



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**NEUROPLASTICIDADE, BEM-ESTAR E DESEMPENHO DE
SUÍNOS EXPOSTOS A MUSICOTERAPIA DURANTE A FASE DE
GESTAÇÃO E MATERNIDADE**

ISABELLA CRISTINA DE CASTRO LIPPI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal.

Dourados – MS
2020



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**NEUROPLASTICIDADE, BEM-ESTAR E DESEMPENHO DE
SUÍNOS EXPOSTOS A MUSICOTERAPIA DURANTE A FASE DE
GESTAÇÃO E MATERNIDADE**

ISABELLA CRISTINA DE CASTRO LIPPI

Médica Veterinária

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Fabiana Ribeiro Caldara

Co-orientador: Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal.

Dourados – MS
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

L765n Lippi, Isabella Cristina De Castro

Neuroplasticidade, bem-estar e desempenho de suínos expostos a musicoterapia durante a fase de gestação e maternidade [recurso eletrônico] / Isabella Cristina De Castro Lippi. -- 2020.

Arquivo em formato pdf.

Orientadora: Fabiana Ribeiro Caldara.

Coorientador: Rodrigo Garófallo Garcia.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2020.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. BDNF. 2. Comportamento. 3. Desenvolvimento Neurobiológico. 4. Termografia. I. Caldara, Fabiana Ribeiro. II. Garcia, Rodrigo Garófallo. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**NEUROPLASTICIDADE, BEM-ESTAR E DESEMPENHO DE SUÍNOS
EXPOSTOS A MUSICOTERAPIA DURANTE A FASE DE GESTAÇÃO E
MATERNIDADE**

por

ISABELLA CRISTINA DE CASTRO LIPPI

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título
de MESTRE EM ZOOTECNIA

Aprovado em: 06/02/2020

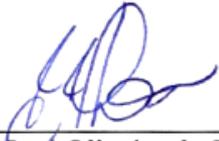


Dra. Fabiana Ribeiro Caldara

Orientadora – UFGD



Dra. Ibiara Correia de Lima Almeida Paz
UNESP



Dr. Iran José Oliveira da Silva
USP/ESALQ



Dr. Luan Sousa dos Santos

UFRRJ

À minha filha, meu companheiro e melhor amigo e meus pais

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, por todo apoio, encorajamento e suporte. Agradeço a eles pelo incentivo aos meus estudos, independentemente das condições e rumos que a vida nos levou. Sem eles eu não chegaria até aqui e não teria a oportunidade de ir ainda além.

Agradeço imensamente à minha filha, meu anjo, minha princesa, minha companheira e melhor amiga, por toda compreensão e maturidade extremamente precoces, por ser uma filha maravilhosa e uma criança incrível, por me proporcionar o prazer de vivermos esses anos juntas, enfrentando todas as adversidades que encontramos pelo caminho. Agradeço à existência dela, por ser minha luz, minha inspiração e a pessoa que sempre de meu deu forças e motivos para continuar. Aproveito também para pedir desculpas pela vida atarefada que as vezes me levava a não poder ser uma mãe mais presente.

Agradeço ao meu companheiro, meu amor, meu gato, meu melhor amigo, que está sempre ao meu lado, que é meu porto seguro, minha paz. Agradeço por toda ajuda acadêmica e pessoal, por aguentar minhas exigências imensas, por compartilhar comigo todo o peso da vida e sempre me mover para frente. Nada disso seria possível sem você, gato. Obrigada por confiar em mim, por me incentivar, me apoiar, por ser meu suporte e minha terapia. Minha maior gratidão na vida é poder passar meus dias ao seu lado. Você é meu melhor amigo há anos e eu não poderia pedir nada mais que isso. Te amo Sr Salamandra.

Agradeço à minha segunda família que Jaboticabal me deu o imenso prazer de encontrar. Cada minuto longe é uma dorzinha latente, sinto tanta falta de compartilhar minha semana inteirinha com vocês, mas saber que eu tenho vocês, aquece o meu coração, me traz paz e conforto e é o meu lar para sempre.

Agradeço à minha orientadora Professora Fabiana, por me transmitir uma resiliência incrível, por compartilhar conhecimentos, por toda dedicação, todos ensinamentos e aprendizagem, ajuda, empenho para o meu crescimento acadêmico, por ser uma professora incrível. Admiro muito sua coragem e força para continuar pesquisando em um cenário que te faz nadar completamente contra a maré, que traz desafios diários. Parabéns por sua coragem Professora, levarei comigo todos ensinamentos e bons exemplos.

Agradeço aos meus professores e mestres, Professor Rodrigo, Professora Ana Carolina, Professor Leonardo e à Dra. Maria. Obrigada pelo aprendizado, pela paciência, pelos puxões de orelha. Agradeço imensamente ao Professor Luan por toda a imensa ajuda, toda a incrível paciência e sabedoria que foi passada ao longo desse período.

Agradeço aos meus colegas de mestrado, absolutamente todos, cada um com sua contribuição e parceria. Agradeço em especial as meninas da avicultura, Bruna, Vivi e Kelly, Brendinha, Rita, Rafa, Douglas. Desejo sucesso imensurável a todos vocês, que conquistem tudo que desejarem.

Agradeço ao pessoal do grupo de suínos. Larissa, muito obrigada por tudo, toda ajuda, toda parceria, todos perrengues, viagens com canos, eppendorfs pros porcos que quase fez pessoas inocentes serem presas. Vou levar para sempre esses momentos comigo e te desejo tudo de melhor que essa vida pode te dar. Menina Agnês, aaaa menina Agnês! Te desejo o mundo, que você aprenda muito nessa vida, que seu crescimento seja imenso, você vai muito longe com toda essa sua vontade e garra! Não tenho como agradecer por tudo que você fez por mim, por toda correria, parceria, conversas ácidas, muitas fofocas, muitas risadas. Você fez esses meus dois anos serem mais engraçados e me ajudou a passar por esse período e os momentos difíceis que eu tive. Milhares de muito obrigada! Às minhas antecessoras, Geysane, Renata e Carla, muito obrigada também por toda ajuda, todos conselhos, dicas, conversas, acolhimento, vocês são demais e agora Geysane e Renata nos vemos em Botucatu, vamos marcar o churrasco! Aos alunos de graduação e participante do grupo, meus sinceros agradecimentos por tudo.

“The earth has music for those who listen.”

William Shakespeare

“What seems to us as bitter trials are often blessings in disguise.”

Oscar Wilde

“Somewhere, something incredible is waiting to be known.”

Carl Sagan

SUMÁRIO

RESUMO.....	1
ABSTRACT	3
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	5
CAPÍTULO 1	9
REVISÃO DE LITERATURA	8
Enriquecimento ambiental para suínos	9
Enriquecimento ambiental utilizando objetos	10
Custos do investimento em enriquecimento ambiental	12
Enriquecimento ambiental auditivo (Musicoterapia).....	14
Musicoterapia e neuroplasticidade.....	15
BDNF (Fator Neurotrófico Derivado do Cérebro).....	18
Termografia Infravermelha para avaliação do Bem-Estar.....	20
Referências bibliográficas	22
CAPÍTULO 2	33
Neuroplasticidade, bem-estar e desempenho de suínos expostos a musicoterapia durante a fase de gestação e maternidade.....	33
Resumo.....	34
Abstract.....	35
1. Introdução	36
2. Materiais e métodos.....	37
2.1. Local	38
2.2. Os animais e instalações	38
2.3. Tratamentos e Delineamento experimental	40
2.4. Estímulos Sonoros.....	40
2.5. Avaliações Comportamentais	41
2.6. Temperatura ocular das porcas	46
2.7. Índices Zootécnicos	46
2.8. Fator Neurotrófico Derivado do cérebro (BDNF)	46
2.9. Nível de Lactato sanguíneo dos leitões	48
2.10. Análises estatísticas	49

3. Resultados	50
3.1 Avaliações comportamentais	50
3.2 Temperatura ocular das porcas	55
3.3 Índices Zootécnicos	58
3.4 Fator Neurotrófico Derivado do cérebro (BDNF)	59
3.5 Nível de lactato sanguíneo dos leitões	60
4. Discussão	61
4.1 Avaliações comportamentais	61
4.2 Temperatura ocular das porcas	67
4.3 Índices Zootécnicos	70
4.4 Fator Neurotrófico Derivado do cérebro (BDNF)	74
4.5 Nível de lactato sanguíneo dos leitões	77
5. Conclusão	78
6. Referências bibliográficas	78
CONSIDERAÇÕES FINAIS	90

ÍNDICE DE TABELAS E QUADROS

CAPÍTULO 2

Quadro 1. Etograma utilizado para avaliação comportamental das matrizes no terço final da gestação	41
Quadro 2. Etograma utilizado para avaliação comportamental das porcas na fase de maternidade.....	42
Tabela 1. Efeito do enriquecimento ambiental auditivo na frequência comportamental (% do tempo compilado) das fêmeas durante a gestação distribuídas nos tratamentos Controle e Música.....	51
Tabela 2. Efeito do enriquecimento ambiental auditivo na frequência comportamental (% do tempo compilado) das fêmeas durante a maternidade distribuídas nos tratamentos CC: Controle-Controle; CM: Controle Música; MC: Música-Controle; MM: Música-Música..	52
Tabela 3. Efeito do enriquecimento ambiental auditivo no comportamento dos leitões distribuídos nos tratamentos CC: Controle-Controle; CM: Controle Música; MC: Música-Controle; MM: Música-Música, durante o teste de área desconhecida.....	53
Tabela 4. Efeito do enriquecimento ambiental auditivo no comportamento dos leitões distribuídos nos tratamentos CC: Controle-Controle; CM: Controle Música; MC: Música-Controle; MM: Música-Música, durante o teste de objeto novo.	54
Tabela 5. Latência para aproximação voluntária ao ser humano (segundos) e número médio de vocalizações dos leitões distribuídos nos tratamentos CC: Controle-Controle; CM: Controle Música; MC: Música-Controle; MM: Música-Música.....	55
Tabela 6. Valores de temperatura ocular em graus Celsius de porcas em fase de gestação dos tratamentos controle e música nos períodos antes (AM) e durante (DM) a exposição ao estímulo musical do grupo música..	56
Tabela 7. Valores de temperatura ocular em graus Celsius de porcas em fase de lactação dos tratamentos CC: Controle-Controle; CM: Controle-Música; MC:	

Música-Controle; MM: Música-Música, nos períodos antes (AM) e durante (DM) a exposição ao estímulo musical dos grupos MM e CM.	57
Tabela 8. Índices zootécnicos avaliados nos leitões descendentes de porcas distribuídas nos tratamentos CC: Controle-Controle; CM: Controle Música; MC: Música-Controle; MM: Música-Música... ..	59
Tabela 9. Concentração de BDNF sérico (pg/ml) dos leitões no momento do nascimento e ao desmame, provenientes de porcas submetidas aos tratamentos CC: Controle-Controle; CM: Controle Música; MC: Música-Controle; MM: Música-Música.....	60
Tabela 10. Valores de lactato de acordo com os tratamentos aplicados nos galpões de maternidade. CC: Controle-Controle; CM: Controle-Música; MC: Música-Controle; MM: Música-Música; e ordem de nascimento dos leitões....	61

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1. (a) Galpão de gestação com porcas alojadas em baias no terço final da gestação; (b) Monitor com as imagens apresentadas pelas câmeras de filmagem.....	39
Figura 2. Cella individual de maternidade com comedouro das fêmeas e escamoteador para os leitões	39
Figura 3. Marcação das porcas com bastões para posterior identificação nas filmagens.....	44
Figura 4a. Coleta de sangue do cordão umbilical; b. Coleta de sangue da veia cava anterior.....	48
Figura 5. Comparação entre médias das temperaturas oculares dos tratamentos Controle e Música e as médias de temperatura ambiente nos períodos antes (AM) e durante (DM) a exposição ao estímulo musical do grupo música.....	56
Figura 6. Comparação entre médias das temperaturas oculares dos tratamentos CC: Controle-Controle; CM: Controle-Música; MC: Música-Controle; MM: Música-Música nos períodos antes (AM) e durante (DM) a exposição ao estímulo musical do grupo música.	58

LIPPI, I.C.C. **Neuroplasticidade, bem-estar e desempenho de suínos expostos a musicoterapia durante a fase de gestação e maternidade.** 2020. 104p. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados.

RESUMO O objetivo da pesquisa foi avaliar os efeitos da exposição de porcas a enriquecimento ambiental auditivo no pré e pós-parto sobre o seu comportamento, temperatura ocular e desempenho reprodutivo, bem como avaliar o desempenho e neuroplasticidade dos descendentes destas fêmeas. Foram utilizadas 48 porcas com condições de escore corporal semelhante, aos 90 dias de gestação, que foram distribuídas uniformemente de acordo com a ordem de parto em dois tratamentos (Controle e Exposição à 6 horas diárias de música clássica). Aos 110 dias de gestação, as fêmeas foram alojadas em salas de maternidade e distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em 4 tratamentos: Controle – Controle (CC): não ouviram música durante a gestação e maternidade; Controle – Música (CM): não ouviram música durante a gestação, mas ouviram durante a maternidade; Música – Controle (MC): ouviram música durante a gestação e não ouviram durante a maternidade; Música – Música (MM): ouviram música durante a gestação e maternidade. Na gestação, os comportamentos de 12 porcas por tratamento foram registrados. Já no período de lactação, as mesmas fêmeas foram divididas em 4 tratamentos, totalizando 6 porcas/tratamento para avaliação comportamental. Foram coletados dados referentes aos índices zootécnicos (número de nascidos vivos e desmamados, peso ao nascer e desmame). Foi realizada mensuração no soro sanguíneo do fator neurotrófico derivado do cérebro dos leitões (BDNF), assim como do lactato sérico ao nascer e a temperatura ocular das porcas foi registrada ao longo do experimento. Fêmeas que foram expostas à musicoterapia durante a gestação apresentaram melhores resultados comportamentais durante a gestação e lactação. O enriquecimento musical foi positivo para matrizes expostas apenas durante a lactação, reduzindo comportamentos estereotipados como a falsa mastigação. Porcas que não ouviram música em nenhuma das fases experimentais apresentaram maiores problemas comportamentais, possivelmente relacionados à maiores níveis de estresse e ansiedade. A redução na temperatura ocular em dados momentos na fase de gestação, indica que a música provocou uma redução do estresse crônico das fêmeas gestantes. Foram apresentados efeitos positivos da musicoterapia sobre os índices zootécnicos dos leitões, principalmente quando foi realizado o manejo com música na fase pré e pós-natal. Apesar de não haver diferenças na concentração de BDNF ao nascer, a manutenção do fator neurotrófico no grupo MM, pode indicar que a música atua como um inibidor da redução natural que ocorre na concentração do BDNF com o envelhecimento. A exposição à musicoterapia no pré e pós-parto pode melhorar o bem-estar dos suínos, os índices zootécnicos da prole, assim como

a neuroplasticidade dos leitões. A música é uma forma simples e viável para melhorar o bem-estar e índices zootécnicos dos suínos.

Palavras-chave: BDNF, comportamento, desenvolvimento neurobiológico, termografia

Neuroplasticity, well-being and performance of pigs exposed to music therapy during pregnancy and farrowing

ABSTRACT The aim of this study was to evaluate the effects of sow exposure, before and after birth, to auditory environmental enrichment on behavior, eye temperature and reproductive performance, as well as to evaluate the performance and neuroplasticity of the offspring of these females. Forty-eight with similar body conditions scores, sows at 90 days of gestation were used and distributed evenly according to birth order in two treatments (Control and Daily Exposure to 6 hours of classical music). At 110 days of gestation, the females were housed in farrowing rooms and separated into 4 treatments: Control - Control (CC): did not hear music during pregnancy and lactation; Control - Music (CM): did not listen to music during pregnancy, but listened during lactation; Control Music (MC): listened to music during pregnancy and did not listen during lactation; Music - Music (MM): listened to music during pregnancy and lactation. For the study we used a completely randomized design. The behaviors of 12 sows per treatment during pregnancy were recorded, counting 24 females; At lactation, they were divided into 4 treatments, summing 6 sows / treatment for behavioral evaluation. Data were collected considering productive performance (number of born alive and weaned, birth and weaning weight). Blood serum was measured for neurotrophic factor derived from piglet brain, as well as serum lactate at birth and sow eye temperature was measured throughout the experiment. Females who were exposed to music therapy during pregnancy showed better behavioral results during gestation and lactation. Musical enrichment was positive for sows exposed only during lactation, reducing stereotyped behaviors such as vacuum chewing. Sows that did not hear music in any of the experimental phases showed greater behavioral problems, possibly related to higher levels of stress and anxiety. The reduction in eye temperature at certain moments in the gestation phase, indicates that the music caused a reduction in the chronic stress of pregnant females. Positive effects of music therapy on the zootechnical indexes of piglets were presented, especially when music was used in the pre- and postpartum phase. Although there are no differences in the concentration of BDNF at birth, the maintenance of the neurotrophic factor in the MM group, may indicate that music acts as an inhibitor of the natural reduction that occurs in the concentration of BDNF with aging. Exposure to music therapy in the pre- and postpartum period can improve the well-being of pigs, the zootechnical indexes of the offspring, as well as the neuroplasticity of piglets. Music is a simple and viable way to improve the welfare and zootechnical performance of pigs.

Keyword: BDNF, behavior, neurobiological development, thermography

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Inúmeros são os fatores estressantes aos quais os suínos são submetidos ao longo de sua vida nos atuais modelos produtivos. A separação precoce da mãe ao desmame, reagrupamento de animais não familiares entre si, alta densidade de alojamento, alteração do tipo de dieta, fases de hiporexia ou anorexia, baixa qualidade do ar nas instalações e a falta de estímulos ambientais, dentre outros problemas, podem ocasionar drásticas alterações nos comportamentos inerentes à espécie.

O estresse é frequentemente definido como uma ameaça à homeostase do organismo que ativa uma ampla e complexa gama de alterações fisiológicas, comportamentais e neurológicas (Chrousos, 2009), com consequências negativas ao bem-estar dos animais. A compreensão dos níveis de estresse vivenciados por animais em sistemas de criação intensiva incitou a preocupação com o bem-estar animal, que ganhou destaque no cenário mundial nos últimos anos.

Bem-estar positivo pode ser obtido por meio da disposição dos animais em um ambiente adequado para sua criação, permitindo a expressão de comportamentos naturais. Nesse sentido, destacam-se dois tipos de providências que podem ser adotadas para favorecer as condições de bem-estar no sistema de produção suinícola: eliminação de fatores que interferem claramente no bem-estar (como exemplo os procedimentos cruéis para castração) e adoção de fatores que auxiliam na amenização do estresse. Esse último fator pode ser atendido disponibilizando maior espaço para o animal, a

exemplo da adoção de sistemas de gestação coletiva no lugar de celas individuais, e implementação do enriquecimento ambiental (Sutherland, 2015).

O enriquecimento ambiental pode ser categorizado em social, ocupacional, nutricional, físico e sensorial (Ito, 2018). A investigação científica sobre enriquecimento ambiental originou-se na década de 1960 (van de Weerd & Day, 2009). Ocorreu então, de forma sucessiva, uma transferência de foco, passando de animais em laboratório, para zoológicos, para a fazenda e até animais de companhia. Alguns dos benefícios advindos do enriquecimento ambiental são: redução de fatores estressantes e distúrbios comportamentais, diminuição de intervenções clínicas, queda da mortalidade e o aumento de taxas reprodutivas (Carlstead & Shepherdson, 2000).

