



Universidade Federal do Maranhão
Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal

**PREDIÇÃO DO PESO CORPORAL DE SUÍNOS “TIPO BANHA” POR MEIO DE
MEDIDAS MORFOMÉTRICAS**

CLAUDIA CRISTINA PAIVA COUTINHO

CHAPADINHA-MA
2025

PREDIÇÃO DO PESO CORPORAL DE SUÍNOS “TIPO BANHA” POR MEIO DE MEDIDAS MORFOMÉTRICAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. Jefferson Costa de Siqueira

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Dáphinne C. Nagib Nascimento

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Coutinho, Claudia Cristina Paiva.

PREDIÇÃO DO PESO CORPORAL DE SUÍNOS TIPO BANHA POR MEIO
DE MEDIDAS MORFOMÉTRICAS / Claudia Cristina Paiva
Coutinho. - 2025.

40 f.

Coorientador(a) 1: Dáphinne C. Nagib Nascimento.

Orientador(a): Dr. Jefferson Costa de Siqueira.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em
Ciência Animal/ccch, Universidade Federal do Maranhão,
Chapadinha-ma, 2025.

1. Morfometria. 2. Regressão Linear Múltipla. 3. Sus
Scrofa Domesticus. I. Nascimento, Dáphinne C. Nagib. II.
Siqueira, Dr. Jefferson Costa de. III. Título.

CLAUDIA CRISTINA PAIVA COUTINHO

**PREDIÇÃO DO PESO CORPORAL DE SUÍNOS “TIPO BANHA” POR
MEIO DE MEDIDAS MORFOMÉTRICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Maranhão, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Aprovada em: ____ / ____ / ____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Jefferson Costa de Siqueira (Orientador)
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Nítalo André Farias Machado
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe
Universidade Federal do Ceará

Pratique essas coisas e se dedique a elas a fim de que o seu progresso seja visto por todos. Cuide de você mesmo e tenha cuidado com o que ensina. Continue fazendo isso, pois assim você salvará tanto você mesmo como os que o escutam.

(BÍBLIA, 1 Timóteo 4:15 e 16)

AGRADECIMENTOS:

Primeiramente a Deus, pois sem Ele, eu nada seria e jamais teria atingido voos tão altos e de já O agradeço pelos voos que ainda virão e sei que são imensuravelmente maiores dos que os que já fui desafiada;

À minha mãe, Suely Coutinho, a minha linda flor de Lótus, pela dedicação, amor e confiança que sempre dedicou a mim. Você me ensinou a sempre confiar em Deus, força maior para todas as adversidades e doador de sabedoria para entendimento de todos os acontecimentos da minha vida. Sem você eu jamais teria chegado aqui. Foi você que me deu forças pra continuar lutando e me serviu de inspiração, me ensinando que ser honesta e bondosa é a única opção;

Ao meu amado esposo, Pedro Ivo Paiva Ferreira que dedicou a mim muito amor, companheirismo, paciência e até mesmo tempo e força em dias de coleta de dados. Mesmo sendo atuante de uma área profissional totalmente diferente da minha, não mediu esforços para me ajudar a finalizar as pesagens e me deu todo suporte que eu precisava para a escrita dessa dissertação. Sou eternamente grata a Deus pela pessoa que tenho ao meu lado;

Ao professor Jefferson Siqueira, meu orientador, pela dedicação em me orientar da forma mais justa e dinâmica. E por ter contribuído tanto para escolhas que guiam meu caminho como profissional. Muito obrigada por cada lição ensinada e cada oportunidade que me deste! Carregar a responsabilidade de ser chamada de orientada do prof. Jefferson Siqueira é uma enorme honra;

À minha coorientadora, professora Dáphinne C. Nagib Nascimento, por ter pontuado detalhes de tão grande valia na pesquisa. E por sua presença sempre marcante, com muito profissionalismo e amor. Sem dúvida, és um dos meus exemplos profissionais femininos que admiro e me inspiro.

Aos meus pastores Bruno Garreto e Anna Paula Garreto por sempre me apoiarem, incentivarem e orarem por mim. Vocês são exemplos de pessoas que muito me inspiram e me estimulam a ir mais longe para que Deus seja glorificado em cada vitória. Obrigada, pastora Anna Paula, por todo apoio e paciência quando eu lhe mandava mensagens desesperadas chamando: “pastoraaaaaa, me ajuda”. Você é uma mulher que muito admiro e me sinto honrada de ter sua amizade e pastoreio;

Aos meus tios Domingos Costa e Auzenira Cunha e prima Paula Cunha. O apoio de vocês sempre foi e será muito importante para mim;

Aos amigos que o curso me proporcionou, Carolaine Martins, Gildeane Castelo Branco, Milena Rodrigues e Yara Lima, por todo apoio, incentivo e suporte nos momentos de tensão;

Aos amigos que me apoiaram e entenderam meus momentos durante esse ciclo, Átila Cunha, Maria das Graças, Leilane Carvalho, Marta Rodrigues, Klevia Reis e Augusto Espósito;

Aos criadores locais de suínos, pela disponibilidade e apoio na realização das pesagens dos suínos, uma etapa essencial para a conclusão desse estudo. Sem a enorme ajuda de cada um, eu não poderia ter concluído essa pesquisa;

Aos membros da banca do exame de qualificação, minha Co-orientadora, Dáphinne Cardoso Nagib do Nascimento, e professor Wagner Azis Garcia de Araújo (Avaliador externo) e de defesa, professor Pedro Henrique Watanabe (Avaliador externo) e professor Nítalo André Farias Machado, pela disponibilidade de ser membros da banca e contribuição imensurável;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da UFMA, por todos os ensinamentos repassados que serão de grande valia;

Aos funcionários do Programa de Pós-Graduação, Tomáz e Daniel, pelas ajudas incontáveis e conversas;

A todos os funcionários do Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, em especial aos senhores vigilantes Raimundo Nonato Lopes Ferreira, Absay Gomes Barro e Willames Santos do Nascimento. Levarei comigo cada lição e riso que vocês me proporcionaram. Admiro cada um e sou muito honrada de poder chamá-los de amigos;

A todos que participaram com muito empenho na execução do experimento: Thaynara Oliveira, Yasmim França, Maycon Diniz, Dougla Pimenta, Thallynson Francelino e Josiele Chaves

Ao Centro de Ciências Agrárias e Ambientais e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, da Universidade Federal do Maranhão pela oportunidade de realização do curso.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA), pela concessão da bolsa de estudo;

Agradeço a todos que de alguma forma me ajudaram ou torceram por mim e não foram citados.

MUITO OBRIGADA!

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Média, desvio padrão, mediana, valores máximos e mínimos e coeficiente de variação das variáveis avaliadas em suínos machos do tipo banha. ¹	28
Tabela 2. Média, desvio padrão, mediana, valores máximos e mínimos e coeficiente de variação das variáveis avaliadas em fêmeas suínas tipo banha. ¹	29
Tabela 3. Coeficiente de correlação de Pearson (r) e significância para as variáveis avaliadas em suínos tipo banha machos. ¹	29
Tabela 4. Coeficiente de correlação de Pearson (r) e significância para as variáveis avaliadas em suínos tipo banha fêmeas. ¹	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ilustração das características morfométricas avaliadas	26
Figura 2. Representação gráfica dos peso estimados plotados em relação ao peso observado CT de 53 suínos “tipo banha”	33

SUMÁRIO

RESUMO GERAL.....	9
INTRODUÇÃO GERAL.....	10
CAPÍTULO I.....	12
REVISÃO DA LITERATURA.....	12
REFERÊNCIAS.....	19
CAPÍTULO II.....	23
ARTIGO: Predição do Peso Corporal de Suínos “Tipo Banha” por Meio de Medidas Morfométricas.....	23
RESUMO.....	23
INTRODUÇÃO.....	24
MATERIAL E MÉTODOS.....	26
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
CONCLUSÃO.....	35
REFERÊNCIAS.....	36

RESUMO GERAL

Os suínos sem raça definida do tipo banha desempenham um papel essencial na suinocultura de subsistência em regiões em desenvolvimento, pois são criados de modo extensivo ou semi-extensivo por produtores rurais com baixo poder aquisitivo, possuindo um baixo custo de implantação. A maioria desses produtores não realizam controle zootécnico de seus rebanhos e não fazem o acompanhamento periódico do peso corporal dos animais, pois a aquisição de balanças torna-se inviável devido ao seu alto custo. Diante disso, o presente estudo objetivou elaborar modelos matemáticos de predição do peso corporal de “suíno tipo banha” criados de modo extensivo ou semiextensivo em função de suas medidas morfométricas. Foram coletados dados de peso corporal (PC), comprimento de carcaça (CC), circunferência torácica (CT) e de quadril (CQ), altura de cernelha (AG) e de quadril (AG) de 240 animais, sendo 122 machos e 118 fêmeas, com PC entre 4,7 e 68,0 kg, criados em pequenos estabelecimentos rurais com perfil familiar, localizados no município de Chapadinha-MA e municípios adjacentes. Foram calculadas as médias, desvios padrão, coeficientes de variação e valores máximo e mínimo de todas as medidas e em seguida foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson (r), mostrando que as características analisadas apresentaram fortes correlações ($r \geq 90$) com o PC, tanto nos machos, quanto nas fêmeas. A variável de maior correlação com o PC em ambos os sexos foi a CT ($r = 0,96$) e a de menor correlação foi AC ($r = 0,91$) para os machos e AG e CC para as fêmeas ($r = 0,90$). Logo após, os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Cramer-von Mises) e os dados de machos e fêmeas foram submetidos separadamente à análise de regressão linear múltipla pelo método de seleção Stepwise. Posteriormente as equações de machos e fêmeas foram comparadas pelo teste F, não havendo diferença entre os sexos ($P = 0,376$). Isso evidenciou que apenas uma equação é suficiente para explicar a variação do peso corporal de machos e fêmeas, sendo: PC: $-35,51 (\pm 1,03) + 0,80 (\pm 0,04) \times CT + 0,11 (\pm 0,04) \times CC$ ($R^2=0,93$; $P<0,0001$). Em seguida, os dados de CC e CT de 53 suínos com pesos compreendidos entre 6,5 e 42,8 kg que não participaram da parametrização da equação foram utilizados para estimar o PC, a fim de avaliar a aplicabilidade prática da equação geral. Observou-se uma alta correlação entre valores preditos e observados ($r = 0,96$), sugerindo boa capacidade preditiva da equação. Tal resultado evidencia que CC e CT são medidas morfométricas suficientes para predizer o PC de suínos tipo banha de maneira precisa, podendo favorecer pequenos produtores de suínos que não dispõem de balanças em suas propriedades.

