L., Arnould, C., Boissy, A., Orgeur, P., Prunier, A., Veissier, I., Salaün, M.M.C., 2007. Pig's responses to repeated social regrouping and relocation during the growing-finishing period. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 105, 102–114. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.05.007>.
- Dalla Costa, O. A., Ludke, J. V., Costa, M. J. R. P. D., Faucitano, L., Coldebella, A., Kich, J. D., Dalla Roza, D., 2008. Tempo de jejum na granja sobre o perfil hormonal e os parâmetros fisiológicos em suínos de abate pesados. *Ciênc. Rural* 38, 2300–2306. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000800032>.
- De Jong, I.C., Prelle, I.T., Van de Burgwal, J.A., Lambooij, E., Korte, S.M., Blokhuis, H.J., Koolhaas, J.M., 2000. Effects of environmental enrichment on behavioral responses to novelty,

learning and memory and the circadian rhythm in cortisol in growing pigs. *Physiology & Behavior* 68, 571-578. [http://doi.org/10.1016/s0031-9384\(99\)00212-7](http://doi.org/10.1016/s0031-9384(99)00212-7).

Escibano, D., Ko, H.L., Chong, Q., Llonch, L., Manteca, X., Llonch, P., 2019. Salivary biomarkers to monitor stress due to aggression after weaning in piglets. *Res. Vet. Sci.* 123, 178–183. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2019.01.014>.

Fàbrega, E., Marcet-Rius, M., Vidal, R., Escibano, D., Cerón, J.J., Manteca, X., Velarde, A., 2019. The effects of environmental enrichment on the physiology, behaviour, productivity and meat quality of pigs raised in a hot climate. *Animals* 9, 1–20. <https://doi.org/10.3390/ani9050235>.

Godyn, D., Nowicki, J., Herbut, P., 2019. Effects of Environmental Enrichment on Pig Welfare-A Review. *Animals* 9, 1-17. <https://doi.org/10.3390/ani9060383>.

Goymann, W., East, M. L., Wachter, B., 2003. Social status does not predict corticosteroid levels in postdispersal male spotted hyenas. *Hormones and Behavior* 43, 474-479. [https://doi.org/10.1016/S0018-506X\(03\)00032-1](https://doi.org/10.1016/S0018-506X(03)00032-1).

Grandin, T., 1994. Farm animal welfare during handling, transport, and slaughter. *Journal American Veterinary Medical Association*, Schaumburg, 204, 372-377.

Guzik, A. C., Matthews, J. O. Kerr, B. J., Bidner, T. D., Southern, L. L., 2014. Dietary tryptophan effects on plasma and salivary cortisol and meat quality in pigs. *Journal of Animal Science* 84, 2251–2259. <https://doi.org/10.2527/jas.2005-292>

Holinger, M., Früh, B., Stoll, P., Graage, R., Wirth, S., Bruckmaier, R., Hillmann, E., 2018. Chronic intermittent stress exposure and access to grass silage interact differently in their effect on behaviour, gastric health and stress physiology of entire or castrated male growing-finishing pigs. *Physiology & behavior* 195, 58-68. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.07.019>.

Huber, L., Squires, E.J., de Lange, C.F.M., 2013. Dynamics of nitrogen retention in entire male pigs immunized against gonadotropin-releasing hormone. *J. Anim. Sci.* 91, 4817–4825. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6290>.

Kress, K., Weiler, U., Schmucker, S., Čandek-Potokar, M., Vrecl, M., Fazarinc, G., Škrlep, M., Batorek-Lukač, N., Stefanski, V., 2020. Influence of housing conditions on reliability of immunocastration and consequences for growth performance of male pigs. *Animals* 10. 1-16. <https://doi.org/10.3390/ani10010027>.

Lealiifano, A. K., Pluske, J. R., Nicholls, R. R., Dunshea, F. R., Campbell, R. G., Hennessy, D. P., Mullan, B. P., 2011. Reducing the length of time between slaughter and the secondary gonadotropin-releasing factor immunization improves growth performance and clears boar taint compounds in male finishing pigs. *J. Anim. Sci.* 89, 2782-2792. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3267>.

Machado, S.P., Caldara, F.R., Foppa, L., De Moura, R., Gonçalves, L.M.P., Garcia, R.G., De Alencar Nääs, I., Dos Santos Nieto, V.M.O., De Oliveira, G.F., 2017. Behavior of pigs reared in enriched environment: Alternatives to extend pigs attention. *PLoS One* 12, 1–18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0168427>.

Martins, P.C., Albuquerque, M.D., Machado, I.P., Mesquita, A. A., 2013. Implicações da imunocastração na nutrição de suínos e nas características de carcaça. *Arch. Zootec.* 62, 105-118. <https://doi.org/10.21071/az.v62iREV.1960>

Nannoni, E., Sardi, L., Vitali, M., Trevisi, E., Ferrari, A., Ferri, M.E., Bacci, M.L., Govoni, N., Barbieri, S., Martelli, G., 2019. Enrichment devices for undocked heavy pigs: effects on animal welfare, blood parameters and production traits. *Ital. J. Anim. Sci.* 18, 45–56. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1472531>.

Nannoni, E., Sardi, L., Vitalia, M., Trevisi, E. Ferrari, A. Barone, F. Baccia, M.L. Barbieri, S. Martellia, G., 2016. Effects of different enrichment devices on some welfare indicators of post-weaned undocked piglets. *App. Anim. Behaviour Sci.* 184, 25-34. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.08.004>.

Prims, S., Vanden Hole, C., Van Cruchten, S., Van Ginneken, C., Van Ostade, X., Casteleyn, C., 2019. Hair or salivary cortisol analysis to identify chronic stress in piglets? *Vet. J.* 252, 105357. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2019.105357>.

CR - Commission Recommendation (EU) 2016/336 of 8 March 2016 on the application of Council Directive 2008/120/EC laying down minimum standards for the protection of pigs as regards measures to reduce the need for tail-docking C/2016/1345. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016H0336&from=EN>

Rey-Salgueiroa, L., Martinez-Carballoa, E., Fajardo, P., Chapela, M.J. Espiñeira, M., Simal-Gandara, J., 2018. Meat quality in relation to swine well-being after transport and during lairage at the slaughterhouse. *Meat Sci.* 142, 38-43. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.005>.

Ricci, G. Dela, Tonon, E., Titto, C.G., Godoy, P.C., Titto, E.L., 2018. Behavioral interest of male swine for different types of environmental enrichment. *Med. Vet.* 12, 241–247. <https://doi.org/10.26605/medvet-v12n3-2400>.

Ruis, M.A.W., Te Brake, J.H.A., Engel, B., Ekkel, E.D., Buist, W.G., Blokhuis, H.J., Koolhaas, J.M., 1997. The circadian rhythm of salivary cortisol in growing pigs: Effects of age, gender, and stress. *Physiol. Behav.* 62, 623–630. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(97\)00177-7](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(97)00177-7).

