



**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA – UnICEUB**  
**PROGRAMA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**

**TÚLIO VINÍCIUS ARRUDA SILVA**  
**RAIANNY PIRES LÔBO**

**OBTENÇÃO DE DADOS BIOMÉTRICOS DE BOVINOS PARA VALIDAÇÃO DE  
MODELOS CORPORAIS TRIDIMENSIONAIS.**

**BRASÍLIA**

**2019**



**TÚLIO VINÍCIUS ARRUDA SILVA**  
**RAIANNY PIRES LÔBO**

**OBTENÇÃO DE DADOS BIOMÉTRICOS DE BOVINOS PARA VALIDAÇÃO DE  
MODELOS CORPORAIS TRIDIMENSIONAIS.**

Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica  
apresentado à Assessoria de Pós-Graduação e  
Pesquisa pela Faculdade de Ciências da Educação e  
da Saúde – FACES.

Orientação: Andrei Antonioni Guedes Fidelis

**BRASÍLIA**

**2019**

## **OBTENÇÃO DE DADOS BIOMÉTRICOS DE BOVINOS PARA VALIDAÇÃO DE MODELOS CORPORAIS TRIDIMENSIONAIS.**

**Túlio Vinícius Arruda Silva – UniCEUB, PIC Institucional, aluno bolsista**  
*tulio.vinicius@sempreceub.com*

**Raianny Pires Lôbo – UniCEUB, PIC Institucional, aluno voluntário**  
*raianny.lobo@sempreceub.com*

**Andrei Antonioni Guedes Fidelis – UniCEUB, professor orientador**  
*andrei.fidelis@ceub.edu.br*

**João Henrique Moreira Viana – EMBRAPA, professor orientador**  
*henrique.viana@embrapa.br*

### **Resumo**

O uso das tecnologias tridimensionais em ciência animal ainda é incipiente, mas existe um grande potencial de aplicações na pecuária, particularmente como estratégia para realização de biometria e caracterização fenotípica eliminando a subjetividade e contornando as limitações dos métodos convencionais. A técnica de luz estruturada, nesse caso, é uma ferramenta que teve por objetivo capturar modelos corporais tridimensionais para, a partir destes, obter dados biométricos em animais de produção. O estudo foi realizado na Fazenda Sucupira da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, localizada em Brasília, DF. O experimento foi realizado entre os meses de agosto de 2018 e julho de 2019. Foram usados bovinos das raças Nelore, Pantaneiro e Curraleiro. Foi feito um acompanhamento dos animais Nelore do primeiro ao décimo segundo mês de vida, para se comparar os dados obtidos dos animais em diferentes períodos de vida. Foi utilizado o sensor iSense conectado a um iPad Air com o aplicativo Structure para fazer as imagens 3D, sendo editadas no software MeshLab para análise das imagens, limpeza das mesmas e para adquirir medidas biométricas. Também foram coletadas medidas biométricas manuais com auxílio de uma fita específica e uma balança para bovinos. Foi observado que as imagens 3D obtidas dos animais mais jovens e menores apresentou algumas distorções e imperfeições, devido ao menor tamanho dos animais. O dispositivo de luz estruturada se mostrou uma boa escolha para trabalhar com seres vivos, visto que possui bom custo benefício não é tão preciso, não havendo interferência de pequenos movimentos dos animais. Entretanto, ainda se fazem necessários mais estudos na área para comprovar a eficiência desta tecnologia para o uso no campo, como uma alternativa às coletas de dados manuais, além de estudos buscando correlacionar as características fenotípicas captadas com o sensor com características produtivas a fim de aplicar a tecnologia no melhoramento genético.

**Palavras-Chave: Bovino. Biometria. Tridimensional.**  
**de três a cinco palavras-chave, em negrito, separadas por ponto.**

## **Agradecimentos**

Agradeço a todos que fizeram parte do desenvolvimento e elaboração deste trabalho, e que contribuíram direta ou indiretamente para que ele fosse realizado.

Agradeço especialmente ao Professor Andrei Antonioni Guedes Fidelis e ao Dr. João Henrique Moreira Viana, que foram de suma importância durante todo o projeto, transmitindo conhecimentos e instruindo, permitindo que o mesmo fosse realizado.

Ao Programa de assessoria de Pós-Graduação e Pesquisa do UniCEUB, que sempre se mostraram disponíveis e deram todo o apoio necessário. Ao UniCEUB, pela bolsa que permitiu a elaboração do projeto.

Agradeço também a toda a equipe da EMBRAPA, que nos cedeu o espaço para a realização dos experimentos e sempre nos auxiliou e deu apoio, sendo fundamentais na execução do projeto.

