

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS DE NORMALIDADE DE BOVINOS DE
CORTE**

Guilherme Augusto Motta

Médico Veterinário

2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS DE NORMALIDADE DE BOVINOS DE
CORTE**

Discente: MSc. Guilherme Augusto Motta

Orientador: Prof. Tit. Dr. Áureo Evangelista Santana

Co-orientador: Dr. Ricardo Perecin Nociti

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de
Jaboticabal, como parte das exigências para
obtenção do título de Doutor em Ciências
Veterinárias na área de Saúde Animal

2023

M921c Motta, Guilherme Augusto
Caracterização de parâmetros de normalidade de bovinos de corte / Guilherme Augusto Motta. -- Jaboticabal, 2023
103 p. : il., tabs.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Áureo Evangelista Santana
Coorientador: Ricardo Perecin Nociti

1. Hematologia. 2. Bioquímica sérica. 3. Proteínas de fase aguda. 4. Bezerros. 5. Touros. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

REGISTRO DE IMPACTO

Conforme a portaria Unesp nº 117, de 21 de dezembro de 2022.

Os capítulos 2 e 3 desta tese abordam a verificação de parâmetros de normalidade hematológica, bioquímica sérica e da expressão de proteínas de fase aguda em duas categorias diferentes de bovinos de corte. Considerando a relevância da produção de bovinos no cenário nacional, a observação dessas variáveis em diversas situações é útil para avaliações clínicas ou zootécnicas haja visto o avanço tecnológico na atividade.

A região de savana brasileira, compreende a principal zona produtora de bovinos no território nacional e por suas peculiaridades geoclimáticas opera influências no desenvolvimento dos animais. Diante disso, a determinação dos intervalos de normalidade para bezerros de corte em fase de desmama das principais raças produzidas serve como ferramenta de monitoramento de desempenho, sabendo que se trata de uma categoria animal de alto impacto na produtividade de carne bovina.

Os touros doadores de sêmen têm sua importância estabelecida pelo seu impacto no melhoramento genético do rebanho em âmbito nacional. Sendo mantidos em regime de criação intensivo e atingindo idade avançada serão, eventualmente, acometidos por enfermidades relativas ao excesso de peso e à senilidade. Portanto, a compreensão do efeito da idade em parâmetros sanguíneos e séricos nestes animais contribui para a tomada de decisões diagnósticas e prognósticas.

IMPACT RECORD

According to Unesp Ordinance No. 117, dated December 21, 2022.

Chapters 2 and 3 of this thesis address the verification of parameters of hematological normality, serum biochemistry and the expression of acute phase proteins in two different categories of beef cattle. Considering the relevance of cattle production in the national scenario, the observation of these variables in different situations is useful for clinical or zootechnical evaluations, given the technological advances in the activity.

The Brazilian savanna region, comprises the main cattle producing area in the national territory and due to its geoclimatic peculiarities it influences the development of animals. In view of this, the determination of normal ranges for beef calves in the weaning phase of the main breeds produced serves as a performance monitoring tool, knowing that this is an animal category with a high impact on beef productivity.

Semen donor bulls have their importance established by their impact on the genetic improvement of the herd nationwide. Being kept in an intensive breeding regime and reaching an advanced age, they will eventually be affected by diseases related to overweight and senility. Therefore, understanding the effect of age on blood and serum parameters in these animals contributes to making diagnostic and prognostic decisions.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS DE NORMALIDADE DE BOVINOS DE CORTE

AUTOR: GUILHERME AUGUSTO MOTTA
ORIENTADOR: AUREO EVANGELISTA SANTANA
COORIENTADOR: RICARDO PERECIN NOCITI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Ciências Veterinárias,
 área: Saúde Animal pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. AUREO EVANGELISTA SANTANA (Participação Virtual)
 Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV UNESP Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
gov.br AUREO EVANGELISTA SANTANA
 Data: 06/07/2023 10:31:19-0300
 Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. JOSÉ CORRÊA DE LACERDA NETO (Participação Virtual)
 Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV UNESP Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
gov.br JOSÉ CORRÊA DE LACERDA NETO
 Data: 05/07/2023 17:47:22-0300
 Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa. Dra. MIRELA TINUCCI COSTA (Participação Virtual)
 Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV UNESP Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
gov.br MIRELA TINUCCI COSTA
 Data: 03/07/2023 16:21:24-0300
 Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa. Dra. NARA SARAIVA BERNARDI (Participação Virtual)
 UNIARA / Araraquara/SP

Documento assinado digitalmente
gov.br NARA SARAIVA BERNARDI
 Data: 05/07/2023 11:57:13-0300
 Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa. Dra. GEÓRGIA MODÉ MAGALHÃES (Participação Virtual)
 Instituto Federal do Sul de Minas / Muzambinho/MG

Documento assinado digitalmente
gov.br GEORGIA MODE MAGALHAES
 Data: 05/07/2023 14:46:46-0300
 Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Jaboticabal, 26 de junho de 2023

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Guilherme Augusto Motta – nascido em Catanduva, São Paulo, em 05 de Janeiro de 1987, filho de Sérgio Aparecido Motta e Márcia Aparecida Pinto da Costa Motta. Graduou-se Médico Veterinário na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Câmpus de Jaboticabal, concluindo o curso em fevereiro de 2011. Fez duas iniciações científicas, uma nos anos de 2007 e 2008, como bolsista da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), processo nº 06/61874-4, e outra vinculada ao Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Câmpus de Jaboticabal, entre outubro de 2009 e fevereiro de 2011. Ingressou no curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Medicina Veterinária, na área de Clínica Médica Veterinária em agosto de 2012, concluindo-o em outubro de 2014, sob orientação do Prof. Tit. Dr. Luiz Carlos Marques. Em agosto de 2018 iniciou o curso de Doutorado do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, na área de Saúde Animal, sob orientação do Prof. Tit. Dr. Áureo Evangelista Santana e co-orientação do Dr. Ricardo Perecin Nociti. Atuou como clínico responsável pelo rebanho de touros doadores de sêmen na CRV Lagoa, Sertãozinho, São Paulo, de setembro de 2011 até novembro de 2013. Responsável técnico na Fazenda M.I.H., Fonterra Dairy Co., Cristalina, Goiás, entre abril de 2014 e julho de 2015. Iniciou carreira docente no curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA), Palmas – Tocantins nas cátedras de Semiologia Veterinária, Cirurgia Veterinária I e II, Medicina de Bovinos e Bubalinos, Medicina de Equinos e Odontologia Veterinária, sendo também responsável pelo Serviço de Clínica e Cirurgia de Grandes Animais do Hospital Veterinário da mesma instituição. Atualmente leciona Clínica Médica de Ruminantes, Clínica Médica de Suínos, Fisiopatologia da Reprodução do Macho e Epidemiologia das Enfermidades Infecciosas e Parasitárias dos Animais na Universidade de Araraquara – UNIARA, Araraquara, São Paulo, onde também exerce função de supervisão da Clínica de Grandes Animais da mesma instituição.

EPÍGRAFE

“A árvore não prova a doçura dos próprios frutos; o rio não bebe suas próprias ondas; as nuvens não despejam água sobre si mesmas. A força dos bons deve ser usada para benefício de todos”

Provérbio hindu

“A grandeza não consiste em receber honras, mas em merecê-las”

Aristóteles

“Não havendo bois, o celeiro fica limpo, mas pela força do boi há abundância de colheitas”

Provérbios 14:4

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos os meus pacientes, pois servem para o aprendizado e aproximam-me da excelência
e a todos os meus alunos pela confiança depositada.

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos dirigem-se:

A Deus e todas as forças que regem a nossa existência;

a meus pais Sérgio Aparecido Motta e Márcia Aparecida Pinto da Costa Motta pela minha criação e do meu irmão, Dr. João Gabriel Motta;

a meus avós Sebastião Motta, Maria Meneguello Motta, Luís Soares da Costa (*in memorian*) e Araci de Oliveira Pinto da Costa (*in memorian*), pelos exemplos de vida;

a meus tios, principalmente à Dra. Luciene Aparecida Pinto da Costa Pereira por todo o carinho e exemplo;

a todos os meus professores, desde a tenra idade, em especial Dr. Luiz Carlos Marques, Dr. José Antônio Marques, Dr. Delphim da Graça Macoris, Dr. José Wanderley Cattelan, Dr. Antônio Carlos Alessi, Dr^a Rosângela Zacarias Machado, Dr. Francisco Guilherme Leite e Dr^a Rosimeire de Oliveira Vasconcelos, por terem ensinado a importância do exemplo docente;

ao Prof. Dr. Áureo Evangelista Santana, orientador deste trabalho, pelo aceite, boa vontade incondicional e exemplo como homem;

ao Dr. Ricardo Perecin Nociti, amigo, irmão e coorientador, sempre presente e resoluto;

aos Ruminantes, que como alimento e força de trabalho sustentam a humanidade mansamente;

aos alunos do Centro Universitário Luterano de Palmas, CEULP/ULBRA, que colaboraram com a execução do trabalho experimental;

ao Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias e à Seção Técnica de Pós-graduação por toda a compreensão e ajuda durante o curso de doutorado;

àqueles de que, por ventura, tenha me esquecido.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

	Página
<u>CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS</u>	ix
<u>RESUMO</u>	xii
<u>ABSTRACT</u>	xiii
<u>LISTA DE ABREVIATURAS</u>	xiv
<u>LISTA DE TABELAS</u>	xvii
<u>LISTA DE FIGURAS</u>	xix
<u>CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS</u>	01
<u>1.1 Introdução</u>	02
<u>1.2 Revisão de literatura</u>	04
<u>1.2.1 Bovinocultura de corte no estado do Tocantins</u>	04
<u>1.2.2 Principais raças bovinas para corte atualmente utilizadas</u>	05
<u>1.2.3 Avaliação hematológica na espécie bovina</u>	11
<u>1.2.4 Avaliação bioquímica sérica na espécie bovina</u>	13
<u>1.2.5 Avaliação das proteínas de fase aguda na espécie bovina</u>	16
<u>1.2.6 Referências bibliográficas</u>	17
<u>CAPÍTULO 2 – HEMATOLOGICAL NORMALITY, SERUM BIOCHEMISTRY, AND ACUTE PHASE PROTEINS IN HEALTHY BEEF CALVES IN THE BRAZILIAN SAVANNAH</u>	29
<u>1. Introduction</u>	31
<u>2.Objectives</u>	32
<u>3. Materials and Methods</u>	32
<u>3.1. Experimental groups</u>	32
<u>3.2 Behavioral assessment</u>	33
<u>3.3 Sample collection</u>	33
<u>3.4 Laboratory analysis</u>	34
<u>4. Results</u>	34
<u>5. Discussion</u>	44
<u>6. Conclusions</u>	49
<u>7. Appendix</u>	50
<u>8. References</u>	53
<u>CAPÍTULO 3 – BIOQUÍMICA SÉRICA E PERFIL ELETROFORÉTICO DE TOUROS ZEBUÍNOS DE CORTE EM REGIME DE COLETA DE SÊMEN</u>	60
<u>3.1. Introdução</u>	61
<u>3.2. Material e métodos</u>	62
<u>3.2.1. Grupos experimentais</u>	62

<u>3.2.2. Coleta De Amostras</u>	63
<u>3.2.3. Metabolismo</u>	63
<u>3.2.4. Proteinograma</u>	65
<u>3.2.4. Análise Estatística</u>	65
<u>3.3 Resultados e Discussão</u>	66
<u>3.4. Conclusão</u>	74
<u>3.5. Referências bibliográficas</u>	75
<u>4 Considerações finais</u>	80

CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal



CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto de pesquisa intitulado **“Parâmetros de normalidade hematológica, metabólica, proteinograma sérico e análise de vesículas extracelulares de bovinos hígidos na região de Palmas – TO, Brasil”**, protocolo nº 07307/19, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Aureo Evangelista Santana, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 13 de junho de 2019.

Vigência do Projeto	01/10/2019 a 01/06/2020
Espécie / Linhagem	<i>Bos taurus taurus</i> , <i>Bos taurus indicus</i>
Nº de animais	150
Peso / Idade	600 kg / 20 - 26 meses
Sexo	Masculino
Origem	Fazenda de criação

Jaboticabal, 13 de junho de 2019.


Prof.ª Dr.ª Fabiana Pilarski
 Coordenadora – CEUA

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias
Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n CEP 14884-900 - Jaboticabal/ SP - Brasil
tel 16 3209 7100 www.fcav.unesp.br

CARACTERIZAÇÃO DE PARÂMETROS DE NORMALIDADE DE BOVINOS DE CORTE

RESUMO – As análises hematológicas, bioquímicas séricas e de proteínas de fase aguda contribuem fundamentalmente para estudos diagnósticos, fisiológicos, patológicos e nutricionais em todas as espécies. Considerando a diversidade de variáveis ambientais e raciais é necessária a avaliação pontual de populações para determinação de valores de referência para determinada situação. O estudo objetivou a determinação de valores basais em bezerros de corte em idade de desmame dos principais tipos raciais produzidos no estado do Tocantins – Brasil e na verificação da influência etária nesses parâmetros em touros zebuínos de corte em regime de coleta de sêmen. Os grupos experimentais foram formados por bezerros Nelore, Senepol, bimestiços Nelore e Aberdeen Angus, bimestiços Nelore e Senepol e trimestiços Nelore, Aberdeen Angus e Senepol, oriundos da mesma fazenda de criação e de sistema extensivo com suplementação à pasto com idades semelhantes. Enquanto os touros foram agrupados em três grupos etários distintos dentro do mesmo ambiente de produção. Os hemogramas foram realizados em contador automático de células, as dosagens bioquímicas séricas e metabólicas determinadas por meio de *kits* comerciais e a dosagem de proteínas de fase aguda através da técnica de eletroforese em gel de poliacrilamida, todos em apenas um momento. De modo as variáveis estudadas seguiram os padrões já descritos. Os grupos de bezerros apresentaram maior contagem total de leucócitos, atividade sérica de enzimas hepáticas e fosfatase alcalina, teores de cálcio e fósforo devido à fase de crescimento e, portanto, maior atividade metabólica. Também foi observada influência do temperamento nessas variáveis, por exemplo, animais Nelore tiveram maiores concentrações creatinina quinase e glicose sérica, ao passo que os grupos menos reativos tiveram reduções equivalentes. A infestação por parasitas gastrintestinais também mostrou, onde os grupos de maior percentual racial taurino apresentaram menor contagem de hemácias e teor de albumina plasmática. Quanto às proteínas de fase aguda, nos bezerros as diferenças foram constatadas entre os zebuínos, Nelore, e os taurinos, Senepol, sendo relacionadas à rusticidade. Os resultados observados nos touros não demonstraram efeito significativo da idade em todas as categorias analisadas, exceto pela atividade sérica da fosfatase alcalina, que mostrou-se superior nos animais mais jovens, pois possuem maior atividade metabólica óssea. De modo geral, os achados condizem com os registros prévios da literatura. Entretanto, a análise de um universo amostral mais amplo, ou seja, mais rebanhos, pode evidenciar o efeito geográfico sobre os animais. Enquanto, que para os touros, as correlações com outras análises mais detalhadas e de outros tipos, como de imagem, podem contribuir para o estudo de enfermidades crônicas para a espécie.

Palavras-chave: hematologia, bioquímica, proteínas de fase aguda, bezerros, touros, raças

CHARACTERIZATION OF BASELINE PARAMETERS FOR BEEF CATTLE

ABSTRACT - Hematological, serum biochemical and acute phase protein analysis fundamentally contribute to diagnostic, physiological, pathological and nutritional studies in all species. Considering the diversity of environmental and breed variables, a punctual assessment of populations is necessary to determine reference values for a certain situation. The study aimed to determine baseline values in beef calves at weaning age of the main breed types produced in the state of Tocantins - Brazil and to verify the age influence on these parameters in beef zebu bulls in a semen collection regime. The experimental groups were formed by Nellore, Senepol, bicrossed Nellore and Aberdeen Angus calves, bicrossed Nellore and Senepol and quartered Nellore, Aberdeen Angus and Senepol calves, from the same breeding farm and from an extensive system with supplementation to pasture at similar ages. While the bulls were grouped into three distinct age groups within the same production environment. Hemograms were performed in an automatic cell counter, serum and metabolic biochemical measurements were determined using commercial kits, and acute phase proteins were measured using the polyacrylamide gel electrophoresis technique, all in a single moment. The groups of calves had higher total leukocyte count, serum activity of liver enzymes and alkaline phosphatase, calcium and phosphorus contents due to the growth phase and, therefore, higher metabolic activity. The influence of temperament on these variables was also observed, for example, Nellore animals had higher creatine kinase and serum glucose concentrations, while less reactive groups had equivalent reductions. The infestation by gastrointestinal parasites also showed, where the groups with the highest percentage of taurine racial had lower red blood cell counts and plasma albumin content. As for the acute phase proteins, in calves differences were found between zebu, Nellore, and taurine, Senepol, being related to rusticity. The results of bulls showed no significant effect of age in all categories analyzed, except for the serum activity of alkaline phosphatase, which was superior in younger animals, as they have higher bone activity. In general, the findings are consistent with previous records in the literature. However, the analysis of a wider sample universe, that is, more herds, can show the geographic effect on the animals. While, for bulls, correlations with other more detailed analyzes and of other types, such as imaging, can contribute to the study of chronic diseases for the species.