Santos, R., Bridi, A.M., Silva, C.A., Giangareli, B.L., Ferreira, G.A., Vero, J.G., Fregonesi, J.A., Costa, S.C., 2021. Reproductive status effects of pair-housed male pigs on natural, agonistic and sexual behaviours. *Animal* 15, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100072>.

Scott, K., Binnendijk, G. P., Edwards, S. A., Guy, J. H., Kiezebrink, M. C., Vermeer, H. M., 2009. Preliminary evaluation of a prototype welfare monitoring system for sows and piglets (Welfare Quality® project). *Animal Welfare* 18, 441-449.

Seiquer, I., Palma-Granados, P., Haro, A., Lara, L., Lachica, M., Fernández-Fígares, I., Nieto, R., 2019. Meat quality traits in longissimus lumborum and gluteus medius muscles from immunocastrated and surgically castrated Iberian pigs. *Meat Sci.* 150, 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.12.004>.

Telkänranta, H., Bracke, M.B.M., Valros, A., 2014. Fresh wood reduces tail and ear biting and increases exploratory behaviour in finishing pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 161, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2014.09.007>.

Trickett, S. L., Guy, J. H., Edwards, S. A., 2009. The role of novelty in environmental enrichment for the weaned pig. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 116, 45-51. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.07.007>.

Van de Weerd, H.A., Day, J.E.L., 2009. A review of environmental enrichment for pigs housed in intensive housing systems. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 116, 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2008.08.001>.

Van De Weerd, H.A., Docking, C.M., Day, J.E.L., Avery, P.J., Edwards, S.A., 2003. A systematic approach towards developing environmental enrichment for pigs. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 84, 101–118. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(03\)00150-3](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(03)00150-3).

VIVAX, 2021. Technical Information. <https://www.improvac.com/nz/technical-information.aspx>.

Tabela 7- Etograma de trabalho utilizado na avaliação comportamental dos suínos

Categorias	Definição
Comportamento positivo	social Cabeça ou focinho em contato com outro suíno. O receptor não reage negativamente
Comportamento negativo rápido	social Luta com outro animal, com resposta negativa do receptor por até 15 segundos. Para considerar uma nova ocorrência, os animais envolvidos tinham que parar por no mínimo 30 segundos
Comportamento negativo duradouro	social Luta com outro animal com resposta negativa do receptor, por mais que 15 segundos. Para considerar uma nova ocorrência, os animais envolvidos tinham que parar por no mínimo 30 segundos
Estereotipias	Lambendo o piso, mastigar no vácuo.
Comportamento direcionado	Movimentos de esfregar com o focinho na barriga de um companheiro de baia, morder ou realizar movimentos de sugação na orelha e cauda de um suíno de mesma baia.
Interação com a corrente	Interação com o objeto (mordidas, cabeçada, contato focinho). Para considerar uma nova ocorrência, os animais envolvidos tinham que parar por no mínimo 30 segundos.
Interação com a madeira	Interação com o objeto (mordida, cabeçada, contato com o focinho), Para considerar uma nova ocorrência, os animais envolvidos tinham que parar por no mínimo 30 segundos.
Comportamento sexual	Suíno montando ou tentando montar em outro animal

Fonte: Adaptado de Fabrega et al. (2019) e Scott et al. (2009)

Tabela 8 - Comportamento de suínos machos castrados submetidos a dois ambientes de criação, com e sem enriquecimento ambiental.

Comportamentos ^a	Baias sem enriquecimento	Baias enriquecidas	P valores=	CV
1º Ciclo de avaliação (dias 5, 6 e 7)				
C. Positivo*	1,67	5,75	<0,001	na
Estereotipias	21,42	12,25	<0,001	27,492
C. Direcionado	32,58	21,00	0,001	27,160
C. Neg. Rápido*	4,83	4,25	0,374	na
C. Neg. Duradouro*	0,75	0,42	0,052	na
C. Sexual*	5,50	4,42	0,311	na
Interação Corrente*	0,00	20,33	<0,001	na
Interação Madeira*	0,00	14,25	<0,001	na
2º Ciclo de avaliação(24, 25 e 26)				
C. Positivo	2,17	3,58	0,032	52,742
Estereotipias	23,33	11,92	0,001	43,135
C. Direcionado	29,83	16,08	0,000	25,879
C. Neg. Rápido	2,75	1,67	0,161	12,867
C. Neg. Duradouro*	0,17	0,00	0,074	na
C. Sexual	1,83	2,75	0,201	74,378
Interação Corrente*	0,00	8,00	<0,001	na
Interação Madeira*	0,00	12,83	<0,001	na

^a-C. Positivo= Comportamento social positivo; Estereotipias= Lambendo o piso, mastigar no vácuo; C. Direcionado=Comportamento direcionado; C. Neg. Rápido= Comportamento social negativo rápido; C. Neg. Duradouro= Comportamento social negativo duradouro; C. Sexual= Comportamento sexual; Interação Corrente= Interação com a corrente; Interação Madeira= Interação com a madeira. *Variáveis não apresentaram normalidade e foram testadas com o teste de Wilcoxon (P<0,05); na - não analisado; os comportamento se referem à média da ocorrência do comportamento nas baias em 3 manhãs de observa

Tabela 9- Comportamento de suínos machos castrados submetidos a dois ambientes de criação e dois protocolos de imunocastração.

	não enriquecido		enriquecido		Enriquecimento		Imunocastração		Efeitos			
Comportamentos	Castr-22	Castr-35	Castr-22	Castr-35	não	sim	-22	-35	Enrique	castração	Enri*Castr	CV
3º Ciclo de observ. (dias 53, 54 e 55)												
C. Positivo	1,00	2,17	3,67	5,33	1,58B	4,50A	2,33	3,75	0,004	0,128	0,782	71,84
Estereotipias	14,67	17,17	9,00	10,50	15,92A	9,75B	11,83	13,83	0,002	0,265	0,778	33,32
C. Direcionado	24,67	22,83	13,83	7,50	23,75A	10,67B	19,25	15,17	<0,001	0,019	0,176	22,82
C. Neg. Rápido	3,83	2,00	2,17	0,83	2,92	1,50	3,00	1,42	0,174	0,057	0,727	54,01
C. Neg. Duradouro*	1,00	0,83	0,50	0,50	0,92	0,50	0,75a	0,67b	0,113	0,038	na	na
C. Sexual	6,17	2,50	6,50	1,50	4,33	4,00	6,33a	2,00b	0,678	<0,001	0,410	46,58
Interação Corrente*	0,00	0,00	7,33	6,17	0,00B	6,75A	3,67	3,08	<0,001	0,451	na	na
Interação Madeira*	0,00	0,00	13,17	11,67	0,00B	12,42A	6,58	5,83	<0,001	0,251	na	na
4º Ciclo de observação (dias 66, 67 e 68)												
C. Positivo	1,33	2,67	3,00	2,67	2,00	2,83	2,17	2,67	0,274	0,508	0,274	75,17
Estereotipias	7,83	9,00	3,67	4,50	8,42A	4,08B	5,75	6,75	<0,001	0,286	0,858	35,71
C. Direcionado	11,17	9,00	8,17	6,67	10,08A	7,42B	9,67	7,83	0,041	0,149	0,788	34,19
C. Neg. Rápido	2,67	2,50	2,50	2,00	2,58	2,25	2,58	2,25	0,626	0,626	0,807	68,20
C. Neg. Duradouro*	0,33	0,17	0,00	0,33	0,25	0,17	0,17	0,25	0,311	0,311	na	na
C. Sexual	1,50	0,33	0,67	0,00	0,92	0,33b	1,08a	0,17	0,059	0,005	0,400	114,08
Interação Corrente*	0,00	0,00	5,17	4,67	0,00B	4,92A	2,58	2,33	<0,001	0,379	na	na
Interação Madeira*	0,00	0,00	7,50	6,33	0,00B	6,92A	3,75	3,17	0,004	0,439	na	na