## **Sumário**

<b>Introdução</b>	5
<b>Fundamentação Teórica</b>	6
<b>Metodologia</b>	8
Seleção de Animais e Local de Experimento	8
Coleta de Dados Biométricos	8
Formação das Imagens Tridimensionais	9
<b>Resultados e Discussão</b>	11
<b>Considerações Finais</b>	14
<b>Referências</b>	16
<b>APÊNDICE A</b>	19

# 1. Introdução

As chamadas *tecnologias tridimensionais* (3D) englobam um conjunto de processos de aquisição de dados espaciais, criação de modelos virtuais e impressão em três dimensões já largamente utilizado em diversas áreas, como engenharia, arquitetura, biologia, medicina e arqueologia. O uso destas tecnologias em ciência animal ainda é incipiente, mas existe um grande potencial de aplicações na pecuária, particularmente como estratégia para realização de biometria e caracterização fenotípica de forma rápida, acurada e consistente, eliminando a subjetividade e contornando as limitações dos métodos convencionais. Trabalhar com esse tipo de tecnologia aumenta as possibilidades de pesquisas em todas essas áreas, por ser possível trabalhar também parâmetros de profundidade por meio do eixo xyz.

Objetivando estabelecer uma linha de pesquisa no uso de tecnologias tridimensionais em produção animal, o presente projeto de pesquisa, sob liderança do pesquisador João Henrique Moreira Viana, da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, foi submetido ao Edital 04/2017 - Demanda espontânea da Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAPDF), sendo aprovado em 2017 com o código #193.001.640/2017. Este projeto foi realizado com o intuito de desenvolver e validar os procedimentos de obtenção de dados geométricos de superfície corporal em grandes animais que possibilitem menor subjetividade e maior precisão e rapidez na biometria e caracterização fenotípica, e a criação de uma biblioteca de modelos 3D de bovinos para uso em ensino e em futuros projetos de pesquisa. Para o desenvolvimento destes processos foi necessário, além do uso das tecnologias de aquisição de imagens tridimensionais, a validação dos dados obtidos diretamente dos animais pela comparação com valores de biometria corporal gerados por métodos convencionais.

A presente proposta de PIC previu uma ação integrada ao projeto referido acima, com foco na geração de uma base de dados biométricos corporais e de reserva subcutânea de gordura em bovinos, para posterior validação de modelos virtuais gerados por dispositivos de aquisição de imagens tridimensionais (3D).

■ O objetivo geral deste projeto foi desenvolver estratégias para a obtenção de dados biométricos em animais de produção a partir de modelos corporais tridimensionais. Para tanto visou-se obter dados biométricos corporais de bovinos de diferentes categorias, raças e idades, bem como dados de escore corporal e de espessura de gordura subcutânea em fêmeas bovinas. Além disso objetivou-se obter dados geométricos da superfície corporal a partir do processamento de imagens 3D e estruturar bases de dados com informações biométricas obtidas por métodos convencionais e por imagens 3D.

## 2. Fundamentação Teórica

O termo *tecnologias tridimensionais* (3D) refere-se a um conjunto de técnicas utilizadas para a aquisição de dados espaciais, criação de modelos virtuais em três dimensões, e eventualmente uso dos mesmos em processos de manufatura aditiva (impressão 3D). A possibilidade de criar, mostrar ou manipular modelos tridimensionais já é bem conhecida e largamente utilizada em engenharia reversa, assim como em áreas tão diversas quanto engenharia mecânica, arquitetura, biologia e arqueologia (Alves e Bártolo 2008). Na medicina humana, tecnologias de escaneamento 3D têm sido utilizadas para a recuperação de informações geométricas corporais (Olds et al. 2013; Peyer et al. 2015), e recentemente grandes bases de dados antropométricos tornaram-se disponíveis para obter ou comparar informações biométricas (<http://store.sae.org/caesar/>). Estes dados têm aplicações, por exemplo, na indústria de animação e cinema, na área de confecção de roupas e calçados, no design ergonômico, e também na pesquisa médica (Daniell et al. 2014). Imagens internas de alta qualidade, obtidas por tomografia computadorizada e ressonância magnética, têm sido utilizadas em associação com dados obtidos do escaneamento de superfície corporal, para a criação de modelos 3D corporais complexos (Spitzer et al. 1996).

Os métodos convencionais de obtenção de dados biométricos, pela mensuração direta com escalas métricas, são lentos e difíceis de serem usados em animais pouco dóceis ou selvagens. Por outro lado, a avaliação corporal por meio

da atribuição de escores subjetivos para determinadas características corporais, apesar de simples e rápida, é pouco acurada e têm normalmente baixa repetibilidade (Boisot et al. 2002; Veerkamp et al. 2002). O número limitado de parâmetros corporais que podem ser mensurados pela abordagem convencional, e a baixa acurácia das avaliações, são limitações importantes para a caracterização de fenótipos. A revolução genômica contribuiu para um extraordinário avanço na compreensão dos fenômenos biológicos, ao propiciar abordagens com alto potencial de geração de informações no estudo do DNA e seus produtos (RNA, proteínas e metabólitos). Contudo, a efetiva aplicação do conhecimento genômico requer a capacidade de estabelecer relações precisas da associação entre genótipos e fenótipos (Houle et al. 2010; Coffey 2011). Conseqüentemente, a carência de informações detalhadas sobre características fenotípicas, associado à falta de padronização ou de acurácia das metodologias existentes para a mensuração das mesmas, tornou-se o principal gargalo e o maior desafio para a aplicação da genômica na produção animal (Hocquette et al. 2011, 2012). Informações fenotípicas também são fundamentais para a caracterização de recursos genéticos, particularmente no caso de raças exóticas ou em risco de extinção (Ndumu et al. 2008).