PALAVRAS-CHAVE: Morfometria, Regressão linear múltipla, *Sus scrofa domesticus*

INTRODUÇÃO GERAL

A suinocultura atualmente desempenha um papel relevante no cenário do agronegócio, pois tornou-se um dos seus principais pilares econômicos, especialmente em regiões rurais, onde a criação de suínos pode ser uma fonte de renda para pequenos criadores que se distinguem por sua baixa tecnificação (Mathobela *et al.*, 2024). Embora nas últimas décadas a demanda dos consumidores tenha sido por carne suína magra, o suíno sem raça definida classificado como “tipo banha”, por sua estrutura corporal robusta e arredondada com maior acúmulo de gordura subcutânea, destaca-se por sua rusticidade e adaptação às diversas condições de criação, tornando-se de grande importância nos sistemas de criação extensivos ou semi-extensivos (Carvalho e Viana, 2011).

Os sistemas de criação extensivos ou semiextensivos oferecem ao pequeno criador uma diversidade de benefícios, pois permitem que recursos locais, como resíduos de culturas agrícolas, sejam utilizados para a alimentação dos animais. Esses sistemas também fornecem maior liberdade de movimento ao animal e menor densidade populacional do rebanho, o que contribui para a melhoria no bem-estar animal, além de diminuir os custos com instalações (Araújo *et al.*, 2020; Anis *et al.*, 2020; Da Silva e Xavier, 2023). Entretanto, são sistemas que apresentam desafios consideráveis, como o baixo controle sanitário, a variabilidade genética dos animais e a falta de infraestrutura para um controle zootécnico eficiente.

O peso corporal é um parâmetro essencial na suinocultura, pois possibilita entender o potencial genético, adequar o manejo nutricional e sanitário, e até mesmo o ambiente em que os animais estão sendo criados. Também se torna indispensável para a administração de medicamentos e parasiticidas, para precificação no momento de compra e venda dos animais e gerenciamento das atividades de seleção de animais com maior ganho de peso (Li *et al.*, 2013; Wang *et al.*, 2018; Franchi *et al.*, 2023).

Porém o que se observa é que grande parte dos pequenos estabelecimentos rurais que criam suínos de forma semiextensiva ou extensiva não possuem balanças em suas propriedades, inviabilizando assim o acompanhamento periódico do peso corporal de seus rebanhos. Nesse contexto, surge a necessidade de métodos alternativos e acessíveis para estimar o PC, especialmente por meio de medidas morfométricas, como comprimento de carcaça, circunferência torácica e de quadril e alturas de cernelha e garupa.

Nos últimos 30 anos, estudos realizados em diferentes sistemas de produção têm buscado métodos para estimar o peso corporal dos suínos sem o auxílio de balanças (Frost *et*

al., 1997; Menesatti *et al.*, 2014, Itoh *et al.*, 2017; Zhang *et al.*, 2021, Chen *et al.*, 2023), tornando possível a obtenção do peso corporal dos suínos de forma indireta. Sendo assim, uma alternativa economicamente viável e prática para obtenção do peso dos suínos sem o auxílio de balanças é a utilização de equações de predição elaboradas a partir de medições de características morfométricas.

Vários autores (Mutua *et al.*, 2011; Alenyorege *et al.*, 2013; Walugembe *et al.*, 2014; Sungirai *et al.*, 2014; Palhares *et al.*, 2018; De Holanda *et al.*, 2020; Panda *et al.*, 2021) utilizaram métodos de regressão para estimar o peso corporal por meio de características morfométricas (comprimento de carcaça, circunferência torácica, do pescoço e do quadril, alturas da cernelha e garupa, entre outras) em suínos de diferentes raças, categorias, idades e sistemas de criação, permitindo uma rápida avaliação do peso corporal dos animais.

Partindo do pressuposto que essas equações se aplicam para animais de genótipos e faixas de peso semelhantes criados em condições compatíveis com aquelas utilizadas na realização dos estudos, existe uma lacuna na literatura no que se refere ao desenvolvimento de modelos específicos para suínos “tipo banha” criados de modo extensivo ou semiextensivo.

Com base nisso, este estudo objetivou elaborar equações de predição do peso corporal de “suíno tipo banha” criados de modo extensivo ou semiextensivo, visando identificar as medidas morfométricas mais relevantes para a predição.

CAPÍTULO I

REVISÃO DA LITERATURA

Suínos e suinocultura de subsistência

O suíno doméstico é pertencente à família *Suidae*, sendo um animal onívoro que consegue digerir bem todos os alimentos, com exceção dos que contém celulose. São animais que possuem paladar bem desenvolvido, com aproximadamente 19.000 papilas gustativas, o segundo mamífero com mais papilas (Barreto, 1973). Possuem patas curtas, cabeça triangular, focinho cartilaginoso e epiderme de pelagem espessa que recobre uma camada de toucinho (Studnitz *et al.*, 2007). Sua carne é a proteína animal mais consumida no mundo, porém não é único produto final de sua criação, podendo ser produzidos banha, couro e seus dejetos podem ser aplicados como fertilizante em lavouras e utilizados para produção de biogás, uma alternativa de energia elétrica limpa (Anis *et al.*, 2020; USDA, 2024).

Atualmente estão catalogadas mais de 350 raças de suínos distribuídas em todo mundo, porém apenas uma pequena parcela tem distribuição universal. Do ponto de vista comercial, são as raças do “tipo carne”, criadas intensivamente, que são utilizadas para suprir mundialmente a demanda de carne suína. As raças do “tipo carne” têm sua morfologia caracterizada pela baixa deposição de gordura e grande volume corporal nas regiões de cortes nobres, como lombo e pernil e apresenta excelente desempenho produtivo e reprodutivo, devido, em parte, ao melhoramento genético da carcaça (Silva, 2021).

O suíno “tipo banha” é especialmente importante para aquelas propriedades que executam uma suinocultura de subsistência, que se refere à criação de suínos em pequena escala, geralmente para atender à necessidade alimentar e econômica de uma família. Esse animal apresenta distribuição equilibrada entre as regiões torácicas e pélvicas e possui enrugamento de pele, que permite a expansão subcutânea para a deposição de tecido adiposo. Apresenta baixo desempenho produtivo e reprodutivo (Sarcinelli *et al.*, 2007), porém, devido à sua rusticidade, possui boa tolerância ao estresse térmico, resistência a doenças e ectoparasitas, se adaptando bem ao sistema de criação extensivo ou semiextensivo (Mariante *et al.*, 2003; Araújo *et al.*, 2020), e são criados principalmente em regiões em desenvolvimento, por produtores rurais com baixo poder aquisitivo.

Os pequenos produtores, que geralmente diversificam suas atividades com lavouras e criação de animais, a fim de diluir os custos e aumentar a renda familiar, encontram na

criação de suínos “tipo banha” a oportunidade de lucratividade com baixo investimento, visto que os mesmos utilizam principalmente mão de obra familiar, alimentam esses animais com restos de lavouras ou de alimentação humana e geralmente os animais circulam livremente por suas propriedades, diminuindo assim, os custos com instalações (Castro *et al.*, 2003; Mutua *et al.*, 2011; Anis *et al.*, 2020).

Devido ao maior tempo livre desses animais, sua criação de modo extensivo ou semiextensivo permite que os suínos expressem seu comportamento natural, gerando menos estresse que nas condições de criação intensiva, onde há o confinamento em espaços praticamente sem estímulos e com alta densidade de animais alojados (Machado Filho e Hotzel, 2000; Terlouw *et al.*, 2008).

No entanto, a suinocultura de subsistência pode trazer consigo alguns percalços, tais como a falta de apoio técnico aos produtores, ausência de controle zootécnico, a falta de equipamentos e estruturas físicas adequadas, como balanças e maternidades com escamoteadores, e em alguns casos, problemas sanitários causados pela ausência de manejo adequado. Por consequência, os produtores acabam tomando decisões errôneas, culminando na redução da lucratividade (Da Silva e Xavier, 2023; Acioly *et al.*, 2023).

Importância do acompanhamento do peso corporal dos suínos

O peso corporal dos suínos desde o seu nascimento até a fase adulta segue um padrão de crescimento em forma de curva sigmoide (em forma de “S”), modelada por uma regressão não linear. Essa curva exprime um período de crescimento na taxa de ganho de peso que vai do seu nascimento até atingir ponto de inflexão da curva, correspondente ao peso corporal maduro do animal. Os tecidos dos suínos evoluem de maneira distinta ao longo da sua vida, desenvolvendo primeiro os tecidos ósseos e musculares até sua fase de maturidade e em seguida ocorre o aumento da deposição de gordura corporal (Freitas, 2005; Fernandes *et al.*, 2012; Borges *et al.*, 2021).