^a-C. Positivo= Comportamento social positivo; Estereotipias= Lambendo o piso, mastigar no vácuo; C. Direcionado=Comportamento direcionado; C. Neg. Rápido= Comportamento social negativo rápido; C. Neg. Duradouro= Comportamento social negativo duradouro; C. Sexual= Comportamento sexual; Interação Corrente= Interação com a corrente; Interação Madeira= Interação com a madeira. *Variáveis não apresentaram normalidade e foram testadas com o teste de Wilcoxon ($P<0,05$); na - não analisado; os comportamento se referem à média da ocorrência do comportamento nas baias em três manhãs de observação.

Desdobramento das interações: Médias seguidas das letras minúsculas na linha diferem dentro do fator imunocastração e médias seguidas de letras maiúsculas na linha diferem dentro do fator enriquecimento pelo teste de T ($P<0,05$).

Tabela 10 - Níveis de cortisol salivar (ng/mL) de suínos machos castrados submetidos a dois ambientes de criação e dois protocolos de imunocastração

Variáveis	não enriquecido		enriquecido		Enriquecimento		Imunocastração		Efeitos			
	Castr-22	Castr-35	Castr-22	Castr-35	não	sim	-22	-35	Enrique	castração	Enri*Castr	CV
Cortisol 52	2,96	2,83	3,44	4,29	2,90	3,84	3,20	3,53	0,274	0,873	0,913	51,096
Cortisol 65	4,44	4,55	3,90	2,71	4,49	3,31	4,17	3,63	0,312	0,472	0,330	30,903
Cortisol 75	5,10	4,38	3,91	4,77	4,74	4,32	4,51	4,57	0,716	0,873	0,342	66,466
Cortisol médio	4,17	3,92	3,75	4,00	4,04	3,88	3,96	3,96	0,885	0,925	0,821	26,764

Cortisol 52 – Coleta salivar realizada no 52º dia experimental.; Cortisol 65 – Coleta salivar realizada no 65º dia experimental .; Cortisol 75 – Coleta salivar realizada no 75 º dia experiment

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos permitiram inferir que antecipar a segunda dose de imunocastração (segunda dose 35 dias pré-abate), reduz o comportamento sexual e interações agonísticas entre os suínos. Resultado importante sobre o aspecto de bem-estar animal, além de uma maior flexibilidade para atender o fluxo de produção, em que a aplicação segunda dose 22 dias é o limite mínimo para o abate dos animais.

Para as variáveis de conversão alimentar o grupo imunizado (22 dias pré-abate) apresentou melhora **de cerca de 50 g por unidade** de ganho, resultado que deve ser considerado para a tomada de decisão sobre a aplicabilidade do protocolo de imunocastração junto com outros aspectos do sistema de produção.

A utilização do enriquecimento ambiental considerados pobre ou marginal, correntes e caibros de madeira, respectivamente, melhorou os aspectos de comportamento relacionados ao bem-estar animal e o desempenho zootécnico.

O enriquecimento ambiental é uma alternativa para minimizar comportamentos agonísticos entre os suínos machos na terminação, principalmente no período entre a primeira e segunda dose da vacina de imunocastração.

O trabalho foi conduzido com o consumo de ração controlado em acordo com o protocolo da agroindústria, o que não permite extrapolação para condições de alimentação à vontade, sendo necessário novos trabalhos nesta condição de criação.

6 REFERÊNCIAS

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório anual 2021**. Disponível em: <https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2021/04/ABPA_Relatorio_Anual_2021_web.pdf>. Acesso em: 04 de maio de 2021.

ALUWÉ, M.; ASLYNG, M.; BACKUS, G.; BONNEAU, M.; CHEVILLON, P. J. E. HAUGEN.; MEIER-DINKEL, L.; MORLEIN, D.; M.A. OLIVER.; H.M OLIVER.; H.M. SNOEK.; F.A.M. TUYTTENS.; M. FONT-I-FURNOLS. M. Consumer acceptance of minced meat patties from boars in four European countries. **Meat Science**, v.137, p. 235-243, 2018.

ALUWÉ, M.; DEGEZELLE, L.; DEPUYDT, L.; REMAUT, D.; VAN DEN BROEKE, A.; MILLET, S. Immunocastrated male pigs: effect of 4 v. 6 weeks time post second injection on performance, carcass quality and meat quality. **Animal**, v.10, p.1466–1473, 2016.

ALUWÉ, M.; TUYTTENS, F.A.; MILLET, S. Field experience with surgical castration with anaesthesia, analgesia, immunocastration and production of entire male pigs: performance, carcass traits and boar taint prevalence. **Animal**, v.9, p500–508, 2015.

AMSA- Meat Color Measurement Guidelines - American Meat Science Association – International. 2012. Meat color measurement guidelines. AMSA, Champaign, IL, USA. <<http://www.meatscience.org>>.

ANDERSSON, H.K.; HULLBERG, A.; MALMGREN, L.; LUNDSTROM, K.; RYDHMER, L.; Squires, J. Sexual maturity in entire male pigs: Environmental effects, Relations to skatole level and female puberty. **Acta Agriculturae Scandinavica A: Animal Sciences**, v.49, p.103–112, 1999.

ANDREO, N.; BRIDI, A.M.; SILVA, C.A.; PERES, L.M.; GIANGARELI, B.J.; SANTOS, E.R.; ROGEL, C.P.; VERO, J.G.; FERREIRA, G.A. Immunocastration and its effects on carcass and meat traits of male pigs Imunocastração e seus efeitos nas características de carcaça e carne de suínos machos. **Semina: Ciências Agrárias** 39, 2531-2540, 2018.

ASMUS, M.D.; TAVAREZ, M.A.; TOKACH, M.D.; DRITZ, S.S.; SCHROEDER, A.L.; NELSEN, J.L.; GOODBAND, R.D.; DEROUCHEY, J.M. The effects of immunological castration and corn dried distillers grains with solubles withdrawal on growth performance, carcass characteristics, fatty acid analysis, and iodine value of pork fat depots. **Journal of Animal Science**, v.92, p.2116–2132, 2014.