Keywords: haematology, clinical biochemistry, acute phase proteins, calves, bulls, breeds

LISTA DE ABREVIATURAS

ABA – Associação Brasileira do Angus
ABC – Associação Brasileira de Criadores
ABCBSENEPOL – Associação Brasileira de Criadores de Bovinos Senepol
ABIEC – Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne
ACNB – Associação de Criadores de Nelore do Brasil
Alb – albumina
ALT – alanina aminotransferase
AN – Aberdeen Angus
ANC - Associação Nacional de Criadores "Herd-Book Collares"
AP – fosfatase alcalina
ASBIA – Associação Brasileira de Inseminação Artificial
AST – aspartato aminotransferase
Bas – contagem de basófilos
Bil. dir. – bilirrubina direta
Bil. ind. – bilirrubina indireta
Bil. total – bilirrubina total
BthW – peso ao nascimento
BW – peso corporal
Ca – cálcio
Ca i – cálcio ionizado
Cest. – cestódeos
CEUA – Comissão de Ética no Uso de Animais
Chol - colesterol
CONCEA – Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal
CK – creatinina cinase
Cl⁻ – íon cloreto
Coc. – coccídeos
CP – proteína bruta

Cpl – ceruloplasmina

CT – contagem total

CV – coeficiente de variação

DAMP's – “damage associated molecular patterns”

DB – bilirrubina direta

Eos – contagem de eosinófilos

epg – ovos por grama de fezes

Fe – ferro

FA – fosfatase alcalina

GGT – γ -glutamilttransferase

Gluc – glicose

Hb – concentração de hemoglobina

Hp – haptoglobina

Ht – hematócrito

IATF – Inseminação Artificial em Tempo Fixo

IB – bilirrubina indireta

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

K – potássio

kDa – kilodaltons

kg – quilograma

LBP – proteína ligante de lipopolissacarídeo

Lymp – contagem de linfócitos

Max – valor máximo

Median – valor de mediana

MCH – hemoglobina corpuscular média

MCHC – concentração de hemoglobina corpuscular média

MCV – volume corpuscular médio

MDMG – ganho de peso médio diário

Mg – magnésio

Min – valor mínimo

Mon – contagem de monócitos

Na – sódio

NE – Nelore

Neu – contagem de neutrófilos

NExAN – bimestiço entre Nelore e Aberdeen Angus

NExSE – bimestiço entre Nelore e Senepol

P – fósforo

PC – peso corporal

PCA – análise de componentes principais

PFA's – proteínas de fase aguda

PLT – número de plaquetas

PT – proteína total

RBC – contagem total de hemácias

ReS – escore de liberação

RIF – “recentered influence functions”

RTS – escore de contenção

SAA – proteína sero-amilóide A

SD – desvio padrão da média

SE – Senepol

SEFAZ – Secretaria da Fazenda

TB – bilirrubina total

Tf – transferrina

Triglyc – triglicerídeos

TO – Tocantins

TP – proteína total

Tricost. – tricostrongilídeos

WBC – contagem total de leucócitos

α 1GA – glicoproteína ácida α -1

Σ – somatório

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2 – HEMATOLOGICAL NORMALITY, SERUM BIOCHEMISTRY, AND ACUTE PHASE PROTEINS IN HEALTHY BEEF CALVES IN THE BRAZILIAN SAVANNAH

Table 1. Categorization of the restraint score (RTS) adapted from [22].....	33
Table 2. Categorization of the release score (ReS) adapted from [22].....	33
Table 3. Maximum, mean, standard deviation, median and minimum values for eritrometric variables and platelet count of weaning beef calves at Brazilian savannah.....	35
Table 4. Average values $\pm$ standard deviation of RTS (restraint score), ReS (release score) and Σ (summation) for temperament avaliation of weaning beef calves at Brazilian savannah	36
Table 5. Average values $\pm$ standard deviation of age, birth weight, body weight at weaning and daily medium gain of weaning beef calves at Brazilian savannah.....	36
Table 6. Average values $\pm$ standard deviation of egg count of trichostrongylides, coccidia, cestodes, and, summation of weaning beef calves at Brazilian savannah.....	37
Table 7. Maximum, mean, standard deviation, median and minimum for differential white blood cells count of weaning beef calves at Brazilian savannah.....	38
Table 8. Maximum, mean, standard deviation, median and minimum for serum enzymes concentration of weaning beef calves at Brazilian savannah	40
Table 9. . Maximum, mean, standard deviation, median and minimum for serum acute phase proteins and total protein concentrations of weaning beef calves at Brazilian savannah.....	41
Table A1 (Appendix). Metabolic parameters, methodologies, and units used..	50
Table A2 (Appendix). Maximum, mean, standard deviation, median and minimum for serum concentrations of metabolites of weaning beef calves at Brazilian savannah.....	51
Table A3 (Appendix) Maximum, mean, standard deviation, median and minimum for serum electrolytes concentration of weaning beef calves at Brazilian savannah.....	52

CAPÍTULO 3 – BIOQUÍMICA SÉRICA E PERFIL ELETROFORÉTICO DE TOUROS ZEBUÍNOS DE CORTE EM REGIME DE COLETA DE SÊMEN

<u>Tabela 1.</u> Parâmetros metabólicos, material amostral, metodologias e unidades utilizadas.	64
<u>Tabela 2.</u> Média $\pm$ desvio padrão do peso corporal (PC) e da idade em anos de touros zebuínos (<i>Bos indicus</i>) de raças de corte em regime de coleta de sêmen de diferentes faixas etárias.	66
<u>Tabela 3.</u> Média $\pm$ desvio padrão das atividades enzimáticas séricas de touros zebuínos (<i>Bos indicus</i>) de raças de corte em regime de coleta de sêmen de diferentes faixas etárias.	68
<u>Tabela 4.</u> Média $\pm$ desvio padrão das concentrações séricas de metabólitos de touros zebuínos (<i>Bos indicus</i>) de raças de corte em regime de coleta de sêmen de diferentes faixas etárias.	69
<u>Tabela 5.</u> Média $\pm$ desvio padrão das concentrações de proteínas de fase aguda no soro de touros zebuínos (<i>Bos indicus</i>) de raças de corte em regime de coleta de sêmen de diferentes faixas etárias.	72

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2 – HEMATOLOGICAL NORMALITY, SERUM BIOCHEMISTRY, AND ACUTE PHASE PROTEINS IN HEALTHY BEEF CALVES IN THE BRAZILIAN SAVANNAH

Figure 1. Result of the multivariate statistical analysis represented with principal component analysis (PCA) using the values for hematological and serum biochemical variables of weaning beef calves at Brazilian savannah.....42

Figure 2. Clustering heatmap by Ward method using mean values of hematological and serum biochemical metabolites from weaning beef calves raised in the Brazilian savannah.....43

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1 Introdução

Com um rebanho estimado em 214,9 milhões de bovinos, sendo 8,74 milhões no estado do Tocantins (IBGE, 2018), o Brasil é o maior exportador de carne bovina do globo. Fornecendo 1,64 milhões de toneladas ao mercado externo, com crescimento de 11% e rendimentos de US\$ 6,57 bilhões, incremento de 7,9% em relação ao ano anterior (ABIEC, 2019). Considerando o clima predominantemente tropical no Brasil, a heterose entre as raças zebuínas e taurinas tem fundamental importância no progresso da produção de bovinos no país, pois agrega caracteres desejáveis como precocidade sexual, fertilidade, aumento de desempenho zootécnico e qualidade de carne e carcaça (Teixeira et al., 2006). Segundo a ASBIA (2018), o uso de raças britânicas continentais, principalmente Angus, tem crescido em média 2% ao ano; tal qual o uso de touros de raça pura, principalmente Senepol, para cobertura a campo tendo em vista sua adaptabilidade às condições climáticas, alimentares e pressão parasitária (ABCBSENEPOL, 2013 a.).

Aliado à intensificação dos sistemas produtivos observa-se também o aumento na prevalência de enfermidades (Braga et al., 2015). Portanto, análises hematológicas, séricas e moleculares tornam-se cada vez mais úteis e economicamente viáveis como instrumentos diagnósticos, de monitoramento e prognósticos na clínica buiátrica (Roland et al., 2014). Piccinini et al., 2006 e George et al., 2010 descreveram alterações em variáveis eritrométricas (número de eritrócitos) e leucométricas (percentual de linfócitos, neutrófilos e eosinófilos) ao longo das décadas devido à evolução no controle de parasitas e doenças como a diarreia viral bovina e a leucose enzoótica bovina. Logo, parâmetros de normalidade fidedignos devem ser aferidos em animais hígidos e ambientalmente semelhantes àqueles que se pretende avaliar na região geográfica (George et al., 2010; Krimer, 2011).

De acordo com Friedrichs et al., 2012, cada laboratório de análises clínicas deve possuir seu próprio referencial de normalidade para os diversos parâmetros hematológicos e metabólicos (energia, proteínas, minerais e funcionalidade de órgãos vitais) para sua população devido à diferentes influências genéticas, dietéticas, mesológicas e pelas técnicas de produção aos quais os animais estão expostos. Acrescenta-se o fato de que a

intensificação dos sistemas produtivos com vistas à maior produtividade eleva os riscos de transtornos metabólicos e o estabelecimento de intervalos de referência norteia o acompanhamento dos animais para a manutenção de limiares fisiológicos (Opsomer, 2015).

O foco inflamatório é a primeira resposta do sistema imunológico a estímulos nocivos, infecções ou injúrias teciduais, que superam as defesas locais e juntamente com uma ampla gama de eventos sistêmicos é denominada “reação de fase aguda”, ou seja, resposta sistêmica à injúria (Thomasvet al., 2018). Os fenômenos mais evidentes incluem febre, leucocitose, hiper ou hipoexpressão de proteínas estruturalmente não correlatas, denominadas proteínas de fase aguda (PFA's), que num processo altamente coordenado por diversos tipos celulares que intensificam, mantém, controlam ou solucionam o processo inflamatório (Ceciliani et al., 2002; Murata et al., 2014). Portanto, a compreensão do seu comportamento durante os processos fisiopatológicos contribui substancialmente para acompanhamento do curso clínico e para estabelecimento de prognóstico (Ceciliani et al., 2012).

Sob a óptica do Melhoramento Genético há controvérsias quanto à validade de variáveis hematológicas e bioquímico séricas como valores preditivos para características produtivas (Rauw, 2012; Stoop et al., 2016), levando em conta a infinidade de interferências possíveis de fatores fisiológicos, fisiopatológicos, infectocontagiosos e ambientais. Entretanto, O'Driscoll et al. (2015) descrevem padrões de expressão proteica característicos em vacas predispostas à úlcera de sola. É possível que seu padrão seja útil na avaliação de algumas variáveis entre os diferentes grupos raciais, como termotolerância, resistência a parasitas e taxa de ganho de peso, rendimento de carcaça, expressão de índices hematimétricos e bioquímicos superiores, por exemplo.

A partir das premissas precedentes, considera-se apropriado o estabelecimento de parâmetros de normalidade hematológica, bioquímica sérica e de fracionamento proteico para bovinos na região de cerrado brasileiro, devido à importância da atividade, seu potencial desenvolvimento e a ausência de dados referenciais para serviço médico veterinário.

1.2 Revisão de literatura

1.2.1 Bovinocultura de corte no estado do Tocantins

O ideal separatista, oposição entre norte e centro-sul de Goiás, para formação do estado do Tocantins surge por volta de 1.821 devido à disparidade na taxação da captação de ouro, quando as minas do Norte pagavam valores superiores ao erário (Cavalcante, 2003). Entretanto, Silva (1996), afirma que foram os pecuaristas, vaqueiros e donos de currais, nordestinos, que deram início ao processo de formação da nova unidade federativa opondo-se aos mineradores paulistas, sinalizando a fortíssima importância da atividade bovinícola na região desde seus primórdios.

A introdução da espécie bovina no território brasileiro é atribuída a Tomé de Souza, primeiro Governador Geral, com animais oriundos do Arquipélago de Cabo Verde nas áreas dos atuais estados de Pernambuco, Bahia e São Paulo, quando por volta do ano de 1.759 atingiram o Sertão de Amaro Leite, atual município de Mara Rosa, Goiás, seguindo o curso dos principais rios (Primo, 1992). Essas populações de bovinos adaptaram-se às condições de baixo valor nutricional das forragens, elevadas temperaturas, baixa umidade relativa do ar, e solo íngreme, formando a raça conhecida como Curraleiro Pé-duro (Carvalho e Girão, 1999). Borges (2000), ilustra a precariedade dos estabelecimentos rurais que não dispunham de cercas divisórias ou suplementação mineral, principalmente no atual Tocantins. Portanto, a expectativa de elevação nos índices produtivos e sanitários dos rebanhos levou à substituição por raças exóticas (Fioravante et al., 2008).

Segundo Borges (2000), o avanço tecnológico em maquinário agrícola nas décadas de 1.970 e 1.980 e o escoamento pela rodovia federal BR-153 proporcionaram o crescimento das áreas de pastagem, o que conjuntamente com as técnicas mais avançadas de produção e reprodução animal levam ao desponte do estado do Tocantins no contexto internacional com a cobertura vacinal contra febre aftosa superior a 99%.

Atualmente o estado do Tocantins dispõe de 15.180.162 hectares de área rural, sendo que 56% constituem-se de pastagens, 8% de áreas destinadas à lavoura e 29% de áreas de vegetação nativa (IGBE, 2017). Abrigando 8,74 milhões de bovinos, sendo que 8,21 são de aptidão para corte (IBGE, 2018). A

magnitude do rebanho de corte tocaninense é ilustrada por ASBIA (2018), onde o estado aparece com segundo colocado (25,4% do volume comercializado) no consumo nacional de sêmen bovino de raças para corte.

Quanto ao total de abates, o estado do Tocantins respondeu por 2,88% dos bovinos abatidos nacionalmente, de acordo com IBGE (2019) e SEFAZ (2019). Em relação à economia no estado, a produção de bovinos gerou 1,01% do total arrecado e a exportação de carne *in natura* correspondeu à 11,89% do total exportado no ano de 2018 (SEFAZ, 2018)

O Brasil é o maior exportador de carne bovina do mundo (ABIEC, 2019) e sua competitividade deve-se à vastidão de território apto à exploração, clima majoritariamente quente, oferta de espécies vegetais nativas consumíveis pelos bovinos, disponibilidade de mão-de-obra e ao fato da dieta dos animais ser principalmente composta por forragem verde, o que é valorizado pelo mercado consumidor (Motta e Miranda, 2001). No ano de 2019, o estado do Tocantins foi responsável por 2,9% do volume total exportado e de 2,5% da arrecadação gerada com a exportação de carne bovina brasileira (ABIEC, 2019).

1.2.2 Principais raças bovinas para corte atualmente utilizadas

Raça Nelore

A bovinocultura de corte brasileira concentra-se no bioma Cerrado, favorecendo as raças zebuínas pela sua superior resistência à parasitas, termotolerância, menor grau de exigência nutricional e boa fertilidade (Macedo, 2006). Portanto, a raça que predominou foi a Nelore, que Lima (1989), ressalta a rusticidade e vitalidade dos bezerros, que dispensam maiores cuidados médicos, a conformação dos mamilos facilmente abocanháveis pelo neonato, a angulação da pelve, com maior abertura no momento do parto, a conformação prepucial mais elevada conferindo maior eficiência reprodutiva e as cores do pêlo e da pele, refletindo a luz solar e protegendo contra radiação ultravioleta. No Brasil, 80 % do efetivo de bovinos é desta raça e consiste no maior patrimônio genético do mundo ocidental para estudo (Oliveira et al., 2002)

Provavelmente o primeiro rebanho puramente zebuíno tenha se estabelecido na Fazenda Santa Cruz, de propriedade do imperador D. Pedro I,

no estado do Rio de Janeiro (Lopes e Rezende, 1984). Contudo, o direcionamento das importações de zebuínos da Índia, principalmente, começou na segunda metade do século XIX, intensificando-se na primeira metade do século XX, pois com a Primeira Guerra Mundial a carne passou por valorização no mercado (Lopes e Rezende, 1984).

Os animais Nelore apresentam pêlo branco ou cinza claro, sendo que os machos possuem o pescoço e as espáduas mais escuros, a pelagem é curta e densa, a pele preta, fina e flexível, não sendo permitidas manchas claras, nem cascos ou vassoura da cauda brancos, o chanfro reto e largo nos machos e estreito e delicado nas fêmeas, os cornos são cônicos e retos para trás e para cima, podendo curvar-se para todos os sentidos, o músculo rombóide é desenvolvido e apoiado nas escápulas nos machos e mais delicado e arredondado nas fêmeas (ACNB, 2019).

Vacas Nelore têm elevada longevidade, permanecendo em média 7 anos no rebanho (Bertazzo et al., 2004). Porém, este índice é prejudicado por uma idade ao primeiro parto elevada com valor médio de 39 meses (Gressler, 1998), soma-se o fato de que as novilhas atingem aos 15 meses de idade 50% de seu peso adulto (Oliveira et al., 2000), gerando taxas de concepção ruins em programas de IATF, segundo Albuquerque et al. (2007) em torno de 20%. Entretanto, sabe-se que a precocidade sexual é altamente correlata ao peso corporal e este é produto de adequadas técnicas em nutrição animal (Gordo, 2011), bem como o intervalo entre partos, que aliadas à evolução científica em manipulação do ciclo estral produz taxas de concepção acima de 60% (Prata et al., 2020).

A puberdade nos machos Nelore, assim como nas fêmeas, é atingida mais tardiamente, cerca de 15 meses, com peso corporal médio de 232 kg (Freneau et al., 2006), entretanto, Unaniam e Silva (1996) descrevem casos de animais em puberdade seminal aos 12 meses, porém em sistema de criação intensivo. De acordo com Freneau et al. (2006), a amplitude de variação na idade à puberdade sugere que esta característica pode ser usada como critério de seleção, tendo em vista que os mais jovens à puberdade também possuem maior circunferência escrotal. Quanto à libido, Pineda et al. (2000) obtiveram resultados medianos, 5,03/10, enquanto Sarreiro et al. (2002) determinaram valores médios substancialmente superiores, 7,32/10, pelo teste de libido. Tais discrepâncias

são aceitáveis considerando que se trata de uma metodologia subjetiva, ou seja, com efeito variável entre os avaliadores. A longevidade dos machos também é extensa, com observação de touros com excelente desempenho reprodutivo com idades entre 6 e 15 anos (Fonseca et al., 2000). Além, de seu elevado potencial, obtendo taxa de concepção de 93,5% ao fim de uma estação de monta de 90 dias, numa relação touro:vaca de 1:80, quando a relação de 1:40 obteve 97,5% de concepção nas mesmas condições (Fonseca et al., 2000).

As raças zebuínas tendem a depositar gordura de cobertura precocemente, porém com menor maciez da carne (Silveira et al., 2009). A carne dos bovinos Nelore apresenta textura de levemente grosseira a fina (Silveira et al., 2009), com marmoreio leve ou inexistente (Arboitte et al., 2004), sua maciez pode variar com uma maior proporção e grãos dietéticos (Silveira et al., 2009), a cor é classificada com vermelha levemente escura (Crouse et al., 1989), menor suculência (Vaz et al., 2002), maior porcentagem e gordura na carcaça frente às raças taurinas tardias, Charolês, por exemplo, (Faturi et al., 2002) e maior proporção músculos/ossos devido seus ossos menores e mais porosos (Menezes et al., 2005).

Raça Aberdeen Angus

De acordo com Hermsdorf (1941), as principais vantagens da raça Aberdeen Angus são sua longevidade, fertilidade, precocidade e facilidade de parto, elevada habilidade materna e o caráter mocho. Acompanhado de elevadas taxas de desempenho (eficiência alimentar, taxa de ganho de peso, precocidade e qualidade de acabamento), obviamente em ambiente e clima satisfatórios, limitando sua criação em grande parte do território brasileiro (Batistelli, 2012; ABA, 2015). Consolidando-se com a raça mais apreciada para cruzamentos na base disponível de fêmeas Nelore por imprimir marmoreio e maior rendimento de carcaça (Silva et al., 2013), respondendo por 44,5% do sêmen de raças de corte vendido no Brasil em 2017 (ASBIA, 2018).

A raça Aberdeen Angus é de origem escocesa, condados de Angus e Aberdeen, com registros genealógicos de cerca de 400 anos, havendo registros históricos do século IX sobre bovinos negros e sem cornos (ANC, 2015). Sua

introdução, no Brasil, data de 1906 em Bagé, Rio Grande do Sul, por Leonardo Colares Sobrinho (Vasconcellos et al., 2003).

De acordo com ABC (2015), o padrão fenotípico estabelecido para a raça é o seguinte: pelagem vermelha preta (Aberdeen Angus) ou vermelha (Red Angus), manchas brancas na pele ou pêlos são aceitos somente na porção caudal do prepúcio ou no úbere parcialmente, as mucosas sempre cinzas ou pretas, pêlos finos, curtos e densos, cabeça média com perfil ligeiramente côncavo a reto, narinas amplas, boca grande e lábios bem desenvolvidos, orelhas médias nos touros e grandes nas fêmeas, pouco eretas e recobertas com pêlos, pescoço médio, firme e bem inserido nos touros e fino e comprido nas vacas, com garganta bem definida e sem barbela ou excessos de pele.

A longevidade da vaca Aberdeen Angus é de cerca de 5,5 anos (Brzáková et al., 2018), credita-se este valor reduzido à conduta dos criadores em preferir animais mais jovens, descartando as mais idosas. Resultados de Assis et al. (2000) demonstram que o peso corporal de no mínimo 270 kg é necessário para indução da maturidade sexual (início da atividade ovariana) com ou sem estímulo de rufiões, que não produziu diferença estatística na taxa de prenhez.