Um dos maiores entraves para aceitação do enriquecimento ambiental por parte da indústria está ligado aos custos de implantação (van de Weerd & Ison, 2019). Apesar de discutido há algumas décadas, é possível notar que o conhecimento sobre os benefícios efetivos do enriquecimento ambiental para suínos não está necessariamente atingindo os sistemas de produção. Nos EUA, o enriquecimento ainda não é evidenciado nas granjas, exceto quando requeridos por sistemas agrícolas mais exigentes. Um exemplo disso é a China, que praticamente não apresenta legislação sobre bem-estar animal e nível reduzido de preocupação com a segurança alimentar, restringindo a adoção de enriquecimento ambiental pelos produtores. A mesma falta de legislação e resistência à sua implantação em função das características construtivas nas granjas, é observada no Brasil. Por outro lado, o fornecimento de enriquecimento para suínos é exigido por lei nos Estados-Membros da União Europeia (van de Weerd & Ison, 2019).

Existem formas de enriquecimento ambiental que são menos utilizadas e pouco estudadas, mas que podem apresentar resultados promissores em relação ao bem-estar dos animais. Dentre as formas menos utilizadas, podemos destacar a iluminação com lâmpada de diferentes cores, musicoterapia, aromaterapia e ionizadores em baias (De Assis Maia et al., 2013). O enriquecimento ambiental utilizando musicoterapia pode ser usado para melhorar o bem-estar dos animais e possui efeitos comportamentais positivos, promovendo alívio do estresse e redução de comportamentos agonísticos e estereotipados (Alworth & Buerkle, 2013).

Diversos estudos em bem-estar animal avaliam os mecanismos associados às alterações no comportamento, quantificando o tempo que o animal passa interagindo com o objeto enriquecedor ou exercendo comportamentos agonísticos, por exemplo. No entanto, poucos estudos têm focado nos benefícios funcionais do enriquecimento através de variáveis como resiliência ao estresse, melhora nas funções biológicas ou status mental. O efeito do enriquecimento ambiental no desenvolvimento neurobiológico e processos neurais é particularmente pouco elucidado nos animais domésticos (van de Weerd & Day, 2009).

Sheikhi & Saboory (2015) mostraram que a exposição de ratas prenhes a música clássica durante toda a gestação resultou em uma prole com células cerebrais morfologicamente mais complexas. Em estudo com mulheres que ouviram música durante a gestação, foi possível concluir que os sintomas de ansiedade e depressão diminuíram significativamente (Nwebube et al., 2017). Portanto, a musicoterapia pode ser uma alternativa, fácil e viável de enriquecer os sistemas de produção de suínos, proporcionando melhor qualidade de vida

dos animais, diminuição de estereotípias e comportamentos agressivos e melhores índices zootécnicos aliados à melhor qualidade da carne (Silva et al. 2017)

Diante desse desafio, a presente dissertação foi dividida em dois capítulos, sendo o capítulo 1, uma revisão de literatura abordando os temas: Enriquecimento ambiental para suínos, musicoterapia, neuroplasticidade e os impactos no bem-estar. O capítulo 2, intitulado “Neuroplasticidade, bem-estar e desempenho de suínos expostos a musicoterapia durante a fase de gestação e maternidade”, foi conduzido com o objeto de avaliar os efeitos da exposição de porcas ao enriquecimento ambiental auditivo no pré e pós-parto sobre o comportamento, temperatura ocular e desempenho reprodutivo, bem como avaliar o desempenho e neuroplasticidade dos descendentes destas fêmeas.

CAPÍTULO 1
REVISÃO DE LITERATURA

Enriquecimento ambiental para suínos

O enriquecimento ambiental pode ser definido como “uma ferramenta para melhorar o funcionamento biológico de animais em cativeiro” (Newberry, 1995). Entretanto, para que seja uma ferramenta eficaz, é importante o conhecimento detalhado das particularidades da espécie em questão. Nesse sentido, com os avanços dos conhecimentos será possível elaborar e aplicar estratégias de enriquecimento mais adequadas (Young, 2013).

O enriquecimento ambiental para suínos é aplicado com o objetivo de melhorar as condições de vida restritivas, associadas aos sistemas intensivos de produção. Além disso, pode fornecer aos animais a oportunidade para realizar comportamentos típicos da espécie, aumentando assim seu bem-estar. Trata-se também de uma importante ferramenta para gerenciar comportamentos indesejáveis e prejudiciais, como tail biting, falsa mastigação, belly nosing etc (van de Weerd & Ison, 2019). Diante disso, ambos os objetivos estão diretamente ligados, uma vez que ao possuir material disponível para expressar comportamentos espécie-específicos, os animais passarão menos tempo realizando comportamentos agonísticos ou estereotipados.

Em suas pesquisas, Beattie et al. (2000) concluíram que animais em ambientes enriquecidos utilizaram um quarto de seu tempo em comportamento direcionado para o substrato no piso. Esse fator é relevante para os sistemas de produção, uma vez que o mesmo autor relata que os suínos inseridos em ambientes não enriquecidos usaram mais tempo explorando os objetos fixos da baia, como comedouros e bebedouros, e desenvolveram mais comportamentos agressivos.

O foco de muitas pesquisas sobre o uso de enriquecimento ambiental para suínos está na prevenção da *tail biting* em suínos em crescimento. Essa fase de criação é importante pois apresenta animais com maior propensão para realizar esse tipo de comportamento indesejado. É possível então encontrar lacunas de conhecimento com relação ao enriquecimento efetivo para outras categorias de suínos. Apesar de haver considerável quantidade de pesquisas sobre o uso de materiais de nidificação para porcas no pré-parto (Jensen, 1993; Wischner et al., 2009; Yun et al. 2014; Rosvold et al., 2019) a literatura se torna escassa ao se tratar de enriquecimento para porcas e leitões ao longo da fase de lactação.

A importância dos estudos separados de animais jovens e adultos ocorre devido às divergências em suas relações de dominância social, levando assim às diferenças na motivação para interagir com o enriquecimento (Verdon et al., 2015). Pesquisas sobre o enriquecimento ambiental para porcas gestantes e especialmente em sistemas de gestação coletiva são ainda mais escassas. Esta fase é particularmente estressante para as fêmeas, pois além da restrição de espaço quando adotados sistemas de cela individual ou disputas por hierarquia em gestação coletiva, há também a influência de um ambiente estéril e sem estímulos somados à restrição alimentar que é adotada no manejo alimentar durante essa fase.

Enriquecimento ambiental utilizando objetos

Uma das formas mais comuns de se promover o enriquecimento ambiental para suínos é por meio da utilização de objetos/brinquedos nos ambientes de criação. Um dos principais entraves ao se planejar e fornecer este tipo de

enriquecimento para suínos é a manutenção do interesse dos animais pelos objetos enriquecedores. Na ausência de uma relação entre o comportamento e uma recompensa externa, como a alimentação, a interação com o enriquecimento será motivada por algum instinto inerente da espécie, como fuçar (Zonderland et al., 2009). Portanto, o suíno perderá o interesse no objeto após explorá-lo e ocorrer a habituação, não mantendo a característica de novidade (Trickett et al., 2009).

Ao se tratar de enriquecimento efetivo, é possível notar efeitos duradouros, quando ocorre um reforço extrínseco. Por exemplo, a realização do comportamento exploratório (intrinsecamente motivado) direcionado a um objeto de enriquecimento seria reforçado extrinsecamente se o comportamento resultasse em encontrar alimentos ou substratos que pudessem ser ingeridos. Enquanto o enriquecimento continuar a fornecer um reforço significativo (extrínseco), o valor do enriquecimento em exposições subsequentes persistirá (Tarou & Bashaw, 2007).

É comum que haja oferta de objetos não efetivos para suínos, com intenções genuínas, porém efetividade reduzida ou nula. Estes objetos não satisfazem as necessidades dos animais e podem representar um risco aos mesmos, uma vez que não são seguros, como por exemplo, peças de metal ingeríveis em pneus de automóvel (EFSA, 2014). Diversos estudos confirmaram que objetos como correntes, bolas de plástico ou pneus de carro não devem ser recomendados para uso a longo prazo, já que não são tipos de enriquecimentos efetivos (Giulioti et al., 2019), além de rapidamente perder seu fator de novidade.

Para garantir efetividade do objeto enriquecedor é preciso também considerar a quantidade que será disponibilizada e forma de apresentação. Se o objeto enriquecedor é muito pequeno ou apresenta quantidade limitada, haverá restrição em sua disponibilidade. O limitado acesso a materiais ou objetos de enriquecimento pode levar à competição social, agressão ou inquietação e ao redirecionamento do comportamento de exploração para estruturas da baia (Zwicker et al., 2015). Além disso, a apresentação errada, como soltos no chão, podendo alcançar a área suja da baia ou pendurados em altura muito elevada, pode dificultar o acesso dos suínos, que não são capazes de posicionar a cabeça alta devido à anatomia do pescoço. Embora a exploração de suínos típica seja direcionada principalmente ao chão, suspender e fixar objetos no nível do olho ou do chão são estratégias de enriquecimento favorecidas. Essas estratégias também evitam que os objetos sejam deslocados até áreas sujas, ou que fiquem presos em cantos ou frestas de comedouros e/ou bebedouros (Averós et al., 2010).

Custos do investimento em enriquecimento ambiental

A ciência do bem-estar animal aplicado não tem um grande histórico de vincular os resultados aos benefícios econômicos, e o foco dos programas de enriquecimento têm sido muitas vezes sobre seus custos. No entanto, deve haver um retorno óbvio do investimento para que os produtores adotem estratégias de enriquecimento efetivas, caso contrário, serão impostas sérias barreiras à sua implementação. Quando as granjas implementam o enriquecimento, seu maior investimento muitas vezes não é referente ao custo dos materiais, mas o investimento no tempo necessário para gerenciar o trabalho extra. Nesse sentido, se contabilizaria instalação e manutenção de

enriquecimento, monitoramento de animais e investimento no conhecimento do bem-estar animal, além de competências técnicas.

Os custos com *tail biting* foram avaliados por D'Eath et al. (2016), que constataram custo líquido extra de €18,96 para o animal que sofreu a mordida de cauda. Estes custos são referentes aos medicamentos veterinários, mão de obra e materiais, aumento da mortalidade e ganho de peso diário reduzido, e têm impacto na margem líquida de produção. A condenação de carcaça pode reduzir em até 43% o lucro por animal (Harley et al., 2014). Além disso, o ganho de peso diário em suínos em crescimento pode ser reduzido em 1 a 3%, afetando não apenas os animais que sofrem a agressão, como também os que são agressores (Sinisalo et al., 2012).

Doenças são ameaças diretamente ligadas ao bem-estar e à sustentabilidade da atividade. Estudos mostram a relação entre o uso de enriquecimento ambiental e a redução de gastos com a saúde dos animais. Ao utilizarem cama de palha Bolhuis et al. (2017) notaram a redução da incidência de lesões gástricas em suínos em crescimento. Porcos alojados em ambientes enriquecidos apresentaram menos comportamentos relacionados ao estresse e redução na suscetibilidade à coinfeção de PRRSV (vírus da síndrome reprodutiva e respiratória dos suínos) e *Actinobacillus pleuropneumoniae*. Isto ocorre pois os menores níveis de estresse colaboram para uma manutenção satisfatória do sistema imune (Van Dixhoorn et al., 2016).

Há também possíveis ganhos em termos de desempenho que precisam ser quantificados. Por exemplo, leitões criados em baias com enriquecimento desde o nascimento podem apresentar melhor crescimento e resposta imune

em comparação com leitões de baias estéreis (Backus & McGlone et al., 2018). Matrizes criadas em instalações enriquecidas podem apresentar melhor desempenho, níveis mais baixos de claudicação, estresse e estereotípias, gestação melhorada, facilidade de partos e aumento do cuidado materno (van Nieuwamerongen et al., 2015).

Enriquecimento ambiental auditivo (Musicoterapia)

O enriquecimento ambiental utilizando musicoterapia pode ser usado para melhorar o bem-estar dos animais e possui efeitos comportamentais positivos e alívio do estresse relatados em várias espécies, incluindo cães (Wells et al., 2002), primatas (Howell et al., 2003), suínos (de Jonge et al., 2008), cavalos (Wiśniewska et al., 2019) e roedores (Alworth & Buerkle, 2013). Além de seus efeitos benéficos, a utilização de enriquecimento ambiental auditivo traz algumas soluções para empasses encontrados no enriquecimento ambiental clássico com utilização de objetos, tais como: quantidade de material enriquecedor, disputa por acesso, elevados gastos com aquisição de exemplares, manutenção e mão de obra. A música como enriquecimento do ambiente se apresenta como uma forma fácil e viável para retirar o ambiente de criação da esterilidade e torná-lo mais interessante e atrativo.

A música tem sido usada para fins produtivos, visando melhorar a produção em gado leiteiro e o crescimento de aves (Gvaryahu et al., 1989; Moregaonkar et al., 2006). Resultados de Jonge et al. (2008) mostram que leitões expostos à música antes do desmame aumentaram os comportamentos lúdicos na fase de creche e reduziram comportamentos agressivos. Utilizando estímulo auditivo, da Cruz et al. (2015) concluíram que os animais se

mantiveram mais calmos e leitões expostos a música clássica apresentaram menor frequência de brigas (3% do tempo total avaliado) em detrimento dos animais do grupo controle (10% do tempo total avaliado). Em pesquisa realizada para analisar o efeito do enriquecimento sensorial auditivo no bem-estar de matrizes suínas gestantes alojadas em gaiolas individuais e posteriormente em gaiolas coletivas, Silva et al. (2017), concluíram que a música clássica promoveu maior relaxamento, redução de estereotípias e menor frequência respiratória quando comparado com o grupo de porcas sem enriquecimento ambiental auditivo.

Em roedores, diversos estudos demonstraram que a música causou efeito positivo relacionado ao comportamento, reduzindo a ansiedade dos animais (de Camargo et al., 2013; Escribano et al., 2014; Cruz et al., 2015)

Musicoterapia e neuroplasticidade

Apesar do crescente interesse em implementar programas de enriquecimento ambiental, há poucas medidas científicas válidas para avaliar a intervenção do enriquecimento e analisar seus efeitos (Rault et al., 2018). Diversos estudos em bem-estar animal focam nos mecanismos associados às alterações no comportamento, quantificando o tempo que o animal passa interagindo com o objeto enriquecedor, por exemplo. No entanto, poucos estudos focam nos benefícios funcionais do enriquecimento por meio de variáveis como resiliência ao estresse, melhora nas funções biológicas ou *status* mental. O efeito do enriquecimento ambiental no desenvolvimento neurobiológico e processos neurais é particularmente pouco elucidado nos animais domésticos (van de Weerd & Day, 2009).

Durante o período pré-natal, o desenvolvimento fetal é influenciado por fatores ambientais. Fontes de estresses físicos e psicológicos em gestantes podem levar ao baixo peso ao nascer dos descendentes, aumento de risco de complicações no parto e maior incidência de anormalidades neonatais (Kim et al., 2013). Diversos fatores devem ser considerados ao se tratar do estresse durante a gestação, como o momento no qual os eventos estressantes são vivenciados e a intensidade de estresse (Joëls et al., 2009)

Pesquisas indicaram que o cérebro em desenvolvimento é suscetível a mudanças em resposta a estímulos ambientais. Estudos neuropsicológicos demonstraram que todos os estímulos sensoriais e motores que entram no sistema nervoso central podem causar alterações da neuroplasticidade nos neurônios do cérebro (Matthies et al., 2013). Ademais, tais estímulos demonstraram ser capazes de levar ao aumento na densidade de espinhas dendríticas e nas sinapses cerebrais (Pirulli et al., 2013). O estímulo sensorial musical pode levar a alterações físicas, mentais e sociais nos indivíduos, por meio da ativação de regiões cerebrais responsáveis por mudanças cognitivas e motoras (Ito, 2018), mais especificamente nas áreas de associação auditiva.

Estudos feitos em animais mostraram que a exposição à música durante a gestação pode beneficiar o desenvolvimento do cérebro na prole. A submissão de roedores gestantes à ruídos influenciou negativamente o desenvolvimento do feto, levou ao aumento de morte fetal no pré-parto, da anomalia congênita na região nervosa central e alterou a função imunológica a longo prazo (Kay et al., 1998). Em contraste, a submissão pré-natal à música tem sido apontada como benéfica para o desenvolvimento fetal. A estimulação musical levou ao aumento do desenvolvimento cerebral do feto e do

desenvolvimento no sistema auditivo, melhorou a aprendizagem espaço-temporal em ratos neonatos e induziu o rápido avanço na habilidade motora, como se sentar e andar, em bebês humanos (Rauscher et al., 1998; Alladi et al., 2002).

Exposição à música durante o período pré-natal levou ao aumento de células no córtex motor e no córtex somatossensorial em camundongos (Kim et al., 2013). Sheikhi & Saboory (2015) mostraram que a exposição de ratas prenhes à música clássica durante toda a gestação resultou em uma prole com células cerebrais morfológicamente mais complexas. Ao expor mulheres gestantes à musicoterapia, foi possível concluir que os sintomas de ansiedade e depressão associados às alterações cerebrais diminuíram significativamente no grupo com música (Nwebube et al., 2017).

Roedores que ouviram Mozart como enriquecimento ambiental auditivo no período perinatal melhoraram o desempenho no aprendizado e seus descendentes obtiveram maior sinalização cerebral do fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF) quando adultos (Chikahisa et al., 2006). Por meio de uma revisão sistemática, Kühlmann et al. (2018) concluíram que a intervenção musical apresentou resultados positivos relacionados à neuroplasticidade, estrutura e neuroquímica cerebral, comportamento, imunologia e fisiologia em roedores.

A neuroplasticidade abrange diversos processos como: formação de dendritos, remodelação sináptica, potenciação de longa duração (LTP), desenvolvimento de axônios, e neurogênese, tornando possível a adaptação do cérebro e capacidade de resposta perante diversos estímulos, ou seja, é

uma capacidade do SNC em desenvolver alterações nas funções sinápticas, objetivando prolongar ou facilitar a transmissão de um estímulo por meio da geração de traços de memória (Silvério & Rosat, 2006).

BDNF (Fator Neurotrófico Derivado do Cérebro)

O fator neurotrófico derivado do cérebro foi descoberto em 1982 por Barde et al. (1982), constituindo a segunda molécula da família de elementos com atividade neurotrófica (neurotrofina). As neurotrofinas formam uma família de proteínas responsáveis por promover a diferenciação, manutenção e função de neurônios do sistema nervoso central (SNC) e do sistema nervoso periférico (SNP) e participam na modulação da transmissão e plasticidade de sinapses (Fortunato et al., 2009). Os fatores neurotróficos possuem capacidade de mediar funções celulares, promovendo a ativação de receptores e expressão de genes que estão ligados a regulação da neuroplasticidade e saúde celular (Schmidt et al., 2008).

O BDNF é uma proteína neurotrófica que representa a principal neurotrofina do cérebro e em humanos possui acentuada expressão no hipocampo, neocórtex, amígdala e cerebelo (Shimizu et al., 2003). É produzido por células gliais, endotélio vascular, macrófagos, linfócitos e núcleos neuronais e possui papel fundamental na regulação de diversas atividades sinápticas e plasticidade, possuindo capacidade de gerar mudanças funcionais e estruturais nos neurônios a fim de manter sua integridade (Lu et al., 2014). O BDNF é encontrado em baixos níveis no SNP e em maiores níveis no SNC e, sua expressão é maior nos cérebros em desenvolvimento, porém, mesmo no cérebro de adultos ainda há expressão (McAllister, 2002).

A família das neurotrofinas, com destaque ao BDNF, está envolvida na fisiopatologia de doenças psiquiátricas e neurodegenerativas em humanos. Ao que parece o fator neurotrófico derivado do cérebro é capaz de mediar os principais processos que dependem de estímulos externos, a exemplo da aprendizagem e processos de memória, sendo assim, suas características tornam o BDNF um mediador neurobiológico em potencial dos efeitos das experiências vivenciadas (Fernandes, 2009).