BEATTIE, V.E.; O' CONNELL, N.E.; MOSS, B.W. Influence of environmental enrichment on the behaviour, performance and meat quality of domestic pigs. **Livestock Production Science**, v. 65, p.71–7, 2000.

BOLER, D.D.; KUTZELER, L.W.; MEEUWSE, D.M.; KING, V.L.; CAMPION, D.R.; MCKEITH, F.K.; KILLEFER, J. Effects of increasing lysine on carcass composition and cutting yields of immunologically castrated male pigs. **Journal Animal Science**, v. 89, p.2189–2199, 2011.

BRASIL. Decreto nº 9.013, de 2017 RIISPOA - **Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal** PERGUNTAS E RESPOSTAS. 19 de agosto de 2020 disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-animal/arquivos-publicacoes-dipoa/perguntas-e-respostas-decreto-9-013-de-2017-regulamento-de-inspecao-industrial-e-sanitaria-de-produtos-de-origem-animal>>. Acesso em: 02 de maio de 2021.

BRASIL. Instrução normativa nº 113, de 16 de dezembro de 2020. **Diário Oficial de União**, 18 de dezembro de 2020. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-113-de-16-de-dezembro-de-2020-294915279>>. Acesso em: 10 de março de 2021.

BRASIL. Instrução Normativa nº 3, de 17 de janeiro de 2000. Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2000, 5. <https://www.defesa.agricultura.sp.gov.br/legislacoes/instrucao-normativa-sda-3-de-17-01-2000,661.html>.

BRIDI, A.M.; SILVA, C.A. Métodos de avaliação da carcaça e carne suína. *Midiograf.* 97p. 2006.

BRIYNE, N.; BERG, C.; BLAHA, T.; TEMPLE, D. Pig castration: Will the EU manage to ban pig castration by 2018? **Porcine Health Management**, v. 2, p.29, 2016.

BROMM, D.M. A history of animal welfare science. **Acta Biother**, v. 59, p.121-137, 2011.

BRUNIUS, C.; ZAMARATSKAIA, G.; ANDERSSON, K.; CHEN, G.; NORRBY, M.; MADEJ, A.; LUNDSTROM, K. Early immunocastration of male pigs with Improvac®. Effect on boar taint, hormones and reproductive organs. **Vaccine**, v. 29, p.9514–9520, 2011.

BRUNO, H. V.; KIEFER, C.; BRUMATTI, R. C.; SANTOS, A. P. D.; ROCHA, G. C.; RODRIGUES, G. P. Technical-economic evaluation of imuno and surgically castrated male pigs. **Ciência Rural**, v. 43(11), p.2063-2069, 2013.

BURKEMPER, M.C.; PARIS-GARCIA, M.D.; MORAES, L.E.; PARK, R.M.; MOELLER, S.J. Effects of oral meloxicam and topical lidocaine on pain associated behaviors of piglets undergoing surgical castration. **Journal Applied Animal Welfare Science**, v. 23(2), p.209-218, 2019.

CAMPOS, J. A.; FF TINÔCO, I.; FABYANO, F.; PUPA, J. M.; SILVA, I. J. Enriquecimento ambiental para leitões na fase de creche advindos de desmame aos 21 e 28 dias. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5(2), p. 272-278, 2010.

ČANDEK-POTOKAR, M.; LUKAČ, N.B.; LABUSSIÈRE, E.; Immunocastration in pigs. Proceedings of the 4th International Congress New Perspectives and Challenges of Sustainable Livestock Production p.324–335, 2015.

ČANDEK-POTOKAR, M.; ŠKRLEP, M.; ZAMARATSKAIA, G. Immunocastration as alternative to surgical castration in pigs. CARREIRA, R. P. (Ed.), *Theriogenology*, IntechOpen, London, UK, 109-126. 2017.

CASAL, N.; MANTECA, X.; ESCRIBANO, D.; FABREGA, E. Effect of environmental enrichment and herbal compound supplementation on physiological stress indicators (chromogranin A, cortisol and tumour necrosis factor- α) in growing pigs. **Animal**, v. 11, n. 7, p. 1228-1236, 2017.

CASAL-PLANA, N.; MANTECA, X.; DALMAU, A.; FÁBREGA, E. Influence of enrichment material and herbal compounds in the behaviour and performance of growing pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 195, p. 38–43, 2016.

CHOU, J.Y.; DEATH, R.B.; SANDERCOCK, D.A.; DRISCOLL, K. Enrichment use in finishing pigs and its relationship with damaging behaviours: Comparing three wood species and a rubber floor toy. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 224, p. 104944, 2020.

CHOU, J.Y.; DEATH, R.B.; SANDERCOCK, D.A.; WARAN, N.; HAIGH, A.; DRISCOLL, K. Use of different wood types as environmental enrichment to manage tail biting in docked pigs in a commercial fully-slatted system. **Livestock Science**, v.213, p.19-27, 2018.

CHRISTENSE, L. B. 2003. Drip loss sampling in porcine m. longissimus dorsi. **Meat Science**, v.63, p. 469–477, 2003.

CLAUS, R.; LACORN, M.; DANOWSKI, K.; PEARCE, MC, BAUER, A. Short-term endocrine and metabolic reactions before and after second immunization against GnRH in boars. **Vaccine**, v. 25, p.4689–469, 2007.

CÓDIGO SANITÁRIO PARA ANIMAIS TERRESTRES – OIE 2018. **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimentos**. Disponível em: Captulo7.13.-Bem-estar-animal-e-sistemas-de-producao-de-suinos-PT.pdf (cleandrodias.com.br). Acesso 10 de Março de 2021.

COUTELLIER, L.; ARNOULD, C.; BOISSY, A.; ORGEUR, P.; PRUNIER, A.; VEISSIER, I.; SALAUN, M.MC. Pig's responses to repeated social regrouping and relocation during the growing-finishing period. **Applied Animal Behaviour Science**, 105, 102-114, 2007.

CR - Commission Recommendation (EU) 2016/336 of 8 March 2016 on the application of Council Directive 2008/120/EC laying down minimum standards for the protection of pigs as regards measures to reduce the need for tail-docking C/2016/1345. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016H0336&from=EN>

CRONIN, G.; DUNSHEA, F.; BUTLES, K.; MC CAULEY, I.; BARNETT, J.; HEMSWORTH, P. The effects of immuno- and surgical-castration on the behaviour and consequently growth of group-housed, male finisher pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v.81, p.111–126, 2003.

DALLA COSTA, O. A.; LUDKE, J. V.; COSTA, M. J. R. P. D.; FAUCITANO, L.; COLDEBELLA, A.; KICH, J. D.; DALLA ROZA, D. Tempo de jejum na granja sobre o perfil hormonal e os parâmetros fisiológicos em suínos de abate pesados. **Ciência Rural**, v. 38(8), p. 2300-2306, 2008.