O estresse térmico é a principal causa de subfertilidade ou infertilidade em touros nas regiões tropicais e subtropicais do planeta (Takahashi, 2012.), pelo prejuízo à termorregulação testicular que desencadeia degeneração testicular, com diminuição de concentração espermática e motilidade e aumento do percentual de defeitos espermáticos (Das et al., 2016), inviabilizando o uso de raças taurinas puras em programas de cobertura a campo nestas regiões geográficas (Rahman et al., 2018).

O tempo de reação do touro Aberdeen Angus às fêmeas é substancialmente menor que o dos touros zebuínos, 3,9 minutos contra 12,7 minutos (Bascuñan et al., 2008) que indica sua maior libido e possível resultado superior na função de detecção de cio. Aliado a esse fato, observa-se médias elevadas no perímetro escrotal, 36,9 cm, com idade média de 15,4 meses, indicando precocidade sexual no macho em sistemas semi-intensivos de produção (Silva et al., 2016), havendo redução nesses valores em sistemas extensivos, de 45 para 36 cm de circunferência escrotal aos 24 meses (Menegassi et al, 2011), diferença essa devido à variação nutricional entre os

sistemas (Fordyce et al., 2013), uma vez que o desenvolvimento testicular está mais atrelado ao peso corporal que à idade.

O principal uso para a raça no Brasil é na produção de bimestiços de corte (ASBIA, 2018), devido seu resultado superior em ganho de peso diário frente a outras raças (maior conversão alimentar) (Hadlich et al., 2006), com reduzida idade de abate (Vaz et al., 2008) e com deposição de gordura de superfície e marmorizada (Costa et al., 2002). Rodrigues et al., 2011, apontam ligeiro aumento no rendimento de traseiro de mestiços Wagyu (47,81%) frente os mestiços Aberdeen Angus (47,16%).

Raça Senepol

A raça Senepol foi formada a partir do cruzamento de duas raças taurinas, a N'Dama, africana, resistente à parasitas e ao clima semi-árido, e o Red Polled, britânica, dócil, com ótima habilidade materna, desprovida de cornos e com conformação frigorífica superior (Okamura, 2015). Sua principal vantagem é a termotolerância que se deve ao tipo de pelo muito curto, liso e brilhante (*slickhair*) que não retém calor (Delfino et al., 2014) e ao tipo de glândulas sudoríparas presentes na pele, saculiformes com maior potencial secretor e dissipador de calor, intermediárias e enoveladas, com menor potencial secretor e dissipativo (Pila, 2011). Segundo Ribeiro et al. (2010), bovinos Nelore possuem 90,11% de glândulas do tipo saculiforme e 4,38% de enoveladas, os bimestiços Nelore e Senepol, 83,2% de saculiformes e 12,37 de enoveladas, enquanto os bimestiços Nelore Aberdeen Angus, 66,65% de saculiformes e 27,14 de enoveladas. Enquanto bovinos Senepol têm 96,42% de padrão saculiforme e 0,19% de padrão enovelado (Pila, 2011), o que explica sua adaptação ao clima tropical frente a todas as raças taurinas de origem européia, viabilizando seu uso em programas de monta natural (Moraes, 2012). Corroborando com Hammond et al. (1996), que identificou menores temperaturas corporais em bovinos Senepol no verão no estado da Flórida, frente aos bovinos Aberdeen Angus e Hereford, transmitindo essa característica à descendência.

O surgimento da raça remonta à primeira metade do século XX, na Ilha de Saint Croix, no arquipélago das Ilhas Virgens Americanas com o objetivo de produzir carne de melhor qualidade na região (Okamura, 2015). A introdução no

Brasil é muito recente, quando no ano 2000 os primeiros animais importados chegam ao estado de Rondônia (ABCSENEPOL, 2013 b.).

De acordo com ABCSENEPOL (2013 c.), o padrão racial estabelecido é: pele preta ou vermelha, pelagem totalmente vermelha, onde qualquer mancha no pêlo, pele ou úngulas são desclassificadoras, mocho, onde qualquer sinal de tecido córneo é desclassificatório, cabeça pequena, curta e magra, com perfil subcôncavo, mucosas e mufla pretas, marrons ou com tendência rosada, orelhas de curtas a médias e de cartilagem fina, peito e gradil costal amplo, dorso reto e largo e docilidade sem aparência deprimida.

A média de oócitos obtidos de vacas doadoras Senepol obtida por Pires (2019), 27,13/vaca, é semelhante às médias encontradas por Silva et al. (2017) em diversas raças em ambiente tropical. Quando utilizada em cruzamentos, as fêmeas mestiças Senepol apresentam intervalos entre partos inferiores ao das fêmeas Nelore, o que com certeza implementa a eficiência reprodutiva dos rebanhos, produzindo, inclusive, bezerros com menor peso ao nascimento, característico da raça Senepol (Reggiori et al., 2016).

Moraes (2012) afirma que para a raça Senepol a precocidade sexual nos machos, assim como nas demais raças, tem altíssima correlação (0,89) com o peso corporal, demonstrando que o sistema que propiciar maiores taxas de crescimento favorece a maturidade sexual. A precocidade sexual dos machos é verificada por Moraes (2012), onde 100% dos machos com 12 meses de idade, 287 kg e 27,2 cm de perímetro escrotal já estão púberes e aos 16 meses, com 363 kg e 31,7 cm de perímetro escrotal, 46,6% já são sexualmente maduros, corroborando com Chase et al. (1997).

O formato dos testículos também favorece sua termorregulação (BAILEY et al., 1996). Segundo Moraes (2012), na raça Senepol predominam os testículos de formato longo (longo-moderado e longo-ovóide), coincidindo com a descrição de Silveira (2004) em touros Nelore e Fernandes Júnior & Franceschini (2007) em touros Montana (raça composta para entre *Bos taurus taurus* e *Bos taurus indicus* para produção nas zonas tropicais).

A carne dos animais Senepol apresenta marmoreio intermediário (Pereira e Silva, 2004). O pH apresenta-se entre 5,4 e 5,5, com força de cisalhamento de 2,52 kg (Pereira e Silva, 2004), o que é vantajoso, pois espera-se valores entre 5,6 e 5,8, com força de cisalhamento de 3,2 kg, e quando acima de 5,8 gera

aumento da firmeza da carne (Felício, 1999). Pereira e Silva (2004) concluíram que as diferentes combinações “tricross” compostas por 50% de sangue Senepol apresentaram excepcionais rendimentos em carne magra, cortes nobres e em espessura de gordura de cobertura, o que atende às necessidades do mercado consumidor.

1.2.3 Avaliação hematológica na espécie bovina

Análises hematológicas são importantes como ferramentas diagnósticas de afecções orgânicas ou sistêmicas, mas também para estimativas prognósticas e de acompanhamento da evolução do quadro clínico (Roland et al., 2014). Para que haja confiabilidade no uso desses parâmetros é necessário que sejam estabelecidos níveis basais considerando raças, região geográfica, idade e sexo dentro da mesma espécie (Birgel Júnior, 2001; Campos et al., 2008; Delfino et al., 2012; Panousis et al., 2018).

A raça não influencia significativamente os parâmetros hematimétricos, dentro das categorias etárias (Greatest, 1954; Tennant et al., 1974; Dilov et al., 1981; Desphande et al., 1987; Adams et al., 1992; Ayres, 1994; Biondo et al., 1998). Contudo, a resposta destes parâmetros durante o curso das enfermidades varia em intensidade conforme a raça por questões de adaptabilidade e influência de fatores ambientais (Richardson et al., 2002; Campos et al., 2008).

Segundo Alencar Filho et al., 1972, há influência indireta da região geográfica nos parâmetros hematológicos dos bovinos devido às maiores infestações por artrópodes hematófagos e maior infecção por hemoparasitas, levando à linfocitose, o que é esporádico no hemisfério boreal. Conclui, ainda, que os dados referenciais daquela região não têm validade para os rebanhos das regiões tropicais.

Quanto à idade, sabe-se que animais mais jovens possuem número total de hemácias mais elevado e volume corpuscular médio (VCM) menor em relação aos mais velhos, o que mantém inalterado o valor do hematócrito com a idade em bovinos Pantaneiros (Borges et al., 2011 a.), Curraleiro Pé duro (Fioravanti et al., 2016), Guzerá (Gonçalves et al., 2001), Nelore (Biondo et al., 1998) e Holandês (Galindo et al., 2009), credita-se a variação à

substituição da medula óssea vermelha pela amarela e consequente redução da eritropoese (Birgel, 1982). Entretanto, Silva et al., 2005, não encontrou diferenças eritrométricas na raça Sindi, por analisar um intervalo muito restrito de idade, entre 12 e 24 meses, quando ainda não houve a alteração no tipo medular.

Em bovinos, a contagem total de leucócitos decresce com a idade (Jones e Allison, 2007; Fioravanti et al., 2016), com predomínio de linfócitos, mas com contagem relativa variável com a idade (Wood e Quiroz-Rocha, 2010). No primeiro mês há declínio das populações leucocitárias, seguido de aumento por volta dos três meses, com 80% de linfócitos, que decresce progressivamente com a idade, porém mantendo-se como população dominante (Tornquist e Rigas, 2010).

Comparativamente às outras espécies domésticas, os bovinos têm baixa reserva granulocitária, que implica em neutropenia inicial, seguida por neutrofilia transitória e neutrofilia com desvio à esquerda, com o estímulo à granulopoeise (Yildiz et al., 2011), devido a processos inflamatórios crônicos, estresse e extensos focos infecciosos (metrite, peritonite, abscedação hepática e mastites) (Webb e Latimer, 2011). O que corrobora com Rocha et al., 2010, onde bezerros Canchim e Holandês apresentaram queda na contagem de neutrófilos e elevação na contagem de linfócitos até os trinta dias de vida.

O sexo não influencia significativamente os parâmetros hematimétricos de bovinos (Silva et al., 2005; Borges et al., 2011 a.; Fioravanti et al., 2016). Ocorre diferenciação em circunstâncias reprodutivas diferentes, como cio, gestação, puerpério e fase da lactação (Fioravanti et al., 2016; Moretti et al., 2017; Herman et al., 2018), que cursam com redução do número de hemácias, redução da concentração de hemoglobina corpuscular média e da contagem total de leucócitos.

Sobre o trombograma, sabe-se que os bezerros até as 21 semanas têm maior número de plaquetas que os adultos (Brun-Hansen et al., 2006; Panousis et al., 2018). Tal variação é creditada, em humanos, à superior concentração de trombopoietina nos recém-nascidos, que estimula a produção das mesmas (Wiedmeier et al., 2009).

1.2.4 Avaliação bioquímica sérica na espécie bovina

No que concerne aos parâmetros bioquímicos séricos, ou metabólicos, pode-se observar que constituem fonte importante de informações sobre o funcionamento dos diversos órgãos, sistemas e processos endócrinos nos organismos vivos (Lawrence et al, 2018).

Segundo Evans (2009) e Thrall (2015), para avaliação funcional hepática as principais variáveis são a aspartato aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT), a γ -glutamilttransferase (GGT), a fosfatase alcalina (FA) e a relação entre as bilirrubinas. A AST serve como sinalizador de lesões cardíacas, esqueléticas, hepáticas e renais aumentando sua atividade sérica devido ao extravasamento citoplasmático decorrente de lesão celular letal ou sub-letal, na espécie bovina eleva-se até estabilizar-se aos cinco anos (Souza, 1997; Borges et al., 2011 b.). A ALT é específica para lesões hepatocitárias, enzima de extravasamento, porém sua concentração nos hepatócitos de herbívoros é baixa tornando-a de baixo valor diagnóstico (Tennant, 1997). A GGT é forte indicadora de transtornos das vias biliares (colestase e hiperplasia biliar), como enzima de indução, sua produção é estimulada pela lesão hepática aguda e mantém-se elevada até os dois meses de idade, por efeito colostrar (Zanker et al., 2001; Feitosa et al., 2010; Rocha et al., 2012), quando reduz sua atividade sem alteração com a idade (Fagliari et al., 1998; Jezec et al., 2006). A FA é uma enzima de indução, marcadora de distúrbios ósseos, intestinais, renais, hepáticos e resposta de fase aguda pelo aumento da atividade dos respectivos tipos celulares e sua elevação perinatal é relacionada à ingestão de colostro (Zanker et al., 2001), matendo-se até os três meses e reduzindo-se nos animais com mais de três anos de idade (Borges et al., 2011 b.). A atividade sérica das bilirrubinas denota o balanço entre produção e secreção, a direta e a total mantém-se alta até os 11 meses de idade, enquanto a indireta não alterou-se (Benesi et al., 2003; Borges et al., 2011 b.), tal comportamento deve-se à perda do mecanismo excretor da placenta, reduzida atividade de UDP-glucuronilttransferase hepática ao nascimento e alta concentração de β -glucuronidase intestinal (Jain, 1993).

A creatinina, composto produzido pela degradação da fosfocreatina muscular e independente de fatores nutricionais, e a uréia, que é sintetizada pelo

fígado proporcionalmente à amônia gerada pela fermentação rumenal e absorvida de acordo com os níveis protéicos da dieta, séricas são marcadores supremos da função renal (Wittwer et al., 1993). A concentração de creatinina no soro indefere entre os grupos raciais (Kulkarni et al., 1983) e é crescente com a idade e consequentemente com o peso corporal, com seu pico cerca de 60 meses de idade (Doornebal et al., 1988; Borges et al., 2011 b.). Já a concentração de uréia sérica, apresenta-se alta nos primeiros dois meses, devido ao anabolismo típico desta fase da vida (Duncan e Prasse, 2003), tomando patamares mínimos entre 12 e 35 meses e crescendo até sua estabilização aos 60 meses e superiores nas fêmeas (Gregory et al., 2004; Borges et al., 2011 b.).

A creatina quinase (CK) sinaliza lesões musculares (cardiotóxicas ou miotóxicas), sendo liberada para o plasma sanguíneo com a necrose celular e decorrente do extravasamento de citoplasma e seu comportamento oscila, elevando-se até os 12 meses, queda até os 24 meses, elevando-se novamente até os 36 meses quando se estabiliza (Coppo et al., 2000; Barini, 2007; Borges et al., 2011).

As proteínas totais (PT) e a albumina são marcadores do metabolismo protéico, relacionando-se à falhas nutricionais, parasitoses, hepatopatias, nefropatias, enteropatias e hemorragias (González et al., 2000; Borges et al., 2011 b.), oscilações na qualidade alimentar, reduzindo-se durante os meses de estiagem (González et al., 2000). Os níveis de PT mostram-se reduzidos até os 11 meses de idade, quando passam por elevação até pico e estabilização aos 60 meses (Meyer e Harvey, 2004; Barini, 2007; Borges et al., 2011 b.). Rocha et al., 2012, identificaram que a concentração sérica de PT é diretamente proporcional à dose ingerida de colostro. Ao nascimento os animais apresentam níveis baixos de albumina sérica, que sobe entre três e onze meses, com posterior queda e estabilização próximo aos 60 meses (Borges et al., 2011 b.) e as fêmeas gestantes possuem dosagens superiores às não gestantes (González et al., 2000).

Os níveis séricos de glicose, colesterol e triglicerídeos registram o balanço energético sistêmico, que pode ser prejudicado por processos patológicos generalizados, estados catabólicos (Delfino et al., 2014) Nos animais desmamados e nas novilhas os níveis de glicose são maiores, em decorrência

do rápido crescimento que leva a maior atividade de enzimas hepáticas responsáveis pela liberação de glicose, associado às maiores concentrações de somatotropina e sua queda justifica a redução da glicose sérica nos animais mais velhos (Mondal e Prakash, 2004). De acordo com Pogliani, 2006, as fêmeas têm concentrações de glicose superiores às dos machos devido sua maior exigência energética, relacionada à gestação e lactação. Pogliani, 2006, Borges et al., 2011 b., e Delfino et al., 2014, afirmam que as concentrações séricas de colesterol são mais elevadas nos bezerros lactentes, cerca de três meses, reduzindo-se por ocasião do desmame, aumentando gradativamente entre 12 e 48 meses, quando atinge seu pico. Entretanto, a necessidade de mobilização de gordura corporal em situações de carência nutricional ou doença eleva seus níveis (Morais et al., 2000). De modo semelhante, bezerros lactentes tem maiores valores para a concentração de triglicerídeos séricos que os não lactentes (Storry e Rock, 1964; Pogliani, 2006; Delfino et al., 2014) e Pogliani, 2006, ainda observa que durante o período de amamentação ocorre oscilação sem tendência identificável creditada ao tempo decorrido desde a última refeição.

Já os níveis de minerais tais como o Ca, Fe, P e Mg, subsidiam análise de processos endócrinos, enquanto as concentrações de Na, K e Cl^- são indicadoras de equilíbrio eletrolítico e ácido-base (Kaneko et al., 2008; Evans, 2009), sofrendo efeito de fenômenos fisiológicos transitórios (Moretti et al., 2017). A colostrogênese e o parto reduzem as concentrações séricas de Ca, P e Mg (Hoffman e Solter, 2008). Segundo González et al., 2000, os níveis de P séricos variam entre os rebanhos de acordo com a concentração deste no solo e durante o ano, varia no soro sanguíneo, alcançando níveis inferiores nos meses de maior ganho de peso, o que justificaria que maior suplementação poderia otimizar os ganhos de peso no período. É sabido que as concentrações de Na, K e Cl^- são afetadas por desbalanços metabólicos e minerais, cetose, afecções abomasais e o decúbito (Mokhber Dezfouli et al., 2013), havendo pouca relação com fatores raciais, etários ou sexuais.

1.2.5 Avaliação das proteínas de fase aguda na espécie bovina

Às proteínas de fase aguda (PFA) são creditados aspectos majoritários da reação inflamatória sistêmica, incluindo a opsonização da maioria dos patógenos, a eliminação de substâncias potencialmente tóxicas e a regulação de estágios diferentes de inflamação (Petersen et al., 2004), sendo fatores precisos para identificação precoce de processos inflamatórios em ruminantes (Trevisi et al., 2014) e sua mensuração *in loco* aumenta a precisão do diagnóstico, pela obtenção de informações inflamatórias ou infecciosas do órgão de interesse (Di Filippo et al., 2019).

Para a espécie bovina, as principais PFA são a haptoglobina (Hp), a proteína ligante de lipopolissacarídeo (LBP) e a α_1 glicoproteína ácida (α_1 GA) (Ceciliani et al., 2012) e são classificadas como maiores, moderadas, menores e negativas, conforme o comportamento da sua concentração sérica ou nos tecidos frente aos processos inflamatórios (Simões et al., 2018). Aquelas cuja concentração eleva-se durante a resposta inflamatória são classificadas como maiores, moderadas ou menores de acordo com a magnitude deste aumento e aquelas cuja concentração sérica sofre redução são categorizadas como negativas, como a albumina, a paraoxonase e a proteína ligante de retinol (Thomas et al., 2018).

Sabe-se que há estreita relação do aumento sérico de determinada PFA com uma dada afecção, por exemplo: estresse e ceruloplasmina, 0,24 g/l em animais hígidos e 0,36 g/l em animais afetados (Arthington et al., 2008), mastite subclínica e proteína seroamilóide A, de 1,3 mg/l para 115 mg/l (Eckersall et al., 2006), afecções podais e fibrinogênio, de 2,08 g/l para 2,79 g/l (Tothova et al., 2011), metrite e haptoglobina, de menor de 0,1 g/l para 1,62 g/l (Huzzey et al., 2009), doença aguda e glicoproteína ácida α_1 , de 0,2 g/l para 1,1 g/l (Horadagoda et al., 1999) e infecção por *Mannheimia haemolytica* e proteína ligante de lipopolisacrídeo, de 1,7 g/l para 11 g/l (Shroedl et al., 2001) em animais leiteiros.