O escaneamento de superfície corporal e a geração de modelos corporais tridimensionais tem potencial para ser utilizado como uma alternativa para viabilizar a realização de fenotipagem fina em animais de produção (Viana e Bartolo, 2016). O desenvolvimento de novos dispositivos de escaneamento, derivados principalmente da indústria de jogos, abriu novas oportunidades para a adaptação do processo para aplicações em outras áreas. Recentemente, demonstrou-se a possibilidade da utilização de dispositivos portáteis de luz estruturada na obtenção de dados biométricos em pessoas (Bonnechère et al. 2014), e também em bovinos (Viana et al. 2016a). Entretanto, as várias raças bovinas existentes no Brasil apresentam uma diversidade de padrões de pelagem, assim como diferenças importantes na geometria corporal, e o efeito destes fatores na acurácia dos dados obtidos ainda requer investigação (Salau et al. 2015; Viana et al. 2016b). Não existe, até o presente momento, uma base de dados com modelos 3D de bovinos que possa ser utilizada para este fim.

Na técnica de luz estruturada é projetado um padrão de luz sobre o objeto a ser escaneado, ao mesmo tempo em que um sensor detecta os padrões, distorcidos



devido ao relevo da superfície de projeção, e gera uma imagem. É utilizada uma fonte de luz encapsulada para que seja possível direcionar a projeção. Para a reconstrução mede-se a coordenada do ponto de luz projetado na imagem. Para que a imagem possa ser montada, o software da máquina usada para escanear os animais cria triângulos juntando de tres em tres pontos, e a junção de cada um desses triângulos dá origem a uma malha, que quando preenchida se torna o modelo captado (Robinson; Alboul; Rodriques, 2004).

## **3. Metodologia**

### **3.1 Seleção de Animais e Local de Experimento**

Para a realização do experimento proposto no projeto, foram usados animais da espécie bovina das raças Nelore. Foi feito um acompanhamento dos animais do primeiro ao décimo segundo mês de vida, para se comparar os dados obtidos dos animais em diferentes períodos de vida. Uma vez por mês eram feitas a biometria e as imagens tridimensionais dos bovinos, para que fosse criado um banco de dados das informações obtidas para uso em futuras pesquisas. O experimento foi realizado na Fazenda Sucupira da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, localizada em Brasília, DF, CEP 70770-901.

### **3.2 Coleta de Dados Biométricos**

Uma vez por mês, os animais da raça Nelore eram agrupados no curral para a obtenção dos dados necessários. Cada um era encabrestado e levado a uma área com sombra do curral. A biometria manual dos animais foi feita usando uma fita para medir peso em bovinos, e as medidas realizadas foram de altura de cernelha, altura de garupa, comprimento corporal, profundidade, perímetro, largura de ísquio, largura

de íleo, comprimento de garupa, largura de cabeça e comprimento de cabeça. Além dessas medidas os animais também eram pesados em uma balança apropriada para bovinos. Os dados obtidos através das medidas previamente citadas eram armazenados em uma planilha. Esses dados foram usados para validar os modelos tridimensionais dos animais.

Os modelos tridimensionais foram obtidos a partir de um dispositivo de luz estruturada. O sensor utilizado para fazer as imagens 3D dos animais foi o iSense, conectado a uma iPad Air, com o aplicativo Structure. A aquisição dos dados da superfície corporal dos animais foi realizada por um escaneamento com luz infravermelha, utilizando-se sensores de movimento equipados com um projetor interno de luz infravermelha e câmeras de vídeo infravermelho. Os animais permaneciam na sombra para não haver interferência da luz solar sobre a formação das imagens. Para possibilitar a aquisição dos dados das regiões de interesse, cabeça, tronco e garupa, o cubo de escaneamento era devidamente configurado.

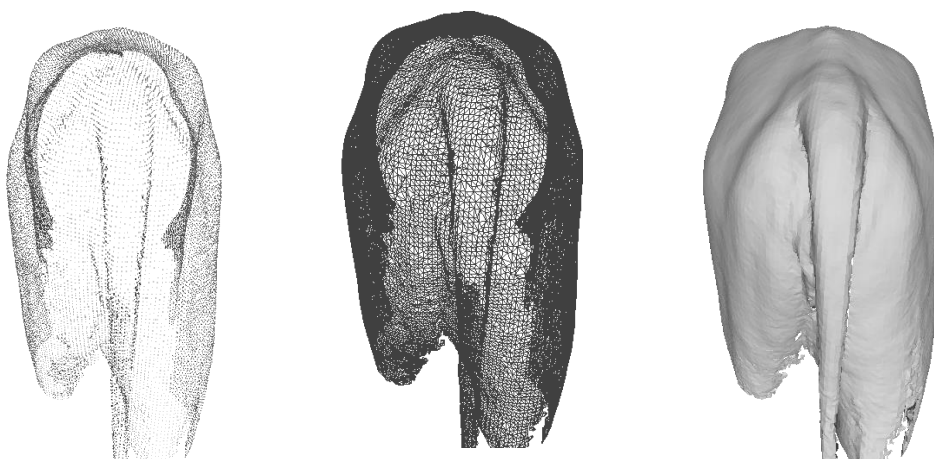
Para a obtenção dos dados biométricos e a captura dos modelos tridimensionais, e para a segurança dos pesquisadores, os animais precisaram ser contidos. Quando os animais eram jovens e tranquilos, a contenção era feita somente com o cabresto e uma pessoa os escovando para acalmá-los. Mas com o passar do tempo, os animais ficaram muito grandes, e alguns desenvolveram comportamento mais agressivo, tornando insuficiente a contenção com o cabresto. Então, animais maiores ou agressivos, foram contidos em bretes de contenção para bovinos, para que os dados e os modelos tridimensionais pudessem ser coletados de maneira mais segura.