O estresse crônico leva a redução dos níveis de BDNF (Phillips, 2017). Essa redução está associada à pacientes com depressão e está ligada com a gravidade da doença (Drzyzga et al., 2009). O decréscimo do BDNF no sangue também estaria associado à ocorrência da Doença de Parkinson (Tsukinoki et al., 2012), Alzheimer (Gunstad et al., 2008) e síndrome de Burnout (He et al., 2017).

Ao submeter camundongos ao estresse crônico, Marshall et al. (2018) causaram depressão nos animais, com redução dos níveis de BDNF. Estudos relataram que o estresse vivenciado no início da vida pode causar extensivos impactos ao tecido cerebral, o que indica volumes reduzidos de tecido e menor desenvolvimento de várias estruturas neurais (Teicher et al., 2006).

Maiores concentrações de BDNF no tecido cerebral têm sido associadas à melhora de funções cognitivas (Novkovic et al., 2015) e maior resiliência ao estresse (Mosaferi et al., 2015) em pesquisas que utilizaram o enriquecimento ambiental com sucesso. O enriquecimento ambiental por meio do exercício físico em humanos (Rasmussen et al., 2009), fornecimento de objetos simuladores de exercícios em camundongos (Zhu et al., 2006) e

enriquecimento social precoce em ratos (Branchi et al., 2006), levou ao aumento de BDNF no sangue e no tecido cerebral.

Suínos expostos a cinco sessões diárias de quinze minutos de acesso à uma baia enriquecida contendo palha e espaço adicional, apresentaram tendência a maior expressão do gene BDNF1 no córtex frontal (Brown et al., 2017). Leitões que receberam material para forrageamento apresentaram tendência a ter maiores concentrações de BDNF no soro sanguíneo quando comparados aos animais que não foram submetidos ao enriquecimento ambiental (Rault et al., 2018).

A mensuração do BDNF no sangue periférico pode ser realizada no soro e no plasma utilizando venopunção. O BDNF atravessa a barreira hematoencefálica e os seus níveis no soro e plasma têm alta correlação com o BDNF no líquido cefalorraquidiano em ratos e suínos (Klein et al., 2011), podendo fornecer informações importantes sobre alterações do BDNF no cérebro de forma menos invasiva (Pan et al., 1998).

Termografia Infravermelha para avaliação do Bem-Estar

A termografia infravermelha (TRI) é uma tecnologia não invasiva que pode ser usada para determinar a temperatura superficial. As câmeras térmicas coletam radiação infravermelha emitida pela superfície, convertem-na em sinais elétricos e criam uma imagem térmica mostrando a distribuição superficial da temperatura do corpo (Bergman et al., 2011). Em animais homeotérmicos, a termorregulação é uma característica fundamental na manutenção da homeostase (Nääs et al., 2014). A TRI permite a visualização da distribuição de temperatura superficial de um corpo e pode detectar alterações no fluxo sanguíneo periférico, portanto, têm sido uma ferramenta útil para avaliar a

presença de doença, edema e estresse em animais (Bouzida et al., 2009; Alsaood et al., 2014).

A temperatura central pode ser utilizada como indicador de bem-estar para o estresse crônico. A temperatura central por sua vez é correlacionada com a temperatura ocular. Há positiva correlação entre a temperatura dos olhos, medida com termografia infravermelha e o escore de personalidade responsiva ao estresse em gatos de abrigo (Foster & Ijichi, 2017). O aumento da temperatura da superfície ocular serve como indicador para o estresse crônico (Herborn et al., 2018).

A principal fonte de calor produzido pelo metabolismo no organismo vivo é o cérebro, onde está abrigado o sistema nervoso central que, por sua vez, é responsável por regular a temperatura corporal. A temperatura ocular, devido à sua proximidade com o cérebro, é considerada um bom indicador da temperatura do core (Johnson et al., 2011). Como o fluxo sanguíneo ocular está estreitamente relacionado à atividade simpática, mesmo respostas leves de estresse podem ser detectadas como alterações na temperatura ocular (Stewart et al., 2008). Diferentemente de outras técnicas de avaliação em tempo real, a avaliação por imagens de termografia representa um método livre de restrições e não-invasivo para a avaliação de variação da resposta fisiológica relacionada ao estresse de suínos (Weschenfelder et al., 2013).

Referências bibliográficas

Aage Arve, N. Heart Pig' Higher Animal Welfare Brand (Denmark). Available online: <https://www.eupig.eu/meat-quality/heart-pig> (acesso em 02 de setembro de 2019).

Alladi, P. A., Wadhwa, S., & Singh, N. (2002). Effect of prenatal auditory enrichment on developmental expression of synaptophysin and syntaxin 1 in chick brainstem auditory nuclei. *Neuroscience*, 114(3), 577-590.

Alworth, L. C., & Buerkle, S. C. (2013). The effects of music on animal physiology, behavior and welfare. *Lab animal*, 42(2), 54.

Averós, X., Brossard, L., Dourmad, J. Y., de Greef, K. H., Edge, H. L., Edwards, S. A., & Meunier-Salaün, M. C. (2010). A meta-analysis of the combined effect of housing and environmental enrichment characteristics on the behaviour and performance of pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 127(3-4), 73-85.

Backus, B. L., & McGlone, J. J. (2018). Evaluating environmental enrichment as a method to alleviate pain after castration and tail docking in pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 204, 37-42.

Barde, Y. A., Edgar, D., & Thoenen, H. (1982). Purification of a new neurotrophic factor from mammalian brain. *The EMBO journal*, 1(5), 549-553.

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(1-2), 71-79.

Bergman, T. L., Incropera, F. P., DeWitt, D. P., & Lavine, A. S. (2011). *Fundamentals of heat and mass transfer*. John Wiley & Sons.

Bolhuis, J. E., Van den Brand, H., Staals, S., & Gerrits, W. J. J. (2007). Effects of pregelatinized vs. native potato starch on intestinal weight and stomach lesions of pigs housed in barren pens or on straw bedding. *Livestock Science*, 109(1-3), 108-110.

Bouzida, N., Bendada, A., & Maldague, X. P. (2009). Visualization of body thermoregulation by infrared imaging. *Journal of Thermal Biology*, 34(3), 120-126.

Branchi, I., D'Andrea, I., Fiore, M., Di Fausto, V., Aloe, L., & Alleva, E. (2006). Early social enrichment shapes social behavior and nerve growth factor and brain-derived neurotrophic factor levels in the adult mouse brain. *Biological psychiatry*, 60(7), 690-696.

Brown, S. M., Peters, R., & Lawrence, A. B. (2017). Up-regulation of IGF-1 in the frontal cortex of piglets exposed to an environmentally enriched arena. *Physiology & behavior*, 173, 285-292.

Carlstead, K., & Shepherdson, D. (2000). Alleviating stress in zoo animals with environmental enrichment. *The biology of animal stress: Basic principles and implications for animal welfare*, 337-354.

Chikahisa, S., Sei, H., Morishima, M., Sano, A., Kitaoka, K., Nakaya, Y., & Morita, Y. (2006). Exposure to music in the perinatal period enhances learning performance and alters BDNF/TrkB signaling in mice as adults. *Behavioural brain research*, 169(2), 312-319.

Chrousos, G. P. (2009). Stress and disorders of the stress system. *Nature reviews endocrinology*, 5(7), 374.

Cruz, J. N., Lima, D. D., Dal Magro, D. D., & Cruz, J. G. P. (2015). Anxiolytic effect of mozart music over short and long photoperiods as part of environmental enrichment in captive *rattus norvegicus* (Rodentia: Muridae). *Scandinavian Journal of Laboratory Animal Science*, 41(7), 1-7.

da Cruz, P. F. F., Soares, J. S., Giacometti, M., Iannini-Custódio, A. E., de Mattos Nascimento, M. R. B., & Antunes, R. C. (2015). Enriquecimento ambiental para a promoção do bem-estar de leitões confinados. *Veterinária Notícias Veterinary News*, 20(2. SUP).

de Assis Maia, A. P., Sarubbi, J., Medeiros, B. B. L., & de Moura, D. J. (2013). Environmental enrichment as positive welfare of pigs: a review. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 14(14), 2862-2877.

D'eath, R. B., Niemi, J. K., Ahmadi, B. V., Rutherford, K. M. D., Ison, S. H., Turner, S. P., ... & Lawrence, A. B. (2016). Why are most EU pigs tail docked? Economic and ethical analysis of four pig housing and management scenarios in the light of EU legislation and animal welfare outcomes. *animal*, 10(4), 687-699.

de Camargo, A. M. D., Lima, D. D. D., Magro, D., Delwing, D., Seubert, J. K., Cruz, J. N. D., & Cruz, J. G. P. D. (2013). Adjuvant effects of classical music on simvastatin induced reduction of anxiety but not object recognition memory in rats. *Psychology & Neuroscience*, 6(3), 403-410.

de Jonge, F. H., Boleij, H., Baars, A. M., Dudink, S., & Spruijt, B. M. (2008). Music during play-time: Using context conditioning as a tool to improve welfare in piglets. *Applied animal behaviour science*, 115(3-4), 138-148.

Drzyzga, Ł. R., Marcinowska, A., & Obuchowicz, E. (2009). Antiapoptotic and neurotrophic effects of antidepressants: a review of clinical and experimental studies. *Brain Research Bulletin*, 79(5), 248-257.

EFSA Panel on Animal Health and Welfare (AHAW). (2014). Scientific Opinion concerning a Multifactorial approach on the use of animal and non-animal-based measures to assess the welfare of pigs. *EFSA Journal*, 12(5), 3702.

Escribano, B., Quero, I., Feijóo, M., Tasset, I., Montilla, P., & Túnez, I. (2014). Role of noise and music as anxiety modulators: Relationship with ovarian hormones in the rat. *Applied Animal Behaviour Science*, 152, 73-82.

Fernandes, B. S., Gama, C. S., Kauer-Sant'Anna, M., Lobato, M. I., Belmonte-de-Abreu, P., & Kapczinski, F. (2009). Serum brain-derived neurotrophic factor in bipolar and unipolar depression: a potential adjunctive tool for differential diagnosis. *Journal of psychiatric research*, 43(15), 1200-1204.

Fortunato, J. J., Réus, G. Z., Kirsch, T. R., Stringari, R. B., Stertz, L., Kapczinski, F., & Quevedo, J. (2009). Acute harmine administration induces antidepressive-like effects and increases BDNF levels in the rat hippocampus. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, 33(8), 1425-1430.

Giulioti, L., Benvenuti, M. N., Giannarelli, A., Mariti, C., & Gazzano, A. (2019). Effect of Different Environment Enrichments on Behaviour and Social Interactions in Growing Pigs. *Animals*, 9(3), 101.

Gunstad, J., Benitez, A., Smith, J., Glickman, E., Spitznagel, M. B., Alexander, T., & Murray, L. (2008). Serum brain-derived neurotrophic factor is associated with cognitive function in healthy older adults. *Journal of Geriatric Psychiatry and Neurology*, 21(3), 166-170.

Harley, S., Boyle, L. A., O'Connell, N. E., More, S. J., Teixeira, D. L., & Hanlon, A. (2014). Docking the value of pig meat? Prevalence and financial implications of welfare lesions in Irish slaughter pigs. *Animal Welfare*, 23(3), 275-285.

He, S. C., Zhang, Y. Y., Zhan, J. Y., Wang, C., Du, X. D., Yin, G. Z., & Zhang, X. Y. (2017). Burnout and cognitive impairment: associated with serum BDNF in a Chinese Han population. *Psychoneuroendocrinology*, 77, 236-243.

Howell, S., Schwandt, M., Fritz, J., Roeder, E., & Nelson, C. (2003). A stereo music system as environmental enrichment for captive chimpanzees. *Lab animal*, 32(10), 31-36.

Horback, K. M., Pierdon, M. K., & Parsons, T. D. (2016). Behavioral preference for different enrichment objects in a commercial sow herd. *Applied Animal Behaviour Science*, 184, 7-15.

Ito, É. H. (2018). Enriquecimento sensorial do ambiente buscando o bem-estar de suínos (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

Jensen, P. (1993). Nest building in domestic sows: the role of external stimuli. *Animal behaviour*, 45(2), 351-358.

Joëls, M., & Baram, T. Z. (2009). The neuro-symphony of stress. *Nature Reviews Neuroscience*, 10(6), 459.

Johnson, S. R., Rao, S., Hussey, S. B., Morley, P. S., & Traub-Dargatz, J. L. (2011). Thermographic eye temperature as an index to body temperature in ponies. *Journal of Equine Veterinary Science*, 31(2), 63-66.

Kay, G., Tarcic, N., Poltyrev, T., & Weinstock, M. (1998). Prenatal stress depresses immune function in rats. *Physiology & Behavior*, 63(3), 397-402.

Kim, C. H., Lee, S. C., Shin, J. W., Chung, K. J., Lee, S. H., Shin, M. S., Kim, K. H. (2013). Exposure to music and noise during pregnancy influences neurogenesis and thickness in motor and somatosensory cortex of rat pups. *International Neurology Journal*, 17(3), 107–113. doi:10.5213/inj.2013.17.3.107

Klein, A. B., Williamson, R., Santini, M. A., Clemmensen, C., Ettrup, A., Rios, M., & Aznar, S. (2011). Blood BDNF concentrations reflect brain-tissue BDNF levels across species. *International Journal of Neuropsychopharmacology*, 14(3), 347-353.

Kühlmann, A. Y., de Rooij, A., Hunink, M. G., De Zeeuw, C. I., & Jeekel, J. (2018). Music affects rodents: a systematic review of experimental research. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 12, 301.

Lu, B., Nagappan, G., & Lu, Y. (2014). BDNF and synaptic plasticity, cognitive function, and dysfunction. In *Neurotrophic factors*. Springer, Berlin, Heidelberg. (pp. 223-250).

Marshall, J., Zhou, X. Z., Chen, G., Yang, S. Q., Li, Y., Wang, Y., & Cao, C. (2018). Antidepressant action of BDNF requires and is mimicked by Gai1/3 expression in the hippocampus. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(15), E3549-E3558.

Matthies, U., Balog, J., & Lehmann, K. (2013). Temporally coherent visual stimuli boost ocular dominance plasticity. *Journal of Neuroscience*, 33(29), 11774-11778.

McAllister, A. K. (2002). Bdnf. *Current Biology*, 12(9), R310.

Moregaonkar, S. D., Bharkad, G. P., Patil, A. D., & Markandeya, N. M. (2006). Effect of Indian instrumental music on milk production related factors in Deoni cows. *Livestock International*, 10(12), 2-5.

Mosaferi, B., Babri, S., Mohaddes, G., Khamnei, S., & Mesgari, M. (2015). Post-weaning environmental enrichment improves BDNF response of adult male rats. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 46, 108-114.

Nääs, I. A., Garcia, R. G., & Caldara, F. R. (2014). Infrared thermal image for assessing animal health and welfare. *JABB-Online Submission System*, 2(3), 66-72.

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

Novkovic, T., Mittmann, T., & Manahan-Vaughan, D. (2015). BDNF contributes to the facilitation of hippocampal synaptic plasticity and learning enabled by environmental enrichment. *Hippocampus*, 25(1), 1-15.

Nwebube, C., Glover, V., & Stewart, L. (2017). Prenatal listening to songs composed for pregnancy and symptoms of anxiety and depression: a pilot study. *BMC complementary and alternative medicine*, 17(1), 256.

Pan, W., Banks, W. A., Fasold, M. B., Bluth, J., & Kastin, A. J. (1998). Transport of brain-derived neurotrophic factor across the blood–brain barrier. *Neuropharmacology*, 37(12), 1553-1561.

Phillips, C. (2017). Brain-derived neurotrophic factor, depression, and physical activity: making the neuroplastic connection. *Neural plasticity*, 2017.

Pirulli, C., Fertonani, A., & Miniussi, C. (2013). The role of timing in the induction of neuromodulation in perceptual learning by transcranial electric stimulation. *Brain Stimulation*, 6(4), 683-689.

Rasmussen, P., Brassard, P., Adser, H., Pedersen, M. V., Leick, L., Hart, E., & Pilegaard, H. (2009). Evidence for a release of brain-derived neurotrophic factor from the brain during exercise. *Experimental Physiology*, 94(10), 1062-1069.

Rault, J. L., Lawrence, A. J., & Ralph, C. R. (2018). Brain-derived neurotrophic factor in serum as an animal welfare indicator of environmental enrichment in pigs. *Domestic Animal Endocrinology*, 65, 67-70.

Rauscher, F., Robinson, D., & Jens, J. (1998). Improved maze learning through early music exposure in rats. *Neurological Research*, 20(5), 427-432.

Rosvold, E. M., Newberry, R. C., & Andersen, I. L. (2019). Early mother-young interactions in domestic sows—Nest-building material increases maternal investment. *Applied Animal Behaviour Science*, 219, 104837.

Schmidt, H. D., Banasr, M., & Duman, R. S. (2008). Future antidepressant targets: neurotrophic factors and related signaling cascades. *Drug Discovery Today: Therapeutic Strategies*, 5(3), 151-156.

Sheikhi, S., & Saboory, E. (2015). Neuroplasticity changes of rat brain by musical stimuli during fetal period. *Cell Journal (Yakhteh)*, 16(4), 448.

Shimizu, E., Hashimoto, K., Okamura, N., Koike, K., Komatsu, N., Kumakiri, C., & Iyo, M. (2003). Alterations of serum levels of brain-derived neurotrophic factor (BDNF) in depressed patients with or without antidepressants. *Biological Psychiatry*, 54(1), 70-75.

Silva, F. R., Miranda, K. O. D. S., Piedade, S. M. D. S., & Salgado, D. D. A. (2017). Effect of auditory enrichment (music) in pregnant sows welfare. *Engenharia Agrícola*, 37(2), 215-225.

Silvério, G. C., & Rosat, R. M. (2006). Memória de longo-prazo: mecanismos neurofisiológicos de formação. *Revista Médica de Minas Gerais*, 16(4), 219-23.

Sinisalo, A., Niemi, J. K., Heinonen, M., & Valros, A. (2012). Tail biting and production performance in fattening pigs. *Livestock Science*, 143(2-3), 220-225.

Stewart, M., Stafford, K. J., Dowling, S. K., Schaefer, A. L., & Webster, J. R. (2008). Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic. *Physiology & Behavior*, 93(4-5), 789-797.

Sutherland, M. A. (2015). Welfare implications of invasive piglet husbandry procedures, methods of alleviation and alternatives: a review. *New Zealand veterinary journal*, 63(1), 52-57.

Tarou, L. R., & Bashaw, M. J. (2007). Maximizing the effectiveness of environmental enrichment: Suggestions from the experimental analysis of behavior. *Applied Animal Behaviour Science*, 102(3-4), 189-204.

Teicher, M. H., Tomoda, A., & Andersen, S. L. (2006). Neurobiological consequences of early stress and childhood maltreatment: are results from human and animal studies comparable?. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1071(1), 313-323.

Trickett, S. L., Guy, J. H., & Edwards, S. A. (2009). The role of novelty in environmental enrichment for the weaned pig. *Applied Animal Behaviour Science*, 116(1), 45-51.

Tsukinoki, K., & Saruta, J. (2012). Role of stress-related brain-derived neurotrophic factor (BDNF) in the rat submandibular gland. *Acta Histochemica et Cytochemica*, 45(5), 261-267.

van de Weerd, H. A., & Day, J. E. (2009). A review of environmental enrichment for pigs housed in intensive housing systems. *Applied Animal Behaviour Science*, 116(1), 1-20.

van de Weerd, H., & Ison, S. (2019). Providing Effective Environmental Enrichment to Pigs: How Far Have We Come? *Animals*, 9(5), 254.

van Dixhoorn, I. D., Reimert, I., Middelkoop, J., Bolhuis, J. E., Wisselink, H. J., Koerkamp, P. W. G., & Stockhofe-Zurwieden, N. (2016). Enriched housing reduces disease susceptibility to co-infection with porcine reproductive and respiratory virus (PRRSV) and *Actinobacillus pleuropneumoniae* (A. pleuropneumoniae) in young pigs. *PloS one*, 11(9),

van Nieuwamerongen, S. E., Soede, N. M., van der Peet-Schwering, C. M. C., Kemp, B., & Bolhuis, J. E. (2015). Development of piglets raised in a new multi-litter

housing system vs. conventional single-litter housing until 9 weeks of age. *Journal of Animal Science*, 93(11), 5442-5454.