1.2.6 Referências bibliográficas

Adams R et al. (1992) Hematologic values in newborn beef calves. **Am. J. Vet. Res.** 53: 944-950.

Albuquerque LG, Mercadante MEZ, Eler JP (2007) Aspectos da seleção de *Bos indicus* para produção de carne; revisão bibliográfica. **Boletim de Indústria Animal.** 64: 339-348.

Alencar Filho RA, Saad A, Farinha F, Iida L (1972) Quadro hemático de bovinos Jersey - aclimatados. **O Biológico.** 38: 21-24.

Associação Brasileira de Angus – ABA (2015) **Carne Angus.** Disponível em: <<http://angus.org.br/carne-angus-2/>> Acesso em 13 abr. 2020.

Associação Nacional de Criadores Herd-Book Collares Aberdeen Angus – ABC (2015) **Aberdeen Angus.** Disponível em: <<http://www.herdbook.org.br/conteúdo/abg.asp>>. Acesso em 12 de abr. 2020.

Associação Brasileira dos Criadores de Bovinos Senepol – ABCBSENEPOL (2019) **Heterose.** Disponível em: <<http://www.senepol.org.br/sobre-a-raca/cruzamento-industrial/>>. Acesso em 19 abr. 2019. a.

Associação Brasileira dos Criadores de Bovinos Senepol – ABCBSENEPOL (2013) **História da raça.** Disponível em: <<http://senepol.org.br/historia-da-raca/>>. Acesso em 14 mai. 2020. b.

Associação Brasileira dos Criadores de Bovinos Senepol - ABCBSENEPOL. (2013) **Padrão racial.** Disponível em: <<http://senepol.org.br/padrao-racial/>>. Acesso em 14 mai. 2020. c.

Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne – ABIEC (2019) **Exportações brasileiras de carne bovina.** Disponível em: <<http://abiec.com.br/exportacoes/>>. Acesso em 19 abr. 2019.

Associação dos Criadores de Nelore do Brasil - ACNB (2019) **Caracterização racial.** Disponível em: <<http://www.nelore.org.br/Raca/Caracterizacao>>. Acesso em: 19 abr. 2019.

Arboitte MZ et al. (2004) Composição física da carcaça, qualidade de carne e conteúdo de colesterol no músculo *Longuissimus dorsi* de novilhos 5/8 Nelore – 3/8 Charolês terminados em confinamento e abatidos com diferentes estádios de maturidade. **Rev. Bras. Zootec.** 33: 959-968.

Arthington J et al. (2008) Effects of preshipping management on measures of stress and performance of beef steers during feedlot. **J. Anim. Sci.** 86: 2016-2023.

Assis RR, Pimentel MA, Jardim POC, Osório JCS, Machado JPM (2000) Influência da bioestimulação com machos vasectomizados na eficiência reprodutiva de novilhas Aberdeen Angus. **Rev. Bras. de AGROCIÊNCIA**. 6:226-231.

Associação Brasileira de Inseminação Artificial - ASBIA (2018). **Index ASBIA 2017**. Disponível em: <<http://www.asbia.org.br/certificados/index/>>. Acesso em 19 abr.2019.

Ayres MCC (1994) **Eritrograma de zebuínos (*Bos indicus*, Linnaeus, 1758) da raça Nelore, criados no estado de São Paulo – Influência de fatores etários, sexuais e do tipo racial**. 119 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – USP, São Paulo.

Bailey et al. (1996) **Testicular shape and its relationship to sperm production in mature Holstein bulls**. *Theriogenology*. 46: 881-887.

Barini, AC (2007) **Bioquímica sérica de bovinos (*Bos taurus*) sadios da raça curraleiro de diferentes idades**. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – UFG, Goiânia.

Bascuñan DS, Jorge AM, Rocha GP, Weschler FS, Andrighetto C (2008) Comportamento sexual de touros zebuínos e Angus em central de coleta e processamento de sêmen. **Rev. Bras. Zootec**. 37: 254-260.

Battistelli JVF (2012) **Alternativas de cruzamentos utilizando raças taurinas adaptadas ou não sobre matrizes Nelore para produção de novilhos precoces**. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - UFMS, Campo Grande.

Benesi FJ, Rêgo Leal ML, Lisbôa JAN, Coelho CS, Mirandola RMS (2003) Parâmetros bioquímicos para avaliação da função hepática em bezerras sadias, da raça holandesa, no primeiro mês de vida. **Ciência Rural**. 33: 311-317.

Bertazzo AA, Freitas RTF, Gonçalves TM (2004) Parâmetros genéticos de longevidade e produtividade da raça Nelore. **Rev. Bras. Zootec**. 33: 1118-1127.

Biondo AW, Anjos Lopes ST, Kohayagawa A, Takahira RK, Alencar NX (1998) Hemograma de bovinos (*Bos indicus*) sadios da raça Nelore no primeiro mês de vida, criados no estado de São Paulo. **Ciência Rural**. 28: 251-256.

Birgel EH (1982) Técnicas hematológicas de uso corrente em patologia clínica veterinária. **Patologia Clínica Veterinária**. 1:7-23.

Birgel Júnior EH et al. (2001) Valores de referência do eritrograma de bovinos da raça Jersey criados no Estado de São Paulo. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**. 53:164-171.

Borges AC, Juliano RS, Barini AC, Lobo JR, Abreu UGP, Sereno JRB, Fioravanti MCS (2011) **Características Hematológicas de Bovinos (*Bos taurus*) Sadios da Raça Pantaneira**. Brasília: Embrapa Pantanal, 13 p. (EMBRAPA Pantanal. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 104) a.

Borges AC, Juliano RS, Barini AC, Lobo JR, Abreu UGP, Sereno JRB, Fioravanti MCS (2011) **Enzimas séricas e Parâmetros Bioquímicos de Bovinos (*Bos taurus*) Sadios da Raça Pantaneira**. Brasília: Embrapa Pantanal, 17 p. (EMBRAPA Pantanal. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 106) b.

Borges BGA (2000) Economia agrária goiana no contexto nacional (1930-1960). **História Econômica e História de Empresas** 3: 65-103.

Braga GB, Neto JSF, Ferreira F, Amaku M, Dias RA (2015) Caracterização dos sistemas de criação de bovinos com atividade reprodutiva na região Centro-Sul do Brasil. **Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.** 52: 217-227.

Brun-Hansen HC, Kampen AH, Lund A (2006) Hematologic values in calves during the first 6 months of life. **Vet. Clin. Pathol.** 35:182–187.

Brzáková M, Svitáková, Čítek J, Veselá Z, Vostrý L (2018) Genetic parameters of longevity for improving profitability of beef cattle. **J. Anim. Sci.** 97:19-28.

Campos R, Lacerda LA, Terra SR, González FHD (2008) Parâmetros hematológicos e níveis de cortisol plasmático em vacas leiteiras de alta produção no Sul do Brasil. **Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.** 45:354-361.

Carvalho JH, Girão RN (1999) Conservação de recursos genéticos animais: a situação do bovino Pé-duro ou Curraleiro. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA A AMÉRICA LATINA E CARIBE. SIRGEALC, **Anais...** Brasília: EMBRAPA Recursos Genéticos e Biotecnologia, 1999. CD-Room.

Cavalcante MESR (Ed) (2003) **O discurso autonomista do Tocantins**. São Paulo : EDUSP, 2003. p. 240.

Ceciliani F, Giordano A, Spagnolo V (2002) The systemic reaction during inflammation: the acute phase proteins. **Protein Pept. Lett.** 9: 211-223.

Ceciliani F, Ceron JJ, Eckersall PD, Sauerwein H (2012) Acute phase proteins in ruminants. **J. Proteomics** 75: 4207-4231.

Chase CC et al. (1997) Growth and reproductive development from weaning through 20 months of age among breeds of bulls in subtropical Florida. **Theriogenology**. 47: 723-745.

Chenoweth PJ (1984) Examination of bulls for libido and breeding ability. **Vet. Clin. North Am. Large Anim. Prac.** 5: 59-74.

Coppo JA, Coppo NB, Slanac AL, Revidatti MA, Capellari A (2000) Influencia del desarrollo, sexo y tipo de destete sobre algunas actividades enzimáticas em plasma de terneros cruza cebú. In: COMUNICACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS, Corrientes. **Anais...** Corrientes: Universidad Nacional del Nordeste, p. 1-4.

Costa EC, Restle J, Vaz, FN, Alves Filho DC, Bernardes RALC, Kuss, F (2002) Características da carcaça de novilhos Red Angus superprecoces abatidos com diferentes pesos. **Rev. Bras. Zootec.** 31: 119-128.

Crouze JD et al. (1989) Comparisons of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance of carcass beef characteristics and meat palatability. **J. Anim. Sci.** 67: 2661-2668.

Das R, Sailo L, Verma N, Bharti P, Saikia J, Intiwati KR (2016) Impact of heat stress on health and performance of dairy animals: a review. **Vet World**. 9: 260-268.

Delfino JL, Barbosa VM, Gondim CC, Oliveira PM, Nasciutti, NR, Oliveira RSB, Tsuruta AS, Mundin AV, Saut JPE (2014) Perfil bioquímico sérico de bezerros Senepol nos primeiros 120 dias de idade. **Semina: Ciências Agrárias**. 35: 1341-1350.

Delfino JBL, Souza BB, Silva RMN, Silva WW (2012) Influência bioclimatológica sobre parâmetros hematológicos de bovinos leiteiros. **ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido**. 8: 8-15.

Desphande SD, Sawant MK, Vadlamud VP (1987) Effect of age and sex on erythocytic parameters in Red Kandari cattle. **Indian Journal of Animal Science**. 57: 590-591.

Di Filippo PA, Lannes ST, Meireles MAD, Nogueira AFS, Quirino CR (2019) Concentrations of acute-phase proteins and immunoglobulins in serum and synovial fluid on clinically healthy heifers and steers. **Pesq. Vet. Bras**. 39: 388-392.

Dilov P, Antonov S, Lalov KH (1981) Occurrence of anaemia among newborn calves of intensive farms. **Veterinarnomeditsinski Nauki**. 18: 56-64.

Doornenbal H, Tong AKW, Murray NL (1988) Reference values of blood parameters in beef cattle of different ages stages of lactation. **Can. J. Vet. Res**. 52: 99-105.

Duncan RJ, Prasse KW (2003) **Clinical pathology**. Athens: Iowa State Press, 450 p.

Eckersall PD et al. (2006) Acute phase proteins in bovine milk in an experimental model of *Staphylococcus aureus* subclinical mastitis. **J. Dairy Sci**. 89: 1488-1501.

Evans GO **Animal Clinical Chemistry – a practical guide for toxicologists and biomedical researchers** (2009) Boca Raton: CRC Press. 310 p.

Fagliari JJ, Santana, AE, Lucas FA, Campus Filho E, Curi PR (1998) Constituintes sanguíneos de bovinos recém-nascidos das raças Nelore (*Bos indicus*) e Holandesa (*Bos taurus*) e de bubalinos (*Bubalus bubalis*) da raça Murrah. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**. 50: 253-262.

Faturi et al. (2002) Características de carcaça e da carne de novilhos de diferentes grupos genéticos alimentados em confinamento com diferentes proporções de grão de aveia e grão de sorgo no concentrado. **Rev. Bras. Zootec**. 31: 2024-2035.

Feitosa FLF et al. (2010) Índices de falha de transferência de imunidade passiva (FTIP) em bezerros holandeses e nelores, às 24 e 48 horas de vida: valores de proteína total, de gamaglobulina, de imunoglobulina G e da atividade sérica de gamaglutamiltransferase, para o diagnóstico de FTIP. **Pesq. Vet. Bras**. 30: 696-704.

Felício PE (1999) Qualidade da carne bovina: características físicas e organolépticas. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, p. 89-97.

Fernandes Junior JÁ, Franceschini PH (2007) Maturidade sexual e biometria testicular de touros jovens compostos Montana Tropical® criados a pasto. **ARS VETERINARIA**. 23: 59-66.

Fioravante MCS, Paula Neto JB, Juliano RS, Nunes ACB, Lobo JR, Borges AC, Sereno JR, Miguel MP (2016) Valores hematológicos de bovinos sadios da raça Curraleiro Pé duro (*Bos taurus*): efeito da idade, sexo e gestação. **Actas Iberoamericanas em Conservación Animal**. 7: 8-15.

Fioravanti MCS, Juliano RS, Costa, GL, Abud LJ (2008) Características dos criatórios de bovinos da raça curraleiro nos estados de Goiás e Tocantins. In: IX SIMPÓSIO NACIONAL - CERRADO, II SIMPÓSIO INTERNACIONAL – SAVANAS TROPICAIS, **Anais...**Brasília: EMBRAPA Cerrados, 2008, p. 1-6.

Fonseca VO, Franco CS, Bergmann JAG (2000) Potencial reprodutivo e econômico de touros Nelore acasalados coletivamente na proporção de um touro para 80 vacas. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**. 52: 77-82.

Freneau GE, Vale Filho VR, Marques Jr. AP, Maria WS (2006) Puberdade em touros Nelore criados em pasto no Brasil; características corporais, testiculares e seminais e de índice de capacidade andrológica por pontos. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec**. 58: 1107-1115.

Friedrichs KR, Harr KE, Freeman KP, Szladovits B, Walton RM, Barnhart KF, Blanco-Chavez J (2012) ASVCP reference interval guidelines: determination of de novo reference intervals in veterinary species and other related topics. **Vet. Clin. Pathol**. 41: 441–453.

Galindo RCG, Ferreira AF, Mendes EI, Santos SB, Andrade RLFS, Batista DM, Lima SKD, Rêgo EW (2009) Eritrograma de bovinos da raça Holandesa criados na Mesorregião Metropolitana do Recife: influência dos fatores sexual e etário. **Medicina Veterinária**. 3: 1-6.

George JW, Snipes J, Lane VM (2010) Comparison of bovine hematology reference intervals from 1957 to 2006. **Vet. Clin. Pathol**. 39: 138-148.

Gonçalves RC et al. (2001) Influência da idade e sexo sobre o hemograma, proteínas séricas totais, albumina e globulina de bovinos sadios da raça Guzerá (*Bos indicus*). **Veterinária Notícias**. 7: 61-68.

González FHD, Conceição TR, Siqueira AJS, La Rosa VL (2000) Variações sanguíneas de uréia, creatinina, albumina, e fósforo em bovinos de corte no Rio Grande do Sul. **A Hora Veterinária**. 20: 59-62.

Gordo JML (2011) **Avaliação da situação da biotécnica inseminação artificial bovina no estado de Goiás**. 93 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária e Zootecnia - UFG, Goiânia.

Greutorex JC (1954) Studies of the haematology of calves from birth to one year of age. **Brit. Vet. J**. 110: 120-133.

Gregory L, Birgel Júnior EH, D'Angelino JL, Benesi FJ, de Araújo WP, Birgel EH (2004) Valores de referência dos teores séricos de uréia e creatinina em bovinos da raça Jersey criados no estado de São Paulo. Influência dos fatores etários, sexuais e da infecção pelo vírus da Leucose dos bovinos. **Arq. Inst. Biol.** 71: 339-345.

Gressler SL (1998) **Estudo de fatores de ambiente e parâmetros genéticos de algumas características reprodutivas em animais da raça Nelore.** 149 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – UFMG - Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

Hadlich JC, Morales DC, Silveira AC, Oliveira HN, Chardulo LAL (2006) Efeito do colágeno na maciez da carne de bovinos de distintos grupos genéticos. **Acta Sci. Anim. Sci.** 28: 57-62.

Hammond AC et al. (1996) Heat tolerance in two tropically adapted *Bos taurus* breeds, Senepol and Romosinuano, compared with Brahman, Angus, and Hereford cattle in Florida. **J. Anim. Sci.** 74: 295-303.

Herman N, Trumel C, Geffré A, Braun JP, Thibault M, Schelcher F, Bourgès-Abella N (2018) Hematology reference intervals for adult cows in France using the Sysmex XT-2000iV analyzer. **J. Vet. Diag. Invest.** 30: 678-687.

Hernsdorff GE (Ed) (1941) **Zootecnia especial – Etnologia das raças européias que mais interessam no Brasil.** Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, 387 p.

Hoffman WE, Solter PF (2008) Diagnostic enzymology of domestic animals. In: Kaneko JJ, Harvey JW, Bruss ML (Eds.) **Clinical Biochemistry of Domestic Animals.** Burlington: Academic Press, p. 351–378.

Huzzey J, Duffield T, LeBlanc S, Veira D, Weary D, von Keyserlingk M (2009) Short communication: haptoglobine as an early indicator of metritis. **J. Dairy Sci.** 92: 621-625.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2018) Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA, **Tabela 3939: Efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho.** Disponível em:<<http://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939#resultado>>. Acesso em 19 abr. 2019.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2019) **Tabelas – 4º trimestre 2019 Número de animais abatidos e peso total das carcaças por espécie e variação, segundo os meses – Brasil – 2018.** Disponível em:<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-ecuarria/9203-pesquisas-trimestrais-do-abate-de-animais.html?=&t=resultados>>. Acesso em 10 abr. 2019.

Jain NC (1993) **Essentials of veterinary hematology.** Philadelphia: Lea & Febiger, 417 p.

Jezec J, Kopcis M, Klinkon M (2006) Influence of age on biochemical parameters in calves. **Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy.** 50: 211-214.

Jones ML, Allison RW (2007) Evaluation of the ruminant complete blood cell count. **Vet Clin North Am Food Anim Pract.** 23:377–402.

Kaneko JJ, Harvey JW, Bruss M L **Veterinary Clinical Biochemistry of Domestic Animals** (2008) San Diego: Academic Press. 928 p.

Krimer PM (2011) Generating and interpreting test results: test validity, quality control, reference values, and basic epidemiology. In: Latimer KS (Ed.) **Duncan and Prasse's veterinary laboratory medicine: clinical pathology**. Hoboken: Wiley, p. 365-383.

Kulkarni BA, Tavelkar BA, Desmukh BT (1983) Biochemical studies in gir and cross-breed dairy cows. **Indian Vet. J.** 60: 17-22.

Lawrence KE, Forsyth SF, Vaatstra BL, McFadden AMJ, Pulford DJ, Govindaraju K, Pomroy WE (2018) Clinical haematology and biochemistry profiles of cattle naturally infected with *Theileria orientalis* Ikeda type in New Zealand. **N. Z. Vet. J.** 66: 21-29.

Lopes MAB, Resende EMM (1984) **ABCZ: 50 anos de história e estórias**. Uberaba: Rotal, 239 p.

Macedo LOB (2006) Modernização da pecuária de corte bovina no Brasil e a importância de crédito rural. **Informações Econômicas** 36: 83-95.

Menegassi SRO et al. (2011) Measurement of scrotal circumference in beef bulls in Rio Grande do Sul. **Arq. Bras. Med. Vet. Zoot.** 63: 87-93.

Menezes LFG et al. (2005) Composição física da carcaça e qualidade da carne de novilhos de gerações avançadas do cruzamento entre as raças Charolês e Nelore terminados em confinamento. **Rev. Bras. Zootec.** 34: 946-956.

Meyer DJ, Harvey JW (2004) **Veterinary laboratory medicine: interpretation & diagnosis**. Philadelphia: Saunders, 351 p.

Mokhber Dezfouli M, Eftekhari Z, Sadeghian S, Bahounar A, Jeloudari M (2013) Evaluation of hematological and biochemical profiles in dairy cows with left displacement of the abomasum. **Comp. Clin. Path.** 22:175–179.