Durante as fases de crescimento e engorda, o peso corporal é um indicador do potencial genético, da adequação do manejo nutricional e sanitário, e do ambiente em que estão sendo criados. Animais com maior eficiência na conversão alimentar, conseguem converter ração em carne de forma mais eficiente, o que resulta em menor prazo para comercialização do animal, permitindo assim que o criador tenha menos custos de produção e maior lucratividade. Além disso, o peso corporal é um fator de extrema importância na

determinação do momento ideal de abate, variando de acordo com a preferência do consumidor e do mercado local (Doeschl-Wilson *et al.*, 2004; Li *et al.*, 2013).

Adicionalmente, o peso corporal é indispensável para o criador administrar medicamentos e parasiticidas, para o gerenciamento da atividade de seleção dos animais com maiores ganho de peso, para a precificação do animal no momento da comercialização, e para que o criador possa acompanhar os índices zootécnicos de seu rebanho. Portanto a verificação periódica do peso corporal é de fundamental importância na produção animal em todas as suas fases (Gusmão Filho *et al.*, 2009; Wang *et al.*, 2018; Da Cunha *et al.*, 2024).

Formas de obtenção do peso corporal

Existem duas formas para a obtenção do peso corporal dos animais: a pesagem direta e a indireta. Na pesagem direta são utilizadas balanças de modelos digitais ou mecânicos. É uma metodologia mais precisa para se obter o peso corporal dos animais e que fornece ao criador uma maior segurança em seus dados. Todavia esse método eleva os custos de produção, pois demanda maior mão de obra, devido a necessidade de contenção dos animais e deslocamento dos mesmos até o local de pesagem. Também se torna um método inviável para pequenos produtores, devido aos preços das balanças comerciais serem muito acima da realidade econômica destes produtores (Wang *et al.*, 2006; Zaragoza, 2009).

Além disso, o método direto pode resultar em estresse aos animais, devido a forma de manejo no momento da pesagem, gerando mudanças no comportamento alimentar dos mesmos e, conseqüentemente, à diminuição do ganho médio de peso diário. Do mesmo modo, o seu manejo pode ser demorado e muitas vezes desgastante para os animais e manejadores, o que torna a pesagem uma tarefa exaustiva. Assim muitos criadores optam por não utilizarem esse método em suas propriedades (Li *et al.*, 2022; Franchi *et al.*, 2023).

Uma alternativa para minimizar os entraves da pesagem direta é a pesagem indireta, que utiliza medidas morfométricas para prever o peso corporal sem a necessidade do auxílio de uma balança. A forma mais utilizada pelos pequenos criadores é a estimativa visual, que Mutua *et al.* (2011) concluíram ser imprecisa. Em seu estudo com pequenos criadores do oeste do Quênia, os autores observaram que a estimativa visual do peso de suínos subestima o peso real desses. Isso resulta em prejuízos financeiros em todas as fases de criação, impedindo o criador de alcançar o verdadeiro potencial de seu rebanho.

Outras formas de pesagem indireta são modelos que utilizam processamento de

imagens e redes neurais, que consiste em capturas de imagem da vista superior dos suínos, analisando a razão entre os pixels dos suínos e a área total da imagem, utilizando programação Python. Também podemos incluir como método indireto de pesagem a visão computacional 3D, que utilizam câmeras de profundidade para registrar vídeos aéreos dos animais em baias separadas e em seguida, os vídeos são processados automaticamente para segmentação da imagem e a extração das características morfométricas dos animais (Minagawa *et al.*, 1997; Wang *et al.*, 2018; Kaewtapee *et al.*, 2019; Franchi *et al.*, 2023)

Pode-se também citar a utilização de aplicativos de medição de imagens para *smartphone*. Esse método usa como objetos de referência bidimensional alguns cartões de cor branca (a fim de serem facilmente distinguidos da cor dos animais) com suas dimensões previamente conhecidas, fixados na lateral e dorso dos suínos para realizar o método de densidade de pixels das imagens. Assim pode-se realizar a comparação entre a dimensão de pixels do cartão referência e do suíno avaliado, obtendo uma estimativa das medidas morfométricas em comparação com as medidas já conhecidas do cartão referência fixado no seu corpo. Com as medidas calculadas, é estimado o peso corporal dos animais por meio de equações preditoras, necessitando assim de um *smartphone* com boa resolução de câmera (Kashiha *et al.*, 2014; He *et al.*, 2021; Li *et al.*, 2022; Thapar *et al.*, 2023).

No entanto, todas essas abordagens enfrentam uma objeção comum: são técnicas que exigem, em geral, câmeras de alta resolução e de alto custo, computadores de última geração e softwares específicos, mão de obra especializada e em alguns casos, gaiolas específicas para fotografar os animais. Isso torna esses métodos adequados para fazendas com alto grau de tecnificação e produtores bem instruídos, porém para pequenos estabelecimentos rurais com pequenas quantidades de suínos criados de forma semiextensiva ou extensiva, tornam-se métodos inviáveis (Thapar *et al.*, 2023).

Contudo, há outra forma de pesagem indireta que pode ser facilmente utilizada pelo criador: a utilização de modelos de predição de regressão linear. Para isso, o produtor rural precisará apenas de uma fita métrica e uma calculadora ou conhecimentos básicos de matemática, como multiplicação, adição e subtração, permitindo que o pequeno criador realize a estimativa do peso corporal de seus animais de forma prática e precisa. O desenvolvimento de equações matemáticas para predizer o peso corporal de suínos de diferentes raças, categorias, idades e sexo, em função de suas medidas morfométricas vem sendo estudado por diferentes autores (Machebe e Ezekwe, 2010; Mutua *et al.*, 2011;

Alenyorege *et al.*, 2013; Sungirai *et al.*, 2014; Palhares *et al.*, 2018; De Holanda *et al.*, 2020; Panda *et al.*, 2021; Baruzzi *et al.*, 2023). Estes realizaram várias mensurações morfométricas, como comprimento de carcaça, circunferência torácica, do pescoço e do quadril, alturas da cernelha e garupa, largura entre ílios, entre outras, e obtiveram correlações positivas e significativas entre essas medidas e o peso corporal.

Pesquisas dessa natureza utilizaram equações baseadas em medidas morfométricas de forma isolada ou em conjunto através de modelos de regressão linear simples e múltipla, respectivamente. A regressão linear simples tem por objetivo avaliar o impacto de uma variável preditora em um resultado específico, ou seja, ela avalia o quanto uma única variável independente explica uma variável dependente. Em se tratando de medidas corporais de suínos, a regressão linear simples avalia o quanto uma medida morfométrica isoladamente explica a variação de peso corporal do animal. Por outro lado, a regressão linear múltipla é utilizada quando se modela a relação entre uma variável contínua e múltiplas variáveis predictoras, ou seja, avalia o quanto duas ou mais características morfométricas explicam a variação do peso corporal dos suínos estudados.

Quando se fala em predição de peso corporal em função de medidas morfométricas isoladas, podemos afirmar que a circunferência torácica, que corresponde à circunferência imediatamente atrás dos membros torácicos e à frente das primeiras glândulas mamárias, e o comprimento de carcaça, que corresponde à extensão do corpo do animal da inserção da orelha até a inserção da cauda, são as medidas importantes para explicar a variação do peso corporal. Isso foi afirmado por Groesbeck *et al.* (2002), que avaliaram a relação da circunferência torácica e o peso corporal de suínos em crescimento e engorda, encontrando um alto coeficiente de determinação ($r^2= 0,98$). Em concordância Machebe e Ezekwe (2010) concluiu que a circunferência torácica e o comprimento de carcaça foram as características mais importantes para prever o peso corporal de forma isolada ($r^2= 0,95$ e $r^2=0,91$, respectivamente).

Outros estudos também corroboraram a relevância da circunferência torácica e do comprimento de carcaça na predição do peso corporal. Mutua *et al.* (2011) confirmaram que essas medidas explicaram, 88% e 91% da variação total do peso dos suínos, respectivamente. De maneira semelhante, Banik *et al.* (2012) observaram que a circunferência torácica contribuiu com 81,9% para a predição do peso corporal dos animais. Mais recentemente, Baruzzi *et al.* (2023) verificaram que o comprimento de carcaça, a circunferência torácica e a

altura de cernelha são as medidas que melhor predizem o peso corporal de porcos selvagens de forma isolada e afirmaram que coletar múltiplas medidas ainda pode ser desafiador e demorado, no contexto de animais selvagens.

Porém, observando estudos que utilizaram medidas morfométricas em conjunto para prever o peso corporal, observou-se que as regressões de medidas múltiplas são mais precisas que as medidas isoladas. É o que Beretti *et al.* (2009) relataram ao perceberem que as equações em função apenas de circunferência torácica eram menos precisas do que aquelas que foram calculadas em função de mais medidas corporais em conjunto. Alenyoregue *et al.* (2013), com uma equação que apresentou $R^2 = 93\%$, e Sungirai *et al.* (2014), cujo modelo explicou 87% do peso corporal dos suínos, confirmaram que os modelos de regressão múltiplas podem prever o peso corporal com maior precisão.

Os resultados de diversos estudos reforçam a eficácia do uso de equações baseadas em medidas morfométricas para a predição do peso corporal de suínos. Walugembe *et al.* (2014), utilizaram equações em função do comprimento de carcaça e da circunferência torácica para prever o peso corporal de suínos com menos de 40kg e obtiveram R^2 de 0,89. Para animais mais pesados, os autores observaram que a circunferência torácica e o comprimento corporal foram fortemente preditivos ($R^2=0,92$), mostrando que quando se utiliza modelos em função de duas ou mais medidas morfométricas, pode-se prever o peso corporal com maior precisão.