DALLA COSTA, O.A.; TAVERNARI, F.C.; LOPES, L.S.; DALLA COSTA, F.A.; VIVIAN FEDDERN.; G.J.M.M DE LIMA. Performance, carcass and meat quality of pigs submitted to immunocastration and different feeding programs. **Research in Veterinary Science**, v.131, p.137-145, 2020.

DAZA, A.; LATORRE, M.A.; OLIVARES, A.; LÓPEZ, B. C.J. The effects of male and female immunocastration on growth performances and carcass and meat quality of pigs intended for dry-cured ham production - A preliminary study. **Livestock Science**, v.190, p. 20-26, 2016.

DE JONG, I.C.; PRELLE, I.T.; VAN DE BURGWAL, J.A.; LAMBOOIJ, E.; KORTE, S.M.; BLOKHUIS, H.J.; KOOLHAAS, J.M. Effects of environmental enrichment on behavioral responses to novelty, learning and memory and the circadian rhythm in cortisol in growing pigs. **Physiology & Behavior**, v.68, p.571-578, 2000.

DIRETIVA 2008/120/CE – NORMAS MÍNIMAS DE PROTECÇÃO DE SUÍNOS. **Jornal Oficial da União Européia**. 19 de Dezembro de 2008. Disponível em: [EUR-Lex - 32008L0120 - EN - EUR-Lex \(europa.eu\)](http://eur-lex.europa.eu). Acesso em : 10 de Janeiro de 2021.

DORAN, E.; WHITTINGTON, F. M.; WOOD, J .D.; MCGIVAN. J.D. Characterisation of androstenone metabolism in pig liver microsomes. **Chemico-biological interactions**, v. 147(2), p. 141-149, 2004.

DOS SANTOS, E.R.; DE LIMA GIANGARELI, B.; ROGEL, C.P.; CORREIA, E.R.; CAVALLARO, G.G.; TREVISAN, B.R.A, BRIDI, A.M. Avaliação do desempenho de suínos machos não castrados em fase de terminação. **Revista de Ciência Veterinária e Saúde Pública**, v.3, p.254-256, 2016.

DUNSHEA, F.R.; COLANTONI, C.; HOWARD, K.; MCCAULEY, I.; JACKSON, P.; LONG, K.A.; LOPATICKI, S. Vaccination of boars with a GnRH vaccine (Improvac) eliminates boar taint and increases growth performance. **Journal Animal Science**, v.79, p.25-35, 2001.

ELLMAN, G.L. Tissue sulphydryl groups. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.82, p.70-77, 1959.

ELSBERND, A.J, DE LANGE, C.F.M.; STALDER, K.J.; KARRIKER, L.A, PATIENCE, J.F,. SID lysine requirement of immunologically and physically castrated male pigs during the grower, early and late finisher periods. **Journal Animal Science**, v. 95, p. 1253-1263, 2017.

ESCRIBANO, D.; KO, H.L.; CHONG, Q.; LLONCHL, L.; MANTECA, X.; LLONCHL, P. Salivary biomarkers to monitor stress due to aggression after weaning in piglets. **Research in Veterinary Science**, v.123, p.178–183, 2009.

FÀBREGA, E.; MARCET-RIUS, M.; VIDAL, R.; ESCRIBANO, D.; CERÓN, J.J.; MANTECA, X.; VELARDE, E. The effects of environmental enrichment on the physiology, behaviour, productivity and meat quality of pigs raised in a hot climate. **Animals**, v.5, p.235,2019.

FAUCITANO, L.; CONTE, S.; POMAR, C.; PAIANO, D.; DUAN, Y.; ZHANG, P.; DROUIN, G.; RINA, SU.; GUAY, F.; DEVILLERS, N. Application of extended feed withdrawal time preslaughter and its effects on animal welfare and carcass and meat quality of enriched-housed pigs, **Meat Science**, v.167, p.1-10, 2020.

FERNANDES, A. R.; PENA, M. S.; CARMO, M. A.; COUTINHO, G. A.; BENEVENUTO JUNIOR, A. A. Desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de suínos sob castração cirúrgica ou imunológica. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, v.18, p. 303-312, 2017.

FONT-I-FURNOLS, M. Consumer studies on sensory acceptability of boar taint: A review. **Meat Science**, v.92 (4), p. 319-329, 2012.

FONT-I-FURNOLS, M.; AASLYNG, M.D.; BACKUS, G.B.; HAN, J.; KUZNETSOVA, T.G.; PANELLA-RIERA, N.; OLIVER, M.A. Russian and Chinese consumers' acceptability of boar meat patties depending on their sensitivity to androstenone and skatole. **Meat Science**, v.121, p. 96-103, 2016.

GIMSA, U.; TUCHSCHERER, M.; KANITZ, E. Psychosocial stress and immunity—what can we learn from pig studies? **Frontiers in Behavioral Neuroscience**, v.12, p.1–9, 2018.

GODYN, D.; NOWICKI, J.; HERBUT, P. Effects of Environmental Enrichment on Pig Welfare- A Review. **Animals**, v.9, p.383, 2019.

GOYMANN, W.; EAST, M. L.; WACHTER, B. Social status does not predict corticosteroid levels in postdispersal male spotted hyenas. **Hormones and Behavior**, v.43, p.474-479, 2003.

GRANDIN, T. Farm animal welfare during handling, transport, and slaughter. **Journal American Veterinary Medical Association, Schaumburg**, v. 204, p. 372-376, 1994.

GRELA, E.R.; SWIATKIEWICZ, M.; VASILEV, E.K.; FLOREK, M.; KORZECKA, U.K.; SKALECKI, P. An attempt of implementation of immunocastration in swine production – impact on meat physicochemical quality and boar taint compound concentration in the meat of two native pig breeds. **Livestock Science**, v.232, p.103905, 2020.

GUY, J.H.; MEADS, Z.A.; SCHIEL, R.S.; EDWARDS, S.A. The effect of combining different environmental enrichment materials on enrichment use by growing pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v.144, p.102– 107, 2013.

GUZIK, A. C.; MATTHEWS, J. O. KERR, B. J.; BIDNER, T. D.; SOUTHERN, L. L. Dietary tryptophan effects on plasma and salivary cortisol and meat quality in pigs. **Journal of Animal Science**, v.84, v.2251–2259, 2014.

HABIG, W. H., PABST, M. J., JAKOBY, W.B. Glutathione S-transferases. The first enzymatic step in mercapturic acid formation. **J. Biol. Chem.** v.249, p.7130–7139, 1974.

HAIGH, A.; O' DRISCOLL, K. The long and short of it: Irish farmers' experiences of tail biting. In Teagasc Pig Research Dissemination Day 2016. Presented at the Teagasc Pig Research Dissemination Day 2016. Cavan Ireland, 2016.