Mondal M, Prakash BS (2004) Changes on plasma non-esterified fatty acids, glucose and α -amino nitrogen and their relationship with body weight and plasma growth hormone in growing buffaloes (*Bubalus bubalis*). **J. Anim. Phys. Anim. Nutrit.** 88: 223-228.

Moraes GP (2012) **Puberdade e maturidade sexual de tourinhos Senepol, criados semi -extensivamente na região do triângulo mineiro–MG**. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - UFMG - Escola Veterinária, Belo Horizonte.

Morais MG, Rangel JM, Madureira JS, Silveira AC (2000) Variação sazonal da bioquímica clínica de vacas aneloradas sob pastejo contínuo de *Brachiaria decumbens*. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** 52: 94-104.

Moretti P, Paltrinieri S, Trevisi E, Probo M, Ferrari A, Minuti A, Giordano A (2017) Reference intervals for hematological and biochemical parameters, acute phase proteins and markers of oxidation in Holstein dairy cows around 3 and 30 days after calving. **Res. Vet. Sci.** 114: 322-331.

Motta MASB, Miranda SHG (2001) **Exportação de carne bovina brasileira: evolução por tipo e destino.** Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/expobovino2001.pdf>>. Acesso em: 19 mai. 2020.

Murata H, Shimada N, Yoshioda M (2014) Current research on acute phase proteins in veterinary diagnosis: an overview. **Vet. J.** 168: 28-40.

Okamura V (2015) **Estrutura genética da raça Senepol no Brasil por meio de análise de pedigree.** 42 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – UFMS, Campo Grande.

Oliveira JHF, Magnabosco CU, Borges MAS (2002) **Nelore: Base Genética e Evolução Seletiva no Brasil.** Brasília: Embrapa Cerrados, 50 p. (EMBRAPA Cerrados. Documentos, 49).

Oliveira HN, Lôbo RB, Pereira CS (2000) Comparação de modelos não lineares para descrever o crescimento de fêmeas da raça Guzerá. **Pesq. Agropec. Bras.** 35: 1843-1851.

Opsomer G (2015) Interaction between metabolic challenges and productivity in high yielding dairy cows. **Jpn. J. Vet. Res.** 63: 1–14.

O'driscoll K, McCabe M, Earley B (2015) Differences in leukocyte profile, gene, expression, and metabolite status of dairy cows with or without sole ulcers. **J. Dairy Sci.** 98: 1685-1695.

Panousis N, Siachos N, Kitkas G, Kalaizakis E, Kritsepi-Konstantinou M, Valergakis GE (2018) Hematology reference intervals for neonatal Holstein calves. **Res. Vet. Sci.** 118: 1- 10.

Pereira ASC, Silva SL (2004) **Avaliação de características de carcaça e da qualidade de carne de novilhos Senepol. Relatório Técnico:** relatório técnico. Pirassununga, 9 p.

Petersen HH, Nielsen JP, Heegaard PMH (2004) Application of acute phase protein measurement in veterinary clinical chemistry. **Vet. Res.** 35:163-187.

Piccinini R et al. (2006) Comparison of blood non-specific immune parameters in Bovine virus diarrhoea virus (BVDV) persistently infected and in immune heifers. **J. Vet. Med. B. Infect. Dis. Vet. Public Health** 53: 62-67.

Pila JC (2011) **Avaliação da adaptabilidade de novilhas da raça Senepol ao calor pela análise de suas respostas fisiológicas e características das glândulas sudoríparas.** 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) - Unesp, Jaboticabal.

Pineda NR, Fonseca VO, Albuquerque LG (2000) Estudo preliminar da possível influência do perímetro escrotal sobre a libido em touros jovens da raça Nelore. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** 52: 69-75.

Pires ANA (2019) **Performance de doadoras Senepol após OPU e CIV: taxas de recuperação de oócitos.** 23 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Zootecnia) – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano, Morrinhos.

Prata AB et al. (2020) Progesterone-based timed AI protocols for *Bos indicus* cattle III: Comparison of protocol lengths. **Theriogenology** 152: 29-35.

Primo AT (1992) El ganado ibérico em las américas 500 años despues. **Archivos de Zootecnia** 41: 421-432.

Rahman MB, Schellander K, Luceño NL, Soom AV (2018) Heat stress responses in spermatozoa: mechanisms and consequences for cattle fertility. **Theriogenology**. 113:102–112.

Rauw W (2012) Immune response from a resource allocation perspective. **Front. Genet.** 3: 1-14.

Reggiori MR, Torres Júnior RAA, Menezes GRO, Battistelli JVF, Silva LOC, Alencar MM, Oliveira JCK, Faria FJC (2016) Precocidade sexual, eficiência reprodutiva e desempenho produtivo de matrizes Nelore e cruzadas. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** 68: 1563-1572.

Ribeiro ARB et al. (2010) Características das glândulas sudoríparas de bovinos Nelore, Senepol x Nelore e Angus x Nelore. In: Embrapa Pecuária Sudeste- Artigo em anais de congresso (ALICE). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA ZOOTECNIA, 47., 2010, Salvador. Empreendedorismo e progresso científicos na zootecnia brasileira de vanguarda. **Anais...** Salvador: SBZ: UFBA, p. 1-4.

Richardson EC et al. (2002) Blood cell profiles of steer progeny from parents selected for and against residual feed intake. **Australian Journal of Experimental Agriculture**. 42: 901-908.

Rocha TG, Franciosi C, Nociti RP, Nogueira CAS, Fagliari JJ (2010) Hemograma e proteínas do soro sanguíneo de bezerros Canchim-Nelore e da raça Holandesa nos primeiros 30 dias de vida. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** 62: 1250-1254.

Rocha TG et al. (2012) Passive immunity transfer and sérum constituents of crossbreed calves. **Pesq. Vet. Bras.** 32: 515-522.

Rodrigues ABB, Silva MLP, Vieira LDC, Nassu RT, Tullio RR, Alencar MM (2011) Rendimento de cortes cárneos de bovinos cruzados, filhos de touros Angus e Wagyu terminados em confinamento. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES. **Anais...** Campinas: ITAL:CTC, p. 1-4.

Roland L, Drillich CH M, Iwersen M (2014) Hematology as a diagnostic tool in bovine medicine, **J. Vet. Diagn. Invest.** 26: 592-598.

Sarreiro LC, Bergmann JAG, Quirino CR, Pineda NR, Ferreira VCP, Silva MA (2002) Herdabilidade e correlação genética entre perímetro escrotal, libido e características seminais de touros Nelore. **Arq. Bras. Med. Vet Zootec.** 54: 602-608.

Secretaria da Fazenda e Administração Pública do Estado do Tocantins – SEFAZ (2018) **Indicadores socio-econômicos do Tocantins**. Disponível em:< <https://central3.to.gov.br/arquivo/470467/>>. Acesso em 10 abr. 2020.

Secretaria da Fazenda e Administração Pública do Estado do Tocantins – SEFAZ (2019) **Tocantins em números – abate mensal de aves e bovinos**. Disponível em:< <https://central3.to.gov.br/arquivo/496185/>>. Acesso em 10 de abr. 2020.

Shroedl W, Fuerll B, Reinhold P, Krueger M, Schuett G (2001) A novel acute phase marker in cattle: lipopolysaccharide binding protein (LBP). **J. Endotoxin Res.** 7: 49-52.

Silva BL et al. (2017) Avaliação de taxa de recuperação de oócitos em programas de OPU comercial. In: 26º ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. **Anais...** Umuarama: 6º ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA JÚNIOR, p.1-4.

Silva TR, Borges MHF, Bernardo GM, Galdioli VH, Matias BF, Fávaro PC, Barca Júnior FA, Lanzon LF, Koetz Júnior C (2016) Correlação entre o perímetro escrotal e a idade em touros Aberdeen Angus. **UNICIÊNCIAS**. 20:107-109.

Silva VL, Oliveira GD, Kozechen NA (2013) Os fatores de produção que afetam a qualidade da carne bovina. In: VII ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO AGRINDUSTRIAL. **Anais...** Campo Mourão. Disponível em: <http://www.felicam.br/anais/vii_eepa/data/uploads/artigos/13-01.pdf>. Acesso em 15 de abr. 2020.

Silva RMN, Souza BB, Souza AP, Marinho ML, Tavares GP, Silva EMN (2005) Efeito do sexo e da idade sobre os parâmetros fisiológicos e hematológicos de bovinos da raça Sindi no semi-árido. **Ciênc. Agrotec.** 29: 193-199.

Silva OB (1996) **Breve história do Tocantins e de sua gente - Uma luta secular**. Araguaína: FIETO, 1996. p.

Silveira MF, Brondani IL, Arboitte MZ, Alves Filho DC, Restle J, Pizzuti LAD, Luz TRR, Retore M (2009) Composição física da carcaça e qualidade de carne de novilhos Charolês e Nelore que receberam diferentes proporções de concentrado na dieta. **Arq. Bras. Med. Vet Zootec.** 61: 467-474.

Silveira TS (2004) **Estádio de maturidade sexual e estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de características reprodutivas e ponderais, em touros jovens da raça Nelore, criados extensivamente**. 137 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – UFV, Viçosa.

Simões PBA, Campbell M, Viora L, Gibbons J, Geraghty TE, Eckersall PD, Zadoks RN (2018) Pilot study into milk haptoglobin as an indicator of udder health in heifers after calving. **Res. Vet. Sci.** 116: 83–87.

Souza PM (1997) **Perfil bioquímico sérico de bovinos das raças Gir, Holandesa e Girolanda, criados no Estado de São Paulo - Influência de fatores de variabilidade etários e sexuais**. 168 f. Tese (Doutorado em Clínica Veterinária) – FMVZ/USP, São Paulo.

Stoop CL, Thompson-Crispi KA, Cartwright SL, Mallard BA (2016) Variation in production parameters among Canadian Holstein cows classified as high, average, and low immune response. **J. Dairy Sci.** 99: 4870-4874.

Storry JE, Rook JA (1964) Lipids in the blood plasma of cows of the friesian and channel island breeds. **Nature**. 29: 926.

Takahashi M (2012) Heat stress on reproduction function and fertility in mammals. **Reprod. Med. Biol.** 11: 37-47.

Teixeira RA, Albuquerque LG, Alencar MM, Dias LT (2006) Interação genótipo-ambiente em cruzamentos de bovinos e corte. **R. Bras. Zootec.** 35: 1677-1683.

Tennant BC (1997) Hepatic function. In: Kaneko JJ, Harvey JW, Bruss ML (Eds.) **Clinical biochemistry of domestic animals**. San Diego: Academic Press, p. 327-352.

Tennant B et al. (1974) Hematology of the neonatal calf: erythrocyte and leucocyte values of normal calves. **Cornell Veterinarian**. 64: 516-556.

Thomas FC, Geraghty T, Simões PBA, Mshelbwala FM, Haining H, Echtersall PD (2018) A pilot study of acute phase proteins as indicators of bovine mastitis caused by different pathogens. **Res. Vet. Sci**. 119: 176-181.

Thrall MA **Hematologia e bioquímica clínica veterinária** (2012) São Paulo: Roca. 1590 p.

Tornquist SJ, Rigas J (2010) Interpretation of ruminant leukocyte responses. In: Weiss DJ, Wardrop KJ (Eds.) **Schalm's veterinary hematology**. Ames: Wiley, p. 307-313.

Trevisi E, Minuti A, Cogrossi S, Grossi P, Ahmed S, Bani P (2014) Can a single rumen sample really diagnose SARA in commercial farms? **Anim. Prod. Sci**. 54: 1268-1272.

Unamian MM, Silva AEDF (1996) Estudo da precocidade reprodutiva em machos da raça Nelore. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA, 24., **Anais...** Goiânia, p. 111.

Vasconcelos LPMK, Tambasco-Talhari D, Pereira AP, Coutinho LL, Regitano LCA (2003) Genetic characterization on Aberdeen Angus cattle using molecular markers. **Genet. Mol. Biol**. 26: 133-137.

Vaz FN, Restle J, Metz PAM, Moletta JL (2008) Características de carcaça de novilhos Aberdeen Angus terminados em pastagem cultivada ou confinamento. **Ciência Animal Brasileira**. 9: 590-597.

Vaz FN et al. (2002) Características de carcaça e da carne de novilhos filhos de vacas ½ Nelore ½ Charolês e ½ Charolês ½ Nelore com touros Charolês ou Nelore. **Rev. Bras. Zootec**. 31: 1734-1743.

Yıldız H, Saat N, Şimşek H (2011) An investigation on body condition score, body weight, calf weight and hematological profile in crossbred dairy cows suffering from dystocia. **Pak. Vet. J**. 31:125–128.

Webb JL, Latimer KS (2011) Leukocytes. In: Latimer KS (Ed.) **Duncan and Prasse's veterinary laboratory medicine: clinical pathology**. Chichester:Wiley, p. 45-82.

Wiedmeier SE, Henry E, Sola-Visner, MC, Christensen, RD (2009) Platelet reference ranges for neonates, defined using data from over 47,000 patients in a multihospital healthcare system. **J. Perinatol**. 29, 130–136.

Wittwer F et al. (1993) Determinación de úrea en muestras de leche de rebaños bovinos para el diagnóstico de desbalance nutricional. **Arch. Med. Vet**. 25: 165-172.

Wood D, Quiroz-Rocha GF (2010) Normal hematology of cattle. In: Weiss DJ, Wardrop KJ (Eds.) **Schalm's veterinary hematology**. Ames: Wiley, p. 829–835.

Zanker IA, Hammon HM, Blum JW (2001) Activities of gama glutamyltransferase, alkaline phosfatase and aspartate-aminotransferase in colostrum, milk and blood plasma of calves fed first colostrum at 0-2, 6-7, 12-13 and 24-25h after birth. **Journal of the Veterinary Medical Association.** 48: 179-185.

**CAPÍTULO 2 – HEMATOLOGICAL NORMALITY, SERUM BIOCHEMISTRY,
AND ACUTE PHASE PROTEINS IN HEALTHY BEEF CALVES IN THE
BRAZILIAN SAVANNAH**

Article

Hematological Normality, Serum Biochemistry, and Acute Phase Proteins in Healthy Beef Calves in the Brazilian Savannah

Guilherme Augusto Motta ^{1,2,*}, Paulo Sabino Milhomen Neto ³, Ricardo Perecin Nociti ^{4,5}
and Áureo Evangelista Santana ¹

¹ Department of Veterinary Clinic and Surgery, School of Agricultural and Veterinary Sciences, São Paulo State University, Jaboticabal 14884-900, São Paulo, Brazil; aureo.e.santana@unesp.br

² Department of Veterinary Medicine, Araraquara University—UNIARA, Araraquara 14801-340, São Paulo, Brazil

³ Department of Veterinary Medicine, Federal University of Tocantins, Araguaína 77824-838, Tocantins, Brazil; paulo_sabino_netto@hotmail.com

⁴ Department of Biomedicine Veterinary, Faculty of Veterinary Medicine, Montreal University/Saint Hyacinthe, Quebec, QC J2S 2M2, Canada; rnociti@gmail.com

⁵ Laboratory of Molecular Morphophysiology and Development School of Veterinary Medicine and Animal Science, Department of Veterinary Medicine, Faculty of Animal Science and Food Engineering, University of São Paulo, Pirassununga 13635-900, São Paulo, Brazil

* Correspondence: guilhermeaugusto.motta@gmail.com

Simple Summary: Basal values of hematological and serum biochemical parameters are necessary for health and animal production performance evaluation. Therefore, considering the importance of cattle production in the Brazilian savannah area and the lack of regional data, we aimed to know the differences related to age, breed group, the influence of the productive system, and geographic region. We established baseline values for beef calves at weaning age. Jugular blood samples were collected in a single instant from 30 calves from each of the following breeds: Nellore, Senepol, Nellore × Aberdeen Angus cross, Nellore × Senepol cross, and Nellore × Aberdeen Angus × Senepol cross. Hematological and serum biochemical evaluations and a proteinogram were performed according to routine techniques. In conclusion, the available reference intervals for healthy animals can be used routinely without interference from the geographic region for animals produced without nutritional failures since changes are registered in pathological, infectious, metabolic, or nutritional deficiency situations. Furthermore, these results will help to understand the adaptation advantages and the possible physiological processes of those breeds and their crosses in the savannah biome of Brazil.

Abstract: The Brazilian savannah region, characterized by high average temperatures, well-defined rainy and dry seasons, soil with low productive potential, and high pressure for parasitic diseases, is home to the highest percentage of the beef herd, which is the world's largest commercial beef producer. Therefore, breeds that present rusticity combined with productivity are the focus of research in cattle breeding in the region. Considering their geographic particularities and their effects on the animals' blood parameters, the objective was to study the behavior of hematological variables, serum biochemistry, and acute phase proteins in beef calves at weaning age. Jugular blood samples were collected in a single day from 30 weaning calves (about eight months old and 200 kg of body weight) from the following breeds: Nellore, Senepol, Nellore × Aberdeen Angus cross, Nellore × Senepol cross, and Nellore × Aberdeen Angus × Senepol cross. Hematological data were obtained using an automatic cell counter, serum biochemical measurements were obtained using commercial kits, and the electrophoretogram was obtained using the SDS-page technique. In general, the results were consistent with data already published in similar situations regarding health status, age, and level of metabolic activity. However, differences observed between groups can be explained by differences observed in other concurrent variables like temperament. The pure

Citation: Motta, G.A.; Neto, P.S.M.; Nociti, R.P.; Santana, Á.E.

Hematological Normality, Serum Biochemistry, and Acute Phase Proteins in Healthy Beef Calves in the Brazilian Savannah. *Animals* **2023**, *13*, x.

<https://doi.org/10.3390/xxxxx>

Academic Editor: Sébastien Buczinski

Received: 18 April 2023

Revised: 20 June 2023

Accepted: 26 June 2023

Published: date



Copyright: © 2023 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

zebu breed was more reactive than pure taurine. While crossbreds showed intermediate values, and parasitic infestation, the pure taurine breed with higher parasite infestation, while the zebu breed had lower values, which produced effects in some laboratory tests, and generated differences between breeds. In conclusion, the reference intervals available for healthy animals can be routinely used without interference from the geographic region for animals produced without nutritional failures as long as changes are recorded in pathological, infectious, metabolic, or nutritional deficiency situations. However, it is suggested that a study covering a larger number of herds may demonstrate a greater geographic effect on the studied variables.

Keywords: weaning calves; beef breeds; blood count; enzymes; metabolites; proteinogram

1. Introduction

Brazil is the largest exporter of beef in the world [1], and its competitiveness is due to the vast territory suitable for exploitation, mostly hot climate, supply of native plant species consumed by cattle, availability of labor, and the fact that the animals' diet is mainly composed of green fodder, mainly within the "cerrado", also known as the Brazilian savannah biome, which is valued by the consumer market [2]. The Brazilian savannah, which covers the states of Bahia, Federal district—Brasília, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Piauí, São Paulo, and Tocantins, has high average temperatures and very well-defined wet and dry seasons. The Tocantins state has average temperatures between 26.1 and 28 °C, with maximums between 33.1 and 34.2 °C, minimums between 20.1 and 22 °C, and average annual precipitation between 1501 and 1832 mm/year (millimeters/year), and relative air humidity between 65.1 and 70% [3].

The state of Tocantins belongs to the northern region of Brazil and is part of the Tocantins–Araguaia Basin. Its main economic activities are livestock, forestry, and grain production, mainly soy, corn, and rice, with considerable potential for expansion since about 50% of the soil is suitable for agriculture [4]. Currently, the state of Tocantins has 15.18 million hectares of rural area, 56% of which are pastures [5], housing 9.74 million cattle, 8.74 of which are suitable for cutting [6], which is the youngest state in the country.