Al Ard Khanji *et al.* (2018), De Holanda *et al.* (2020), Kumari *et al.* (2020) e Panda *et al.* (2021) trabalharam com suínos de diferentes raças, sexos e faixas de peso, e também observaram que o comprimento de carcaça e a circunferência torácica são as duas principais medidas necessárias para prever com precisão o peso corporal dos suínos. Diante desses achados, as equações baseadas em medidas morfométricas surgem como uma alternativa precisa e acurada para estimar o peso corporal de suínos sem a utilização de balanças. Essa metodologia pode ser especialmente vantajosa para pequenas criações em países em desenvolvimento, reduzindo desafios como o alto custo das balanças, a necessidade de mão de obra para a pesagem direta e o estresse causado aos animais durante o manejo.

O estresse durante o processo de pesagem direta pode ser decorrente de fatores como fadiga, agressões, desconforto térmico e dor, que se caracterizam como de origem física e fatores como a presença de humanos, medo e perturbações do grupo social, que são de origem psicológica (Terlouw *et al.*, 2008). Segundo Mutua *et al.* (2011) as equações podem ainda

melhorar o poder de negociação dos pequenos criadores no momento da comercialização de seus suínos. Porém vale enfatizar que essas equações necessitam ser aplicadas apenas em animais que estão dentro da mesma faixa de peso, categoria e raça dos animais utilizados para sua elaboração, pois segundo Birteeb *et al.* (2012) qualquer variação de genótipo encontrada dentro ou entre espécies é facilmente refletida nas características morfométricas dos animais, podendo influenciar nos resultados de predição. Sungirai *et al.* (2014) puderam observar isso ao validar sua equação utilizando animais com perfil diferentes dos utilizados para desenvolvê-la.

Considerações finais

O suíno “tipo banha” desempenha um papel de grande importância para a economia de regiões em desenvolvimento, especialmente em locais que os produtores se utilizam de sistemas de produção extensivo ou semiextensivo. Além de contribuir para o desenvolvimento de propriedades rurais que possuem perfil de agricultura familiar, a criação do suíno “tipo banha” contribui para a valorização de animais de raças nacionais ou sem raça definida, que se destacam pela rusticidade e boa adaptação a diversas condições climáticas e de manejo. Porém, o grande fator limitante desse perfil de criação é a ausência de controle zootécnico nas propriedades, devido à falta de mão de obra qualificada e os custos do investimento para a implantação do método de pesagem direta, com a utilização de balanças, resultando em perdas financeiras significativas.

Nesse contexto, a utilização de equações preditoras do peso corporal, baseadas em medidas morfométricas, torna-se uma ferramenta essencial para potencializar os resultados zootécnicos da propriedade e otimizar a comercialização e o manejo desses animais. A predição do peso corporal de suínos por meio de equações permite estimar o peso dos suínos de forma rápida e precisa, reduzindo os custos, uma vez que as medidas morfométricas são coletadas com fita métrica por uma única pessoa em campo. Além disso, reduz significativamente o estresse animal.

Assim, a utilização de equações preditoras do peso corporal de suínos em função de medidas morfométricas pode trazer benefícios para criações com baixo nível de tecnificação, proporcionando melhoria na gestão de rebanho de suínos criados de modo extensivo ou semiextensivo.

REFERÊNCIAS

- ACIOLY, T. et al. Caracterização e observações sobre a suinocultura familiar e seu papel no contexto rural da região tocantina do maranhão. **Revista Ensaios Pioneiros**, v. 7, n. 1, 2023.
- AL ARD KHANJI, M. S. *et al.* Using body measurements to estimate body weight in gilts. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 98, n. 2, p. 362-367, 2018.
- ALENYOREGE, B. et al. Linear body measurements as predictors of live weight of the large white pig in Northern Ghana. **Ghanian J Anim Sci**, v. 7, n. 2, p. 99-105, 2013.
- ANIS, C. F. et al. Viabilidade econômica para implantação de um biodigestor: uma alternativa para o pequeno produtor rural suinocultor. **Multitemas**, p. 147-168, 2020.
- ARAÚJO, G. G. A. et al. Potencialidades e valorização da raça de suíno nativo Piau no contexto dos assentamentos de reforma agrária. **Revista on line de Extensão e Cultura- Realização**, v. 7, n. 13, p. 145-154, 2020.
- BANIK, S. et al. Effect of different body measurements on body weight in Ghungroo pigs. **Indian Journal of Animal Sciences**, v. 82, n. 9, p. 1094, 2012.
- BARRETO, G.B. Curso de noções de saneamento rural 2.ed. Campinas: **Instituto Campineiro de Ensino Agrícola**, 1973. 295p.
- BARUZZI, C. et al. Estimating body mass of wild pigs (*Sus scrofa*) using body morphometrics. **Ecology and Evolution**, v. 13, n. 3, p. e9853, 2023.
- BERETTI, V. et al. Predicting liveweight from body measures in Nero di Parma pigs. ANNALI DELLA FACOLTÀ DI MEDICINA VETERINARIA. **UNIVERSITÀ DI PARMA**, v. 29, p. 129-140, 2009.
- BIRTEEB, P. T. et al. Prediction of live body weight from linear body measurements of West African long-legged and West African dwarf sheep in northern Ghana. **Online Journal of Animal and Feed Research**, v. 2, n. 5, p. 427-434, 2012.
- BORGES, P. H.M. et al. Sistema Automatizado de Baixo Custo para Produtores Rurais: controle e monitoramento do ambiente térmico na suinocultura. In: ZOOTECNIA DE PRECISÃO: DESAFIOS E APLICAÇÕES. **Editores Científicos Digital**, 2021. p. 125-135.
- CASTRO, S. T. R. et al. Pig biodiversity in Brazil. **Archivos de zootecnia**, v. 52, n. 198, p. 245-248, 2003.
- CHEN, H. et al. Live pig-weight learning and prediction method based on a multilayer RBF network. **Agriculture**, v. 13, n. 2, p. 253, 2023.
- DA CUNHA, A. C. R. et al. Body weight prediction in crossbred pigs from digital images using computer vision. **Livestock Science**, v. 282, p. 105433, 2024.

DA SILVA, L. P. G., XAVIER, A. E. F. S. Caracterização da tipologia de criação de suínos em algumas microrregiões do estado da Paraíba. **Ensino, Pesquisa E Extensão: Saberes E Práticas Além Da Universidade**, p. 91, 2023.

DE HOLANDA, M. C. R.; et al. Relation between swine weight and morphometric measurements. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 9, pág. e891998013-e891998013, 2020.

DOESCHL-WILSON, A. B. et al. Using visual image analysis to describe pig growth in terms of size and shape. **Animal science**, v. 79, n. 3, p. 415-427, 2004.

FERNANDES, T., J. et al. Comparação de modelos não-lineares no estudo das curvas de crescimento do caranguejo de água doce (pp. 245-248). **Revista da Estatística da Universidade Federal de Ouro Preto**, v. 2, 2012.

FRANCHI, G. A. et al. Estimating body weight in conventional growing pigs using a depth camera. **Smart Agricultural Technology**, v. 3, p. 100117, 2023.

FREITAS, A. R. Curvas de crescimento na produção animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p. 786-795, 2005.

FROST, A. R. et al. A review of livestock monitoring and the need for integrated systems. **Computers and electronics in agriculture**, v. 17, n. 2, p. 139-159, 1997.

GROESBECK, C. N., et al. Using heart girth to determine weight in finishing pigs. In: Kansas state swine day; November 14, 2002; Manhattan, Kansas; **Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service**; p.166-168. <https://krex.k-state.edu/dspace/handle/2097/2548>

GUSMÃO FILHO, J. D. et al. Análise fatorial de medidas morfométricas em ovinos tipo Santa Inês. **Archives Zootecnia**, v. 58, p. 1-4, 2009.

HE, Y., et al. Predicting body weight in growing pigs from feeding behavior data using machine learning algorithms. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 184, p. 106085, 2021.

ITOH, Tadashi et al. Body surface area measurement in juvenile miniature pigs using a computed tomography scanner. **Experimental Animals**, v. 66, n. 3, p. 229-233, 2017.

KAEWTAPEE, C., et al. Chaiyapoom. Pig weight estimation using image processing and artificial neural networks. **J Adv Agric Technol**, v. 6, n. 4, 2019.

KASHIHA, M. et al. Automatic weight estimation of individual pigs using image analysis. **Computadores e Eletrônica na Agricultura**, v. 107, p. 38-44, 2014.

KUMARI, A.; et al. Evaluation of morphometric measurements to estimate body weight in crossbred Landly pigs (Landrace*Desi). **J. Anim. Res.**, 10(6): 1099-1102, 2020.

LI, Z. et al. Estimation of pig weight by machine vision: A review. In: **Computer and Computing Technologies in Agriculture VII: 7th IFIP WG 5.14 International Conference**,

CCTA 2013, Beijing, China, September 18-20, 2013, Revised Selected Papers, Part II 7. Springer Berlin Heidelberg, 2014. p. 42-49.

LI, G. et al. Body size measurement and live body weight estimation for pigs based on back surface point clouds. **Biosystems Engineering**, v. 218, p. 10-22, 2022.

MACHADO FILHO, L. C. P.; HÖTZEL, M. J. Bem-estar dos suínos. **Seminário internacional de suinocultura**, v. 5, n. 2000, p. 70-83, 2000.

MACHEBE, N. S; EZEKWE, A.G. Predicting body weight of growing-finishing gilts raised in the tropics using linear body measurements. **Asian Journal of Experimental Biological Sciences**, v. 1, n. 1, p. 162-165, 2010.

MATHOBELA, R. M. et al. Oportunidades de transição para a criação de porcos urbanos em pequena escala na África subsaariana em direção a uma bioeconomia circular sustentável. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 22, n. 1, p. 2315918, 2024.

MARIANTE da S., A.; et al. Pig biodiversity in brazil. **Archivos de Zootecnia**, vol. 52, núm. 198, 2003.