HALLIWELL, B.; GUTTERIDGE, J.M.C. Free radicals in biology and medicine, 4th edn. Oxford University Press, New York. 2007.

HAN, X.; MENG, F.; CAO, X.; DU, X.; BU, G.; KONG, F.; HUANG, A.; ZENG, X. FSH promotes fat accumulation by activating PPAR γ signaling in surgically castrated, but not immunocastrated, male pigs. **Theriogenology**, v. 160, p.10-17, 2021.

HENNESSY, D. Global control of boar taint, Part 4, Immunological castration in action, **Pig Progress**, 22, 6, 2-4, 2006.

HOLINGER, M.; FRÜH, B.; HILLMANN, E. Group composition for fattening entire male pigs underenriched housing conditions—Influences on behaviour, injuries and boar taint compounds. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 165, p. 47-56, 2015.

HOLINGER, M.; FRUH, B.; STOLL, P.; GRAAGE R.; WIRTH, S.; BRUCKMAIER, R.; HILMANN, E. Chronic intermittent stress exposure and access to grass silage interact differently in their effect on behaviour, gastric health and stress physiology of entire or castrated male growing-finishing pigs. **Physiology & behavior**, v.195, p.58-68, 2018

HUBER, L.; SQUIRES, E.J.; DE LANGE, C.F.M. Dynamics of nitrogen retention in entire male pigs immunized against gonadotropin-releasing hormone. **Journal of Animal Science**, v.91, p. 4817–4825, 2013.

HUBER, L.; SQUIRES, E.J.; MANDELL, I.B.; LANGE, C.F.M. Age at castration (surgical or immunological) impacts carcass characteristics and meat quality of male pigs. **Animal**, v. 12, n. 3, p. 648-656, 2018.

JAROS, P.; BURGI, E.; STARK, K.D.C.; CLAUS, R.; HENNESST, D.; THUN, R. Effect of active immunization against GnRH on androstenone concentration, growth performance and carcass quality in intact male pigs. **Livestock Production Science**, v.92, n.1, p. 31-38, 2005.

JENTZSCH, A.M.; BACHMANN, H.; FÜRST, P.; BIESALSKI, H. K. Improved analysis of malondialdehyde in human body fluids. **Free Radical Biology and Medicine**. V.20, n.251-256, 1996.

KRESS K.; WEILER, U.; SCHMUCKER S.; CANDEK-POTOKAR M, VRECL, M.; FAZARINC, G.; SKRLEP, M.; BATOREK-LUKAC, N, STEFANSKI, V. Influence of Housing Conditions on Reliability of Immunocastration and Consequences for Growth Performance of Male Pigs. **Animals**, v.10, p.27, 2020.

LAWRIE, R.A.; LEDWARD, D.A. **Lawrie's meat science**. 7th ed. Boca Raton: CRC, 2006. 442 p.

LEALIIFANO, A.K.; PLUSKE, J.R.; NICHOLLS, R.R.; DUNSHEA, F.R.; CAMPBELL, R.G.; HENNESSY, D.P.; MULLAN, B.P .Reducing the length of time between slaughter and the secondary gonadotropin-releasing factor immunization improves growth performance and clears boar taint compounds in male finishing pigs. **Journal of animal science**, v.89(9), p.2782-2792, 2011.

LEBRET, B.; MEUNIER-SALAUM, M.C.; FOURY, A.; MORMED, P.; DRANFIELD, E.; DOURMAD, J.Y. Influence of rearing conditions on performance, behavioral, and physiological responses of pigs to preslaughter handling, carcass traits, and meat quality. **Journal of Animal Science**, v. 84 (9), p.2436-2447, 2006.

LUO, L.; GEERS, R.; REIMERT, I.; KEMP, B.; PARMENTIER, HK.; Effects of environmental enrichment and regrouping on natural autoantibodies-binding danger and neural antigens in healthy pigs with different individual characteristics. **Animal**, v.11, p.1-8, 2017.

LYON, C.E.; LYON, B.G.; DICKENS, J.A. Effects of carcass stimulation, deboning time, and marination on color and texture of broiler breast meat. **Journal of Applied Poultry Research**, v.7, p.53–60, 1998.

MACHADO, S.P.; CALDARA, F.R.; FOPPA, L.; DE MOURA, R.; GONÇALVES, L. M. P.; GARCIA, R. G.; DE OLIVEIRA, G.F. Behavior of pigs reared in enriched environment: alternatives to extend pigs attention. **PloS one**, v.12, p.1-18, 2017.

MANTEUFFEL, G. Central nervous regulation of the hypothalamic-pituitary-adrenal axis and its impact on fertility, immunity, metabolism and animal welfare – a review. **Archiv für Tierzucht**, v. 45, p.575–595, 2002.

MARTINS, P.C.; ALBURQUERQUE, M.D.; MACHADO, I.P.; MESQUITA, A. A. Implicações da imunocastração na nutrição de suínos e nas características de carcaça. **Archivos de Zootecnia**, v.62, p. 105-118, 2013.

MILLET, S.; GIELKENS, K.; DE BRABANDER, D.; JANSSENS, G.P.J. Considerations on the performance of immunocastrated male pigs. **Animal**, v.5, p.1119–1123, 2011.

MLC - Meat and Livestock Commission. Rindside Damage Scale. Reference 2031M 8/85. Milton Keynes, Meat and Livestock Commission, Bletchley, UK. 1985.

MOBERG, G.P. Biological response to stress: implications for animal welfare. MOBERG, G.P.; MENCH, J.A. editors. **The Biology of Animal Stress**. CABI Publishing, p. 123–46, 2000.

NANNONI, E.; SARDI, L.; VITALI, M.; TREVISI, E.; FERRARI, A.; FERRI, M.E.; BACCI, M.L.; GOVONI, N.; BARBIERI, S.; MARTELLI, G. Enrichment devices for undocked heavy pigs: effects on animal welfare, blood parameters and production traits. **Italian Journal Animal Scienci**, v.18 p.45–56, 2019.

NANNONI, E.; SARDI, L.; VITALI, M.; TREVISI, E.; FERRARI, A.; FERRI, M.E.; BACCI, M.L.; GOVONI, N.; BARBIERI, S.; MARTELLI, G. Effects of different enrichment devices on some welfare indicators of post-weaned undocked piglets. **Applied Animal Behaviour Science**, 184, 25-34. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2016.08.004>.

NANNONI, E.; SARDI, L.; VITALI, M.; TREVISI, E.; FERRARIA, A.; FERRI, M. E.; MARTELLI, G. Enrichment devices for undocked heavy pigs: Effects on animal welfare, blood parameters and production traits. **Italian Journal of Animal Science**, v.18 (1), p. 45-56, 2018.

NATIONAL PORK PRODUCERS COUNCIL (NPPC). Composition and Quality assessment procedures. <https://porkgateway.org/wp-content/uploads/2015/07/pork-composition-and-quality-assessment-procedures.pdf>. 2000.