### **3.3 Formação das Imagens Tridimensionais**

Para ser formada a imagem tridimensional, uma nuvem de pontos pertencentes a um eixo xyz é obtida pelo sensor. O número de pontos está diretamente relacionado com a precisão do modelo que será obtido daquilo que foi escaneado. Quanto mais pontos por área o sensor for capaz de analisar, maior será a precisão do modelo, mas em contrapartida, sensores muito precisos acabam deformando a imagem ao menor movimento apresentado pelo que está sendo escaneado. Portanto, para o presente experimento, não foi possível usar um sensor muito preciso, pois os animais

acabavam se movendo durante a captura da imagem, logo, caso o sensor fosse muito preciso, a imagem obtida apresentaria muitas deformações. A partir dos pontos obtidos pelo dispositivo, o software do aplicativo os agrupava em triângulos. Depois conectava todos os triângulos, e com essa junção era possível observar uma malha que dava forma ao modelo. E como última etapa para a formação do modelo obtido pelo sensor, a malha era toda preenchida, dando volume à imagem, para que esta ficasse semelhante ao animal escaneado.

**Figura 1.** Conjunto de pontos, malha de triângulos e modelo preenchido formado pela projeção das luzes sobre a superfície corporal do animal.



Na maior parte das vezes, as imagens tridimensionais obtidas dos animais apresentavam pontos desnecessários à pesquisa, como partes da pessoa que segurava o cabresto ou do brete de contenção para bovinos. Então foi usado o software de acesso livre para o processamento de malhas triangulares 3D (MeshLab). Com o programa foi possível fazer a retirada dessas partes desnecessárias e fazer uma limpeza das imagens, para facilitar a visualização dos pontos que eram de interesse para a pesquisa.

## 4. Resultados e Discussão

A utilização de equipamentos de luz estruturada para a obtenção de dados biométricos em bovinos é uma prática recente, necessitando de comprovação levando-se em contas as diferentes raças e tamanhos de animais, que podem interferir na precisão das medidas. Foi observado que as imagens 3D obtidas dos animais mais jovens e menores apresentou algumas distorções e imperfeições, devido ao menor tamanho dos animais. O sensor 3D de luz estruturada trabalha usando as margens de um cubo de escaneamento com uma nuvem de pontos para realizar a captura do modelo. A quantidade de pontos dessa nuvem no cubo é fixa, sendo assim, a distância de cada ponto também não se altera. Então quanto maior o animal a ser escaneado, maior será a semelhança entre este e o modelo obtido, visto que ele usará uma maior quantidade de pontos para ser reproduzido que o modelo de um animal menor.

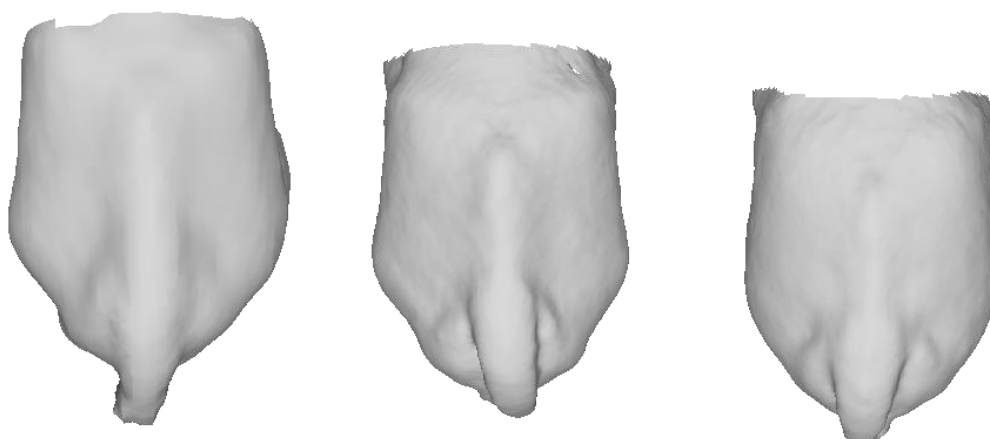
A escolha do uso do dispositivo de luz estruturada é muito boa quando se pensa em trabalhar com seres vivos, que acabam se movimentando durante a captura da imagem, pois ele não possui um preço tão elevado, e permite com que os animais realizem pequenos movimentos sem distorcer o modelo tridimensional obtido. Existem modelos que possuem maior precisão do que o utilizado, mas estes podem distorcer ao menor sinal de movimentação, e, para os fins da pesquisa, os modelos não precisavam ser tão precisos, visto que movimentos respiratórios, ou até mesmo de distensão abdominal por conta da alimentação do animal podem alterar momentaneamente sua estrutura em alguns milímetros.