Laboratory diagnosis consists of comparing the patient's serum hematological and biochemical values with reference ranges obtained from clinically healthy animals [7,8], there being inherent differences in age, sex, and utility for scientific evaluation, well-being [9], and nutritional assessment [10]. Therefore, such determination should be based on narrow age intervals considering their correlation with the prevalence of determining diseases, such as gastroenteritis in calves [11] and adults [12].

The acute phase reaction occurs in response to infection or tissue damage induced by endogenous or exogenous factors—damage-associated molecular patterns (DAMPs) [13]. It is characterized by fever, leucocytosis, changes in vascular permeability, and metabolic alterations, among other immunological responses. Such phenomena are regulated by a set of plasma proteins, the APPs, which are produced and released into the bloodstream by hepatocytes [14,15].

Adaptive responses to environmental temperature affect productive performance, as nutrients that would be useful for body development and milk production will be diverted to thermoregulatory mechanisms, causing a reduction in dry matter intake, consequently lower rates of daily weight gain and greater susceptibility to infectious and parasitic diseases [16]. Calves until the weaning phase are the category with the highest prevalence of infectious diseases [17], and the use of reference values diverse to the local reality can lead to misinterpretation and, consequently, medical error, which justifies the need for a compilation proper for each laboratory [18]. Based on the aforementioned considerations, we postulated a hypothesis suggesting that the performance of animals reared in the Brazilian savannah may be attributed to breeds that have distinct adaptations to the environment. We propose that comprehending these variations could be achieved

through an investigation of hematological parameters, serum biochemistry, and acute phase proteins.

Therefore, this study aimed to determine the mean values for the hematimetric and clinical biochemical variables in calves at the weaning age of the main beef breeds raised in the savannah biome in Brazil.

2. Objectives

The primary objective was to determine the baseline values for hematological, biochemical, and metabolic variables and the expression of acute phase proteins (APPs) in healthy weaned beef calves of the main races produced in the state of Tocantins, correlate these data with the degree of endoparasite infestation, the level of reaction to external stimuli, and the concordance of the results with those already demonstrated in the literature.

3. Materials and Methods

3.1. Experimental Groups

The experimental units consisted of healthy cattle between six and eight months old, in the rearing stage, produced in a single rural establishment located in the municipality of Monte Santo do Tocantins, state of Tocantins, Fazenda Chão Mineiro. The property has 1674.7 ha, an altitude of 300 m above sea level, geographical coordinates of 9°59'56" S and 49°06'40" W, average annual rainfall of 2038 mm, and an average temperature of 26.8 °C [19].

Animals were kept on extensively cultivated pastures of *Panicum spp.* and *Brachiaria spp.* in groups whose size was determined by the size of the paddock. Water and commercial 80P (8% of phosphorus) mineral supplement ad libitum and grain concentrate (DM (dry matter): 89.68%, TDN (total digestible nutrients): 65.18%, CP (crude protein): 25%, EE (etheral extract): 2.44%, Ca (calcium percentage): 1.22%, P (phosphorus percentage): 1.09%), about 1.5 kg/animal/day (0.3% BW/day (bodyweight/day)) daily in the morning, receiving immunization against foot-and-mouth disease, following the sanitary calendar in force, clostridia, and respiratory diseases, as well as endectoparasiticide control with macrocyclic lactones and benzimidazole. Each experimental group corresponded to a breed type: NE (Nellore breed) (n = 31), SE (Senepol breed) (n = 30), NE×AN (double-cross Nellore/Aberdeen Angus) (n = 34), NE×SE (double-cross Nellore/Senepol) (n = 34), and Tricross (triple-cross 50% Senepol, 25% Nellore, 25% Aberdeen Angus) (n = 31), and therefore a total of 160 subjects, and each group had at least 30 uncastrated male individuals subjected to a blood draw at a date close to weaning.

The animals' health was confirmed by individual inspection in the field, considering that the systemic response to stressful stimuli, such as restraint, is individual and may impair the clinical evaluation [20]. On inspection, the presence of traumatic lesions in the integumentary system, postural alterations suggesting pain, increase in joint regions, exacerbated presence of ectoparasites, ocular secretion, nasal secretion, coughing, alteration in respiratory pattern, claudication, level of consciousness, and abdominal profile (distention or retraction) were verified. At the time of collection of material for blood tests, skin turgor and the presence of enophthalmia were also observed to confirm the state of normal hydration and ocular mucosa coloration. All clinical inspections were performed by an experienced veterinarian. Only those that presented all the before-mentioned parameters within the clinically normal levels for the species [21] were considered healthy and composed the experimental groups. All conduction work, separation, containment, collection of biological material, and veterinary evaluation were conducted within the precepts of ethics and animal welfare with a view to the safety of the animal team.

3.2. Behavioral Assessment

Taking into account the diversity of the breed groups that were involved in the study and the possibility of correlation with the hematological and serum biochemical data, a behavioral evaluation was performed to establish a temperament score, from which the methodology was adapted [22]. The adaptation of the method consisted of not measuring the entry and exit speed of the retaining chute using a kinematic evaluation, and the entire evaluation was carried out by the same person at all times. The temperament score was obtained by summing the score applied to the RTS (restraint score) and the ReS (release score). The RTS is categorized in Table 1.

Table 1. Categorization of the restraint score (RTS) adapted from [22].

Score	Characteristics
1	Absence of resistance.
2	The animal shows some movement and keeps its head and ears erect.
3	The animal presents frequent and not vigorous movement, with head, tail, and ear movements, in addition to exposure to the sclerotic membrane.
4	The animal offers great resistance, abrupt and vigorous movement of the head, tail, and ears, exposure of the sclera, audible breathing, and the possibility of jumping or falling.

RTS: restraint score.

As for ReS, it was measured at the moment of the animal's release from the cattle crush and consisted of grades 1, 2, 3, 4, and 5 to curb the concentration of intermediate grades. This score is stratified in Table 2.

Table 2. Categorization of the release score (ReS) adapted from [22].

Score	Characteristics
1	The animal leaves the cattle crush walking slowly and allowing less than two meters approach to the observer.
2	The animal trots or runs for a few seconds and allows two to three meters approach by the observer.
4	The animal runs intending to escape, moving its tail intensely and not allowing any approach.
5	Animal runs, throwing itself against fences, threatening or attacking the observer.

ReS: release score.

3.3. Sample Collection

Peripheral blood samples were obtained by jugular venipuncture before de-feeding using the BD Vacutainer vacuum system (BD Diagnostics, São Paulo, Brazil) and 40 × 0.9 mm needles preceded by local antisepsis by the same vet every time. Blood aliquots were collected in tubes containing dipotassium ethylenediaminetetraacetic acid (K₂EDTA, 7.2 mg), 4 mL, for blood count, and in a 10 mL tube with clot activator for obtaining serum, its biochemical analysis, and protein fractionation [23]. Immediately after collection, the samples were homogenized and packed in a thermal box with reusable ice for transport to the clinical analysis laboratory, processing within a maximum period of 12 h and adequate storage between 2 and 8 °C [24]. To obtain the serum required for biochemical and protein fractionation tests, samples collected in tubes with clot activator were centrifuged at 1800× *g* for 10 min [25] and properly identified in sterile plastic Eppendorf microtubes.

Knowing the influence of gastroenteric parasite load on haematological parameters, serum biochemistry, and inflammatory responses, the animals were submitted to coproparasitological evaluation using stool samples collected directly from the rectal ampulla of each experimental unit, respecting a minimum of 90 days after the last deworming, because this is when macrocyclic lactones and benzimidazoles, in synergistic use, lose their endectocide effect [26]. The samples were identified and stored under refrigeration until the analysis was performed, within a maximum of 12 h.

3.4. Laboratory Analysis

3.4.1. Hematology

The blood count included the erythrocyte variables: erythrocyte count (RBC, $\times 10^6/\mu\text{L}$), free hemoglobin concentration (Hb, g/dL), hematocrit (Ht, %), mean corpuscular volume (MCV, fL), and (MCHC, g/dL); leukocyte variables: total leukocyte count (total Le, $\times 10^3/\mu\text{L}$), relative (RLF, %), and absolute leucocyte formulae (ALF, $\times 10^3/\mu\text{L}$); and platelet variables (total platelet count, TPC, $\times 10^3/\mu\text{L}$), all obtained using an ABX VET automated cell counter ABX VET Horiba (Horiba Abx, Montpellier, France).

The differential leukocyte count (RLF, %) was manual by analysis of blood smear, stained with a mixture of acid and basic anilines, dissolved in methanol [27], and read under light microscopy in immersion objective (100 $\times$). The ALF was established by a rule of three using the overall white blood cell (WBC) count and the RLF.

3.4.2. Metabology

The metabolic parameters analyzed, the material, and the methodology used are described in Appendix A, Table A1.

Indirect bilirubin results (mg/dL) were obtained by subtracting the direct bilirubin value from the total bilirubin value. Sodium, potassium, and inorganic calcium values, expressed in mmol/L, were obtained by Roche 9180 Electrolyte Analyser (Roche, São Paulo, Brazil), while the other variables had their results measured with a semi-automatic spectrophotometer LabQuest model (LabTest Diagnóstica S. A., Lagoa Santa, Brazil), and with the respective commercial kits of the same brand.

3.4.3. Proteinogram

The following serum protein fractions were quantified: total protein, ceruloplasmin, haptoglobin, albumin, $\alpha 1\text{GA}$, and transferrin, by sodium dodecyl sulfate acrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) [28]. Following fractionation, the gel was stained with Coomassie blue and plated in 7% acetic acid to remove excess dye until band clarity was achieved. The concentration of each fraction was gauged in a computerized densimeter, as a reference, a marker solution of molecular weights 36, 45, 66, 97.4, 116, and 205 kilodaltons (kDa), as well as purified haptoglobin and $\alpha 1$ -antitrypsin.

3.4.4. Coproparasitology

The bovine coproparasitological examination was performed according to the McMaster technique [29], with feces collected from the rectal ampulla of the animals.

3.4.5. Statistical Analysis

All statistical analyses were performed with R software (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria). After confirming the homoscedasticity of data by the Levene test and the normality of data by the Cramér Von Mises test, analysis of variance (ANOVA) of quantitative data was done to evaluate the responses. When necessary, a comparison of means of pairs was made using Tukey's test, with a p -value < 0.05 . When the data did not meet the requirements of ANOVA, even after data transformation, the non-parametric methodology was used, including the Kruskal–Wallis test with a p -value adjusted by the Benjamini–Hochberg method at 5%. The analysis of possible relationships between variables was done with Pearson's correlation test. The multivariate structure of the data contained in the dataset was explored by dimension reduction (Principal Component Analysis) using the function `prcomp` from R package `stats` [30–32], grouping, clustering, and data discrimination techniques visualized using `ph heatmap` R package [33]. Additionally, it was used as the method for combining partial correlation, and an information theory [33] implemented in `CeTF` Rpackage [34,35].

4. Results

The total red blood cell (RBC) count ranged between $10 \times 10^6/\mu\text{L}$ in the Nellore (NE) group and $8.72 \times 10^6/\mu\text{L}$ in the Senepol (SE) group ($p = 1.269 \times 10^{-4}$). The hemoglobin (Hb) concentration was between 11.34 g/dL in the Nellore $\times$ Aberdeen Angus cross (NE $\times$ AN) group and 10.52 g/dL in the SE group ($p = 0.0398$). The corpuscular hemoglobin concentration (CHC) reached values between 10.68 g/dL in the NE group and 12.37 g/dL in the triple-cross Nellore $\times$ Aberdeen Angus $\times$ Senepol (Tricross, $p = 4.3835 \times 10^{-9}$). For mean CHC (MCHC), the values ranged from 33.51% in the NE $\times$ AN group to 34.43% in the SE group; there was no difference between the NE, NE $\times$ AN, and Tricross groups, but we found a difference between SE and Nellore $\times$ Senepol cross (NE $\times$ SE).

There was no statistical difference between the groups for hematocrit (Ht) values, which ranged between 33.85 and 30.58%; mean corpuscular volume (MCV) ranged between 31.87 and 36.68 fL, and total platelet count (TPC) ranged between $263.81 \times 10^3/\mu\text{L}$ and $330.81 \times 10^3/\mu\text{L}$. Table 3. brings the average results of the erythrometric variables of the groups.

Table 3. Maximum, mean, standard deviation, median and minimum values for erythrometric variables and platelet count of weaning beef calves at Brazilian savannah.

Erythrometric Variables and Platelet Count								
Breed		RBC ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	Hb (g/dL)	Ht (%)	MCV (fL)	MCH (g/dL)	MCHC (%)	PLT ($\times 10^3/\mu\text{L}$)
NE	Min	7.52	7.8	25.4	27.5	9.3	308	119
	Mean	10.0 ^{*,a}	11.01 ^{ab}	32.75 ^a	31.87 ^a	10.68 ^b	335.61 ^b	330.81 ^a
	SD	2.25	1.38	3.69	2.59	0.74	11.42	114.24
	Median	10.24	11.1	33.4	31.8	10.6	335	326
	Max	13	14.3	42.7	36.8	12.3	356	571
SE	Min	5.74	8.2	24	28.8	10.2	331	74
	Mean	8.72 ^b	10.52 ^b	30.58 ^a	35.50 ^a	12.23 ^a	344.27 ^a	308.23 ^a
	SD	1.44	1.17	3.49	3.59	1.26	8.02	120.48
	Median	8.83	10.35	29.75	34.5	11.85	344	295
	Max	11.54	12.6	36.6	41.8	14.7	364	513
NE $\times$ AN	Min	4.76	8.7	26.7	26.3	9.2	315	24
	Mean	9.75 ^a	11.34 ^a	33.85 ^a	35.55 ^a	11.87 ^a	335.15 ^b	271.94 ^a
	SD	1.58	1.07	3.12	6.51	1.94	11.13	143.41
	Median	9.74	11.2	33.65	34.35	11.45	333.5	292
	Max	12.93	13.5	41.9	38.5	20.7	356	574
NE $\times$ SE	Min	7.16	9	26.5	25.9	9.4	325	87
	Mean	9.44 ^{ab}	11.24 ^a	32.58 ^a	34.75 ^a	11.98 ^a	344.97 ^a	298.41 ^a
	SD	1.09	0.97	2.80	3.30	1.09	9.58	108.56
	Median	9.39	11.25	32.6	34.6	12.05	344.5	296.5
	Max	11.76	13.5	39.4	36.1	15.4	362	568
Tricross	Min	7.49	9.4	27.1	31	10.5	317	41
	Mean	9.14 ^{ab}	11.26 ^a	33.35 ^a	36.68 ^a	12.37 ^a	337.48 ^b	263.81 ^a
	SD	1.02	0.99	2.91	2.79	0.88	8.90	120.09
	Median	8.92	11.5	34.2	37.1	12.3	338	256
	Max	12.06	13.4	38.7	41.4	14	359	560

* Mean values followed by different letters in the columns differ by the Kruskal–Wallis test with p adjusted by the Benjamini–Hochberg method at 5% ($p \leq 0.05$). Hb: hemoglobin concentration, Ht: hematocrit, Max: maximum value, Median: median value, Min: minimum value, MCHC: median corpuscular hemoglobin concentration, MCV: median corpuscular volume, MCH: median corpuscular hemoglobin, NE: Nellore breed, NE $\times$ AN: bicrossed by Nellore and Aberdeen Angus, NE $\times$ SE: bicrossed by Nellore and Senepol, PLT: platelet count, RBC: red blood cell count, SE: Senepol breed, SD: standard deviation, Tricross: triple-cross 50% Senepol, 25% Nellore, 25% Aberdeen Angus.

The restraint score (RTS) ranged from 2.07 in the SE group to 3.39 in the NE group ($p = 3.33 \times 10^{-4}$), with a significant difference between these and records of different intermediate values in the NE×AN, NE×SE, and Tricross groups. For the release score (ReS), the values ranged from 1.4 (SE group) to 2.39 (NE group) ($p = 1.705 \times 10^{-4}$), with no difference between the SE, NE×AN, NE×SE, and Tricross groups. Then, the sum of these indexes maintained the same behavior, varying between 3.47 in the SE group and 5.77 in the NE group ($p = 1.68 \times 10^{-5}$), showing a significant difference, while the other groups presented intermediate values different from the extremes. All the average values by temperament scores are available in Table 4.

Table 4. Average values $\pm$ standard deviation of RTS (restraint score), ReS (release score), and Σ (summation) for temperament avaluation of weaning beef calves at Brazilian savannah.

Breed	Temperament Variables		
	RTS	ReS	Σ
NE	3.39 $\pm$ 0.99 ^{*,a}	2.39 $\pm$ 1.02 ^a	5.77 $\pm$ 1.65 ^a
SE	2.07 $\pm$ 0.98 ^c	1.40 $\pm$ 0.50 ^b	3.47 $\pm$ 1.14 ^c
NE×AN	2.56 $\pm$ 1.26 ^{bc}	1.70 $\pm$ 0.87 ^b	4.26 $\pm$ 1.76 ^{bc}
NE×SE	2.70 $\pm$ 1.14 ^b	1.94 $\pm$ 1.23 ^{ab}	4.64 $\pm$ 2.03 ^b
Tricross	2.61 $\pm$ 1.08 ^{bc}	1.55 $\pm$ 0.81 ^b	4.16 $\pm$ 1.61 ^{bc}

* Mean values followed by different letters in the columns differ by the Kruskal–Wallis test with p adjusted by the Benjamini–Hochberg method at 5% ($p \leq 0.05$). NE: Nellore breed, NE×AN: bicrossed by Nellore and Aberdeen Angus, NE×SE: bicrossed by Nellore and Senepol, ReS: release score, RTS: restraint score, SE: Senepol breed, Tricross: triple-cross 50% Senepol, 25% Nellore, 25% Aberdeen Angus, Σ : summation.

Age ranged from 183 (SE) to 242 days (NE) ($p < 0.05$); there was no difference between the NE, NE×AN, NE×SE, and Tricross groups. Birth weight (BrW) showed values between 28.26 (NE×AN) and 31.46 kg (SE group) ($p < 0.05$), whereas the NE, SE, NE×SE, and Tricross groups did not differ. Body weight (BdW) ranged between 181.68 (SE group) and 225.84 kg (Tricross) ($p < 0.05$), while NE and NE×AN, NE×SE, and Tricross did not differ. Mean daily weight gain (MDWG), on the other hand, showed values between 0.71 (NE group) and 0.85 kg/day (Tricross) ($p < 0.05$), and the NE and NE×AN, SE, NE×SE, and Tricross groups showed no significant difference between them, and the medium values are exposed in Table 5.

Table 5. Average values $\pm$ standard deviation of age, birth weight, body weight at weaning, and daily medium gain of weaning beef calves at Brazilian savannah.