Verdon, M., Hansen, C. F., Rault, J. L., Jongman, E., Hansen, L. U., Plush, K., & Hemsworth, P. H. (2015). Effects of group housing on sow welfare: a review. *Journal of Animal Science*, 93(5), 1999-2017.

Wells, D. L., Graham, L., & Hepper, P. G. (2002). The influence of auditory stimulation on the behaviour of dogs housed in a rescue shelter. *Animal Welfare*, 11(4), 385-393.

Weschenfelder, A. V., Saucier, L., Maldague, X., Rocha, L. M., Schaefer, A. L., & Faucitano, L. (2013). Use of infrared ocular thermography to assess physiological conditions of pigs prior to slaughter and predict pork quality variation. *Meat science*, 95(3), 616-620.

Wischner, D., Kemper, N., & Krieter, J. (2009). Nest-building behaviour in sows and consequences for pig husbandry. *Livestock Science*, 124(1-3), 1-8.

Wiśniewska, M., Janczarek, I., Wilk, I., & Wnuk-Pawlak, E. (2019). Use of Music Therapy in Aiding the Relaxation of Geriatric Horses. *Journal of equine veterinary science*, 78, 89-93.

Young, R. J. (2013). *Environmental enrichment for captive animals*. John Wiley & Sons.

Yun, J., Swan, K. M., Farmer, C., Oliviero, C., Peltoniemi, O., & Valros, A. (2014). Prepartum nest-building has an impact on postpartum nursing performance and maternal behaviour in early lactating sows. *Applied Animal Behaviour Science*, 160, 31-37.

Zhu, S. W., Yee, B. K., Nyffeler, M., Winblad, B., Feldon, J., & Mohammed, A. H. (2006). Influence of differential housing on emotional behaviour and neurotrophin levels in mice. *Behavioural Brain Research*, 169(1), 10-20.

Zonderland, J. J., van Riel, J. W., Bracke, M. B., Kemp, B., den Hartog, L. A., & Spooler, H. A. (2009). Tail posture predicts tail damage among weaned piglets. *Applied animal behaviour science*, 121(3-4), 165-170.

Zwicker, B., Weber, R., Wechsler, B., & Gyax, L. (2015). Degree of synchrony based on individual observations underlines the importance of concurrent access to enrichment materials in finishing pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 172, 26-32.

CAPÍTULO 2

NEUROPLASTICIDADE, BEM-ESTAR E DESEMPENHO DE SUÍNOS EXPOSTOS A MUSICOTERAPIA DURANTE A FASE DE GESTAÇÃO E MATERNIDADE

Projeto aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais -

CEUA/UFGD

Número de protocolo: 19/2019

Artigo redigido e formatado de acordo com as normas da revista *Animal*

Qualis Capes A1

Fator de impacto 2.026

RESUMO O objetivo da pesquisa foi avaliar os efeitos da exposição de porcas a enriquecimento ambiental auditivo no pré e pós-parto sobre o seu comportamento, temperatura ocular e desempenho reprodutivo, bem como avaliar o desempenho e neuroplasticidade dos descendentes destas fêmeas. Foram utilizadas 48 porcas com condições de escore corporal semelhante, aos 90 dias de gestação, que foram distribuídas uniformemente de acordo com a ordem de parto em dois tratamentos (Controle e Exposição à 6 horas diárias de música clássica). Aos 110 dias de gestação, as fêmeas foram alojadas em salas de maternidade e distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em 4 tratamentos: Controle – Controle (CC): não ouviram música durante a gestação e maternidade; Controle – Música (CM): não ouviram música durante a gestação, mas ouviram durante a maternidade; Música – Controle (MC): ouviram música durante a gestação e não ouviram durante a maternidade; Música – Música (MM): ouviram música durante a gestação e maternidade. Na gestação, os comportamentos de 12 porcas por tratamento foram registrados. Já no período de lactação, as mesmas fêmeas foram divididas em 4 tratamentos, totalizando 6 porcas/tratamento para avaliação comportamental. Foram coletados dados referentes aos índices zootécnicos (número de nascidos vivos e desmamados, peso ao nascer e desmame). Foi realizada mensuração no soro sanguíneo do fator neurotrófico derivado do cérebro dos leitões (BDNF), assim como do lactato sérico ao nascer e a temperatura ocular das porcas foi registrada ao longo do experimento. Fêmeas que foram expostas à musicoterapia durante a gestação apresentaram melhores resultados comportamentais durante a fase de gestação e lactação. O enriquecimento musical foi positivo para matrizes expostas apenas durante a lactação, reduzindo comportamentos estereotipados como a falsa mastigação. Porcas que não ouviram música em nenhuma das fases experimentais apresentaram maiores problemas comportamentais, possivelmente relacionados à maiores níveis de estresse e ansiedade. A redução na temperatura ocular em dados momentos na fase de gestação, indica que a música provocou uma redução do estresse crônico das fêmeas gestantes. Foram apresentados efeitos positivos da musicoterapia sobre os índices zootécnicos dos leitões, principalmente quando foi realizado o manejo com música na fase pré e pós-natal. Apesar de não haver diferenças na concentração de BDNF ao nascer, a manutenção do fator neurotrófico no grupo MM, pode indicar que a música atua como um inibidor da redução natural que ocorre na concentração do BDNF com o envelhecimento. A exposição à musicoterapia no pré e pós-parto pode melhorar o bem-estar dos suínos, os índices zootécnicos da prole, assim como a neuroplasticidade dos leitões. A música é uma forma simples e viável para melhorar o bem-estar e índices zootécnicos dos suínos.

Palavras-chave: BDNF, comportamento, desenvolvimento neurobiológico, termografia

ABSTRACT The aim of this study was to evaluate the effects of sow exposure, before and after birth, to auditory environmental enrichment on behavior, eye temperature and reproductive performance, as well as to evaluate the performance and neuroplasticity of the offspring of these females. Forty-eight with similar body conditions scores, sows at 90 days of gestation were used and distributed evenly according to birth order in two treatments (Control and Daily Exposure to 6 hours of classical music). At 110 days of gestation, the females were housed in farrowing rooms and separated into 4 treatments: Control - Control (CC): did not hear music during pregnancy and lactation; Control - Music (CM): did not listen to music during pregnancy, but listened during lactation; Control Music (MC): listened to music during pregnancy and did not listen during lactation; Music - Music (MM): listened to music during pregnancy and lactation. For the study we used a completely randomized design. The behaviors of 12 sows per treatment during pregnancy were recorded, counting 24 females; At lactation, they were divided into 4 treatments, summing 6 sows / treatment for behavioral evaluation. Data were collected considering productive performance (number of born alive and weaned, birth and weaning weight). Blood serum was measured for neurotrophic factor derived from piglet brain, as well as serum lactate at birth and sow eye temperature was measured throughout the experiment. Females who were exposed to music therapy during pregnancy showed better behavioral results during gestation and lactation. Musical enrichment was positive for sows exposed only during lactation, reducing stereotyped behaviors such as vacuum chewing. Sows that did not hear music in any of the experimental phases showed greater behavioral problems, possibly related to higher levels of stress and anxiety. The reduction in eye temperature at certain moments in the gestation phase, indicates that the music caused a reduction in the chronic stress of pregnant females. Positive effects of music therapy on the zootechnical indexes of piglets were presented, especially when music was used in the pre- and postpartum phase. Although there are no differences in the concentration of BDNF at birth, the maintenance of the neurotrophic factor in the MM group, may indicate that music acts as an inhibitor of the natural reduction that occurs in the concentration of BDNF with aging. Exposure to music therapy in the pre- and postpartum period can improve the well-being of pigs, the zootechnical indexes of the offspring, as well as the neuroplasticity of piglets. Music is a simple and viable way to improve the welfare and zootechnical performance of pigs.

Keyword: BDNF, behavior, neurobiological development, thermography

1. Introdução

A adoção de fatores que auxiliam na amenização do estresse, como o enriquecimento ambiental pode trazer benefícios e melhorar a qualidade de vida dos animais em cativeiro. O enriquecimento ambiental utilizando musicoterapia pode ser usado para melhorar o bem-estar dos animais e possui efeitos comportamentais positivos e alívio do estresse (Alworth & Buerkle, 2013).

Leitões expostos à música antes do desmame brincaram mais e se mostraram menos agressivos após reagrupamento (de Jonge et al., 2008). Matrizes suínas gestantes que foram expostas à musicoterapia apresentaram maior relaxamento e redução de estereotípias (Silva et al., 2017). A intervenção musical apresentou resultados positivos relacionados à estrutura e neuroquímica cerebral, comportamento, imunologia e fisiologia em roedores (Kühlmann et al., 2018).

A exposição pré-natal à música tem sido apontada como benéfica para o desenvolvimento fetal. A musicoterapia durante o período pré-natal levou ao aumento de células no córtex motor e somatossensorial (Kim et al., 2013). Sheikhi e Saboory (2015) mostraram que a exposição de ratas prenhes a música clássica durante toda a gestação resultou em uma prole com células cerebrais morfologicamente mais complexas. Mulheres que ouviram música durante a gestação, apresentaram redução dos sintomas de ansiedade e depressão em relação ao grupo de mulheres que não foram expostas à música enquanto gestantes (Nwebube et al., 2017).

Maiores concentrações de fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF) no tecido cerebral têm sido associadas à melhora de funções cognitivas

(Novkovic et al., 2015) e maior resiliência ao estresse (Mosaferi et al., 2015) em pesquisas que utilizaram o enriquecimento ambiental com sucesso. Leitões que receberam material para forrageamento apresentaram tendência a ter maiores concentrações de BDNF no soro sanguíneo quando comparados aos animais que não receberam enriquecimento ambiental (Rault et al., 2018). Roedores que ouviram Mozart no período perinatal melhoraram o desempenho no aprendizado e seus descendentes obtiveram maior sinalização cerebral do fator neurotrófico derivado do cérebro quando adultos (Chikahisa et al., 2006).

Diferentemente de outras técnicas de avaliação em tempo real, ao uso de termografia infravermelha representa um método livre de restrições e não-invasivo para a avaliação de variação da resposta fisiológica relacionada ao estresse de suínos (Weschenfelder et al., 2013). Como o fluxo sanguíneo ocular está estreitamente relacionado à atividade simpática, respostas leves de estresse são capazes de alterar a temperatura ocular (Stewart et al., 2008).

A avaliação dos diversos benefícios trazidos com o uso de enriquecimento ambiental em porcas reprodutoras é limitada, com a maioria das pesquisas concentradas no estudo de construção e material de nidificação pré-parto. Considerando o impacto do estresse pré-natal na programação fetal, acredita-se que a melhoria do bem-estar da mãe durante a gestação, com utilização da musicoterapia, pode levar a mudanças positivas na prole. Diante disso, a pesquisa foi conduzida com objetivo de avaliar os efeitos do enriquecimento ambiental auditivo no pré e pós-parto sobre o comportamento, temperatura ocular e desempenho reprodutivo de porcas, bem como desempenho, comportamento e neuroplasticidade de seus leitões.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Local

O experimento foi conduzido entre os meses de fevereiro e março de 2019, em granja comercial, localizada no município de Dourados, MS, Brasil. O município localiza-se em latitude 22° 13' 18" S, longitude 54° 48' 23" W e altitude de 437 m. De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, com verão chuvoso e inverno seco, com média de 1.425 mm de precipitação pluviométrica anual e temperatura média anual de 23,4°C.

2.2 Os animais e instalações

Foram utilizadas 48 porcas da linhagem DanBred 90, entre 3ª e 6ª ordem de parto, com cerca de 90 dias de gestação e escores corporais similares, oriundas de um sistema de gestação em gaiola individual, que foram divididas igualmente e instaladas em dois barracões distintos com duas baias de gestação coletiva em cada (Figura 1). Com cerca de 110 dias de gestação, as fêmeas foram transferidas para quatro salas de maternidade, onde foram alojadas em celas parideiras convencionais (Figura 2). Todas as instalações foram separadas por espaços físicos suficiente para que houvesse um isolamento acústico entre os tratamentos

As porcas foram alimentadas com rações comerciais, formuladas para atender as exigências nutricionais de cada fase, sendo fornecidas duas vezes ao dia na fase de gestação, com arraçoamento realizado no chão; e quatro vezes ao dia na fase de lactação. Todos os animais (matrizes e leitões) possuíam acesso *ad libitum* a bebedouros automáticos tipo chupeta.



Figura 1 (a) Galpão de gestação com porcas alojadas em baias no terço final da gestação; (b) Monitor com as imagens apresentadas pelas câmeras de filmagem



Figura 2 Cella individual de maternidade com comedouro das fêmeas e escamoteador para os leitões

2.3 Tratamentos e Delineamento experimental

Aos 90 dias de gestação as porcas foram transferidas para baias coletivas e distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, em dois tratamentos. Cada tratamento contou com duas baias nas quais foram alojadas 12 fêmeas em cada. Os tratamentos durante a gestação foram: grupo controle que não foi exposto a música (C) e um grupo com exposição a períodos regulares de música clássica (M). Aos 110 dias de gestação, as porcas foram transferidas para as salas de maternidade, sendo subdivididas em 4 tratamentos:

Controle – Controle (CC): Porcas que não ouviram música durante as fases de gestação e maternidade;

Controle – Música (CM): Porcas que não ouviram música durante a fase de gestação, mas ouviram durante a fase de maternidade;

Música – Controle (MC): Porcas que ouviram música durante a fase de gestação, mas não ouviram durante a fase de maternidade;

Música – Música (MM): Porcas que ouviram música durante as fases de gestação e maternidade.

Todas as instalações do controle e tratamento com música permaneceram separadas por um espaço físico suficiente para que houvesse isolamento acústico natural.

2.4 Estímulos sonoros

Os animais submetidos ao tratamento com música clássica foram expostos todos os dias da semana ao estímulo musical, durante todo período da

pesquisa, iniciando o tratamento no primeiro dia após a transferência das porcas para as baias de gestação coletiva e concluindo os tratamentos no desmame dos leitões (aos 21 dias de vida). As músicas selecionadas foram sinfonias de Bach escolhidas ao acaso, formando uma lista de reprodução com duas horas de duração. A intensidade sonora permaneceu entre 60 e 75 dB, como cita Silva (2016), sendo essa faixa medida com o aplicativo Decibelímetro *Sound Meter (Abc Apps)* do aparelho celular Samsung Galaxy S7.

A música foi reproduzida em três momentos ao longo do dia, durante duas horas seguidas, apresentando intervalo de duas horas entre cada sequência de reprodução. Sendo assim, das 9h até as 19h, os animais foram expostos ao total de 6h de música durante todos os dias da semana.

2.5 Avaliações comportamentais

Para avaliação comportamental das porcas, foram utilizados etogramas (Quadros 1 e 2) desenvolvidos de acordo com as fases do ciclo reprodutivo em que as matrizes se encontravam.

Quadro 1. Etograma utilizado para avaliação comportamental das matrizes no terço final da gestação. Adaptado de Silva et al. (2017)

Categoria	Comportamento	Descrição
Postura	Deitada lateralmente	Deitada com um ombro em contato com o piso
	Deitada ventralmente	Deitada com o peito e o abdômen em contato com o piso
	Em pé	Parada em pé sobre os 4 membros
	Sentada	Em posição sentada

	Andando	Deslocando-se pela baia
	Ajoelhada	Apoiada sobre os carpos com membros posteriores esticados
Atividade	Comendo	Comendo a ração ofertada
	Bebendo	Bebendo água
	Fuçando	Fuçando no chão das baias
Comportamento agonístico	Interagindo negativamente	Interagindo negativamente com outras fêmeas da baia (empurrar, perseguir, ameaçar e morder)
Comportamento social	Interagindo positivamente	Interagindo positivamente com outras fêmeas (incluindo mordiscar, cheirar e lambe partes do corpo)
Comportamento estereotipado	Lambendo o chão	Lambendo o chão ou grades
	Grades	Mordendo repetidamente as grades das baias
	Falsa mastigação	Movimento repetitivo da língua, simulando mastigação, mas com ausência de alimento

Quadro 2. Etograma utilizado para avaliação comportamental das porcas na fase de maternidade. Adaptado de Hansen et al. (2017)

Categoria	Comportamento	Descrição
Postura	Deitada lateralmente	Deitada com um ombro em contato com o piso
	Deitada ventralmente	Deitada com o peito e o abdômen em contato com o piso
	Em pé	Corpo apoiado nos quatro membros esticados permanecendo parada, sem caminhar ou

		apresentar qualquer outro comportamento
	Sentada	Sentada sobre os membros traseiros apoiando-se sobre os dianteiros
	Ajoelhada	Apoiada sobre os carpos com membros posteriores esticados
Atividade	Amamentando	Deitada lateralmente amamentando os leitões
	Comendo	Comendo a ração ofertada
	Bebendo	Bebendo água
Comportamento social	Interagindo positivamente	Interagindo positivamente com os leitões (incluindo mordiscar, cheirar e lambe partes do corpo)
Comportamento estereotipado	Mordeduras de gaiola/equipamentos	Mordendo ou fuçando as barras de ferro, chão, comedouros e bebedouros sem se alimentar ou beber água
	Falsa mastigação	Movimento repetitivo da língua, simulando mastigação, mas com ausência de alimento

Para avaliar o comportamento das matrizes, dois sistemas de DVR e câmeras foram instalados, ficando cada tratamento com duas câmeras por baia durante a fase de gestação e duas câmeras por sala durante a fase de maternidade. Seis porcas por baia foram escolhidas de forma aleatória para avaliação comportamental durante a gestação (marcadas com bastões coloridos – Figura 3), totalizando 12 fêmeas por tratamento nesta fase (C e M). Após a transferência para maternidade, as mesmas fêmeas foram avaliadas,

porém neste caso foram divididas em 4 salas, somando 6 porcas por tratamento (CM, MC, MM e CC).

A avaliação comportamental foi realizada quatro vezes por semana, das 8h às 17h. Os comportamentos foram registrados por meio do método de amostragem por varredura em intervalos de 10 minutos, de acordo com etograma pré-estabelecido.



Figura 3 Marcação das porcas com bastões para posterior identificação nas filmagens

Para avaliação comportamental dos leitões foram realizados três testes distintos. No dia anterior ao desmame, aos 21 dias de idade, foram escolhidos aleatoriamente 10 leitões de cada tratamento para realização dos testes.

Teste de área desconhecida

Os leitões foram individualmente colocados em uma área teste isolada, com dimensões de 3 metros de comprimento e 1m de largura, que não permitia contato visual com outros animais. O tempo de permanência de cada animal na área foi de 4 minutos, cujo comportamento foi registrado com auxílio de uma câmera digital Nikon D5000. As atividades observadas durante o período foram: comportamentos ativos (animal fuçando, urinando, defecando e tentativas de fuga) e comportamentos inativos (animal parado ou deitado).

O comportamento foi avaliado pelo método de varredura com observações em intervalos de 10 segundos, totalizando 24 observações por animal/tratamento.

Teste do objeto novo

Após finalização do teste de área desconhecida, o leitão permanecia na área teste sendo introduzida uma bola Suíça na cor roxa (55cm de diâmetro). O comportamento do animal foi registrado com auxílio de uma câmera digital Nikon D5000 durante 4 minutos e posteriormente analisado de modo semelhante ao teste anterior, incluindo nos comportamentos ativos a interação com o objeto desconhecido. O comportamento foi avaliado pelo método de varredura com observações em intervalos de 10 segundos, totalizando 24 observações por animal/tratamento.