Isso é uma vantagem principalmente quando se lida com animais mais agitados ou agressivos. Ao longo do experimento, ao passo em que os animais cresciam, alguns se tornaram menos tolerantes à manipulação, não respeitando a contenção com cabresto, se apresentando mais inquietos e por vezes agressivos, fato que inviabilizou o escaneamento utilizando essa forma de contenção. Estes animais passaram a ser contidos em bretes adequados a bovinos, onde ficavam imóveis tempo o suficiente para que fossem feitas as medidas manuais e o escaneamento dos mesmos.

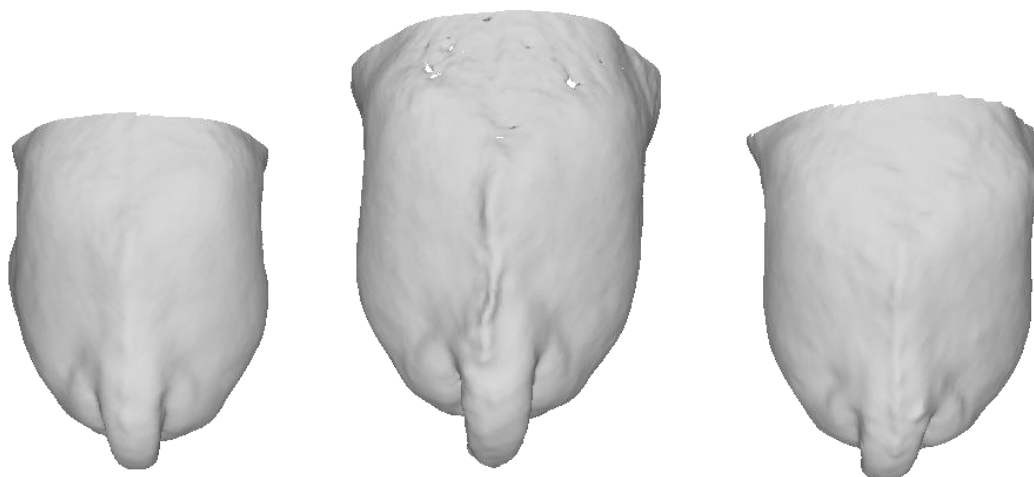
Outra vantagem da obtenção de dados biométricos a partir de modelos 3D é que os mesmos podem ser salvos e, caso haja discrepâncias nos dados obtidos, estes podem ser refeitos a qualquer momento. As medidas obtidas manualmente não permitem esse tipo de revisão a longo prazo.

Com a comparação dos modelo tridimensional obtidos do primeiro mês de vida do animal, até o modelo do décimo segundo mês, é possível perceber as mudanças fenotípicas pelas quais os animais passam durante o seu desenvolvimento.

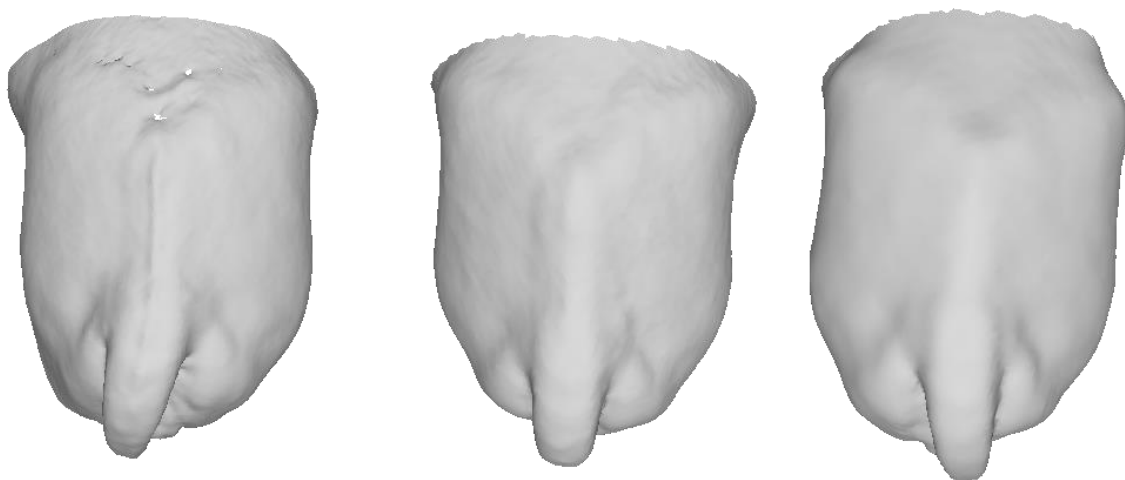
**Figura 2.** Vista dorsal da garupa do animal 7001 com 1 mês, 2 meses e 3 meses, respectivamente.