NEWBERRY, R.C. Environmental enrichment: increasing the biological relevance of captive environments. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 44(2-4), p.229-243, 1995.

PALMA-GRANADOS, P.; LARA, L.; SEIQUER, I.; LACHICA, M.; FERNANDEZ - FIGARES, I.; HARO, A.; NIETO, R. Protein retention, growth performance and carcass traits of individually housed immunocastrated male- and female- and surgically castrated male Iberian pigs fed diets of increasing amino acid concentration. **Animal**, v.15, p.1-9, 100187, 2021.

PAROIS, S.; LARZUL, C.; PRUNIER, A. Associations between the dominance status and sexual development, skin lesions or feeding behaviour of intact male pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v.187, p.15–22, 2017.

PAULY, C.; SPRING, P.; O'DOHERTY J.V.; AMPUERO KRAGTEN S.; BEE G.: Growth performance, carcass characteristics and meat quality of group-penned surgically castrated, immunocastrated (Improvac®) and entire male pigs and individually penned entire male pigs. **Animal**, v.3, p.1057–1066, 2009.

POKLUKAR, K.; CANDEK-POTOKAR, K.; VRECL, M.; BATOREK-LUKAC, N.; FAZARINC, G.; KRESS, K.; WEILER, U.; STEFANSKI, V.; SKRLEP, M. The effect of immunocastration on adipose tissue deposition and composition in pigs. **Animal**, v 10, p. 1751-7311, 2020.

PRIMS, S.; VANDEN HOLE, C.; VAN CRUCHTEN, S.; VAN GINNEKEN, C.; VAN OSTADE, X.; CASTELEYN, C. Hair or salivary cortisol analysis to identify chronic stress in piglets? **The Veterinary Journal**, v.252, p105357, 2019.

PRUNIER, A.; BONNEAU, M.; BORELL, E. H.; CINOTTI, S.; GUNN, M.; FREDRIKSEN, P.; GIERSEN, M. MORTON, D.B.; TUYTTENS, F. A. M.; VELARDE, A. A review of the welfare consequences of surgical castration in piglets and evaluation non-surgical methods. **Animal Welfare**, v. 15, p. 277-289, 2006.

RECOMENDAÇÃO (UE) 2016/336 – Normas mínimas de proteção de suínos no tocante as medidas destinadas a reduzir a necessidade de corte da cauda, Jornal Oficial da União Europeia. 08 de março de 2016. Disponível em: EUR-Lex - 32016H0336 - EN - EUR-Lex (europa.eu). Acesso em: 10 de fevereiro de 2021.

REGAN, Á. 'Smart farming' in Ireland: A risk perception study with key governance actors. **NJAS-Wageningen Journal of Life Sciences**, v.90, p.100292, 2019.

REY-SALGUEIROA, L.; MARTINEZ-CARBALLOA, E.; FAJARDO, P.; CHAPELA, M.J.; ESPÍÑEIRA, M.; SIMAL-GANDARA, J. Meat quality in relation to swine well-being after transport and during lairage at the slaughterhouse. **Meat Science**, 142, 38-43. 2018.

RICCI, G.; TONON, E.; TITTO, C.G.; GODOY, P.C.; TITTO, E.L. Behavioral interest of male swine for different types of environmental enrichment. **Medicina Veterinária**, v.12, p.241–247, 2018.

RIISPOA. Regulamento da Inspeção Sanitária de Produtos de Origem Animal. 1952. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/bem-estar;-animal/arquivos/arquivos-legislacao/decreto-30691-de-1952.pdf/view>>. Acesso em: 27 de novembro de 2020.

RUEDEN, T.; SCHINDELIN, J.; HINER, M.C.; DEZONIA, B.E.; WALTER, A.E.; ARENA, E.T.; ELICEIRI, K.W. ImageJ2: ImageJ for the next generation of scientific image data. **BMC Bioinformatics**, v.18, p.1-26. 2017.

RUIS, M.A.W.; BRAKE, J.H.A.; ENGEL, B.; EKKEL, E.D.; BUIST, W.G.; BLOKHUIS, H.J.; KOOLHASS, J.M. The circadian rhythm of salivary cortisol in growing pigs: Effects of age, gender, and stress. **Physiology & Behavior**, v 62, p 623–630, 1997.

RYDHMER, L.; LUNDSTROM, K.; ANDERSONN, K. Immunocastration reduces aggressive and sexual behaviour in male pigs, **Animal**, v.4, p. 965-972, 2010.

RYDHMER, L.; ZAMARATSKAIA, G.; ADERSSON, H. K.; ALGERS, B.; GUILLEMET, R.; LUNDSTRÖN, K. Aggressive and sexual behavior of growing and finishing pigs reared in groups, without castration. **Acta Agricultura e Scandinavica Section. Animal Science**, v. 56, p. 109-119, 2006.

SALLER, A.M.; WERNER, J.; REISER J.; SENF, S.; DEFFNER, P.; ABENDSCHÖN N. Local anesthesia in piglets undergoing castration—A comparative study to investigate the analgesic effects of four local anesthetics on the basis of acute physiological responses and limb movements. **PLoS ONE**, v.15(7): e0236742, 2020.

SANTOS, R.; BRIDI, A.M.; SILVA, C.A.; GIANGARELI, B.L.; FERREIRA, G.A.; VERO, J.G.; FREGONESI, J.A.; COSTA, S.C. Reproductive status effects of pair-housed male pigs on natural, agonistic and sexual behaviours. **Animal**, v.15, p.100072, 2021.

SANTOS, R.D.K.S.; CALDARA, F.R.; MOI, M.; SANTOS, L.S.; FOPPA, L.; GARCIA, R.G.; BORQUIS, R.R.A. Behavior of immunocastrated pigs. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.45, p.540–545, 2017.

SCOTT, K.; BINNENDIJK, G. P.; EDWARDS, S. A.; GUY, J. H.; KIEZEBRINK, M. C.; VERMEER, H. M. Preliminary evaluation of a prototype welfare monitoring system for sows and piglets (Welfare Quality® project). **Animal Welfare**, v.18(4), p 441-449, 2009.

SEIQUER, I.; PALMA-GRANADOS, P.; HARO, A.; LARA, L.; LACHICA, M.; FERNÁNDEZ-FÍGARES, I.; NIETO, R. Meat quality traits in longissimus lumborum and gluteus medius muscles from immunocastrated and surgically castrated Iberian pigs. **Meat Science**, v.150, p.77–84, 2019.

ŠKRLEP, M.; ZAJEC, M.; KASTELIC, M.; KOSOROK, S.; FAZARINC, G. Effect of immunocastration (Improvac) in fattening pigs I: growth performance, reproductive organs and malodorous compounds. **Slovenian Veterinary Research**, v.47, p.57-64, 2010.

TELKÄNRANTA, H.; BRACKE, M.; VALROS, A. Fresh wood reduces tail and ear biting and increases exploratory behaviour in finishing pigs. **Applied Animal Behaviour Science**, v.161, p.50-59, 2014.