Vocalização

O número de vocalizações foi avaliado durante o período dos testes de área desconhecida e objeto novo, com o auxílio do áudio extraído da câmera digital Nikon D5000. Cada vocalização (som acima de 70 dB) foi computada para todos leitões utilizados no teste.

Teste da aproximação voluntária

Após realização dos testes supracitados, o animal permaneceu no recinto de teste e então um colaborador que não havia tido contato prévio com os animais, trajando o uniforme fornecido pela granja comercial, entrou no local e permaneceu imóvel por no máximo 3 minutos. Foi contabilizado o tempo de latência para aproximação do leitão ao ser humano.

2.6 Temperatura ocular das porcas

O registro da temperatura ocular das porcas foi realizado por meio de câmera de termografia infravermelha (equipamento celular Caterpillar Cat S60) ao longo de todo o experimento, duas vezes na semana, em dias distintos aos das avaliações comportamentais. As medidas foram realizadas em quatro momentos: 7:30 e 11:30 – antes da música (AM); 10:30 e 14:30 – durante reprodução da música (DM). As imagens termográficas foram avaliadas por meio do *software* específico do equipamento (FLIR Report Studio).

2.7 Índices zootécnicos

Os seguintes índices zootécnicos foram avaliados: número de leitões nascidos vivos e desmamados, peso do leitão ao nascer e ao desmame. Para avaliação do peso foi realizada a pesagem individual de todos os leitões de cada fêmea, ao nascer e ao desmame (21 dias).

2.8 Fator neurotrófico derivado do cérebro (BDNF)

Foram selecionados ao acaso dez leitões de quatro porcas por tratamento, dos quais foram coletados 2 mL de sangue do cordão umbilical imediatamente após o nascimento, por meio de uma seringa descartável de 3mL e agulha

hipodérmica 24G (Figura 4a), conforme metodologia adaptada de Pedersen et al. (2011). Após colheita do sangue umbilical as amostras foram transferidas para tubos com ativador de coágulo de 2 mL (BD Vacutainer® Hemogard) e homogeneizadas. A colheita sanguínea dos leitões aos 21 dias de idade foi realizada nos mesmos dez leitões, sendo o animal posicionado em decúbito dorsal, sobre uma calha veterinária, para punção de 4 mL de sangue da veia cava anterior utilizando uma seringa descartável de 5mL e agulha hipodérmica 21G (Figura 4b), e as amostras foram transferidas para tubos com ativador de coágulo de 4mL (Labor Import) e homogeneizadas. Em ambas as ocasiões os tubos foram deixados em temperatura ambiente durante 1 hora para retração do coágulo. Posteriormente, as amostras foram submetidas ao processo de centrifugação a 1.000 x *g* durante 15 minutos utilizando a centrífuga CELM modelo LS3 Plus. Após centrifugação, o soro foi coletado com auxílio de uma pipeta e acondicionado em tubo *ependorf*, sendo congelado até análise em freezer com temperatura de -80°C. A mensuração dos níveis séricos de BDNF foi obtida por meio do kit *biosensis® Mature BDNF Rapid™ ELISA kit: Human, Mouse, Rat* e o processamento do sangue está de acordo com as instruções encontradas no manual do fabricante.

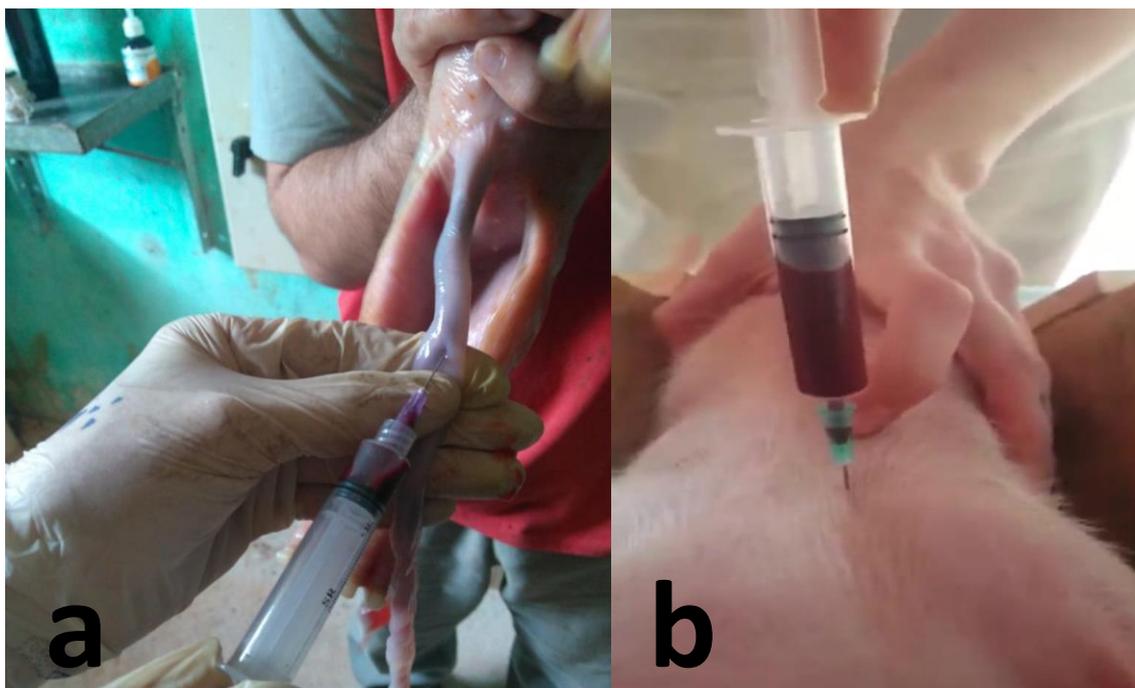


Figura 4 (a) Coleta de Sangue do cordão umbilical; (b) Coleta de sangue da veia cava anterior

2.9 Nível de lactato sanguíneo dos leitões

Quatro leitões de ordens de nascimento 1, 5, 10 e 15 foram selecionados de quatro porcas por tratamento, para analisar o impacto da ordem de nascimento na concentração sérica de lactato. Então, foram coletados 2 mL de amostra de sangue do cordão umbilical imediatamente após o nascimento por meio de uma seringa descartável de 3mL e agulha hipodérmica 24G, conforme metodologia adaptada de Pedersen et al. (2011). Em seguida, as amostras foram transferidas para tubos com ativador de coágulo de 2 mL (BD Vacutainer® Hemogard) homogeneizadas e deixadas em temperatura ambiente durante 30 minutos para retração do coágulo. Posteriormente, as amostras foram submetidas ao processo de centrifugação a $1.643 \times g$ durante 15 minutos utilizando a centrífuga CELM modelo LS3 Plus. Após centrifugação, o soro foi coletado com auxílio de uma pipeta e acondicionado em tubo de

eppendorf, sendo congelado até análise. Os níveis de lactato foram obtidos por meio do kit Desidrogenase láctica – UV (Katal®) e as determinações foram realizadas em espectrofotômetro semiautomático (BIOPLUS® - 200).

2.10 Análises estatísticas

As análises estatísticas para os resultados de comportamento foram realizadas utilizando o procedimento GLIMMIX do SAS (SAS, Version 9.4, SAS Institute Inc, Cary, NC, USA). As variáveis estudadas foram previamente testadas para que atendessem as pressuposições de normalidade e quando necessário, transformadas para escala logarítmica, mas apresentadas sempre as frequências (função *ilink* do procedimento GLIMMIX). Diferenças entre médias com $P < 0,05$ foram aceitas como estatisticamente diferentes para os testes de comportamento.

Os índices zootécnicos, fator neurotrófico derivado do cérebro, lactato sanguíneo e temperatura ocular das porcas foram analisados utilizando o programa R – 3.6.2.

Para análise de peso ao nascer e ao desmame foram utilizadas as médias do peso da leitegada de cada porca utilizada no experimento. Primeiramente foi realizada estatística descritiva e retirada de outliers, em seguida os resultados foram testados quanto a normalidade dos resíduos utilizando o teste de Shapiro-Wilk ($P \geq 0,05$) e homogeneidade de variâncias através do teste de Bartlett ($P \geq 0,05$). Após constatação de atendimento às premissas foi realizada uma análise de variância (ANOVA) e no caso de resultado significativo, foi realizado teste de Tukey ($P < 0,05$) para comparação de médias.

Ao analisar o BDNF, foi realizada estatística descritiva e outliers foram retirados, em seguida os resultados foram testados quanto a normalidade dos

resíduos utilizando-se o teste de Lilliefors - Kolmogorov-Smirnov ($P \geq 0,05$) e homogeneidade de variâncias através do teste de Levene ($P \geq 0,05$). Após constatação de atendimento às premissas foi realizada uma análise de variância (ANOVA) e no caso de resultado significativo, foi realizado teste de Tukey ($P < 0,05$) para comparação de médias.

Para medir os efeitos dos tratamentos sobre a temperatura ocular das porcas foi realizada estatística descritiva e retirada de outliers, em seguida os resultados foram testados quanto a normalidade dos resíduos utilizando o teste de Shapiro-Wilk ($P \geq 0,05$) e homogeneidade de variâncias através do teste de Levene ($P \geq 0,05$). Após constatação de atendimento às premissas foi realizada uma análise de variância (ANOVA), para tal, os tratamentos foram considerados como efeito fixo e temperatura do dia como covariável. Em caso de resultado significativo, foi realizado teste de Tukey ($P < 0,05$) para comparação de médias.

Para análise do lactato sanguíneo dos leitões ao nascimento os resultados foram transformados para escala logarítmica e então testados quanto a normalidade dos resíduos utilizando o teste de Shapiro-Wilk ($P \geq 0,05$) e homogeneidade de variâncias através do teste de Bartlett ($P \geq 0,05$). Após constatação de atendimento às premissas foi realizada uma análise de variância (ANOVA) e no caso de resultado significativo, foi realizado teste de Tukey ($P < 0,05$) para comparação de médias.

3. Resultados

3.1 Avaliações comportamentais

Porcas em gestação

Não houve diferença entre os comportamentos deitada lateralmente e ventralmente, sentada, ajoelhada, comendo, bebendo água, fuçando o chão, lambendo o chão, mordendo as grades e andando ($P>0,05$; Tabela 1). Porcas do grupo controle permaneceram mais tempo em pé ($P=0,0005$), apresentaram maior número de interações negativas com as outras fêmeas da baía ($P<0,0001$), menor número de interações positivas com outras porcas ($P=0,0383$) e passaram mais tempo realizando falsa mastigação ($P = 0,0027$)

Tabela 1. Efeito do enriquecimento ambiental auditivo na frequência comportamental (% do tempo compilado) das fêmeas durante a gestação distribuídas nos tratamentos Controle e Música

	Tratamento		EPM	Valor de P
	Música	Controle		
Observações (n)	418	417		
Deitada Lateralmente (%)	52,50	46,77	2,24	0,0848
Deitada Ventralmente (%)	30,93	24,60	2,57	0,0955
Sentada (%)	0,90	1,10	0,24	0,5728
Ajoelhada (%)	0,36	0,24	0,11	0,4605
Em pé (%)	0,78	2,05	0,22	0,0005
Comendo (%)	0,54	0,60	0,09	0,6411
Bebendo água (%)	0,84	1,30	0,34	0,1053
Fuçando o chão (%)	9,13	6,98	1,04	0,1019
Interação negativa (%)	0,62	3,55	0,28	<,0001
Interação positiva (%)	0,56	0,16	0,13	0,0383
Lambendo o chão (%)	0,00	0,14	0,09	0,2518
Mordendo as grades (%)	0,02	0,14	0,07	0,0956

Falsa Mastigação (%)	2,30	11,94	2,01	0,0027
Andando (%)	0,52	0,44	0,13	0,6672

*A soma dos comportamentos totaliza 100% do tempo compilado.

EPM = Erro padrão da média

Porcas em lactação

Não houve diferença entre os comportamentos deitada lateralmente e ventralmente, ajoelhada, comendo, bebendo água, interagindo positivamente, lambendo o chão e mordendo as grades ($P > 0,05$; Tabela 2). Porcas do grupo CC permaneceram mais tempo sentadas ($P = 0,0243$), em pé ($P = 0,0433$) e mordendo as grades ($P = 0,0521$) quando comparadas aos grupos MC e MM. Fêmeas que não ouviram música durante a gestação permaneceram menos tempo na posição de aleitamento em relação às fêmeas dos tratamentos MM e MC ($P < 0,0001$). Fêmeas do grupo CC apresentaram maior frequência de falsa mastigação quando comparadas às outras porcas ($P = 0,0079$).

Tabela 2. Efeito do enriquecimento ambiental auditivo na frequência comportamental (% do tempo compilado) das fêmeas durante a maternidade distribuídas nos tratamentos CC: Controle-Controle; CM: Controle Música; MC: Música-Controle; MM: Música-Música.

	Tratamento				EPM	Valor de P
	CC	CM	MC	MM		
Observações (n)	306	306	306	306		
Deitada Lateralmente (%)	62,09	68,25	66,83	68,14	0,029	0,4166
Deitada Ventralmente (%)	10,29	10,73	10,62	9,69	0,022	0,9878
Sentada (%)	6,43a	3,70ab	1,47b	1,85b	0,011	0,0243
Ajoelhada (%)	0,11	0,00	0,11	0,05	0,0007	0,6504
Em pé (%)	2,29a	1,96ab	0,71b	0,82b	0,004	0,0433

Comendo (%)	6,97	6,86	4,96	7,03	0,01	0,2406
Bebendo água (%)	1,91	2,56	3,43	2,02	0,01	0,1653
Amamentando (%)	3,92b	3,11b	8,34a	9,51a	0,01	<,0001
Interação positiva (%)	0,00	0,00	0,11	0,11	0,001	0,4343
Mordendo as grades (%)	2,18a	0,71ab	0,22b	0,22b	0,01	0,0521
Falsa Mastigação (%)	1,47a	0,38b	0,16b	0,05b	0,002	0,0079

*A soma dos comportamentos totaliza 100% do tempo compilado.

** Médias acompanhadas por letras diferentes na mesma linha apresentam valores estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de significância. EPM = Erro padrão da média

Teste de área desconhecida

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) entre os comportamentos dos leitões oriundos dos tratamentos CC, CM, MM e CM durante o teste de área desconhecida (Tabela 3).

Tabela 3. Efeito do enriquecimento ambiental auditivo no comportamento dos leitões distribuídos nos tratamentos CC: Controle-Controle; CM: Controle Música; MC: Música-Controle; MM: Música-Música, durante o teste de área desconhecida.

	Tratamento				EPM	Valor de P
	CC	CM	MC	MM		
Observações (n)	24	24	24	24		
Fuçando	0,29	0,2882	0,3051	0,2625	0,047	0,9216
Urinando	0,001584	0,006542	0,00243	0,008333	0,007	0,7449
Defecando	0,009563	0,04143	0,01544	0,008333	0,014	0,1224
Tentativas de Fuga	0,075	0,05833	0,0375	0,075	0,023	0,6228
Parado	0,3417	0,425	0,3458	0,2708	0,056	0,3008
Deitado	1,56E-17	8,67E-18	0,04167	0,004167	0,017	0,2473

* EPM = Erro padrão da média

Teste do objeto novo

Os comportamentos fuçando, urinando, defecando e parado e interação com o objeto não foram diferentes ($P > 0,05$) entre os leitões dos tratamentos CC, CM, MC e MM (Tabela 4). Os leitões dos tratamentos CC e MC tentaram fugir mais vezes do que os animais dos tratamentos CM e MM ($P = 0,0214$; Tabela 4).

Tabela 4. Efeito do enriquecimento ambiental auditivo no comportamento dos leitões distribuídos nos tratamentos CC: Controle-Controle; CM: Controle Música; MC: Música-Controle; MM: Música-Música, durante o teste de objeto novo.

	Tratamento				EPM	Valor de P
	CC	CM	MC	MM		
Observações (n)	24	24	24	24		
Fuçando	0,1178	0,2226	0,1572	0,125	0,032	0,0887
Urinando	3,47E-18	0,004167	0,01389	0,004167	0,005	0,3529
Defecando	0,0125	0,008333	0,01389	0,0125	0,008	0,9692
Tentativas de Fuga	0,1492a	0,0384b	0,1508a	0,05417b	0,048	0,0214
Parado	0,3212	0,4547	0,333	0,4125	0,053	0,2308
Interação com objeto	0,1292	0,07917	0,1833	0,2458	0,045	0,0713

* Médias acompanhadas por letras diferentes na mesma linha apresentam valores

estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de significância. EPM = Erro padrão da média

** Não houve observações do comportamento deitado.

Teste da aproximação voluntária e Vocalização

Não houve diferença significativa ($P=0,6954$) no tempo médio para aproximação voluntária dos leitões dos tratamentos CC, CM, MC e MM (Tabela 5). Leitões do tratamento CM vocalizaram menos do que os dos demais tratamentos ($P=0,0016$; Tabela 5).

Tabela 5. Latência para aproximação voluntária ao ser humano (segundos) e número médio de vocalizações dos leitões distribuídos nos tratamentos CC: Controle-Controle; CM: Controle Música; MC: Música-Controle; MM: Música-Música.

	Tratamento				EPM	Valor de P
	CC	CM	MC	MM		
Aproximação voluntária (s)	18,10	25,45	10,48	16,64	8,838	0,6954
Vocalização (n)	153,90a	18,09b	141,78a	109,70a	64,191	0,0016

* Médias acompanhadas por letras diferentes na mesma linha apresentam valores

estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de significância. EPM = Erro padrão da média

3.2 Temperatura ocular das porcas

A temperatura ocular de fêmeas gestantes expostas à música foi menor nos períodos antes da música pela manhã ($P<0,01$), durante a música pela manhã ($P=0,01168$) e antes da música no período da tarde ($P=0,04478$), em relação às porcas do tratamento controle nos mesmos períodos. Não foi encontrada diferença entre os tratamentos música e controle durante a música no período da tarde ($P=0,2405$) (Tabela 6). A comparação entre médias das temperaturas oculares dos tratamentos CC, CM, MC e MM e as médias de temperatura ambiente de cada momento de análise estão representadas na figura 5.

Tabela 6. Valores de temperatura ocular em graus Celsius de porcas em fase de gestação dos tratamentos controle e música nos períodos antes (AM) e durante (DM) a exposição ao estímulo musical do grupo música.