Breed	Age (Days)	BthW (kg)	BW (kg)	MDMG (kg/day)
NE	242.26 $\pm$ 6.87 ^{*,ab}	31.29 $\pm$ 1.75 ^a	202.22 $\pm$ 22.77 ^b	0.71 $\pm$ 0.09 ^b
SE	183.47 $\pm$ 5.18 ^d	31.46 $\pm$ 1.25 ^a	181.68 $\pm$ 20.60 ^c	0.81 $\pm$ 0.11 ^a
NE×AN	236.26 $\pm$ 6.59 ^{bc}	28.26 $\pm$ 1.58 ^c	197.73 $\pm$ 26.45 ^b	0.72 $\pm$ 0.11 ^b
NE×SE	243 $\pm$ 22.00 ^a	28.91 $\pm$ 1.14 ^{bc}	218 $\pm$ 29.0 ^a	0.79 $\pm$ 0.16 ^a
Tricross	231.32 $\pm$ 12.39 ^c	29.26 $\pm$ 2.03 ^b	225.84 $\pm$ 30.97 ^a	0.85 $\pm$ 0.15 ^a

* Mean values followed by different letters in the columns differ by the Kruskal–Wallis test with p adjusted by the Benjamini–Hochberg method at 5% ($p \leq 0.05$). BthW: birth weight, BW: body weight, kg: kilogram, MDMG: mean daily medium gain, NE: Nellore breed, NE×AN: bicrossed by Nellore and Aberdeen Angus, NE×SE: bicrossed by Nellore and Senepol, SE: Senepol breed, Tricross: triple-cross 50% Senepol, 25% Nellore, 25% Aberdeen Angus.

The counts of parasite eggs and oocysts in the feces showed a little discrepancy between the groups and are described in Table 6. Cestode egg mean counts ranged between 0 epG (eggs per gram of feces, on NE×SE) and 86.66 epG (SE group) feces (epG), and coccidia oocyst mean counts between 20.59 epG (NE×SE) and 51.47 epG (NE×AN), with no statistical difference between the groups. While the trichostrongylid egg means

count showed values between 77.94 epg (NE×AN) and 433.33 epg (SE) ($p = 1.676 \times 10^{-5}$), with only the SE group showing statistical difference compared to the others. Total egg count showed the same behavior as trichostrongylid, varying between 52.94 (NE×SE) and 556.66 epg (SE, $p = 2.035 \times 10^{-4}$).

Table 6. Average values $\pm$ standard deviation of egg count of trichostrongylides, coccidia, cestodes, and summation of weaning beef calves at Brazilian savannah.

Breed	Types of Endoparasites			Σ (epg)
	Tricost. (epg)	Cest. (epg)	Coc. (epg)	
NE	85.48 $\pm$ 130.51 ^{a,b}	35.48 $\pm$ 164.41 ^a	22.58 $\pm$ 59.93 ^a	143.55 $\pm$ 208.06 ^b
SE	433.33 $\pm$ 560.68 ^a	86.66 $\pm$ 446.81 ^a	36.66 $\pm$ 64.24 ^a	556.66 $\pm$ 832.19 ^a
NE×AN	77.94 $\pm$ 77.06 ^b	20.59 $\pm$ 120.05 ^a	51.47 $\pm$ 155.45 ^a	150 $\pm$ 219.16 ^b
NE×SE	32.35 $\pm$ 63.82 ^b	0	20.59 $\pm$ 52.39 ^a	52.94 $\pm$ 77.79 ^b
Tricross	74.19 $\pm$ 113.92 ^b	54.84 $\pm$ 199.73 ^a	29.03 $\pm$ 60.24 ^a	158.06 $\pm$ 221.77 ^b

* Mean values followed by different letters in the columns differ by the Kruskal–Wallis test with p adjusted by the Benjamini–Hochberg method at 5% ($p \leq 0.05$). Cest.: *Cestoda*, Coc.: coccidia, epg: eggs per gram of feces, NE: Nellore breed, NE×AN: bicrossed by Nellore and Aberdeen Angus, NE×SE: bicrossed by Nellore and Senepol, SE: Senepol breed, Tricost.: *Trichostrongylidae*, Tricross: triple-cross 50% Senepol, 25% Nellore, 25% Aberdeen Angus, Σ : summation.

Results for leucometric variables are in Table 7, and, total leukocyte (TL) count ranged from $15.23 \times 10^3/\mu\text{L}$, NE×AN, to $19.93 \times 10^3/\mu\text{L}$, SE ($p = 8.7694 \times 10^{-6}$), and there was no statistical difference between NE, SE, and Tricross, nor between NE×AN and NE×SE. The total neutrophil count (Neu) ranged between $3.3 \times 10^3/\mu\text{L}$ in the NE×AN group and $5.89 \times 10^3/\mu\text{L}$ in the SE group ($p = 5.7044 \times 10^{-5}$), while the pairs SE and NE×SE, and NE and Tricross did not differ. Total lymphocyte (Lymph) count showed values between $10.41 \times 10^3/\mu\text{L}$ in the NE×SE group and $13.13 \times 10^3/\mu\text{L}$ in the Tricross group ($p = 1.7263 \times 10^{-5}$); there was no significant difference between the NE, SE, and Tricross groups, and between NE×AN and NE×SE. The values observed for total eosinophil count (Eos) ranged between $0.041 \times 10^3/\mu\text{L}$, NE×AN and $0.252 \times 10^3/\mu\text{L}$, SE ($p = 0.291$), without statistical difference between the NE×AN, NE×SE, and Tricross groups, while the NE and SE groups differed from each other. The total basophil (Bas) count showed results between $0.011 \times 10^3/\mu\text{L}$, SE and $0.037 \times 10^3/\mu\text{L}$, NE×SE ($p = 2.2616 \times 10^{-6}$), with only the NE×SE group differing from the others. Total monocyte (Mon) count, on the other hand, showed mean values between $0.54 \times 10^3/\mu\text{L}$, NE and NE×SE groups, and $1.01 \times 10^3/\mu\text{L}$, SE group ($p = 4.6739 \times 10^{-8}$), and the NE, NE×AN, and NE×SE groups did not differ from each other, and Tricross and SE differed significantly from all others groups.

Table 7. Maximum, mean, standard deviation, median, and minimum for differential white blood cell count of weaning beef calves at Brazilian savannah.

		Types of Leucocytes					
Breed		WBC ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	Neu ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	Lymp ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	Eos ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	Bas ($\times 10^3/\mu\text{L}$)	Mon ($\times 10^3/\mu\text{L}$)
NE	Min	11.81	2.35	7.82	0.01	0	0.07
	Mean	17.90 ^{*,a,b}	4.28 ^{bq[CH1]}	12.92 ^a	0.137 ^b	0.022 ^b	0.54 ^c
	SD	3.90	1.20	3.28	0.132	0.013	0.16
	Median	17.97	4.06	12.48	0.1	0.1	0.55
	Max	29.32	7.92	22.8	0.63	0.04	0.83
SE	Min	13.28	1.80	7.25	0.02	0	0.18
	Mean	19.93 ^a	5.89 ^a	12.68 ^{a,b}	0.252 ^a	0.011 ^b	1.01
	SD	5.12	3.30	2.56	0.212	0.011	0.57 ^a
	Median	19.60	5.30	12.75	0.21	0.01	1.10
	Max	38.91	17.25	19.55	0.84	0.04	2.35
NE×AN	Min	10.91	1.15	7.84	0	0	0.17
	Mean	15.23 ^c	3.30 ^c	11.30 ^{bq[CH2]}	0.041 ^c	0.012 ^b	0.58
	SD	2.85	1.37	2.30	0.023	0.011	0.19 ^c
	Median	14.48	2.82	10.82	0.04	0.01	0.55
	Max	21.92	6.46	17.60	0.11	0.05	1.03
NE×SE	Min	9.92	1.56	6.37	0	0	0.05
	Mean	16.03 ^{b,c}	4.96 ^{a,b}	10.41 ^c	0.073 ^c	0.037 ^a	0.54
	SD	3.69	1.92	2.80	0.07	0.032	0.27 ^c
	Median	15.38	4.82	9.90	0.05	0.03	0.5
	Max	29.96	10.49	22.28	0.3	0.16	1.21
Tricross	Min	11.04	2.2	5.84	0.01	0	0.33
	Mean	18.57 ^a	4.48 ^b	13.13 ^a	0.068 ^c	0.021 ^b	0.86 ^b
	SD	4.11	1.83	3.23	0.05	0.018	±0.36
	Median	18.18	4.05	12.57	0.05	0.02	0.86
	Max	26.98	10.16	20.95	0.22	0.07	1.89

* Mean values followed by different letters in the columns differ by the Kruskal–Wallis test with p adjusted by the Benjamini–Hochberg method at 5% ($p \leq 0.05$). Bas: basophils count, Eos: eosinophils count, Lymp: lymphocytes count, Max: maximum value, Median: median value, Min: minimum value, Mon: monocytes count, NE: Nellore breed, NE×AN: bicrossed by Nellore and Aberdeen Angus, NE×SE: bicrossed by Nellore and Senepol, Neu: neutrophils count, SE: Senepol breed, SD: standard deviation, Tricross: triple-cross 50% Senepol, 25% Nellore, 25% Aberdeen Angus, WBC: white blood cells count, μL : microliter.

Serum activity of the enzymes alanine aminotransferase (ALT), creatinine kinase (CK), and γ -glutamyl transferase (GGT) did not differ significantly between groups, showing values between 17.83 UI/L (SE) and 29.61 UI/L for NE, 244.27 UI/L (SE), 641.55 UI/L (NE×SE), 17.35 UI/L (NE), and 20.80 UI/L for SE. Mean aspartate aminotransferase (AST) results were between 54.32 UI/L (NE×AN) and 69.45 UI/L (Tricross) ($p = 1.5077 \times 10^{-4}$), with the NE, SE, NE×SE, and Tricross groups not differing from each other. For alkaline phosphatase (AP), values ranged between 431.43 UI/L (SE) and 926.58 UI/L (NE) ($p = 1.866 \times 10^{-12}$), while SE, NE×AN, NE×SE, and Tricross groups showed no statistically significant difference. The average values of enzyme concentration are in Table 8.

Serum creatinine concentration showed mean values from 1.24 mg/dL in NE×AN to 1.53 mg/dL in NE and Tricross groups ($p = 1.56358 \times 10^{-10}$), while SE and NE×AN did not differ and NE×SE differed from all others showing intermediate value. For urea concentration, there was variation between 15.94 mg/dL (NE×AN) and 21.73 mg/dL (SE) ($p = 6.3264 \times 10^{-5}$), while NE, NE×AN, and Tricross did not differ, neither did SE and

NE×SE. Cholesterol showed values between 83.87 mg/dL (SE) and 164.32 mg/dL (NE) ($p < 0.05$), and NE, SE, and Tricross differed from all other groups, but NE×AN and NE×SE did not differ. For triglycerides, mean values were observed between 15.80 mg/dL (NE×SE) and 28.55 mg/dL (NE) ($p = 2.7197 \times 10^{-9}$), and SE, NE×AN, and Tricross groups did not differ. Serum glucose concentration ranged from 91.40 mg/dL, Tricross to 161.03 mg/dL, NE ($p = 1.1544 \times 10^{-11}$), with no significant difference between SE, NE×AN, and Tricross groups, while the NE×SE group differed from all the others. The total bilirubin value for the groups was between 0.21 mg/dL (NE) and 0.32 mg/dL (SE) ($p = 1.65 \times 10^{-3}$), the NE×AN, NE×SE, and Tricross groups did not differ from each other or the purebred NE and SE groups. Direct bilirubin varied between 0.08 mg/dL (NE) and 0.26 mg/dL (SE) ($p = 0$); the NE×AN, NE×SE, and Tricross groups did not differ from each other or the purebred groups. Indirect bilirubin showed values between 0.06 mg/dL in SE and NE×SE and 0.13 mg/dL in NE ($p = 5.5914 \times 10^{-7}$), while NE and Tricross did not differ, nor did the others. Average values are described in Appendix A Table A2.

In general, serum electrolyte concentrations had little variation between groups, and the average values are in Appendix A Table A3. Calcium concentration was between 9.76 mg/dL (NE×SE) and 9.95 mg/dL (NE) ($p = 0.319$), with no significant difference between groups. The ionized calcium concentration showed values between 4.38 mmol/L in Tricross and 4.60 mmol/L in SE ($p = 0.059$), with no significant difference between the groups. Serum chloride was between 99.25 mmol/L (SE) and 160.08 mmol/L (NE×SE) ($p = 0.229$), with no significant difference between groups. Serum iron showed values between 111.71 µg/dL (NE) 160.08 µg/dL (NE×SE) ($p = 7.9115 \times 10^{-7}$), while NE and Tricross, and SE and NE×SE groups did not differ, and NE×AN differed from all with intermediate value. Serum potassium concentration ranged between 3.78 mmol/L (NE×AN) and 4.15 mmol/L (SE) ($p = 0.0135$), with only NE×AN differing significantly from the others. For serum magnesium, there were mean values between 1.97 mg/dL (SE) and 2.80 mg/dL (NE) ($p = 0$), while NE×SE and Tricross did not differ, and NE×AN differed from the others with intermediate values. For serum sodium concentration, values were determined between 138.47 mmol/L (NE×AN) and 142.40 mmol/L (NE) ($p = 3.207 \times 10^{-8}$); the NE and NE×SE groups did not differ, as well as SE, NE×AN, and Tricross. For serum phosphorus concentration, the established values were 6.03 mg/dL (NE×AN) and 7.06 mg/dL (NE and Tricross) ($p = 9.3762 \times 10^{-9}$), while SE, NE×AN, and NE×SE groups did not differ.

Table 8. Maximum, mean, standard deviation, median, and minimum for serum enzyme concentration of weaning beef calves at Brazilian savannah.

Breed		Enzymes				
		ALT (U/L)	AST (U/L)	CK (U/L)	AP (U/L)	GGT (U/L)
NE	Min	18	19	109	450	10
	Mean	29.61 ^{*,a}	69.22 ^a	433.84 ^a	926.58 ^a	17.35 ^a
	SD	5.54	21.22	280.68	296.44	3.78
	Median	29	65	323	917	17
	Max	44	126	1187	1735	24
SE	Min	12	28	99	287	14
	Mean	17.83	66.43 ^a	244.27 ^a	431.43 ^b	20.80 ^a
	SD	4.85 ^a	21.71	159.1	109.14	5.24
	Median	17	63	197	404.5	20
	Max	40	154	5695	758	40
NE×AN	Min	8	33	99	324	9
	Mean	26.13 ^a	54.32 ^b	278.29 ^a	461.32 ^b	18.03 ^a
	SD	37.36	10.96	292.92	97.71	5.74
	Median	19	56	178	444	17
	Max	226	74	1586	781	39
NE×SE	Min	13	45	89	246	13
	Mean	23.94 ^a	69.41 ^a	641.55 ^a	512.44 ^b	19.85 ^a
	SD	7.13	28.03	993.49	132.59	4.06
	Median	22.5	66	255	515	19.5
	Max	53	214	2840	790	31
Tricross	Min	16	48	121	257	11
	Mean	25.90 ^a	69.45 ^a	294.45 ^a	459.32 ^b	19.45 ^a
	SD	4.57	11.18	331.50	125.80	5.50
	Median	26	68	179	466	18
	Max	37	91	1659	760	36

* Mean values followed by different letters in the columns differ by the Kruskal–Wallis test with p adjusted by the Benjamini–Hochberg method at 5% ($p \leq 0.05$). ALT: alanine amino transferase, AP: alkaline phosphatase, AST: aspartate amino transferase, CK: creatinine kinase, GGT: γ -glutamyl transferase, Max: maximum value, Median: median value, Min: minimum value, NE: Nellore breed, NE×AN: bicrossed by Nellore and Aberdeen Angus, NE×SE: bicrossed by Nellore and Senepol, SD: standard deviation, SE: Senepol breed, Tricross: triple-cross 50% Senepol, 25% Nellore, 25% Aberdeen Angus.

Total serum protein concentration showed values between 5.70 g/dL (NE×SE) and 6.41 g/dL (Tricross) ($p = 9.7105 \times 10^{-9}$), while NE, SE, and NE×AN did not differ with intermediate values. For serum albumin, the mean values varied between 2.92 g/dL (SE) and 3.38 g/dL (NE) ($p = 0$); NE and Tricross did not differ, nor did NE×AN and NE×SE. The mean values obtained for ceruloplasmin concentration are between 9.3 mg/dL (NE×SE) and 13.4 mg/dL (SE) ($p = 0.013$), while the NE, NE×AN, and Tricross groups did not differ from each other, without differing from the extremes. Transferrin demonstrated mean values between 72.5 mg/dL (Tricross) and 129.2 mg/dL (SE) ($p = 2.6434 \times 10^{-13}$); the Tricross and NE×AN groups did not differ, nor did NE×SE and NE. For haptoglobin, the observed values ranged between 22.1 mg/dL (NE×AN) and 30.6 mg/dL (Tricross) ($p = 1.466 \times 10^{-5}$), and the NE and Tricross groups did not differ, nor did SE and NE×SE. As for α -1-acid glycoprotein (α 1GA), the values were 14.3 mg/dL (NE×AN) and 24.2 mg/dL (Tricross) ($p = 3.882 \times 10^{-5}$), with SE and Tricross not differing from each other, as well as NE and NE×SE; however, the latter also did not differ from the extremes. Table 9 describes the medium values of the serum proteins of the groups.

Table 9. Maximum, mean, standard deviation, median, and minimum for serum acute phase proteins and total protein concentrations of weaning beef calves at Brazilian savannah.

		Breed				
APP's		NE	SE	NE×AN	NE×SE	Tricross
TP (g/dL)	Min	5.4	4.8	4.7	4.9	5.8
	Mean	6.02 ^{a,b}	5.84 ^{b,c}	5.83 ^{b,c}	5.70 ^c	6.41 ^a
	SD	0.42	0.37	0.37	0.40	0.38
	Median	5.9	5.9	5.8	5.7	6.4
	Max	6.9	6.6	6.6	6.6	7
Alb (g/dL)	Min	3	2.6	2.4	2.6	3
	Mean	3.38 ^a	2.92 ^c	2.95 ^{b,c}	3.04 ^b	3.36 ^a
	SD	0.23	0.16	0.20	0.19	0.19
	Median	3.4	2.9	3	3.1	3.4
	Max	3.9	3.2	3.3	3.5	3.7
Cpl (mg/dL)	Min	2.08	5.4	3.66	3.17	4.16
	Mean	9.9 ^{a,b}	13.4 ^a	10.8 ^{a,b}	9.3 ^b	11.9 ^{a,b}
	SD	4	6	3	3	4
	Median	9.57	11.53	11.1	8.6	11.81
	Max	24.27	35.03	19.17	21.65	23.59
Tf (mg/dL)	Min	36.14	99.13	43.47	57.78	34.68
	Mean	118.6 ^b	129.2 ^a	79.8 ^c	96.6 ^b	72.5 ^c
	SD	48	22	23	21	21
	Median	113.04	126.75	75.31	93.14	69.23
	Max	242.4	176.12	136.65	144.67	133.08
Hp (mg/dL)	Min	18.97	14.78	10.54	6.72	19.32
	Mean	30.1 ^a	25.3 ^b	22.1 ^c	23.1 ^{b,c}	30.6 ^a
	SD	7	5	5	8	9
	Median	27.97	26.16	22.08	25.09	26.16
	Max	52.05	39	32.62	41	62.71
α1GA (mg/dL)	Min	9.08	7.59	5.42	4.37	9.6
	Mean	17.7 ^{b,c}	22.3 ^a	14.3 ^c	20 ^{a,b}	24.2 ^a
	SD	6	6	5	11	11
	Median	16.2	22.7	13.66	21.92	20.77
	Max	32.53	36.52	30.99	43.75	54.26

* Mean values followed by different letters in the lines differ by the Kruskal–Wallis test with *p* adjusted by the Benjamini–Hochberg method at 5% ($p \leq 0.05$). Alb: albumin, APP's: acute phase proteins, Cpl: ceruloplasmine, g/dL: gram/deciliter, Hp: haptoglobine, Max: maximum value, Median: median value, Min: minimum value, mg/dL: milligram/deciliter, NE: Nellore breed, NE×AN: bicrossed by Nellore and Aberdeen Angus, NE×SE: bicrossed by Nellore and Senepol, SE: Senepol breed, SD: standard deviation, Tf: transferrine, Tricross: triple-cross 50% Senepol, 25% Nellore, 25% Aberdeen Angus, α1GA: acid glycoprotein α1.