MENESATTI, P. et al. A low-cost stereovision system to estimate size and weight of live sheep. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 103, p. 33-38, 2014.

MINAGAWA, H. Estimating pig weight with a video camera. Proceedings of the Fifth International Livestock Environment Symposium, Vol. I. pp 453–460, Bloomington, MN, USA. **ASAE Publication**. ASAE, St. Joseph, MI (ISBN 0-929355-84-9), 1997

MUTUA, F. K. et al. Prediction of live body weight using length and girth measurements for pigs in rural Western Kenya. **Journal of swine health and production**, 2011.

PALHARES, L.O. et al. Estimativa de peso vivo e características de carcaça utilizando medidas biométricas em suínos, in. **Investigação Científica e Técnica em Ciência Animal**. Ed. 1, cap. 6, Atena. 2018.

PANDA, S. et al. Accurate assessment of body weights using morphometric measurements in Landlly pigs. **Saúde e Produção Animal Tropical**, v. 53, n.3, pág.1-6, 2021.

SARCINELLI, M. F. et al. Produção de suínos-tipo carne. **Boletim Técnico, UFES**. Disponível em: <http://www.agais.com/telomc/b00507_carne_suinotipocarne.pdf>. Acesso em 14 de março de 2024, v. 18, 2007.

SILVA, L. M. et al. Especificidades de modelos preditivos baseados na morfometria do leitão lactente e sua relação ao desmame. **30º Congresso Brasileiro de zootecnia**. 2021. Anais.

STUDNITZ, M. et al. Why do pigs root and in what will they root: A review on the exploratory behaviour of pigs in relation to environmental enrichment. **Applied Animal Behaviour Science**, 107, 183-197. 2007

SUNGIRAI, M. et al. Validity of Weight Estimation Models in Pigs Reared under Different Management. **Conditions. Veterinary medicine international**, 2014.

TERLOUW, E. M. C. et al. Pre-slaughter conditions, animal stress and welfare: current status and possible future research. **Animal**, v. 2, n. 10, p. 1501-1517, 2008.

THAPAR, G. et al. Accurate estimation of body weight of pigs through smartphone image measurement app. **Smart Agricultural Technology**, v. 4, p. 100194, 2023.

USDA. Departamento de Agricultura dos Estados Unidos: Serviço Agrícola Estrangeiro Pecuária e Aves: Mercados e comércio mundial. 2024. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/downloads> Acesso em: 08 maio de 2024.

WALUGEMBE, M. et al. Prediction of live body weight using various body measurements in Ugandan village pigs. **Livestock Research for Rural Development**, v.26, n.5, p.1, 2014.

WANG, Y. et al. Non-contact sensing of hog weights by machine vision. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 22, n. 4, p. 577-582, 2006.

WANG, K. et al. Um sistema de medição portátil e automático baseado em Xtion para tamanho corporal de porcos. **Computadores e eletrônicos na agricultura**, v. 148, p. 291- 298, 2018.

ZARAGOZA, L.E.O.. Evaluation of the accuracy of simple body measurements for live weight prediction in growing-finishing pigs. **University of Illinois at Urbana-Champaign**, p. 5-7.2009, 2009.

ZHANG, Jianlong et al. Pig weight and body size estimation using a multiple output regression convolutional neural network: A fast and fully automatic method. **Sensors**, v. 21, n. 9, p. 3218, 2021.

CAPÍTULO II

ARTIGO: Predição do Peso Corporal de Suínos “Tipo Banha” por Meio de Medidas Morfométricas

RESUMO

Objetivou-se elaborar equações de predição do peso corporal de “suíno tipo banha” criados de modo extensivo ou semi-extensivo, visando identificar as medidas morfométricas mais relevantes para a sua predição. Foram coletados dados de peso corporal (PC), comprimento de carcaça (CC), circunferência torácica (CT) e de quadril (CQ), altura de cernelha (AG) e de quadril (AG) de 240 animais, sendo 122 machos e 118 fêmeas, com PC entre 4,7 e 68,0 kg, criados em pequenos estabelecimentos rurais com perfil familiar. Para a análises descritivas das variáveis foram calculadas as médias, desvios padrão, coeficientes de variação e valores máximos para cada sexo. Também foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson (r), onde todas as medidas morfométricas apresentaram fortes correlações ($r \geq 90$) com o PC em ambos os sexos. Em seguida os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Cramer-von Mises) e os dados de machos e fêmeas foram submetidos separadamente à análise de regressão linear múltipla pelo método Stepwise. Posteriormente as equações geradas de machos e fêmeas foram comparadas pelo teste F, não havendo diferença entre os sexos ($P = 0,376$). Esse resultado evidenciou que apenas uma equação é suficiente para explicar a variação do peso corporal de machos e fêmeas, sendo: $PC: -35,51 (\pm 1,03) + 0,80 (\pm 0,04) \times CT + 0,11 (\pm 0,04) \times CC$ ($R^2=0,93$; $P<0,0001$). Em seguida, para avaliar a aplicabilidade prática da equação geral, foram usados para estimar o PC, dados de CC e CT de 53 suínos com pesos compreendidos entre 6,5 e 42,8 kg que não participaram da parametrização da equação. Observou-se uma alta correlação entre valores preditos e observados ($r = 0,96$), sugerindo boa capacidade preditiva da equação. Tal resultado evidencia que CC e CT são medidas morfométricas suficientes para predizer o PC de suínos “tipo banha” de maneira precisa, podendo favorecer pequenos produtores de suínos que não dispõem de balanças em suas propriedades.

PALAVRAS-CHAVE: Morfometria, Regressão linear múltipla, Suínos tipo banha

INTRODUÇÃO

A carne suína é a proteína de origem animal mais consumida globalmente, com sua demanda abastecida pela criação intensiva de raças do “tipo carne”, que têm pouca deposição de gordura e são caracterizadas pelo elevado volume corporal nas regiões de cortes nobres, como lombo e pernil, apresentando alto desempenho produtivo e reprodutivo, resultado, em grande parte, do avanço no melhoramento genético nas últimas décadas (Silva, 2021).

Por outro lado, os suínos “tipo banha” são animais caracterizados por possuírem uma distribuição equilibrada entre as regiões torácica e pélvica com um enrugamento cutâneo que facilita a elevada deposição de gordura, se destacando pelas características organolépticas da carne, como sabor, suculência, textura e cor.

Em regiões em desenvolvimento, que possuem suinocultura de subsistência, tornam-se atrativos para o pequeno criador, pois normalmente são mantidos em sistemas extensivos ou semiextensivos, que possuem baixo custo de implantação e permitem a utilização de recursos naturais locais tanto na alimentação, quanto na construção de abrigos, possibilitando que os animais expressem seu comportamento natural (Anis *et al.*, 2020). Isso é possível devido a rusticidade, alta tolerância ao estresse climático, adaptabilidade e resistência a doenças e ectoparasitas (Mariante *et al.*, 2003; Carvalho e Viana, 2011; Araújo *et al.*, 2020).

A verificação periódica do peso corporal é de fundamental importância, independente do sistema de criação dos suínos, pois é um fator determinante para o correto manejo nutricional e reprodutivo, possibilita o acompanhamento da taxa de crescimento do animal e consequentemente a seleção dos animais com maior desempenho para permanecerem no rebanho, além de favorecer o gerenciamento da atividade.

A verificação do peso corporal por meio de balanças é o método mais preciso, porém apresenta fatores desfavoráveis, como o alto custo para aquisição, elevada mão de obra, além de ser demasiadamente estressante para os suínos, pois é necessário a condução dos animais até o local de pesagem (Gusmão Filho *et al.*, 2009; Zaragoza, 2009; Panda *et al.*, 2021).

Uma alternativa para a obtenção do peso corporal dos suínos sem a necessidade de balanças, é estimando o peso a partir de medidas morfométricas, como comprimento de carcaça, circunferência torácica e de quadril, alturas da cernelha e garupa, entre outras. Essas medidas foram utilizadas por diversos pesquisadores (Mutua *et al.*, 2011; Banik *et al.*, 2012; Sungirai *et al.*, 2014; De Holanda *et al.*, 2020; Kumari *et al.*, 2020; Panda *et al.*, 2021;

Barruzi *et al.*, 2023; Franchi *et al.*, 2023) para desenvolverem equações de predição do peso de suínos de diferentes raças, categorias e idades, e resultados precisos e acurados foram obtidos (Mutua *et al.*, 2011; Alenyorege *et al.*, 2013; Walugembe *et al.*, 2014; Sungirai *et al.*, 2014; Palhares *et al.*, 2018; De Holanda *et al.*, 2020; Panda *et al.*, 2021).

Embora existam diversos estudos sobre predição do peso corporal de suínos, existe uma lacuna na literatura em relação ao desenvolvimento de equações específicas para suínos “tipo banha” criados em sistemas extensivos e semiextensivos, pois as características dos animais e o sistema de criação podem, além de outros fatores, podem impactar diretamente a precisão e a acurácia das estimativas.

Diante disso, este estudo objetivou elaborar equações de predição do peso corporal de “suíno tipo banha” criados de modo extensivo ou semiextensivo, visando identificar as medidas morfométricas mais relevantes para a predição.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram coletados em 19 propriedades rurais com perfil familiar, localizadas na zona rural de Chapadinha-MA e municípios adjacentes, que se dedicam à criação de suínos, além de outras atividades agropecuárias. Foram utilizados dados de animais sem raça definida, criados de modo extensivo ou semi-extensivo.