Temperatura ocular (°C)	Tratamentos		EPM	Valor de P
	Controle	Música		
AM - Manhã	34,04	33,59	0,10	0,0046
DM - Manhã	34,25	33,87	0,10	0,0166
AM - Tarde	34,61	34,25	0,12	0,0448
DM - Tarde	34,57	34,38	0,10	0,2573

EPM = Erro padrão da média

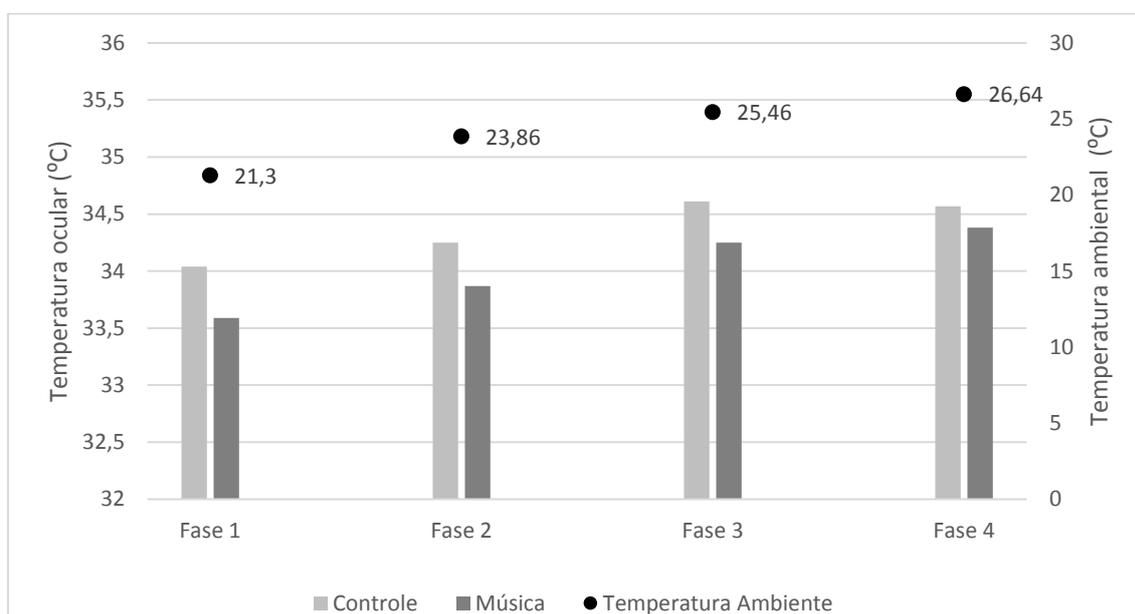


Figura 5. Comparação entre médias das temperaturas oculares dos tratamentos Controle e Música e as médias de temperatura ambiente nos períodos antes (AM) e durante (DM) a exposição ao estímulo musical do grupo música.

Para porcas em lactação, não houve diferença entre os tratamentos nos períodos antes da música pela manhã ($P=0,8331$) e durante a música pela tarde ($P=0,2703$). Durante a música pela manhã houve diferença ($P<0,01$) entre os tratamentos CM e CC, em que o último apresentou menor temperatura ocular. No período que precedeu a música durante a tarde foi encontrada diferença ($P<0,02526$) entre os tratamentos MM e MC, em que porcas do tratamento MM apresentaram menores valores médios de temperatura (Tabela 7). A comparação entre médias das temperaturas oculares dos tratamentos CC, CM, MC e MM e as médias de temperatura ambiente de cada momento de análise estão representadas na figura 6.

Tabela 7. Valores de temperatura ocular em graus Celsius de porcas em fase de lactação dos tratamentos CC: Controle-Controle; CM: Controle-Música; MC: Música-Controle; MM: Música-Música, nos períodos antes (AM) e durante (DM) a exposição ao estímulo musical dos grupos MM e CM.

Temperatura ocular	Tratamentos				EPM	Valor de P
	CC	CM	MC	MM		
AM - Manhã	34,52	34,68	34,47	34,61	0,08	0, 8090
DM - Manhã	34,43b	35,43a	34,96ab	35,10ab	0,12	0, 0059
AM - Tarde	34,92ab	35,10ab	35,74a	34,87b	0,13	0,0334
DM - Tarde	35,12	35,59	35,52	35,24	0,11	0, 3187

*Médias acompanhadas por letras diferentes na mesma linha apresentam valores estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de significância. EPM= Erro padrão da média.

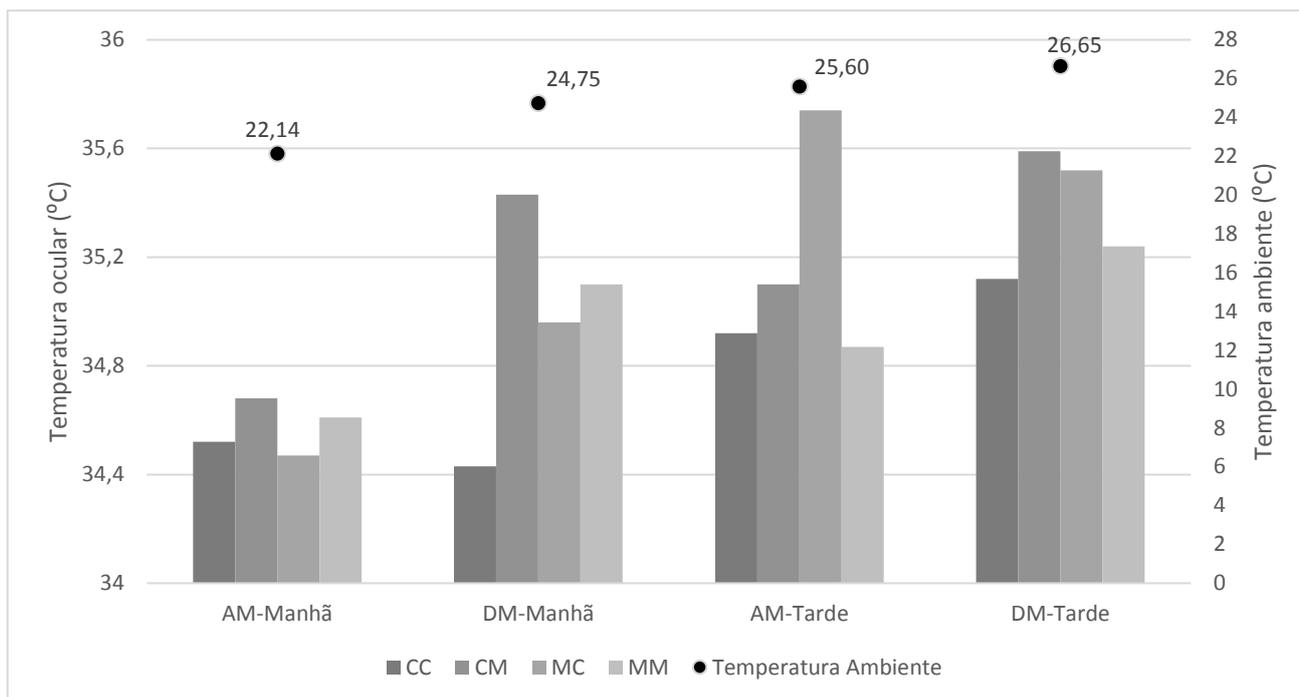


Figura 6. Comparação entre médias das temperaturas oculares dos tratamentos CC: Controle-Controle; CM: Controle-Música; MC: Música-Controle; MM: Música-Música nos períodos antes (AM) e durante (DM) a exposição ao estímulo musical do grupo música.

3.3 Índices Zootécnicos

O número de leitões nascidos vivos não diferiu entre os tratamentos ($P=0,37784$). O peso ao nascer dos leitões descendentes de porcas que não foram expostas à musicoterapia durante a gestação foi menor quando comparado ao grupo exposto à música ($P<0,01$). O número total de leitões desmamados diferiu entre os tratamentos ($P=0,00278$), com maior número de animais ao desmame nas leitegadas em que as porcas possuíram enriquecimento ambiental em pelo menos uma das fases do experimento, quando comparado ao grupo CC. Leitões expostos à música na fase pré-parto e pós-parto apresentaram maior peso ao desmame quando comparados aos leitões do grupo CC ($P=0,01500$; Tabela 8).

Tabela 8. Índices zootécnicos avaliados nos leitões descendentes de porcas distribuídas nos tratamentos CC: Controle-Controle; CM: Controle Música; MC: Música-Controle; MM: Música-Música.

	Tratamentos				EPM	Valor de P
	CC	CM	MC	MM		
Nascidos vivos	12,82	14,70	15,27	14,58	0,47	0,3778
Peso ao nascer (kg)	0,94b	0,93b	1,16a	1,26a	0,03	0,0009
Nº desmamados	10,80b	11,67ab	12,50a	12,58a	0,21	0,0028
Peso desmame (kg)	4,29b	4,30ab	4,64ab	4,75a	0,06	0,0150

* Médias acompanhadas por letras diferentes na mesma linha apresentam valores estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de significância. EPM = Erro padrão da média

3.4 Fator Neurotrófico derivado do cérebro (BDNF)

A concentração de BDNF sérico ao nascimento não diferiu entre os tratamentos ($P=0,296$). Por outro lado, ao desmame a concentração sérica de BDNF foi significativamente maior ($P<0,01$) nos leitões provenientes do tratamento MM, em que os animais foram expostos à música clássica nas fases de gestação e lactação (Tabela 9).

Os tratamentos CC, CM e MC apresentaram valores significativamente maiores na concentração do BDNF ao nascimento quando comparado ao desmame. Esse fato não foi verificado no tratamento MM, o qual não apresentou diferença estatística entre estes dois momentos de coleta (Tabela 9).

Tabela 9. Concentração de BDNF sérico (pg/ml) dos leitões no momento do nascimento e ao desmame, provenientes de porcas submetidas aos tratamentos CC: Controle-Controle; CM: Controle Música; MC: Música-Controle; MM: Música-Música.

Tratamento	Fase		EPM	Valor de P
	Nascimento	Desmame		
MM	59,84	56,90 A	2,78	0,5516
MC	61,57	42,75 B	3,18	0,0010
CM	56,67	38,61 B	4,11	0,0176
CC	55,08	38,25 B	3,12	0,0050
EPM	3,24	1,51		
Valor de P	0,82700	0,00047		

* Médias acompanhadas letras maiúsculas distintas na mesma coluna apresentam valores estatisticamente diferentes. O teste para comparação de médias utilizado foi o Tukey a 5% de significância. EPM = Erro padrão da média

3.5 Nível de lactato sanguíneo dos leitões

A concentração sérica de lactato ao nascimento foi significativamente diferente ($P=0,0107$) entre os tratamentos CC, MM e CM, em que os dois primeiros apresentaram maiores médias de lactato quando comparados ao CM. A ordem de nascimento influenciou nos níveis de lactato sérico ($P=0,01247$), evidenciando que leitões que nasceram primeiro apresentaram menores níveis de lactato quando comparados com àqueles que nasceram em 15ª posição (Tabela 10).

Tabela 10 Valores de lactato de acordo com os tratamentos aplicados nos galpões de maternidade. CC: Controle-Controle; CM: Controle-Música; MC: Música-Controle; MM: Música-Música; e ordem de nascimento dos leitões.

Tratamentos	CC	CM	MC	MM	EPM	Valor de P
Lactato (mmol/L)	6,34a	4,58b	5,14ab	6,38a	0,05	0,01070
Ordem de nascimento	1	5	10	15	EPM	Valor de P
Lactato (mmol/L)	4,56b	5,41ab	5,82ab	6,60a	0,05	0,0125

* Médias acompanhadas por letras diferentes na mesma linha apresentam valores estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey a 5% de significância. EPM = Erro padrão da média.²

4. Discussão

4.1 Avaliações comportamentais

Gestação

Utilizar enriquecimento ambiental na gestação coletiva para fêmeas suínas pode levar ao aumento da atividade geral, uma vez que as fêmeas terão maior possibilidade de executar comportamentos típicos da espécie (Zhou et al., 2014). Porém, Rushen (1984) e Von Borell e Hurnik (1991) sugeriram que os animais que passavam mais tempo em pé eram os mesmos que passavam mais tempo realizando estereotipias.

Existe uma ampla gama de estudos demonstrando que a criação em ambientes estéreis funciona como fator desencadeador da expressão de comportamentos estereotipados (Wemelsfelder et al., 2000; Morgan e Tromborg, 2007). É possível reduzir comportamentos estereotipados de porcas em gestação, como falsa mastigação (*sham-chewing*), utilizando

enriquecimento ambiental (Tatemoto et al., 2019). No presente estudo, as porcas do grupo controle passaram mais tempo em pé e concomitantemente apresentaram maior frequência de estereotípias quando comparadas às fêmeas expostas ao enriquecimento ambiental musical, coincidindo com os resultados dos estudos aludidos.

Apesar de trazer benefícios sociais, existem riscos associados à gestação coletiva, como aumento de agressão, especialmente quando consideramos as fêmeas subordinadas (Karlen et al., 2007). Evidências científicas indicam que o enriquecimento ambiental para suínos tem potencial de aumentar interações sociais positivas. No entanto, ao se tratar de enriquecimento ambiental físico o acesso ao enriquecimento é bastante valorizado por porcas, podendo resultar em maior agressão direcionada às subordinadas (Roy et al., 2019). No presente estudo, o tratamento com musicoterapia reduziu a frequência de brigas entre as fêmeas; e por não se tratar de um tipo de enriquecimento capaz de desencadear disputa por acesso, não permitiu efeitos de hierarquia social das porcas. A música também aumentou a interação positiva entre as fêmeas, concordando com resultados da literatura.

Maternidade

Fêmeas que vivenciam estresse durante a fase gestacional passam menor tempo dedicadas à construção do ninho (Bosch et al., 2007). Porcas que foram submetidas ao estresse durante a gestação, apresentam menor cuidado materno, diminuição de respostas aos chamados dos leitões e da postura de aleitamento (Ringgenberg et al., 2012). No presente estudo, fêmeas que ouviram música durante a gestação passaram mais tempo em posição de aleitamento quando comparadas às fêmeas que não possuíram enriquecimento

ambiental na mesma fase. O enriquecimento ambiental pode levar à maior expressão de comportamentos naturais, como a amamentação (Kadry & Barreto, 2010).

A música durante a gestação reduziu o tempo que as fêmeas dos tratamentos MC e MM permaneceram sentadas, em pé e mordendo grades em relação às porcas do tratamento CC. Estes resultados justificam o menor número de leitões desmamados no tratamento CC em relação às fêmeas expostas à música durante a gestação. Uma das causas mais comuns de mortalidade de leitões na fase de aleitamento é o esmagamento provocado pelas mudanças posturais da porca que está estressada, como sentar-se e levantar-se com maior frequência (Broom & Fraser, 2010).

A musicoterapia durante a gestação provocou a manutenção de um comportamento materno satisfatório, em conformidade com o que foi encontrado na pesquisa de Nwebube et al. (2017). As fêmeas dos tratamentos MC e MM apresentaram maior tempo em posições de aleitamento, menor número de mudanças de postura e sinais de estresse. Apesar da frequência de amamentação ter sido maior nas porcas que possuíram música durante a gestação, o peso final dos leitões não diferiu entre os tratamentos CM, MC e MM.

A incidência de comportamentos estereotipados representa uma resposta ao aumento de estresse em virtude da restrição física e da falta de estímulos exógenos para expressar o comportamento natural e reduzir a ansiedade (Andersen et al., 2014). Fêmeas do tratamento controle negativo (CC) apresentaram maior frequência de falsa mastigação quando comparadas às porcas dos outros tratamentos. Este resultado pode ser explicado graças à

ausência total dos efeitos benéficos do estímulo musical durante todo o período experimental, diferentemente das outras fêmeas que passaram pela exposição à musicoterapia ao menos em uma das duas fases da pesquisa.

A música tem sido considerada como um método para melhorar o bem-estar animal, diminuir a ansiedade, o estresse e os comportamentos agressivos (Alworth & Buerkle, 2013).

Teste de medo dos leitões

Os efeitos do enriquecimento ambiental (EA) nos animais são cientificamente comprovados como benéficos. Porém, ainda não foi esclarecido como isso afeta a programação fetal e, pouco se sabe sobre as possíveis mudanças no comportamento e no desenvolvimento cerebral da progênie após a exposição das mães ao EA. As experiências da mãe e o ambiente uterino podem ter efeitos na prole. Fatores como reatividade emocional, capacidade de resposta a estressores e os níveis de cognição podem ser modulados por desafios nos períodos pré-natal e neonatal (Weinstock, 2008; Rutherford et al., 2014).

Ao final da gestação, o cérebro do feto possui receptores funcionais de glicocorticoides, que podem ser afetados pelo estresse vivenciado pela mãe, moldando estruturas cerebrais importantes e gerando efeitos negativos (Baxter et al., 2016). O enriquecimento ambiental durante o final da gestação é capaz de alterar o fenótipo da prole, tornando-os mais ajustados ao seu ambiente (Tatemoto et al., 2019).

O enriquecimento para suínos na fase de crescimento resulta em maior capacidade de adaptação a novas situações, incidência reduzida de

comportamentos negativos, redução do medo e capacidade aprimorada de aprendizado (Van de Perre et al., 2011; Roy et al., 2019).

Teste de área desconhecida

De forma geral o comportamento de suínos em uma situação de área desconhecida se correlaciona pouco ou de modo nenhum com o comportamento em outros testes de medo e, o isolamento social pode ser o principal fator que afeta o comportamento neste teste, principalmente quando animais criados em grupo são testados individualmente (Forkman et al., 2007).

Semelhante ao presente estudo, pesquisadores não encontraram diferença entre os sistemas estéreis e enriquecidos ao expor leitões a um teste de área desconhecida. Foi sugerido que a separação da porca e a exposição a um ambiente desconhecido tiveram um forte efeito em todos os leitões, o que pode ter mascarado diferenças possíveis na resposta ao estresse entre os sistemas de criação (Chaloupková et al., 2007).

Teste de objeto novo

O enriquecimento ambiental levou a uma diminuição do medo de leitões e maior adaptabilidade à nova situação, fazendo com que os animais passem mais tempo ativos em novos ambientes (Jansen et al., 2009). A utilização do enriquecimento estrutural, cognitivo e/ou substrato, estimula a motivação para a exploração, maior contato com um objeto novo e menos sinais de estresse, como defecação e tentativas de fuga, sugerindo uma melhoria do bem-estar (Vanheukelom et al., 2012; Zebunke et al., 2013).

Os leitões dos tratamentos CM e MM apresentaram menos tentativas de fuga quando comparado aos animais que não ouviram música durante a maternidade, possivelmente indicando uma diminuição no nível de estresse

destes suínos e um efeito benéfico da musicoterapia na redução de comportamentos neofóbicos. A criação em ambiente enriquecido com musicoterapia pode não ter sido influente no aumento de comportamentos exploratórios e de contato com o objeto novo, visto que os leitões não estavam habituados com objetos de enriquecimento introduzidos em suas baias, como brinquedos, substrato, cordas ou borrachas.

Aproximação voluntária e vocalização

Leitões de baias enriquecidas apresentaram menores sinais de estresse e menos medo no teste de aproximação ao ser humano (Chaloupková et al., 2007). Porém, a natureza de uma relação a longo prazo com seres humanos pode induzir um determinado julgamento por parte dos leitões, indicando que o estado emocional de animais de produção, pode ser afetado pela maneira como os humanos interagem com eles e suas experiências prévias (Brajon et al., 2015). No presente estudo, apesar de o colaborador utilizado no teste não ser familiar aos leitões, não houve diferença no tempo de aproximação dos animais. Este fato pode estar relacionado ao adequado manejo da equipe de funcionários e de pesquisadores, que apresentavam relação positiva com os animais.

A vocalização fornece um indicativo relevante do nível de excitação em resposta a uma situação nova, sendo correlacionada com os níveis de adrenalina no plasma (Forkman et al., 2007). O enriquecimento ambiental reduz o número de vocalizações de leitões em contraste com filhotes criados em ambientes estéreis (Chaloupková et al., 2007). Porém, no presente estudo, apenas os leitões do tratamento CM apresentaram menor número de

vocalizações, enquanto os leitões dos demais tratamentos apresentaram resultados estatisticamente iguais.

4.2 Temperatura ocular

Em roedores, a temperatura central aumentou com estressores crônicos, como gaiolas pequenas ou estéreis (Kuhnen, 1999) ou interações recorrentes com parceiros estressados (Endo & Shiraki, 2000) ou dominantes (Pardon et al., 2004). Assim, a temperatura central é apoiada como um indicador de bem-estar para o estresse crônico. A temperatura ocular, devido à sua proximidade com o cérebro, é considerada um bom indicador da temperatura do core (Johnson et al., 2011). Foster & Ijichi (2017) relatam uma correlação positiva entre a temperatura dos olhos, medida com termografia infravermelha e o escore de personalidade responsiva ao estresse em gatos de abrigo (*Felis catus*). Portanto, o aumento da temperatura da superfície ocular serve como indicador para o estresse crônico (Herborn et al., 2018).