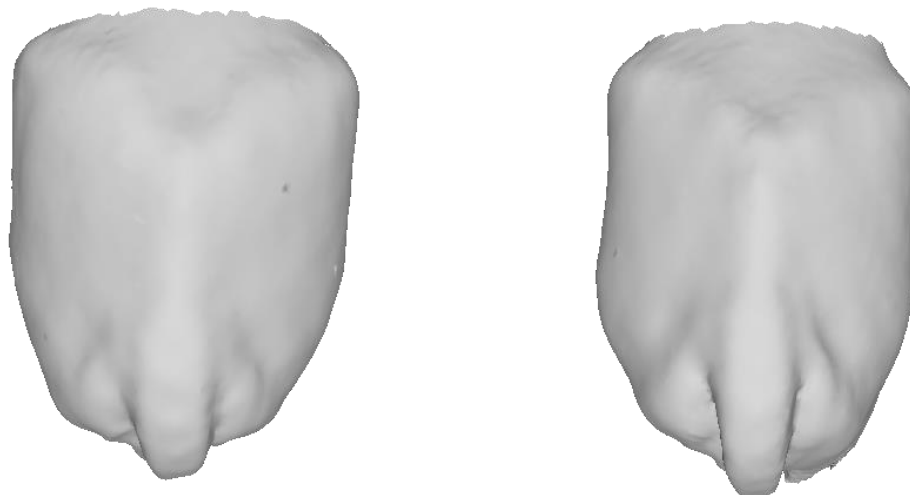
**Figura 3.** Vista dorsal da garupa do animal 7001 com 4 mês, 5 meses e 6 meses, respectivamente



**Figura 4.** Vista dorsal da garupa do animal 7001 com 7 mês, 8 meses e 9 meses, respectivamente.



**Figura 5.** Vista dorsal da garupa do animal 7001 com 10 mês, 11 meses, respectivamente.



É possível observar uma alteração no formato da garupa do animal ao longo do seu desenvolvimento. O animal em questão é uma fêmea bovina da raça Nelore, que quando mais nova possuía a garupa com um formato mais retangular, e ao longo do tempo adquiriu um formato mais triangular.

## **5. Considerações Finais**

Apesar de estar se mostrando uma tecnologia adequada ao uso nesses animais, obtendo imagens fidedignas, ainda se fazem necessários mais estudos na área para comprovar a eficiência desta tecnologia para o uso no campo, como uma alternativa às coletas de dados manuais. Entretanto, esta pode vir a possuir diversas aplicabilidades no campo zootécnico, como uma ferramenta passível de obter dados biométricos, como altura, porcentagem de gordura, entre outros, de forma mais rápida, precisa e automatizada, sem o viés do indivíduo responsável pelas medições manuais.

Além disso, a possibilidade da criação de um banco de dados contendo dados de todos os animais de um lugar, incluindo o modelo tridimensional de todos os animais, facilitaria também a identificação dos mesmos e serviria como forma visual de acompanhar o desenvolvimento de cada um individualmente. Com isso, o produtor poderia acompanhar a evolução de todo o rebanho, e mudar formas de manejo visando uma melhoria da sua produção. Devem também ser feitos mais estudos visando correlacionar características fenotípicas a características produtivas. Dessa forma, por meio das imagens 3D podem ser analisadas as características fenotípicas, auxiliando o produtor, de maneira mais objetiva, a selecionar animais que levarão ao melhoramento genético do rebanho.



## 6. Referências

- Alves NMF, Bártolo PJS. Automatic 3D shape recovery for rapid prototyping. *Virtual and Physical Prototyping*, 3:2, 123-137, 2008. DOI: 10.1080/17452750802102506
- Boisot PO, Rodriguez-Zas SL, Shanks RD. Repeatability of objective measurements on the rear legs of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 85(9), 2344-2351, 2002.
- Bonnechère B, Jansen B, Salvia P, Bouzahouene H, Sholukha V, Cornelis J, Rooze M, Van Sint Jan S. Determination of the precision and accuracy of morphological measurements using the Kinect™ sensor: comparison with standard stereophotogrammetry. *Ergonomics*, 57:4, 622-631, 2014. DOI: 10.1080/00140139.2014.884246
- Coffey M. Phenotyping that maximizes the value of genotyping. General Assembly and annual workshop of ICAR 2011 'New technologies and new challenges for breeding and herd management'. Bourg-en-Bresse, France, June 22nd to 24th, 2011.
- Daniell N, Olds T, Tomkinson G. Volumetric differences in body shape among adults with differing body mass index values: An analysis using three-dimensional body scans. *American Journal of Human Biology*, 26(2), 156-163, 2014. doi: 10.1002/ajhb.22490.
- Domecq JJ, Skidmore AL, Lloyd JW, Kaneene JB. Validation of body condition scores with ultrasound measurements of subcutaneous fat of dairy cows. *Journal of Dairy Science* 78(10):2308-13, 1995.
- Edmonson AJ, Lean IJ, Weaver LD, Farver T, Webster G. A body condition scoring chart for Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science* 72:68-78, 1989.
- Hocquette JF, Capel C, Barbezant M, Gastinel PL, Le Bail PY, Monget P, Peyraud JL. Global perspectives on trait ontology and phenotyping of livestock: examples from functional genomics and modeling in beef-producing animals. General Assembly and annual workshop of ICAR 2011 'New technologies and new challenges for breeding and herd management'. Bourg-en-Bresse, France, June 22nd to 24th, 2011.
- Hocquette JF, Capel C, David V, Guémené D, Bidanel J, Ponsart C, Gastinel PL, Bail PY, Monget P, Mormède P, Barbezant M, Guillou F, Peyraud JL. Objectives and applications of phenotyping network set-up for livestock. *Animal Science Journal* 83(7): 517-28, 2012.