Foram coletados dados de peso corporal (PC), comprimento de carcaça (CC= linha reta entre a inserção da orelha até a inserção da cauda), circunferência torácica (CT= circunferência imediatamente atrás dos membros torácicos e à frente das primeiras glândulas mamárias), circunferência de quadril (CQ= circunferência em torno do abdômen, logo à frente dos membros pélvicos do animal), altura da cernelha (AC= distância entre o solo e a parte dorsal da escapula com o animal em superfície plana) e altura da garupa (AG= distância do ponto mais alto da região caudal até o solo, com animal em superfície plana) em 240 animais, sendo 122 machos inteiros e castrados e 118 fêmeas, com pesos corporais variando entre 4,7 e 68,0 kg (Figura 1).

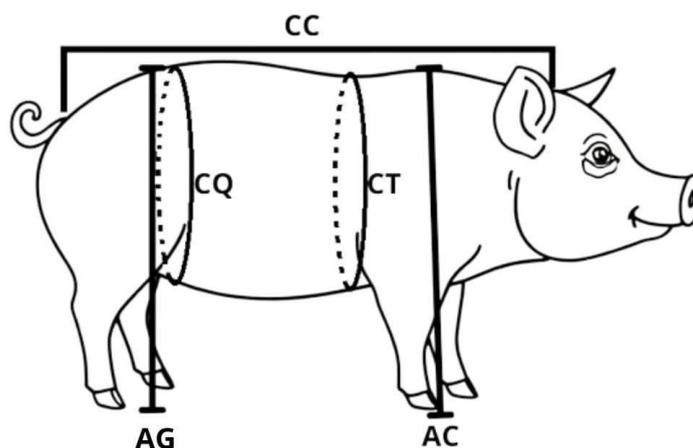


Figura 1. Ilustração das características morfométricas avaliadas (CC=comprimento da carcaça; CT=circunferência torácica; CQ= circunferência de quadril; AC= altura de cernelha; AG= altura de garupa).

As pesagens foram realizadas com o auxílio de balança digital (TOLEDO, modelo 2098) com capacidade para 120,0 kg e as características morfométricas obtidas com o auxílio de fita métrica graduada em centímetros. Os dados de peso e das características morfométricas foram tabulados em planilhas do software Microsoft Excel® e para a análise

descritiva foram calculadas as médias, desvios padrão, coeficientes de variação e valores máximos e mínimos para cada sexo.

Foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson (r) para verificar o grau de associação entre o peso corporal e as características morfométricas por sexo.

Os dados de cada característica, em cada sexo, foram submetidos a um teste de normalidade (Cramer-von Mises) e após atendida essa pressuposição, foram submetidos à análise de regressão linear múltipla utilizando a técnica Stepwise de acordo com o modelo estatístico (Charnet *et al.*, 2008):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \epsilon_i$$

Em que, Y_i é o peso corporal (PC; kg) dos suínos; X_1, X_2, \dots, X_n são as variáveis independentes correspondentes às características morfométricas avaliadas (CC, CT, CQ, AC, AG); $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ são os parâmetros da equação de regressão múltipla e ϵ_i é o erro aleatório. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SAS 9.0 (Statistical Analysis System, 2002) considerando um nível de significância de até 5%.

Após a seleção das características de maior importância para prever o PC dos suínos pela técnica Stepwise, foi calculado o Fator de Inflação da Variância (VIF) para examinar a presença de multicolinearidade das variáveis independentes selecionadas para compor a equação em cada sexo, de acordo com Montgomery e Peck (1992):

$$VIF = \frac{1}{1 - R^2}$$

Onde R^2 é o coeficiente de determinação obtido quando uma das variáveis independentes é regredida em função de todas as outras que compõem a equação. Quando existem apenas duas variáveis independentes no modelo o R^2 pode ser obtido pelo quadrado do coeficiente de correlação de Pearson (r).

Para verificar o efeito do sexo, as equações para machos e fêmeas foram comparadas usando o teste F, de acordo com Motulsky e Ransnas (1987):

$$F = \frac{\frac{(SS_{pool} - SS_{sep})}{(df_{pool} - df_{sep})}}{\frac{SS_{sep}}{df_{sep}}}$$

Onde SS_{pool} e df_{pool} correspondem, respectivamente, à soma dos quadrados e aos graus de liberdade do erro da equação ajustada para o conjunto de dados ignorando o efeito do sexo; SS_{sep} e df_{sep} correspondem, respectivamente, à soma dos quadrados e aos graus de liberdade do erro das equações ajustadas para cada sexo separadamente. $SS_{sep} = SS_{machos} +$

SSfêmeas; $df_{sep} = df_{machos} + df_{fêmeas}$.

Constatada a similaridade ($P > 0,05$) das equações de machos e fêmeas, o conjunto total de dados ($n = 240$) foi submetido à uma nova análise de regressão linear múltipla pela mesma técnica, obtendo-se uma equação geral cujos coeficientes correspondem às médias dos coeficientes das equações de cada sexo, sendo calculado o VIF dessa equação.

Para avaliar a aplicabilidade prática da equação geral foram utilizados dados de 53 suínos com pesos entre 6,50 kg e 42,80 kg, sendo 33 machos com média de peso de 16,36 kg e 20 fêmeas com média de peso de 19,20 kg, que não participaram da parametrização das equações. As medidas morfométricas desses animais foram utilizadas na equação para gerar valores de PC preditos que foram plotados em relação aos valores observados, de modo que, quanto mais próximo o intercepto estiver de zero e a inclinação de um, maior é a precisão da predição em relação aos valores reais de PC (Reis et al, 2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que as médias de peso corporal (PC) para machos e fêmeas apresentaram valores próximos, sendo a média dos machos de $20,16 \pm 13,85$ kg, variando de 5,00 kg a 68,00 kg (Tabela 1), enquanto a média das fêmeas foi de $19,15 \pm 12,03$ kg variando de 4,70 kg a 63,00 kg (Tabela 2). Os dados de PC e de todas as características morfométricas (CC, CT, CQ, AC e AG) apresentaram distribuição normal.

Tabela 1. Média, desvio padrão, valores máximos e mínimos e coeficiente de variação das variáveis avaliadas em suínos machos do tipo banha¹

Variável ²	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Coeficiente de variação (%)
PC (Kg)	20,16	13,85	5,00	68,00	68,69
CC (cm)	68,04	16,11	39,00	108,00	23,68
CT (cm)	60,34	14,49	39,00	102,00	24,02
CQ (cm)	60,73	15,71	35,00	102,00	25,87
AC (cm)	46,36	10,17	29,00	76,00	21,94
AG (cm)	49,41	11,24	31,00	82,00	22,75

¹ $n = 122$.

² PC = Peso corporal; CC = comprimento da carcaça; CT = Circunferência torácica; CQ = Circunferência do quadril; AC = Altura da cernelha e AG = Altura da garupa.

Tabela 2. Média, desvio padrão, valores máximos e mínimos e coeficiente de variação das variáveis avaliadas em fêmeas suínas tipo banha.¹

Variável ²	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	Coeficiente de variação (%)
PC (Kg)	19,15	12,03	4,70	63,00	62,80
CC (cm)	66,72	14,80	40,00	105,00	22,18
CT (cm)	59,25	12,76	39,00	104,00	21,53
CQ (cm)	59,26	13,97	36,00	102,00	23,58
AC (cm)	45,74	9,85	29,00	75,00	21,53
AG (cm)	48,97	10,83	31,00	78,00	22,33

¹n = 118.

² PC = Peso corporal; CC = comprimento da carcaça; CT = Circunferência torácica; CQ = Circunferência do quadril; AC = Altura da cernelha e AG = Altura da garupa.

Para verificar o grau de associação linear entre o PC e as características morfométricas, em cada sexo, foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson (r) (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3. Coeficiente de correlação de Pearson (r) e significância para as variáveis avaliadas em suínos tipo banha machos.¹

Variáveis	PC	CC	CT	CQ	AC	AG
PC	1,00 -----	-----	-----	-----	-----	-----
CC	0,92 <0,001	1,00 -----	-----	-----	-----	-----
CT	0,96 <0,001	0,88 <0,001	1,00 -----	-----	-----	-----
CQ	0,94 <0,001	0,91 <0,001	0,96 <0,001	1,00 -----	-----	-----
AC	0,91 <0,001	0,88 <0,001	0,93 <0,001	0,89 <0,001	1,00 -----	-----
AG	0,94 <0,001	0,91 <0,001	0,95 <0,001	0,91 <0,001	0,96 <0,001	1,00 -----

¹n = 122.

² PC = peso corporal; CC = comprimento da carcaça; CT = Circunferência torácica; CQ = Circunferência do quadril; AC = Altura da cernelha e AG = Altura da garupa.

Tabela 4. Coeficiente de correlação de Pearson (r) e significância para as variáveis avaliadas em suínos tipo banha fêmeas.¹

Variáveis	PC	CC	CT	CQ	AC	AG
PC	1,00 -----	-----	-----	-----	-----	-----
CC	0,90 <0,001	1,00 -----	-----	-----	-----	-----
CT	0,96 <0,001	0,89 <0,001	1,00 -----	-----	-----	-----
CQ	0,92 <0,001	0,92 <0,001	0,95 <0,001	1,00 -----	-----	-----
AC	0,91 <0,001	0,91 <0,001	0,93 <0,001	0,88 <0,001	1,00 -----	-----
AG	0,90 <0,001	0,91 <0,001	0,93 <0,001	0,89 <0,001	0,97 <0,001	1,00 -----

¹ n = 118.

² PC = peso corporal; CC = comprimento da carcaça; CT = Circunferência torácica; CQ = Circunferência do quadril; AC = Altura da cernelha e AG = Altura da garupa.