Suínos criados em ambientes enriquecidos apresentaram menor temperatura ocular do que animais criados nas mesmas condições, mas em ambiente estéril (Yáñez-Pizaña et al., 2019). Um dos benefícios da musicoterapia durante a gravidez é a queda na frequência cardíaca e pressão arterial na mulher, que pode gerar impacto na temperatura superficial (González et al., 2017b).

Os resultados de Silva (2017) e os apresentados na presente pesquisa mostram que a música influenciou o comportamento dos animais de forma positiva na fase de gestação, aumentando comportamentos positivos entre as fêmeas e reduzindo comportamentos agonísticos e estereotipados, podendo ser possível associar estes resultados com a redução do estresse crônico das

fêmeas. Os dados de termografia colaboram com a afirmação de tais resultados, demonstrando menores temperaturas oculares das fêmeas que ouviam música nos períodos AM-Manhã, DM-Manhã e AM-Tarde, as quais provavelmente se encontravam em maior estado de relaxamento e bem-estar. É possível também evidenciar que as fêmeas do tratamento música na fase de gestação apresentaram redução dos comportamentos estereotipados e agonísticos e aumento das interações positivas.

Uma hipótese para justificar a ausência de diferença significativa entre os tratamentos no período DM-Tarde poderia ser a maior média de temperatura ambiente nesta fase do dia, que teria elevado a temperatura das porcas do grupo música independentemente do *status* psicológico da fêmea. As temperaturas superficiais da porca e a taxa de respiração aumentam com o aumento da temperatura ambiental, levando à termorregulação através da perda de calor com aumento do fluxo sanguíneo para a pele (Malmkvist et al., 2012). A temperatura ambiente considerada ótima para a matriz varia entre 15 e 20 °C (Pandorfi et al., 2007). A média de temperatura ambiente no período de avaliação DM-Tarde foi de 26,6⁰C, ou seja, permaneceram fora da faixa de temperatura ótima para matrizes suínas, afetando a temperatura ocular de todas as porcas na tentativa de termorregulação.

Ao analisar as fêmeas na maternidade, não houve diferença quanto à temperatura ocular entre os tratamentos no período AM-Manhã. Em seu estudo, Thodberg et al. (2002) mostraram que porcas que vieram de gestação em celas individuais apresentaram menores níveis de estresse e melhor adaptação enquanto permaneceram alojadas nas celas de maternidade, diferentemente de fêmeas oriundas de gestação coletiva. Porcas confinadas

em celas de parição apresentaram maior estresse fisiológico com aumento de cortisol do que porcas em maternidade solta (Jarvis et al., 2002).

O ambiente de confinamento afeta a fisiologia da porca durante o parto e a lactação, apresentando como consequência do confinamento a incapacidade de evitar solicitações dos leitões para amamentação devido às restrições físicas da mãe, causando, portanto, maior nível de estresse com efeitos sobre a temperatura superficial. As porcas confinadas apresentam também maior nível de cortisol no período pós-parto, diferentemente de porcas soltas durante a lactação, nas quais o nível de cortisol é naturalmente aumentado no período de parto, porém retorna mais rapidamente aos níveis basais (Oliviero et al., 2008). O ambiente de confinamento das porcas pode ser uma hipótese para a indiferença do tratamento com musicoterapia nas fêmeas em lactação, que não foram capazes de alterar os níveis de cortisol de forma suficiente para reduzir a temperatura ocular.

Outro fator que pode justificar a ausência de diferenças no período AM-Manhã se dá, pois na fase de lactação a fêmea apresenta maior dificuldade de dissipação de calor graças à maior produção de calor endógeno devido ao metabolismo de síntese de leite (Corassa et al., 2014).

No período durante a música pela manhã (DM-manhã), houve diferença significativa entre as fêmeas do grupo CC e CM. O tratamento CM pode ter apresentado maior temperatura ocular quando comparado ao tratamento CC devido à falta de exposição da música durante a gestação, não havendo a construção de uma familiaridade prévia à lactação, que é a fase mais estressante para a fêmea suína. A criação de um ambiente previamente experimentado, como a reprodução de sons com os quais os animais estão

familiarizados em seu ambiente reprodutivo, pode ser uma boa alternativa para reduzir o estresse (de Assis Maia et al., 2013). A ausência de exposição prévia ao enriquecimento auditivo pode ter assustado as fêmeas, que já se encontravam em situação de estresse, quando a música começava a tocar repentinamente no primeiro horário.

Durante o período antes da musicoterapia na parte da tarde, houve diferença estatística entre os grupos MM e MC. Herborn et al. (2018), concluíram que aves (*Gallus gallus domesticus*) que foram expostas à enriquecimento ambiental que posteriormente foram retirados, apresentaram aumentos a longo prazo da temperatura ocular com associação à traços de frustração, como bicar a gaiola. Este mesmo mecanismo pode ter ocorrido com as fêmeas do grupo MC, que haviam se adaptado ao ambiente com enriquecimento auditivo e ao retirá-lo, foram desencadeados sentimentos de expectativa durante o período da manhã, seguidos de frustração no período da tarde, com aumento do estresse e conseqüentemente da temperatura ocular.

Assim como no experimento realizado na gestação, os tratamentos no momento DM-Tarde não diferiram entre si. Novamente, uma provável explicação para tal resultado pode ter sido a influência da temperatura ambiente (média de 26,6⁰C) sobre a ocular.

4.3 Índices Zootécnicos

O manejo em gestação coletiva traz benefícios ao bem-estar das fêmeas, porém pode desencadear alguns problemas relacionados à adoção destes sistemas. Um novo agrupamento social em um espaço limitado resulta em comportamento agressivo entre os animais. Dependendo do status social do animal, isto é, dominante ou subordinado, haverá preferência ou não pelos

recursos, como acesso a alimentação e água. Portanto, os animais que não conseguem lidar apropriadamente com estas situações e possuem acesso limitado aos recursos, podem apresentar bem-estar reduzido e desempenho reprodutivo prejudicado (Einarsson et al., 2008).

Embora não exista consenso sobre qual momento após a inseminação deve ser realizada a transferência das porcas para o sistema de gestação coletiva, pesquisas sugerem que falhas reprodutivas ocorrem mais frequentemente no início da gestação para porcas alojadas em grupo (Karlen et al., 2007) e a maioria das recomendações declara que as porcas não devem ser misturadas até momento que ocorra a implantação embrionária (Von Borell et al., 2007; Schwartz, 2011), o que ocorre de entre os dias 13 e 25 da gestação (Johnson et al., 2009).

Em seus estudos, Stevens et al. (2015) encontraram menos agressão ao misturar porcas no 35º dia da gestação em comparação a mistura entre o primeiro e o sétimo dia após a inseminação. Em estudo semelhante, Knox et al. (2014) observaram o pior desempenho reprodutivo e bem-estar quando as porcas foram misturadas 3 a 7 dias após inseminação. Pode também ocorrer alta incidência de mortalidade pré-natal (30-50%) durante os primeiros 40 dias de gestação devido a ineficiências no desenvolvimento da placenta (Geisert and Schmitt, 2002).

No presente estudo, as fêmeas foram alojadas no sistema coletivo no terço final da gestação, fase de maior ganho de peso dos leitões em que a hiperplasia das fibras musculares está completa, aos 90 dias de gestação (Wigmore e Stickland, 1983). Este fator pode ter corroborado para a ausência de diferenças estatísticas entre o número de nascidos vivos dos tratamentos,

considerando que a implantação embrionária e formação da placenta já havia ocorrido há semanas. Em seus estudos, Tatemoto et al. (2019), também observaram que fêmeas aos 90 dias de gestação submetidas ao enriquecimento ambiental com palha não apresentaram diferença no número de nascidos vivos quando comparadas ao grupo controle.

O terço final da gestação está ligado ao crescimento acelerado dos fetos, com taxas de crescimento individual podendo alcançar 4,1g/d, e desenvolvimento do complexo mamário (McPherson et al., 2004; Trujillo-Ortega et al., 2006). Os leitões do tratamento MM e MC apresentaram as maiores médias de peso ao nascer. Em pesquisa realizada por Liu et al. (2016), os autores observaram que duas semanas de exposição à música reduziu o estresse e ansiedade de mulheres grávidas. Em consonância, Garcia-Gonzalez et al. (2018) observaram que a musicoterapia durante a gestação foi relacionada positivamente com o peso ao nascer de bebês, concluindo haver relação direta entre exposição da mãe à música, menores níveis de ansiedade e maior peso do recém-nascido (Garcia-Gonzalez et al., 2018). Altos níveis de estresse e ansiedade foram relacionados com baixo peso ao nascer de bebês (Copper et al., 1996; Bhagwanani et al., 1997). De modo semelhante às pesquisas relatadas com seres humanos, no presente estudo os leitões dos tratamentos MM e MC apresentaram maiores médias de peso ao nascimento, demonstrando o efeito positivo da musicoterapia durante a fase de gestação em relação ao peso da leitegada, possivelmente em função da redução do estresse, confirmado pela menor frequência de estereotípias e comportamentos agonísticos entre porcas submetidas a estímulo musical no terço final da gestação.

Fornecer um ambiente enriquecido no período pré e pós-parto tende a reduzir o estresse e aumentar os níveis de ocitocina circulante. A ocitocina, um neuropeptídeo liberado pela glândula pituitária posterior, faz a modulação de vínculos e afiliação social (Insel, 2010), atuando como modulador das características maternas e gerando impacto no cuidado das porcas ao deitar-se e levantar, correlacionando-se positivamente com a sobrevivência dos leitões no início da lactação (Yun et al., 2014).

Yun et al. (2013) mostraram que as concentrações circulantes de prolactina nas fêmeas em início de lactação poderiam ser aumentadas com o fornecimento do enriquecimento ambiental no período pré-parto. Portanto, o uso enriquecimento ambiental pode propiciar melhor síntese de lactose e, assim, aumentar a produção de colostro. A maior produção de colostro, quando ingerido pelos leitões, pode levar ao aumento das concentrações das imunoglobulinas G e M, afetando positivamente o desenvolvimento da imunidade (Yun et al., 2014).

Estes mecanismos supracitados, como a melhora do comportamento materno e melhor modulação do sistema imune, podem justificar o melhor desempenho dos tratamentos MM e MC quando comparados ao tratamento CC. A melhora do comportamento materno relacionado à provisão de enriquecimento no pré ou pós-parto, poderia justificar a ausência de diferença significativa no número de desmamados entre CM, MC e MM, no entanto, CM não apresentou diferença em relação ao tratamento CC, podendo neste caso estar relacionado à ausência de enriquecimento ambiental no pré-parto, não ocasionando aumentos tão significativos nos níveis de prolactina, que culminaria em maior produção de colostro e melhor modulação imune dos

leitões. Estes resultados evidenciam, portanto, que o efeito da música, embora positivo nas duas fases reprodutivas da fêmea, foi mais proeminente no pré-parto.

A criação em um ambiente enriquecido no período pré e pós-parto reduz o estresse e aumenta os níveis de ocitocina circulante, afetando positivamente o crescimento dos leitões (Yun et al., 2014), o que poderia justificar os melhores resultados obtidos no tratamento em que a música foi tocada durante a gestação e maternidade quando comparado ao grupo CC. Os piores resultados de peso ao desmame dos leitões do grupo CC podem ser justificados visto que a gestação é naturalmente uma fase potencialmente estressante às fêmeas e, segundo Bosch et al. (2007), o estresse para as porcas na gestação resulta em diminuição do tempo passado no ninho. Avaliando porcas em gestação, Ringgenberg et al. (2012) concluíram que o estresse durante esta fase reduz o cuidado materno, diminuindo as respostas aos chamados dos leitões e a postura de aleitamento. A mistura de fêmeas na gestação coletiva representa um evento estressante que ocorre durante a gestação das matrizes (Silva, 2016).

Ouvir música pode causar uma sensação prazerosa e levar à liberação de dopamina causando aumento do nível de ocitocina (Fallon et al., 2019). O uso da musicoterapia está, portanto, associado à manutenção de um comportamento materno satisfatório, e redução dos níveis de estresse e ansiedade (Nwebube et al., 2017).

4.4 Fator Neurotrófico derivado do Cérebro (BDNF)

Assim como no trabalho de Rault et al. (2018), houve variação interindividual substancial entre leitões, mesmo dentro de tratamentos. Isso

pode refletir uma variação funcional no efeito da música em cada animal, possivelmente dependendo de sua interação com o som. As diferenças na concentração de BDNF podem ocorrer devido à variação biológica normal, que é comumente relatada na literatura do BDNF em outras espécies (Lommatzsch et al., 2005).

Nossos resultados diferem dos encontrados por Kim et al. (2013), em que foi evidenciado o aumento na neuroplasticidade de filhotes de ratos nascidos de mães expostas à musicoterapia.

A estimulação sonora na fase pré-natal aumentou a expressão da proteína sináptica nos núcleos auditivos do tronco cerebral e aumentou o tamanho e o número de neurônios na área de associação auditiva do cérebro anterior dos pintainhos (Alladi et al., 2002). Semelhantemente, uma análise quantitativa de embriões de aves estimulados pelo som, revelou expressão significativamente aumentada de BDNF na área *mediorostral nidopallium e ventral hyperpallium* (MNH), que desempenha um papel fundamental na impressão auditiva (Bredenkötter & Braun, 2000; Panicker et al., 2002). Na vida adulta, foi demonstrado que o enriquecimento ambiental induz alterações comportamentais e de BDNF no cérebro de camundongos, sendo o hipocampo uma das áreas cerebrais mais suscetíveis aos efeitos da reprodução enriquecida (Zhu et al., 2006).

As pesquisas mencionadas acima obtiveram tais conclusões com base em análises de tecido cerebral, diferentemente da presente pesquisa, em que a mensuração do fator neurotrófico derivado do cérebro ocorreu através da análise do soro sanguíneo. Apesar da alta correlação dos níveis de BDNF no soro e plasma com o BDNF no líquido cefalorraquidiano em ratos e suínos

(Klein et al., 2011); a diferença de metodologia para determinação de concentração do BDNF e a não consideração do tamanho de determinadas áreas cerebrais que poderiam ter sido afetadas pela música, pode justificar discordância dos nossos resultados com literaturas encontradas.

Através de amostragens repetidas nos mesmos indivíduos, os resultados mostram que a concentração de BDNF diminuiu com a idade nos tratamentos CC, CM e MC. Este resultado é esperado uma vez que o desenvolvimento cerebral mais intenso está relacionado ao início da vida e ao papel neurotrófico do BDNF. A plasticidade cerebral diminui com o envelhecimento, assim como o BDNF plasmático (Lommatzsch et al., 2005). Uma diminuição na expressão do BDNF está associada a atrofia ou morte neuronal que ocorre, por exemplo, com o envelhecimento ou em alguns distúrbios neurológicos (Murer et al., 2001).

Por outro lado, o tratamento MM não diferiu entre as duas fases de coleta do experimento (nascimento e desmame), e apresentou maior média de concentração ao desmame quando comparado aos outros grupos nesta mesma fase.

Chaudhury & Wadhwa (2009) apontam que grupos estimulados pelo som em fase pré-natal, ao serem expostos novamente ao som em período pós-natal possivelmente apresentem uma resposta aprimorada, com um aumento no mRNA de CREB, que regula a ativação transcricional do gene BDNF através de sua própria fosforilação. Essa hipótese é ainda confirmada por um estudo demonstrando que a exposição à música no período perinatal melhora o desempenho do aprendizado e altera a sinalização de BDNF em camundongos adultos (Chikahisa et al., 2006). Estes resultados sugerem a facilitação da

plasticidade sináptica pós-natal após estimulação pré-natal com música (Roy et al., 2014), o que poderia explicar a maior concentração de BDNF no grupo MM quando comparado aos restantes. Apesar de o fator neurotrófico não apresentar aumento entre o nascimento e o desmame no grupo MM, a musicoterapia pode ter inibido a redução natural da expressão do BDNF, levando à manutenção de sua concentração e maior média em relação aos leitões dos outros tratamentos na mesma idade, que por sua vez apresentaram médias estatisticamente menores ao desmame.

4.5 Nível de Lactato Sanguíneo dos Leitões

A mortalidade dos recém nascidos pode ser associada à alguns fatores, tais como: ordem de nascimento dos leitões, maior intervalo entre nascimentos, duração do parto prolongada e o baixo peso ao nascer dos leitões (Oliviero et al., 2008; Hales et al., 2015; Pedersen et al., 2011). Os fatores mencionados acima estão relacionados com a morte fetal, pois são responsáveis por levar o feto à uma condição de hipóxia, com aumento dos riscos de ruptura prematura do cordão umbilical, resultando em privação de oxigênio ao feto e aumento dos níveis plasmáticos de lactato (Pedersen et al., 2011).

No estudo de Bolhuis et al. (2018), não foram observados resultados diferentes nos níveis de lactato de leitões descendentes de grupos de fêmeas que receberam material de enriquecimento e o controle. Diferentemente, no presente estudo houve diferença significativa na concentração de lactato entre os grupos MM e CC quando comparados ao tratamento CM.

Leitões que foram os primeiros a nascer de sua leitegada apresentaram menores concentrações de lactato do que aqueles que nasceram em 15^a

posição. Estes resultados estão de acordos com estudos encontrados na literatura (Baxter et al., 2009; Oliviero et al., 2010).

5. Conclusão

O benefício observado na manutenção dos níveis de BDNF no grupo MM somado à redução de ansiedade e estresse que a musicoterapia pode trazer aos animais evidencia o enriquecimento ambiental auditivo como uma forma viável e simples de melhorar a qualidade de vida do animal, podendo trazer reflexos positivos na produção.

Mais estudos devem ser feitos para investigar a exposição das fêmeas à música a partir do início da gestação, assim como analisar seus descendentes nas fases subsequentes à maternidade.

6. Referências bibliográficas

Alladi PA, Wadhwa S, & Singh N 2002. Effect of prenatal auditory enrichment on developmental expression of synaptophysin and syntaxin 1 in chick brainstem auditory nuclei. *Neuroscience*, 114(3), 577-590.

Alworth LC, & Buerkle SC 2013. The effects of music on animal physiology, behavior and welfare. *Lab animal*, 42(2), 54.

Baxter EM, Jarvis S, Sherwood L, Robson SK, Ormandy E, Farish M, & Edwards SA 2009. Indicators of piglet survival in an outdoor farrowing system. *Livestock science*, 124(1-3), 266-276.

Baxter EM, Mulligan J, Hall SA, Donbavand JE, Palme R Aldujaili E, & Dwyer CM 2016. Positive and negative gestational handling influences placental traits and mother-offspring behavior in dairy goats. *Physiology & behavior*, 157, 129-138.

Bhagwanani SG, Seagraves K, Dierker LJ, & Lax M 1997. Relationship between prenatal anxiety and perinatal outcome in nulliparous women: a prospective study. *Journal of the National Medical Association*, 89(2), 93.

Bolhuis JE, Raats-van den Boogaard AME, Hoofs AIJ & Soede NM. (2018). Effects of loose housing and the provision of alternative nesting material on peri-partum sow behaviour and piglet survival. *Applied Animal Behaviour Science*, 202, 28-33.

Bosch OJ, Müsch W, Bredewold R, Slattery DA, & Neumann ID 2007. Prenatal stress increases HPA axis activity and impairs maternal care in lactating female offspring: implications for postpartum mood disorder. *Psychoneuroendocrinology*, 32(3), 267-278.

Brajon S, Laforest JP, Schmitt O, & Devillers N 2015. The way humans behave modulates the emotional state of piglets. *PloS one*, 10(8), e0133408.

Bredenkötter M & Braun K 2000. Development of neuronal responsiveness in the mediorostral neostriatum/hyperstriatum ventrale during auditory filial imprinting in domestic chicks. *Neurobiology of learning and memory*, 73(2), 114-126.