- Houle D, Govindaraju DR, Omholt S. Phenomics: the next challenge. *Nature Reviews Genetics*, 11(12), 855-866, 2010.
- Koenen EP, Groen AF. Genetic evaluation of body weight of lactating Holstein heifers using body measurements and conformation traits. *Journal of Dairy Science*, 81(6), 1709-1713, 1998.
- Ndumu DB, Baumung R, Hanotte O, Wurzinger M, Okeyo MA, Jianlin H, Kibogo H, Sölkner J. Genetic and morphological characterisation of the Ankole Longhorn cattle in the African Great Lakes region. *Genetic Selection and Evolution* 40(5):467-90, 2008. doi: 10.1051/gse:2008014.
- Olds T, Daniell N, Petkov J, Stewart AD. Somatotyping using 3D anthropometry: a cluster analysis. *Journal of Sports Science*, 31(9), 936-944, 2013. doi: 10.1080/02640414.2012.759660.
- Peyer K, Morris M, Sellers WI. Subject-specific body segment parameter estimation using 3D photogrammetry with multiple cameras. *PeerJ*, 3:e831; 2014. DOI 10.7717/peerj.831
- Robinson, A.; Alboul, L.; A.; Rodrigues, M. Methods for Indexing Stripes in Uncoded Structured Light Scanning Systems. *Journal of WSCG, UNION Agency-Science Press, Plzen, Czech Republic*, v.12, n. 1-3, 2004.
- Salau J, Bauer U, Haas JH, Thaller G, Harms J, Junge W. Quantification of the effects of fur, fur color, and velocity on Time-Of-Flight technology in dairy production. *Springerplus*, 26(4), 144, 2015.
- Spitzer V, Ackerman MJ, Scherzinger AL, Whitlock D. The visible human male: a technical report. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 3:118–130, 1996. DOI 10.1136/jamia.1996.96236280.
- Veerkamp RF, Gerritsen CL, Koenen EP, Hamoen A, De Jong G. Evaluation of classifiers that score linear type traits and body condition score using common sires. *Journal of Dairy Science*, 85(4), 976-983, 2002.
- Viana JHM, Arashiro EKN, Palhao MP, Fernandes CAC, Siqueira LGB, Bartolo PJS. Reverse engineering in animal science: visual perception of body condition score differences in three-dimensional models of cattle. *Proceedings of the 29th Congress of the World Association for Buiatrics*, 2016. v. 1. p. 347.
- Viana JHM, Santos JRL, Arashiro EKN, Azevedo SAK, Belmonte SLR. Bovinos em 3D. In: Jorge Lopes; Antonio Brancaglioni; Sergio Azevedo; Heron Werner JR. (Org.). *Tecnologias 3D*. 1ed. Rio de Janeiro: Lexikon 1: 185-195, 2013.

Viana JHM, Bartolo PJS. New applications of three-dimensional data acquisition, modeling, and printing in animal sciences: a case report. Proceedings of the 2nd International Conference on Progress in Additive Manufacturing, Singapore, 2016. p. 122-127

Viana JHM, Hinduja S, Bartolo PJS. Estimation of biometric parameters from cattle rump using free-hand scanning and a 3D data processing algorithm. Virtual and Physical Prototyping, 1: 1-6, 2016.

Reiss MLL. Reconstrução tridimensional digital de objetos à curta distância por meio de luz estruturada. Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente. 2007.

Geng J. Structured-light 3D surface imaging: a tutorial. Advances in Optics and Photonics 3, 128-160 (2011) doi: 10.1364/AOP.3.000128.

## **APÊNDICE A**

Age-related changes in body shape may affect the accuracy of biometric measurements performed on three-dimensional models in cattle

## Age-related changes in body shape may affect the accuracy of biometric measurements performed on three-dimensional models in cattle

Raianny P. Lobo<sup>1</sup>, Tulio V.A. Silva<sup>1</sup>, Taynan S. Kawamoto<sup>2</sup>, Andrei A.G. Fidelis<sup>1</sup>, Ricardo A. Figueiredo<sup>3</sup>, and Joao H.M. Viana<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitário de Brasília, Brasília, Brazil

<sup>2</sup>Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brazil

<sup>3</sup>Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Brasília, Brazil  
henrique.viana@embrapa.br

### Introduction

Biometric parameters are largely used in dairy cattle to define phenotypic traits for breeding programs, and genetic improvement is directly related to the quantity and quality of phenotypic data available. Currently, however, evaluation of type traits in cattle is mostly based on visual, subjective scoring, which is inaccurate and prone to bias. The direct measurement with scales, on the other hand, is time consuming and requires physical contact with the animals. The use of sensors is an alternative to remotely acquire three-dimensional (3D) data from body geometry, and modelling tools can be used to extract a range of measurements from the data point cloud. The use of 3D technology-based large-scale fine phenotyping in cattle would positively impact production, health, and livestock well-being. In a previous study, our group used structured light scanning and a custom-design algorithm to obtain rump data in adult, lactating Holstein cows (Viana et al. 2016). The modeling model used in that study was based on the identification of reference points on skin surface. However, differences in rump geometry due to the amount of muscle tissue and subcutaneous fat could potentially interfere in the identification of reference points and thus reduce the accuracy of measurements. The aim of the present study was to validate this approach in *Bos indicus* calves.