A correlação de Pearson varia de 1 a -1 e Vieira (2008) classifica a correlação existente entre duas variáveis como sendo forte ($0,75 < r < 1,00$ ou $-1,00 < r < -0,75$), moderada ($0,50 < r < 0,75$ ou $-0,75 < r < -0,50$), fraca ($0,25 < r < 0,50$ ou $-0,50 < r < -0,25$) ou pequena/nula ($0 < r < 0,25$ ou $-0,25 < r < 0$). Com base nisso, todas as características analisadas apresentaram fortes correlações ($r \geq 0,90$) com o PC, tanto nos machos, quanto nas fêmeas. A variável de maior correlação com o PC em ambos os sexos foi a CT ($r = 0,96$) e a de menor correlação foi AC ($r = 0,91$) para os machos e AG e CC para as fêmeas ($r = 0,90$).

Outros estudos também identificaram altas correlações do PC com as características morfométricas avaliadas. Sungirai *et al.* (2014) utilizando suínos mestiços Landrace e Large White a fim de determinar a relação entre as características morfométricas e o PC, concluíram que essas medidas são preditores úteis do peso corporal com correlações positivas significativamente altas ($r > 0,94$). Da mesma forma, Machebe *et al.* (2016) avaliando marrãs meio sangue Landrace e Large White na fase de crescimento e engorda, encontraram altas correlações entre PC, CC ($r = 0,95$) e CT ($r = 0,97$).

De Holanda *et al.* (2020) utilizando 20 machos e 20 fêmeas mestiças Duroc e Large White com PC entre 1,518 e 7,010 kg também encontraram altas correlações positivas entre PC, CC ($r = 0,97$ para machos e $r = 0,98$ para fêmeas) e CT ($r = 0,96$ para machos e $r = 0,97$ para fêmeas), mostrando que essas características são suficientes para obter o PC sem a utilização de balanças, mesmo em animais muito jovens.

Estudos realizados com outras espécies, como caprinos, ovinos e bovinos, também

reportaram resultados semelhantes, evidenciando que o PC apresenta uma alta correlação com as medidas morfométricas, especialmente com CC e CT, independente da espécie (Otte *et al.*, 1992; Stajniko *et al.*, 2008; Karna *et al.*, 2020; Mathapo and Tyasi, 2021; Faraz *et al.*, 2021; Kuthu *et al.*, 2023; Oliveira *et al.*, 2024; Alcântara *et al.*, 2024).

Esses achados corroboram a afirmativa que o CC e a CT são ótimas medidas preditoras de peso em suínos e outras espécies, especialmente em sistemas de criação extensiva e semiextensiva. A forte correlação observada sugere que essas variáveis podem ser utilizadas com confiabilidade em modelos de predição de peso, otimizando práticas de manejo e o planejamento alimentar em ambientes de produção com restrições tecnológicas.

No intuito de obter uma equação preditora do peso corporal para cada sexo, os dados de machos e fêmeas foram submetidos separadamente a análise de regressão linear múltipla. Foi utilizado o método de seleção *Stepwise*, onde as variáveis independentes são adicionadas ou excluídas do modelo em qualquer etapa do processo de acordo com seu impacto estatístico na capacidade preditiva da equação.

Desse modo, a equação que proporcionou uma combinação de parâmetros apropriados para estimar o peso corporal dos machos foi: $PC = -36,10 (\pm 1,46) + 0,78 (\pm 0,06) \times CT + 0,14 (\pm 0,06) \times CC$ ($R^2 = 0,93$; $P < 0,0001$), enquanto para as fêmeas foi $PC = -34,84 (\pm 1,46) + 0,82 (\pm 0,06) \times CT + 0,09 (\pm 0,05) \times CC$ ($R^2 = 0,93$; $P < 0,0001$), em que PC = peso corporal (kg), CC = comprimento de carcaça (cm) e CT= circunferência torácica (cm). Esses resultados demonstram que apenas CC e CT foram suficientes para estimar o peso corporal de ambos os sexos.

Embora todas as medidas morfométricas tenham apresentado altas correlações com o peso corporal, a técnica *Stepwise* selecionou apenas CT e CC para as equações em ambos os sexos, possivelmente devido à presença de multicolinearidade entre as demais características.

De acordo com Montgomery e Peck (1992), a multicolinearidade implica dependência quase linear entre as variáveis regressoras e sua presença pode impactar dramaticamente a capacidade de estimar adequadamente os coeficientes da regressão. Além disso ocasiona superestimativas dos efeitos diretos das variáveis regressoras sobre a variável resposta, o que pode levar à interpretações equivocadas (Carvalho *et al.*, 1999).

De acordo com Coimbra *et al.* (2005), o método *Stepwise* pode ser utilizado para identificar qual variável está aumentando o grau de colinearidade, selecionando as variáveis que maximizam a estimativa do coeficiente de correlação com menor interferência da

multicolinaridade. Contudo Montgomery e Peck (1992) recomendam análises complementares para o diagnóstico de multicolinearidade, dentre elas o Fator de Inflação da Variância (VIF), que mede o quanto a variação de um coeficiente de regressão é aumentada devido à multicolinearidade. Para esses autores, se os VIFs calculados para cada variável regressora são iguais a um (VIF=1) há ausência de multicolinearidade, enquanto VIFs superiores a cinco (VIF>5) indicam a presença de alta multicolinearidade entre as variáveis regressoras e a estimativa dos coeficientes da regressão são fortemente impactados. Por outro lado, valores inferiores a cinco (VIF<5) indicam multicolinearidade moderada e normalmente ocasionam pequenos impactos nas estimativas dos coeficientes, não causando maiores problemas. Os VIFs calculados para CC e CT na equação dos suínos machos ($VIF = (1 - 0,88^2)^{-1} = 4,43$) e na equação das fêmeas ($VIF = (1 - 0,89^2)^{-1} = 4,81$) foram inferiores a cinco, indicando um pequeno impacto na estimativa dos coeficientes das equações.

Para comparar as equações de machos e fêmeas, foi realizado o teste F, segundo Motulsky e Ransnas (1987), onde um valor baixo de F calculado (correspondendo a um alto valor de P) indica que o ajuste agrupado explica a variação dos dados de forma tão eficaz quanto o ajuste separado. Os resultados indicaram que não houve diferença entre os sexos (

$$F = \frac{\frac{(2864,76 - 2855,92)}{(237 - 234)}}{\frac{2855,92}{234}} = 0,241; P = 0,376, \text{ evidenciando que apenas uma equação geral é}$$

suficiente para explicar a variação do peso corporal de ambos os sexos, com os coeficientes dessa equação correspondendo às médias dos coeficientes das equações de machos e fêmeas: PC: $-35,51 (\pm 1,03) + 0,80 (\pm 0,04) \times CT + 0,11 (\pm 0,04) \times CC$ ($R^2=0,93$; $P<0,0001$). Não houve forte impacto na estimativa dos coeficientes dessa equação uma vez que o VIF também foi menor que cinco ($VIF = (1 - 0,885^2)^{-1} = 4,61$). A evidência que apenas uma equação geral é suficiente para prever o PC de machos e fêmeas sugere que a variação do peso corporal em função da morfologia é semelhante entre sexos.

Para avaliar a aplicabilidade prática da equação geral, dados de CC e CT de 53 suínos que não participaram da parametrização da equação foram utilizados para estimar o PC, sendo os valores preditos regredidos em relação aos valores observados (Figura 2).

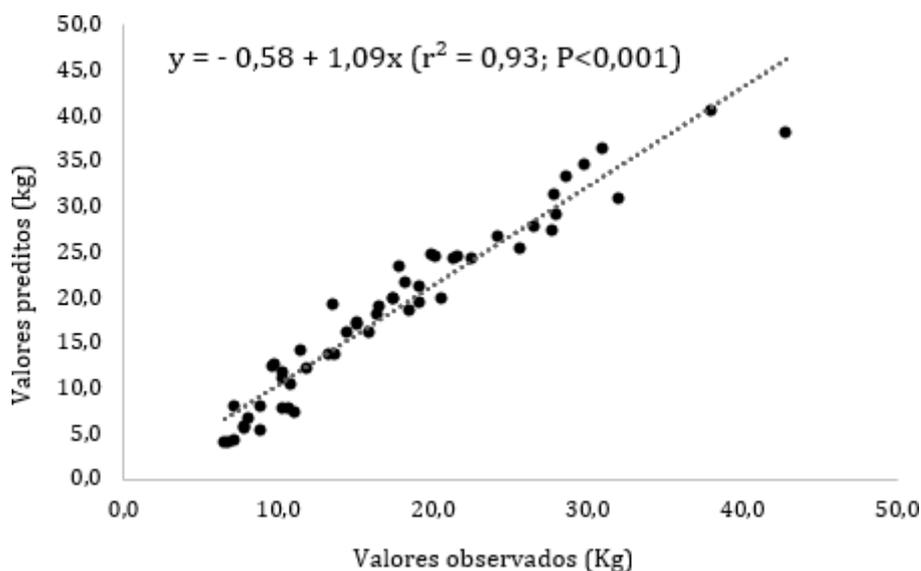


Figura 2 Representação gráfica dos pesos estimados plotados em relação ao peso observado CT de 53 suínos “tipo banha”.

Observou-se uma alta correlação entre os valores preditos e observados ($r = 0,96$), sugerindo boa capacidade preditiva da equação. Além disso, observou-se que a constante da equação linear foi próxima de zero (0,58), enquanto a inclinação foi próxima de um (1,09), indicando uma boa precisão da predição em relação aos valores reais de PC, evidenciando a aplicabilidade prática da equação, conforme Reis *et al.* (2023).

Esses resultados corroboram os estudos anteriores que afirmam que CC e CT são predictoras eficientes do PC, independente do sistema de criação, raça e faixa de peso dos animais. Walugembe *et al.* (2014) concluíram que essas duas medidas foram fortes preditores do PC, explicando 89% da variação total dos dados. Apesar do modelo de maior precisão ter utilizado também a medida AC com um R^2 de 0,95, os autores destacaram que CC e CT sozinhas são suficientes para estimar o PC de forma eficiente. Nossos resultados corroboram esses achados, validando a afirmativa de que a combinação de CC e CT é eficaz para estimar o PC em suínos, independente de outras medidas morfométricas também apresentarem altas correlações com o PC.