Broom DM & Fraser AF 2010. *Comportamento e bem-estar de animais domésticos*. Manole.

Carlstead K & Shepherdson D 2000. Alleviating stress in zoo animals with environmental enrichment. *The biology of animal stress: Basic principles and implications for animal welfare*, 337-354.

Chaloupková H, Illmann G, Bartoš L, & Špinka M. (2007). The effect of pre-weaning housing on the play and agonistic behaviour of domestic pigs. *Applied Animal Behaviour Science*, 103(1-2), 25-34.

Chaudhury S, & Wadhwa S 2009. Prenatal auditory stimulation alters the levels of CREB mRNA, p-CREB and BDNF expression in chick hippocampus. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 27(6), 583-590.

Chikahisa S, Sei H, Morishima M, Sano A., Kitaoka K, Nakaya Y, & Morita Y 2006. Exposure to music in the perinatal period enhances learning performance and alters BDNF/TrkB signaling in mice as adults. *Behavioural brain research*, 169(2), 312-319.

Copper RL, Goldenberg RL, Das A, Elder N, Swain M, Norman G & Jones P 1996. The preterm prediction study: Maternal stress is associated with spontaneous preterm birth at less than thirty-five weeks' gestation. *American journal of obstetrics and gynecology*, 175(5), 1286-1292.

Corassa A, Dal Magro TR, Komiyama CM, Moreira PSA, Ballerini K, Ballerini, N & Pereira TL 2014. Comportamento e parâmetros fisiológicos de porcas em lactação na transição Cerrado-Amazônia. *Comunicata Scientiae*, 5(4), 386-394.

de Assis Maia AP, Sarubbi J, Medeiros BBL & de Moura DJ. (2013). Environmental enrichment as positive welfare of pigs: a review. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 14(14), 2862-2877.

de Jonge FH, Boleij H, Baars AM, Dudink S & Spruijt BM 2008. Music during play-time: Using context conditioning as a tool to improve welfare in piglets. *Applied animal behaviour science*, 115(3-4), 138-148.

Einarsson S, Brandt Y, Rodriguez-Martinez H, & Madej A 2008. Conference lecture: influence of stress on estrus, gametes and early embryo development in the sow. *Theriogenology*, 70(8), 1197-1201.

Endo Y & Shiraki K 2000. Behavior and body temperature in rats following chronic foot shock or psychological stress exposure. *Physiology & behavior*, 71(3-4), 263-268.

Fallon VT, Rubenstein S, Warfield R, Ennerfelt H, Hearn B & Leaver E 2019. Stress reduction from a musical intervention. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1037/pmu0000246>

Forkman B, Boissy A, Meunier-Salaün MC, Canali E & Jones RB 2007. A critical review of fear tests used on cattle, pigs, sheep, poultry and horses. *Physiology & Behavior*, 92(3), 340-374.

Foster S & Ijichi C 2017. The association between infrared thermal imagery of core eye temperature, personality, age and housing in cats. *Applied Animal Behaviour Science*, 189, 79-84.

Garcia-Gonzalez J, Ventura-Miranda MI, Requena-Mullor M, Parron-Carreño T, & Alarcon-Rodriguez R 2018. State-trait anxiety levels during pregnancy and foetal parameters following intervention with music therapy. *Journal of affective disorders*, 232, 17-22.

Geisert RD, & Schmitt RAM 2002. Early embryonic survival in the pig: can it be improved?. *Journal of Animal Science*, 80(1), E54-E65.

González JG, Miranda MV, García FM, Ruiz TP, Gascón MM, Mullor MR & Carreño TP 2017. Effects of prenatal music stimulation on fetal cardiac state, newborn anthropometric measurements and vital signs of pregnant women: A randomized controlled trial. *Complementary therapies in clinical practice*, 27, 61-67.

Hales J, Moustsen VA, Devreese AM, Nielsen MBF & Hansen CF 2015. Comparable farrowing progress in confined and loose housed hyper-prolific sows. *Livestock Science*, 171, 64-72.

Hansen CF, Hales J, Weber PM, Edwards SA & Moustsen VA 2017. Confinement of sows 24 h before expected farrowing affects the performance of nest building behaviours but not progress of parturition. *Applied animal behaviour science*, 188, 1-8.

Herborn KA, Jerem P, Nager RG, McKeegan DE & McCafferty DJ 2018. Surface temperature elevated by chronic and intermittent stress. *Physiology & behavior*, 191, 47-55.

Insel TR 2010. The challenge of translation in social neuroscience: a review of oxytocin, vasopressin, and affiliative behavior. *Neuron*, 65(6), 768-779.

Jansen J, Bolhuis JE, Schouten WG, Spruijt BM & Wiegant VM 2009. Spatial learning in pigs: effects of environmental enrichment and individual characteristics on behaviour and performance. *Animal cognition*, 12(2), 303-315.

Jarvis S, Calvert SK, Stevenson J, Vanleeuwen N & Lawrence AB 2002. Pituitary-adrenal activation in pre-parturient pigs (*Sus scrofa*) is associated with behavioural restriction due to lack of space rather than nesting substrate. *Animal Welfare*, 11(4), 371-384.

Johnson GA, Bazer FW, Burghardt RC, Spencer TE, Wu G, & Bayless KJ 2009. Conceptus-uterus interactions in pigs: endometrial gene expression in response to estrogens and interferons from conceptuses. *Control of pig reproduction VIII*, 321-332.

Johnson SR, Rao S, Hussey SB, Morley PS & Traub-Dargatz JL 2011. Thermographic eye temperature as an index to body temperature in ponies. *Journal of Equine Veterinary Science*, 31(2), 63-66.

Kadry VO & Barreto RE 2010. Environmental enrichment reduces aggression of pearl cichlid, *Geophagus brasiliensis*, during resident-intruder interactions. *Neotropical Ichthyology*, 8(2), 329-332.

Karlen GA, Hemsworth PH, Gonyou HW, Fabrega E, Strom AD & Smits RJ 2007. The welfare of gestating sows in conventional stalls and large groups on deep litter. *Applied Animal Behaviour Science*, 105(1-3), 87-101.

Kim CH, Lee SC, Shin JW, Chung KJ, Lee SH, Shin MS & Kim KH 2013. Exposure to music and noise during pregnancy influences neurogenesis and thickness in motor and somatosensory cortex of rat pups. *Int. Neurorol. J.* 17, 107–113.

Knox R, Salak-Johnson J, Hopgood M, Greiner L & Connor J 2014. Effect of day of mixing gestating sows on measures of reproductive performance and animal welfare. *Journal of animal science*, 92(4), 1698-1707.

Kühlmann AY, de Rooij A, Hunink MG, De Zeeuw CI & Jeekel J 2018. Music affects rodents: a systematic review of experimental research. *Frontiers in behavioral neuroscience*, 12, 301.

Kuhnen G 1999. The effect of cage size and enrichment on core temperature and febrile response of the golden hamster. *Laboratory animals*, 33(3), 221-227.

Liu YH, Lee CS, Yu CH & Chen CH 2016. Effects of music listening on stress, anxiety, and sleep quality for sleep-disturbed pregnant women. *Women & health*, 56(3), 296-311.

Lommatzsch M, Zingler D, Schuhbaeck K, Schloetcke K, Zingler C, Schuff-Werner P & Virchow JC 2005. The impact of age, weight and gender on BDNF levels in human platelets and plasma. *Neurobiology of aging*, 26(1), 115-123.

Malmkvist J, Pedersen LJ, Kammergaard TS & Jørgensen E 2012. Influence of thermal environment on sows around farrowing and during the lactation period. *Journal of Animal Science*, 90(9), 3186-3199.

McPherson RL, Ji F, Wu G, Blanton Jr JR & Kim SW 2004. Growth and compositional changes of fetal tissues in pigs. *Journal of Animal Science*, 82(9), 2534-2540.

Morgan KN & Tromborg CT 2007. Sources of stress in captivity. *Applied animal behaviour science*, 102(3-4), 262-302.

Mosaferi B, Babri S, Mohaddes G, Khamnei S & Mesgari M 2015. Post-weaning environmental enrichment improves BDNF response of adult male rats. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 46, 108-114.

Murer MG, Yan Q & Raisman-Vozari R 2001. Brain-derived neurotrophic factor in the control human brain, and in Alzheimer's disease and Parkinson's disease. *Progress in neurobiology*, 63(1), 71-124.

Novkovic T, Mittmann T & Manahan-Vaughan D 2015. BDNF contributes to the facilitation of hippocampal synaptic plasticity and learning enabled by environmental enrichment. *Hippocampus*, 25(1), 1-15.

Nwebube C, Glover V & Stewart L 2017. Prenatal listening to songs composed for pregnancy and symptoms of anxiety and depression: a pilot study. *BMC complementary and alternative medicine*, 17(1), 256.

Oliviero C, Heinonen M, Valros A & Peltoniemi O 2010. Environmental and sow-related factors affecting the duration of farrowing. *Animal reproduction science*, 119(1-2), 85-91.

Oliviero C, Heinonen M, Valros A, Hälli O & Peltoniemi OAT 2008. Effect of the environment on the physiology of the sow during late pregnancy, farrowing and early lactation. *Animal reproduction science*, 105(3-4), 365-377.

Pandorfi H, Silva IJO, Guiselini C & Piedade S. 2007. The use of fuzzy logic for the productive environment characterization for pregnant sows. *Engenharia Agrícola*, 27(1), 83-92.

Panicker H, Wadhwa S & Roy TS 2002. Effect of prenatal sound stimulation on medio-rostral neostriatum/hyperstriatum ventrale region of chick forebrain: a morphometric and immunohistochemical study. *Journal of chemical neuroanatomy*, 24(2), 127-135.

Pardon MC, Kendall DA, Pérez-Díaz F, Duxon MS & Marsden CA 2004. Repeated sensory contact with aggressive mice rapidly leads to an anticipatory increase in core body temperature and physical activity that precedes the onset of aversive responding. *European Journal of Neuroscience*, 20(4), 1033-1050.

Pedersen LJ, Berg P, Jørgensen G & Andersen IL 2011. Neonatal piglet traits of importance for survival in crates and indoor pens. *Journal of Animal Science*, 89(4), 1207-1218.

Rault JL, Lawrence AJ & Ralph CR 2018. Brain-derived neurotrophic factor in serum as an animal welfare indicator of environmental enrichment in pigs. *Domestic animal endocrinology*, 65, 67-70.

Ringgenberg N, Bergeron R, Meunier-Salaün MC & Devillers N 2012. Impact of social stress during gestation and environmental enrichment during lactation on the maternal behavior of sows. *Applied Animal Behaviour Science*, 136(2-4), 126-135.

Roy C, Lippens L, Kyeiwaa V, Seddon YM, Connor LM & Brown JA 2019. Effects of Enrichment Type, Presentation and Social Status on Enrichment Use and Behaviour of Sows with Electronic Sow Feeding. *Animals*, 9(6), 369.

Roy S, Nag TC, Upadhyay AD, Mathur R & Jain S 2014. Prenatal music stimulation facilitates the postnatal functional development of the auditory as well as visual system in chicks (*Gallus domesticus*). *Journal of biosciences*, 39(1), 107-117.

Rushen J 1984. Stereotyped behavior, adjunctive drinking and the feeding periods of tethered sows. *Anim. Behav.* 32, 1059-1067.

Rutherford K M, Piastowska-Ciesielska A, Donald RD, Robson SK, Ison SH, Jarvis S & Lawrence AB 2014. Prenatal stress produces anxiety prone female offspring and impaired maternal behaviour in the domestic pig. *Physiology & behavior*, 129, 255-264.

Schwartz M 2011. A comparison of group-housed gestation and stalled gestation within a system.

Sheikhi S & Saboory E 2015. Neuroplasticity changes of rat brain by musical stimuli during fetal period. *Cell Journal (Yakhteh)*, 16(4), 448.

Silva FRS 2016. Efeito do enriquecimento sensorial auditivo (música) no bem-estar de matrizes suínas gestantes (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

Silva FR, Miranda KODS, Piedade SMDS & Salgado DDA 2017. Effect of auditory enrichment (music) in pregnant sows welfare. *Engenharia Agrícola*, 37(2), 215-225.

Stevens B, Karlen GM, Morrison R, Gonyou HW, Butler KL, Kerswell KJ & Hemsworth PH 2015. Effects of stage of gestation at mixing on aggression, injuries and stress in sows. *Applied animal behaviour science*, 165, 40-46.

Stewart M, Stafford KJ, Dowling SK, Schaefer AL & Webster JR 2008. Eye temperature and heart rate variability of calves disbudded with or without local anaesthetic. *Physiology & Behavior*, 93(4-5), 789-797.

Tatemoto P, Bernardino T, Alves L, de Oliveira Souza AC, Palme R & Zanella AJ 2019. Environmental enrichment for pregnant sows modulates HPA-axis and behavior in the offspring. *Applied Animal Behaviour Science*, 220, 104854.

Thodberg K, Jensen KH & Herskin MS 2002. Nest building and farrowing in sows: relation to the reaction pattern during stress, farrowing environment and experience. *Applied Animal Behaviour Science*, 77(1), 21-42.

Trujillo-Ortega ME, Mota-Rojas D, Hernández-González R, Velázquez-Armenta EY, Nava-Ocampo AA, Ramírez-Necoechea R & Alonso-Spilsbury M 2006. Obstetric and neonatal outcomes to recombinant porcine somatotropin administered in the last third of pregnancy to primiparous sows. *Journal of endocrinology*, 189(3), 575-582.

Van de Perre V, Driessen B, Van Thielen J, Verbeke G & Geers R 2011. Comparison of pig behaviour when given a sequence of enrichment objects or a chain continuously. *Animal Welfare*, 20(4), 641-649.

Van de Weerd HA, & Day JE 2009. A review of environmental enrichment for pigs housed in intensive housing systems. *Applied Animal Behaviour Science*, 116(1), 1-20.

Vanheukelom V, Driessen B & Geers R 2012. The effects of environmental enrichment on the behaviour of suckling piglets and lactating sows: A review. *Livestock Science*, 143(2-3), 116-131.

Von Borell E & Hurnik JF 1991. Stereotypic behavior, adrenocortical function, and open field behavior of individually confined gestating sows. *Physiology & behavior*, 49(4), 709-713.

Von Borell E, Dobson H & Prunier A 2007. Stress, behaviour and reproductive performance in female cattle and pigs. *Hormones and Behavior*, 52(1), 130-138.

Weinstock M 2008. The long-term behavioural consequences of prenatal stress. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 32(6), 1073-1086.

Wemelsfelder F, Haskell M, Mendl MT, Calvert S & Lawrence AB 2000. Diversity of behaviour during novel object tests is reduced in pigs housed in substrate - impoverished conditions. *Animal Behaviour*, 60 (3), 385-394.

Weschenfelder AV, Saucier L, Maldague X, Rocha LM, Schaefer AL & Faucitano L 2013. Use of infrared ocular thermography to assess physiological conditions of pigs prior to slaughter and predict pork quality variation. *Meat science*, 95(3), 616-620.

Wigmore PM & Stickland NC 1983. Muscle development in large and small pig fetuses. *Journal of anatomy*, 137(2), 235.

Yáñez-Pizaña A, Mota-Rojas D, Ramírez-Necochea R, Castillo-Rivera M, Roldán-Santiago P, Mora-Medina P & González-Lozano M 2019). Application of infrared thermography to assess the effect of different types of environmental enrichment on the ocular, auricular pavilion and nose area temperatures of weaned piglets. *Computers and electronics in agriculture*, 156, 33-42.

Yun J, Swan KM, Oliviero C, Peltoniemi O & Valros A 2015. Effects of prepartum housing environment on abnormal behaviour, the farrowing process, and interactions with circulating oxytocin in sows. *Applied Animal Behaviour Science*, 162, 20-25.

Yun J, Swan KM, Vienola K, Farmer C, Oliviero C, Peltoniemi O & Valros A 2013. Nest-building in sows: effects of farrowing housing on hormonal modulation of maternal characteristics. *Applied Animal Behaviour Science*, 148(1-2), 77-84.

Yun J, Swan KM, Vienola K, Kim YY, Oliviero C, Peltoniemi OAT & Valros A 2014. Farrowing environment has an impact on sow metabolic status and piglet colostrum intake in early lactation. *Livestock Science*, 163, 120-125.

Zebunke M, Puppe B & Langbein J 2013. Effects of cognitive enrichment on behavioural and physiological reactions of pigs. *Physiology & behavior*, 118, 70-79.

Zhou Q, Sun Q, Wang G, Zhou B, Lu M, Marchant-Forde JN & Zhao R 2014. Group housing during gestation affects the behaviour of sows and the physiological indices of offspring at weaning. *animal*, 8(7), 1162-1169.

Zhu SW, Yee BK, Nyffeler M, Winblad B, Feldon J & Mohammed AH 2006. Influence of differential housing on emotional behaviour and neurotrophin levels in mice. *Behavioural Brain Research*, 169(1), 10-20.

Considerações Finais

É crescente a preocupação dos consumidores e da comunidade científica ao tratar-se da qualidade de vida dos animais nos sistemas de produção. O mercado externo, como a Europa, apresenta diversas exigências à carne brasileira. Apesar de atualmente não se mostrar como um expressivo importador de carne suína do Brasil, com acordos firmados com o Mercosul, a exportação de carne para a União Europeia pode aumentar caso sejam atendidas suas condições.

Muitas vezes os sistemas de criação ao ar livre ou aumento de espaço suficiente para atender todas as necessidades naturais do animal, aparecem como práticas financeiramente e sanitariamente inviáveis. Sendo assim, a adoção de técnicas de enriquecimento ambiental pode ser atrativa como forma de melhorar o bem-estar de suínos em sistemas intensivos.

Apesar de diversos trabalhos mostrarem os efeitos positivos do enriquecimento ambiental, muitas vezes sua aplicabilidade é limitada e pouco disseminada entre as granjas comerciais, carregando ainda uma bagagem de preconceito e desinformação.

O enriquecimento ambiental utilizando a música é uma forma extremamente fácil e barata de melhorar o espaço de criação para os animais e, muitas vezes, para os funcionários também. A musicoterapia não requer difíceis manutenções, não apresenta altas taxas de necessidade de substituição, não requer mão-de-obra especializada, podendo ser tocada em qualquer dispositivo de música.

Os dados desta pesquisa demonstram diversos benefícios da musicoterapia. Evidenciando caracteres relaxantes, relacionados à neuroplasticidade e aos índices zootécnicos.

A obtenção do tecido cerebral dos animais pode retratar de forma mais fidedigna as concentrações do BDNF. Deve-se também destacar a importância de realizar a avaliação deste fator nas fêmeas, para validar ou não o efeito da música em tal proteína neurotrófica de animais mais velhos.

O uso de música durante toda a vida reprodutiva da fêmea deve ser explorado, para averiguar se há impacto em número de conceptos e maiores diferenças em taxas reprodutivas. Da mesma forma, leitões que vieram de matrizes expostas à música desde o início da gestação, e forem expostos à música durante as fases do ciclo produtivo, podem apresentar melhor desempenho e comportamento, pois assim, haveria redução de estresse pela inclusão da música e criação de um ambiente familiar.

Ao apresentar os resultados do presente estudo para empresas do ramo suinícola, evidenciando-se todos os efeitos benéficos da música, pode ser possível atingir uma boa adesão à esta prática de manejo, com efeitos positivos no bem-estar e na lucratividade do produtor.

A musicoterapia pode gerar um impacto positivo aos funcionários, uma vez que ela é capaz de diminuir o estresse e gerar relaxamento. No entanto, é necessária a disposição do indivíduo para aproveitar os benefícios da musicoterapia. O ceticismo e a resistência às mais diversas formas de enriquecimento ambiental, podem ser fatores que se tornam empecilhos à adoção de tais medidas.