### Materials and Methods

This project was approved by the Embrapa Ethics in Use of Animals Committee (protocol CEUA #273/2017). Nelore breed calves (N=11) were monthly weighed from one month to 12 months old, and evaluated for biometric endpoints, including rump width, using a conventional metric scale. Acquisition of 3D data from the rump area was performed by structured infrared light scanning, using a portable sensor (iSense™, 3D Systems, Rock Hill, SC, USA) connected to a tablet computer (iPad Air 2, Apple Inc., Cupertino, CA, USA) equipped with real time scanning app (<https://itunes.apple.com/us/app/isense/id807510940>). The nominal resolution of the equipment at 0.5 m was 0.9 mm for the x/y axes and 1.0 mm for the z axis (depth). The points-cloud data was transformed in a geometric surface and stored as OBJ files (Figure 1A). The 3D images were then edited using the open-source software MeshLab (SourceForge, USA) to delete unspecific scans from nearby objects. The file containing only the x,y,z Cartesian coordinates of the points-cloud was exported and converted to a x,y,z matrix (.m file) using Matlab (<http://www.mathworks.com>). The algorithm script used was previously described (Viana et al. 2016). Briefly, it was based in a set of rules to identify, in the three-dimensional space, reference points corresponding to the tail and lateral prominences of the tuber ilium and of the tuber ischium. The values of rump width (RW) obtained from all calves at the ages of one, six, and 12 months, as calculated from the scan points-cloud or measured *in vivo* (reference standard), were used for comparisons. Differences between methods were determined by ANOVA. The association between the outcomes were

calculated using the Pearson's correlation method. Inconsistencies were defined as the proportion between the absolute difference of values calculated or measured for each calf, and the values calculated (e.g.,  $[(RW_{\text{calculated}} - RW_{\text{measured}})/RW_{\text{calculated}}] * 100$ ). The algorithm's results were also checked for coherence by plotting the reference points within the point cloud, and visually inspecting the resulting graphics (Figure 1B). Results are presented as mean  $\pm$  standard error, and a P-value of 0.05 indicated statistical significance.

### Results and Discussion

There was no difference ( $36.4 \pm 2.7$  vs  $36.2 \pm 2.1$  cm, respectively;  $P > 0.05$ ) in rump width as measured *in vivo* or calculated from the scan points-cloud using the algorithm on data recovered from 12 months old calves. However, correlation between the results of the two techniques progressively decreased, as 3D models were obtained at earlier ages ( $R = 0.92, 0.66,$  and  $0.53$  for 12, six, and one month, respectively). Higher correlations in older calves were associated with a lower proportion of misidentification of reference points, as observed in plotting graphics ( $0.0$  vs  $45.4\%$  and  $72.7\%$ , respectively). When only results from 3D models with correct identification were taken into account, correlations were higher than  $0.90$ , regardless age (overall  $R = 97.8$ , average error of  $1.5 \pm 1.2$  cm). The present results support the hypothesis that 3D image acquisition can be used to recover biometric data from cattle. The inconsistencies (average  $5.4\%$ ) observed from measurements obtained *in vivo* were expected, as direct measurements with metric scales, used as reference standard, are also not precise, particularly in curved areas. However, differences in rump geometry, as observed during calf development, interfered in the accuracy of the algorithm-based estimation of reference points and, consequently, in measurements. Consequently, 3D data analysis algorithms shall be adjusted taking in account differences in geometry among cattle categories.

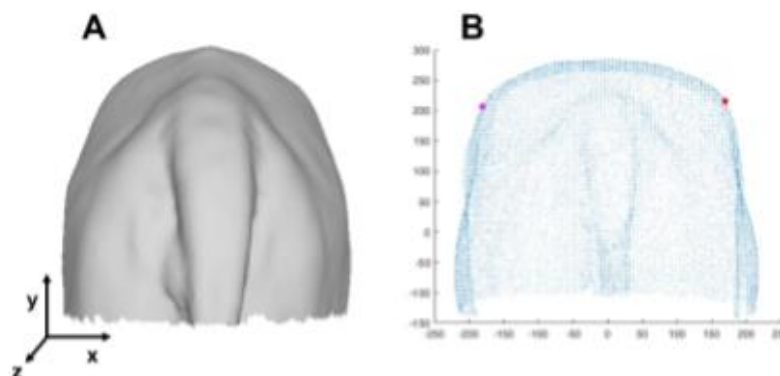


Figure 1. A: Three-dimensional image of the rump. B: Plotting of the point-cloud with reference points corresponding to the right and left tuber ilium prominences.

### Acknowledgements

The authors thanks FAPDF Projects #193.001.640/2017 and 0193.001393/2016 for financial support. RP Lobo and TVA Silva received a PIC grant from Uniceub.

### References

Viana JHM, S Hinduja, PJS Bartolo. 2016. Estimation of biometric parameters from cattle rump using free-hand scanning and a 3D data processing algorithm. *Virtual Phys Prototyp* 1:1-6.