THUN, R.; GAJEWSKI, Z.; JANETT, F. Castration in male pigs: techniques and animal welfare issues. **Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 57, p.189-194, 2006.

TONEPOHL, B.; APPEL, A.K.; WEL, S.; VOB, B.; BORSTEL, U.K. Effect of marginal environmental and social enrichment during rearing on pigs' reactions to novelty, conspecifics and handling. **Applied Animal Behaviour Science**, v.140, p.137-145, 2012.

TRICKETT, S. L.; GUY, J. H.; EDWARDS, A. The role of novelty in environmental enrichment for the weaned pig. **Applied Animal Behaviour Science**, v.116(1), 45-51, 2009.

VAN DE WEER, H. A.; DOCKING, C. M.; DAY, J. E. L.; AVERY, P. J.; EDWARDS, S. A. A systematic approach towards developing environmental enrichment for pigs. **Applied animal behaviour Science**, v.84, p. 101-118, 2003.

VAN DE WEERD, H. A.; DAY, J.E. A review of environmental enrichment for pigs housed in intensive housing systems. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 116, n. 1, p. 1-20, 2009.

VISCARDI, A.V.; TURNER, P.V. Use of meloxicam, buprenorphine, and Maxilene® to assess a multimodal approach for piglet pain management, part 1: Surgical castration. **Animal welfare**. v. 28, p.487–498, 2019.

VITALI, M.; NANNONI, E.; SARDI, L.; BASSI, P.; MILITERNO, G.; MARTELLI, G. Effects of different enrichment devices on on-farm and post-mortem lesions and meat quality of italian heavy pigs. **Scienze Veterinarie**, v. 184, p.25-34, 2017.

VIVAX, 2021. Technical Information. <https://www.improvac.com/nz/technical-information.aspx>.

WALLGREN, T; WESTIN, R; GUNNARSSON, S. A survey of straw use and tail biting in Swedish pig farms rearing undocked pigs. **Acta Veterinaria Scandinavica**, v. 58, n. 1, p. 1-11, 2016.

WARRIS, P. D. An introductory text. Wallingford: CAB International. **Meat science**, p.310, 2010.

WELFARE QUALITY ASSESMENT PROTOCOL FOR PIGS. 2009. Disponível em < Microsoft Word - Old pig protocol - 120809 - PPN (welfarequality.net)>. Acesso em :15 janeiro de 2020.

World organisation for animal health (OIE). INTRODUCTION TO THE RECOMMENDATIONS FOR ANIMAL WELFARE. In: Terrestrial Animal Health Code. 2019, cap.7, p1-4. Disponível em: https://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahc/current/chapitre_aw_introduction.pdf. Acesso 10 de março de 2021.

YAO, Y.; MA, H.; WU, K.; SHAO, Y.; HAN, W.; CAI, Z. Body composition, serum lipid levels, and transcriptomic characterization in the adipose tissue of male pigs in response to sex hormone deficiency, **Gene**, v.646, p. 74-82, 2018.

ZAMARATSKAIA, G.; ANDERSSON, H. K.; CHEN, G.; ANDERSSON, K.; MADEJ, A.; LUNDSTÖM, K. Effect of a gonadotropin-releasing Hormone Vaccine (Improvac™) on steroid hormones, boar taint compounds and performance in entire male pigs. **Blackwell Verlag**, v. 43, p. 351–359, 2008.

7 ANEXOS

7.1 Anexo I



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

LAGES
CENTRO DE CIÊNCIAS
AGROVETERINÁRIAS

**Comissão de Ética no
Uso de Animais**

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Estudo do Enriquecimento ambiental na terminação de suínos submetidos a dois protocolos de imunocastração: efeitos no comportamento, desempenho, qualidade da carcaça e carne.", protocolada sob o CEUA nº 3783021219 (000104), sob a responsabilidade de **Maria Luisa Appendino Nunes Zotti e equipe: Maiqueli Cristina Deon** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade do Estado de Santa Catarina (CEUA/UDESC) na reunião de 17/01/2020.

We certify that the proposal "Study of environmental enrichment in pig termination submitted to two immunocastration protocols: effects on behavior, performance, carcass quality and meat.", utilizing 390 Swines (390 males), protocol number CEUA 3783021219 (000104), under the responsibility of **Maria Luisa Appendino Nunes Zotti and team; Maiqueli Cristina Deon** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings) for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the University of Santa Catarina State (CEUA/UDESC) in the meeting of 01/27/2020.

Finalidade da Proposta: **Pesquisa (Acadêmica)**

Vigência da Proposta: de **12/2019** a **04/2020**

Área: **Produção Animal e Alimentos**

Origem: **Animais de proprietários**

Especie: **Suínos**

Sexo: **Machos**

Idade: **2 a 6 meses**

Nº: **390**

Linhagem: **Large white**

Peso: **23 a 118 kg**

Local do experimento: Animais, local e período do experimento e manejo de arraçamento Para o trabalho serão utilizados suínos machos inteiros da linhagem comercial, selecionados para alto ganho de tecido magro, provenientes de um criatório comercial, com aproximadamente 63 dias de idade e 23 kg de peso corporal. O experimento ocorrerá em um galpão comercial de terminação de suínos, localizado no Oeste de Santa Catarina, filiado a uma Cooperativa Central do Oeste de Santa Catarina. A unidade a ser utilizada possui 35 baias (4,3 x 3,3 m), divididas por um corredor central, desenhada para alojar 13 suínos por baia, em uma densidade de 1m² por animal. O piso das baias é parcialmente vazado (40%), com comedouro linear frontal na largura da baia (4,3 m) e com bebedouro nipple pendular. O protocolo de arraçamento e nutricional (seis diferentes dietas ao longo do período) seguirá o adotado pela agroindústria parceira. Será fornecido três arraçamentos diários aos animais (6:00; 13:00 e 18:00) e previamente aos arraçamentos, as rações serão umedecidas por meio de gotejadores instalados sobre os comedouros. O galpão é equipado com sistema de ventilação forçada e cortinas e será instalado em seu centro dataloggers para registro de temperatura e umidade do ar.

Lages, 11 de fevereiro de 2021

José Cristani
Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais
Universidade do Estado de Santa Catarina

Pedro Volkmer de Castilhos
Vice-Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais
Universidade do Estado de Santa Catarina

7.2 Anexos II

Suínos interagindo com os objetos de enriquecimento



Interação dos animais com os caibros de madeira



Interação dos animais com a corrente

7.3 Anexo III

Coleta de saliva para análise de cortisol (exp. II)



Preparação dos salivetts para coleta



Suíno mordendo o salivett para coleta de saliva

7.4 Anexo IV

Alteração na metodologia de avaliação de perdas por gotejamento no exp. I



Posicionamento da amostra



Amostra suspensa e perda de líquidos

7.5 Anexo V

Score de lesão de carcaça utilizados no experimento II