De maneira semelhante, Khanji *et al.* (2018), utilizando modelos de regressão em função de CT e CC em diferentes estados fisiológicos de matrizes mestiças (Landrace x Large White), também observaram uma excelente capacidade preditiva para o PC. Kumari *et al.* (2020) e Panda *et al.* (2021) ao estudarem suínos mestiços também puderam obter resultados que destacaram CC e CT. Ambas as pesquisas utilizando as duas medidas morfométricas, elaboraram equações que explicaram 83% da variação total do PC de suínos mestiços. Esses

resultados reforçam a aplicabilidade prática das duas medidas morfométricas como preditoras confiáveis do PC.

Recentemente, Divyalakshmi et al. (2022) ao analisarem dados de suínos Large White sugeriram que CC e CT podem ser utilizadas como critério de seleção em animais de fazenda, proporcionando uma maior agilidade na rotina diária dos criadores, visto que o manejo de pesagem com a utilização de balanças requer um maior tempo em comparação à estimativa do PC através de medidas morfométricas coletadas por meio de fitas métricas, sem a necessidade de retirada do animal de sua baía. Da mesma forma, Barruzi *et al.* (2023) afirmaram que essas medidas morfométricas supracitadas podem ser úteis para o criador de suínos, pois a massa corporal, obtida através das medidas morfométricas reflete diretamente o estado fisiológico do animal, o que pode ser crucial para uma melhor tomada de decisão em criações extensivas ou semiextensivas, pois o criador pode obter informações mais precisas para o gerenciamento do rebanho com maior eficiência.

A utilização de equações baseadas nas medidas CC e CT para estimar o peso corporal de suínos que são criados de modo extensivo ou semi-extensivo podem facilmente trazer benefícios aos seus criadores e resultados encontrados na literatura corroboram essa afirmativa, evidenciando a importância dessas duas medidas morfométricas. A sua utilização traz benefícios para monitorar resultados das propriedades suinícolas de baixa tecnologia, pois não necessitam de equipamentos especializados, podendo ser utilizada em campo por uma única pessoa, reduzindo o tempo de manejo e minimizando o estresse dos animais.

A implementação de apenas um modelo preditivo do peso corporal de suínos independentemente do sexo, sugere que essas variáveis são sólidas preditoras do peso corporal na espécie. Sua utilização oferece vantagens prática para os pequenos criadores, reduzindo os percalços da pesagem com balanças.

CONCLUSÃO

A equação PC: $-35,51 (\pm 1,03) + 0,80 (\pm 0,04) \times CT + 0,11 (\pm 0,04) \times CC$ mostrou-se eficiente para estimar o peso corporal de “suínos tipo banha” criados de maneira extensiva ou semiextensiva, evidenciando que o comprimento de carcaça e a circunferência torácica são variáveis-chave, suficientes para predizer o peso corporal destes animais de maneira precisa. A utilização dessa equação poderá favorecer pequenos produtores de suínos que não dispõem de balanças em suas propriedades.

REFERÊNCIAS

- AL ARD KHANJI, M. S. et al. Using body measurements to estimate body weight in gilts. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 98, n. 2, p. 362-367, 2018.
- ALCÂNTARA, L. T. et al. Predição de peso de novilhas do grupo genético Girolando a partir de medidas corporais. **Scientific Electronic Archives**, v. 17, n. 3, 2024.
- ALENYOREGE, B. et al. Linear body measurements as predictors of live weight of the large white pig in Northern Ghana. **Ghanian J Anim Sci**, v. 7, n. 2, p. 99-105, 2013.
- ANIS, C. F. et al. Viabilidade econômica para implantação de um biodigestor: uma alternativa para o pequeno produtor rural suinocultor. **Multitemas**, p. 147-168, 2020.
- ARAÚJO, G. G. A. et al. Potencialidades e valorização da raça de suíno nativo Piau no contexto dos assentamentos de reforma agrária. **Revista on line de Extensão e Cultura- Realização**, v. 7, n. 13, p. 145-154, 2020.
- BANIK, S. et al. Effect of different body measurements on body weight in Ghungroo pigs. **Indian Journal of Animal Sciences**, v. 82, n. 9, p. 1094, 2012.
- BARUZZI, C. et al. Estimating body mass of wild pigs (*Sus scrofa*) using body morphometrics. **Ecology and Evolution**, v. 13, n. 3, p. e9853, 2023.
- CARVALHO, P.L.C.; VIANA, E. F. Suinocultura SISCAL e SISCON: análise e comparação dos custos de produção. **Custos e Agronegócio Online**, v. 7, n. 3, 2011.
- CARVALHO, C.G.P. et al. Análise de trilha sob multicolinearidade em pimentão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.4, p.603-613, 1999.
- CHARNET, R. et al. Análise de modelos de regressão linear com aplicações. 2. ed. Campinas: Unicamp, 2008. 355p
- COIMBRA, J.L.M. et al. Consequências da multicolinearidade sobre a análise de trilha em canola. **Ciência Rural**, v. 35, p. 347-352, 2005.
- DE HOLANDA, M. C. R. et al. Relation between swine weight and morphometric measurements. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 9, pág. e891998013-e891998013, 2020.
- DIVYALAKSHMI, D. et al. A. Prediction of body weight of Large White Yorkshire fatterer pigs from body measurements under farm conditions. **International Journal of Farm Sciences** 12(1):62-64. 2022.
- FARAZ, A. et al. Prediction of live body weight based on body measurements in Thalli sheep under tropical conditions of Pakistan using CART and MARS. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, p. 1-12, 2021.

FRANCHI, G. A. et al. Estimating body weight in conventional growing pigs using a depth camera. **Smart Agricultural Technology**, v. 3, p. 100117, 2023.

GUSMÃO FILHO, J. D. et al. Análise fatorial de medidas morfométricas em ovinos tipo Santa Inês. **Archives Zootecnia**, v. 58, p. 1-4, 2009.

KARNA, D. K. et al. Morphometry of Ganjam goats of Odisha and age specific body weight prediction from linear body measurements. **The Pharma Innovation Journal**, v. 9, n. 4, p. 171-175, 2020.

KUMARI, A. et al. Evaluation of morphometric measurements to estimate body weight in crossbred landly pigs (Landrace* Desi). *Journal of Animal Research*, v. 10, n. 6, p. 1099- 1102, 2020.

KUTHU, Z. H. et al. MORPHOMETRIC CHARACTERIZATION AND BODY WEIGHT CORRELATIONS IN PAHARI SHEEP OF AZAD JAMMU and KASHMIR. **Pakistan Journal of Science**, v. 75, n. 2, 2023.

MACHEBE, N. S. et al. Path analysis of body weight in grower and finisher pigs. **Indian Journal of Animal Research**, v. 50, n. 5, p. 794-798, 2016.

MARIANTE da S., A.; et al. Pig biodiversity in brazil. **Archivos de Zootecnia**, vol. 52, núm. 198, 2003.

MATHAPO, M. C.; TYASI, T. L. Prediction of body weight of yearling Boer goats from morphometric traits using classification and regression tree. *Am. J. Anim. Vet. Sci*, v. 16, n. 2, p. 130-135, 2021.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A. **Introduction to linear regression analysis**. 2 ed. Nova Jersey :Wiley, 1992. 544p.

MOTULSKY, H. J. et al. Fitting curves to data using nonlinear regression: a practical and nonmathematical review. **The FASEB journal**, v. 1, n. 5, p. 365-374, 1987.

MUTUA, F. K. et al. Prediction of live body weight using length and girth measurements for pigs in rural Western Kenya. **Journal of swine health and production**, 2011.

OLIVEIRA, N. M. et al. Prediction of body weight of Brown Alpine goats by measuring body volume. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 76, n. 4, p. e13170, 2024.

OTTE, M. J.; W., et al. Liveweight estimation of cattle by scale and by tape, a method comparison study. **Tropical animal health and production**, v. 24, p. 109-114, 1992.

PALHARES, L.O. et. al. Estimativa de peso vivo e características de carcaça utilizando medidas biométricas em suínos, in. **Investigação Científica e Técnica em Ciência Animal**. Ed. 1, cap. 6, Atena. 2018.

PANDA, S. et al. Accurate assessment of body weights using morphometric measurements in Landlly pigs. **Saúde e Produção Animal Tropical**, v. 53, n.3, pág.1-6, 2021.

REIS, M. P. et al. A first model of the fate of dietary calcium and phosphorus in broiler chickens. **Animal**, v. 17, p. 100896, 2023.

SAS INSTITUTE. Statistical Analysis System for Windows. V. 9.0. Cary, 2002

SILVA, L. M. et al. Especificidades de modelos preditivos baseados na morfometria do leitão lactente e sua relação ao desmame. **30º Congresso Brasileiro de zootecnia. 2021**. Anais.

STAJNKO, D., et al. Estimation of bull live weight through thermographically measured body dimensions. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 61, n. 2, p. 233-240, 2008.

SUNGIRAI, M.; et al. Validity of Weight Estimation Models in Pigs Reared under Different Management. **Conditions. Veterinary medicine international**, 2014.

VIEIRA, S. Introdução à Bioestatística. 4ª ed. Rio de Janeiro: **Elsevier**, 2008. 345p.

WALUGEMBE, M. et al. Prediction of live body weight using various body measurements in Ugandan village pigs. **Livestock Research for Rural Development**, v.26, n.5, p.1, 2014.

ZARAGOZA, L.E.O.. Evaluation of the accuracy of simple body measurements for live weight prediction in growing-finishing pigs. **University of Illinois at Urbana-Champaign**, p. 5-7.2009, 200