The principal component analysis (PCA), Figure 1, showed a greater global distance between the NE and SE groups, and the crossbreed groups, NE×AN, NE×SE, and Tricross, were close to each other and intermediate to the purebreds, NE and SE. Furthermore, Figure 2 shows the heatmap, in which it is possible to see (columns clusterization by Ward method) the tendency in which SE and NE breeds are the most distant group followed by NE cross breeds.

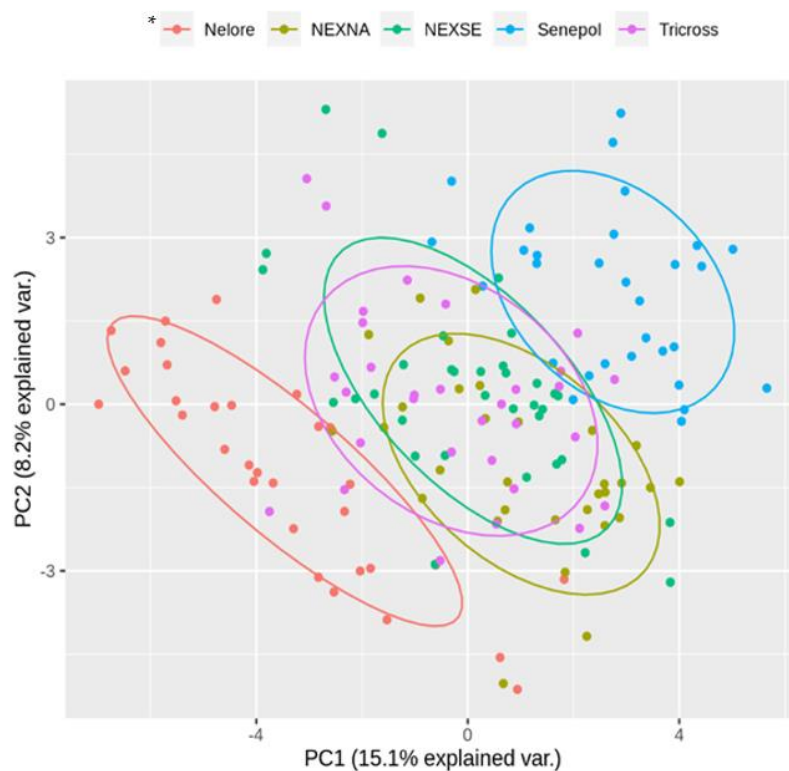


Figure 1. Result of the multivariate statistical analysis represented with principal component analysis (PCA) using the values for hematological and serum biochemical variables of weaning beef calves at Brazilian savannah. * Nelore: Nelore breed, NE×AN: bicrossed by Nelore and Aberdeen Angus, NE×SE: bicrossed by Nelore and Senepol, SE: Senepol breed, Tricross: triple-cross 50% Senepol, 25% Nelore, 25% Aberdeen Angus.

Finally, the RIF analysis was significant (absolute rif values > 2) for Fe, Creat, Cpl, and PLT, which can be considered as key metabolites for impacting global difference between the NE group and the SE group, while Tricost and Σ (epg) are responsible for the global difference between SE and NE.

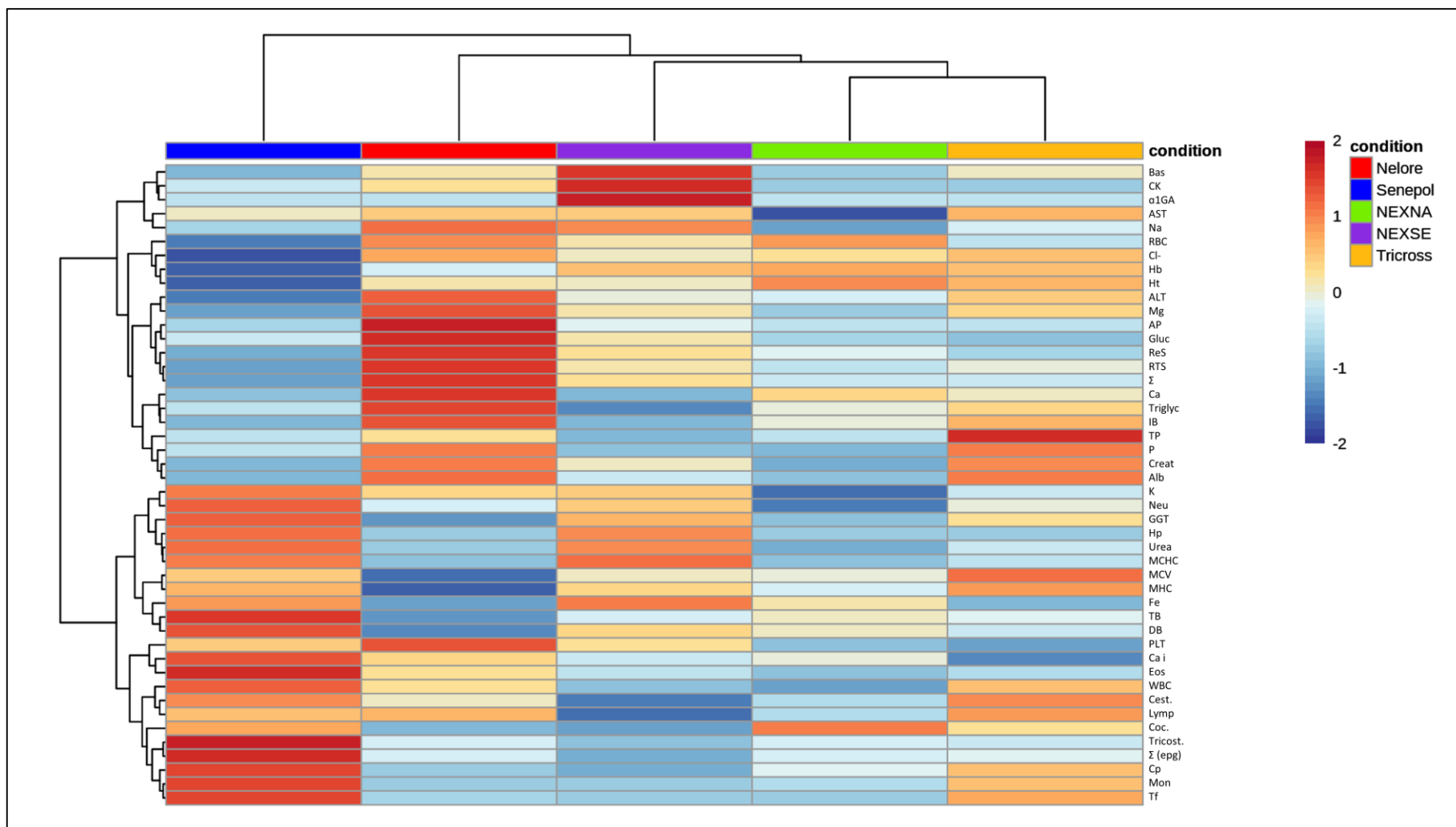


Figure 2. Clustering heatmap by Ward method using mean values of hematological and serum biochemical metabolites from weaning beef calves raised in the Brazilian savannah.

5. Discussion

The RBC value showed significant differences only between the Nellore and Senepol breed groups, the crossbreds being similar to pure breeds. Ref. [36] observed in purebred N'Dama animals—a breed that composes the Senepol breed—and its crossbred, lower erythrocyte counts, but pure Brown Swiss animals in the same geographical region and season of the year showed even lower average values. Furthermore, behavior such as phenotype was credited to the Brown Swiss' greater susceptibility to trypanosomiasis. In general, the RBC value of the Zebu breed does not differ from taurines when compared [36–38] or individually [9,39–41]; however, it may be suggested that the difference observed in the Nellore breed group may be credited to its high reactivity, a consequently higher stress level, which leads to the splenic and hepatic contractions that occur, directing a greater number of RBCs into the bloodstream [42]. The crossbred animals showed intermediate values to zebuine and taurine for RBC and temperament variables, which suggests the influence of the breed group and intermediate level of the stress response.

According to [16,43], RBC and Ht decrease with heat stress; therefore, there was no such effect in the evaluated breed groups. Except for SE, which presented mean results lower than the others, however, this cannot be considered only as a temperature effect.

The NE group proved to be more responsive to all stimuli considered, corroborating the results of [44,45]. Taurine breeds have lower levels of reactivity to stimuli as well as their crossbreds [46,47]. Therefore, it can be assumed that the intermediate average values observed in the crossbred groups are due to the heritability of these characteristics, which is significant in the Nellore breed [22]. According to [47], taurine animals with lower degrees of reactivity present better mean daily weight gain (MDWG) and better meat quality, which cooperates with the results obtained. The SE and Tricross groups had the lowest values in temperament evaluations and the best averages for MDWG.

Ht, MCV, and TPC values showed no difference between groups, and their results are similar to those obtained by [37] in Nellore and Holstein breeds, [48] in Norwegian Red, [49] in Pantaneira, and [9] in Hanwoo; while the variables Hb and CHC showed values compatible with similar studies in other races and different age groups [50–52]. Age did not influence the behavior of the erythrometric variables between the groups, corroborating the results of [40,49,53,54].

The higher BrW values for the purebred, NE, and SE groups are credited with the fact that these animals are the product of in vitro fertilization since the oocytes that produce such fetuses are exposed to cell growth factors originating from the maturation and in vitro fertilization media, inducing greater fetal growth and eventually overgrowth syndrome [55].

The crossbred groups of Senepol, NE×SE, and Tricross showed higher ADWG than the other groups. Such a difference can be credited to the hybrid vigor by crossing zebuine and taurine breeds, corroborating with [56] and by the thermotolerance inherited from the Senepol breed [57,58]. Moreover, the better average result of the Tricross group is due to, according to [59], better milk production of their double-cross bred mothers NE×AN, which also reflects in the higher weaning weight (BdW) adding value to the product. Therefore, its use is indicated to produce crossbred animals for beef or as embryo recipients. In contrast, the NE×AN crossbreds showed lower daily weight gain, indistinguishable from the NE group. This result is due to the lower tolerance to heat inherited from the Aberdeen Angus breed, characterized by dense black fur [60].

The higher MDWG of SE animals is consistent with the descriptions of [61], who describe their greater thermotolerance, inherited from the African N'Dama, and feed efficiency, inherited from the British Red Poll. The lower result of the NE group compared to the other groups is similar to the results described in the literature for the breed [62–64].

Regarding the evaluation of gastrointestinal parasite infestation, no differences were observed in the levels of infestation between the groups NE, NE×AN, NE×SE, and Tricross

by the different families of parasites, which can be credited to the zebu heritage [65–67]. The SE group showed a quite high average in trichostrongylid and total egg count, which is due to the greater susceptibility inherent in taurine breeds [65–67].

Lymphocytes are the dominant cell type in the bovine species, and their count varies with age [68]. The mean values observed for the leukocyte variables are similar to those obtained by [37] in Nellore and Holstein breeds and by [49,69] in the Pantaneira breed, all in the same age group, but with an increase, because it is known that in this age group there is a predominance of lymphocytes [37,49]. Such variation can be credited to the high environmental temperature, which corroborates with [70], who observed that there is higher leukocyte activation in Holstein neonates at different environmental temperatures. However, the similarity between the results of some variables, such as WBC, Neu, and Lymph, between the NE and Tricross groups may be due to the Zebu heritage or an occasional finding, as other variables show similar behavior between the crossbreed and pure breed groups.

According to [71,72], it can be suggested that SE and Tricross groups had higher TL, Neu, Lymph, and Mon values by their pure taurine and majority taurine breed composition, respectively, with higher susceptibility to infectious diseases; while the double-cross NE×SE and NE×AN show values intermediate to zebuine, NE, and the aforementioned breeds. The high Eos count of the SE group may be associated with higher gastrointestinal parasite infestation, knowing that eosinophils are the cells mainly responsible for the immune response against helminths [73].

Basophils, in general, are responsible for modulating hypersensitivity reactions, inflammatory and autoimmune disorders, and cancer [74]. Therefore, it can be assumed that double-cross NE×SE are more susceptible to allergic disorders; by having a higher Bas count, they can manifest systemic responses of greater intensity.

The activity of serum enzymes ALT, CK, and GGT did not differ between the experimental groups. There were, however, only two points of divergence between the groups. Firstly, the NE×AN group showed lower AST dosage compared to the other groups. According to [75], the elevation of serum AST levels occurs in humans due to physical exertion, muscle injury, infectious diseases, and hepatic lipidosis, for example, which contradicts the obtained result. As there was no concomitant change in the results for the other enzymes, this can be considered an incidental finding. In the NE group, serum AF concentration was twice as high. It is known that this enzyme has an increase in its serum activity associated with muscle injury, physical effort, and stress [76]. This, together with the higher temperament scores concerning the other groups, leads to the conclusion that this increase is due to the muscular effort made during restraint for blood sampling. When compared with published data, the mean values obtained for serum enzyme activity are possibly coincidental since they are different metabolic situations. There was no difference for AST in Curraleiro [77], Girolando [78], and Nellore [79] breeds of the same age and in adult Wagyu cows [80]. However, Ref. [81] found decreased serum AST concentration in Brahman newborn calves, and [81] pointed out elevation due to lactation and gluconeogenesis in Sindi and Girolando cows.

Secondly, as for serum ALT activity, Ref. [82,83] pointed out similar values in Nellore calves of the same age. Regarding GGT, close mean values were described by [77,78,80,84], although the level of metabolic activity greatly influences the mean GGT values leading to an increased in its plasmatic concentration [79,82,85]. Serum AP and CK activity are directly related to muscle activity and phase of bone and muscle growth, respectively [76], which can be observed in the results presented by [85]. In general, the mean values for AP were higher than those observed in the literature when compared to [77,83] in animals of the same age group, while the CK value was similar to that described by [77].

According to [86], there was an increase in AP (10%) and CK (124%) concentrations in cattle transported for about 14 h, and muscle injury is considered an inducer. However, dehydration can cause CK elevation [87]. The animals used in this experiment were submitted to a lower term of water restriction and contention, about five hours, which may have generated the smallest variations observed.

The set of metabolic variables studied showed agreement with the results for the species in different age groups obtained [77,80–82,88,88]. The metabolic variables that showed greater differences between the groups were: urea, bilirubin, cholesterol, glucose, and triglycerides. Serum urea and bilirubin levels are known to be related to increased hepatic activity linked to protein synthesis [89]. This increase was observed in the SE group along with higher ADWG, which suggests a positive correlation between the variables.

The NE group presented higher mean values for cholesterol, glucose, and triglycerides, energy metabolites in which serum concentrations are altered by cortisol levels; that is, they increase according to the submission to stressful stimuli [90]. Such increases were observed together with higher temperament score values and greater reactivity to potentially stressful stimuli, which justifies the behavior of these variables compared to the other groups, confirmed by a correlation value equal to 0.51 between glucose and RTS and 0.52 between glucose and ReS.

An inversion between the mean values of indirect and direct bilirubin was only observed in the NE group, which contradicts the results of the other groups and is not described in the literature.

There were a few differences between the groups for the electrolytic variables, which were also observed in the set of metabolic variables and the serum enzymatic activity. These point differences, such as in levels of P, Na, Mg, K, Fe, AST, total protein concentration (TP), creatinine, and albumin, can be diluted with a larger number of samples, whereas works with similar objectives to these have larger sample groups, as in [37], with 360 animals, [91], with 235 animals, and [69], with 300 animals.

The results obtained do not differ from those published by [92] in adult Brahman females, [93] in adult Senepol females and heifers, [93] in adult Holstein crossbred females, and [77] in Curraleiros of the same age. However, there are alterations caused by pathological situations. Ref. [94] observed a reduction in serum P levels in African nomadic herds but with the maintenance of Fe, Mg, and Na levels. Similarly, Ref. [95] recorded a reduction in all serum minerals in non-supplemented herds on the Nigerian savannah. In hypocalcaemic Holstein cattle with ketosis or metritis, Ref. [96] obtained no change in Cl, Na, and K levels, but Ca concentrations always presented below the control group.

According to [97], helminthiasis does not alter serum P levels, and there is a direct effect of supplementation on this variable, which corroborates with [93], when Fe, Mg, and P levels oscillate according to the season, i.e., according to the quality of forage available, justifying the chronic use of supplementation.

The concentration of total serum proteins corresponds to the sum of serum albumin, α -, β -, and γ -immunoglobulins and APPs [98]. Lower values were observed in the taurine, SE, NE $\times$ AN, and NE $\times$ SE breed composition groups. This is related to the lower serum albumin levels recorded in the same groups, which in turn are reduced because they are categorized as more susceptible to gastrointestinal parasitosis due to spoliation [66–68].

The mean values of TP and albumin of the NE and Tricross groups follow the results obtained by [99] in Guzerá cattle, [100] in Brahman, and [77] in Curraleiros, of the same age, while the results of the SE, NE $\times$ AN, and NE $\times$ SE groups resemble those obtained by [101] in Aberdeen Angus cattle, Hereford and their crossbreeds, [102] in taurine dairy cows, and [103] in taurine beef and dairy cattle.

The concentrations of APPs in the SE, NE $\times$ AN, and NE $\times$ SE groups proved to be higher compared to the pure zebu, NE, due to their greater inflammatory response to these parasitic agents, corroborating with [104] in lactating Holstein females. Ref. [105] observed that the expression of APPs changes according to the degree of infestation by *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* ticks, decreasing appetite and leading to reduced weight gain, which may relate to the lower hardiness of taurine breeds. Parallel to the depression of appetite, these animals mobilize greater amounts of amino acids and energy for the synthesis of pro-inflammatory molecules, which reduces their efficiency within production systems where the challenge by pathogens and parasites is greater [105].

Therefore, it can be concluded that Zebu animals and some of their more rustic crosses tend to have higher levels of TP due to the higher concentration of albumin and lower concentrations of APPs due to their lower susceptibility to diseases and, therefore, greater rusticity, while opposite behaviors are observed in taurine breeds and their crosses less resistant to stress factors.

Ceruloplasmin (Cpl) is a protein produced by hepatocytes carrying copper (40 to 70% of plasma copper) [106]. Its main functions are copper transport, regulation of plasma iron concentration, oxidation of organic amines, ferroxidase activity, and prevention of free radical formation [107]. It is an acute phase reactant in inflammation, infection, trauma, diabetes, and pregnancy with antioxidant properties [108], showing a response pattern characterized as moderate [109].

Among the experimental groups, there was little difference in the values of Cpl concentration. SE showed higher Cpl concentrations, which may relate to the lower hardiness inherent in taurine breeds, accompanied by the NE×AN and Tricross groups. However, the NE×SE group showed a lower value than the others and is statistically similar to the value of the NE group, which suggests that this group has significantly inherited the hardiness of the Nellore and Senepol breeds, which, despite being taurine, is recognized for both. Ref. [110] pointed out stress as the main factor inducing the elevation of the serum Cpl concentration in taurine cattle, but with higher basal values (24 mg/dL) than those observed in the groups studied (between 9.3 and 13.4 mg/dL). In contrast, Ref. [111] found a value of 6 mg/dL in adult Holstein cattle in Iran.

Ref. [112] designate Cpl as an important diagnostic marker for a cupric deficiency when its serum concentration decreases, which should not be considered for these experimental groups since they receive *ad libitum* mineral supplementation. The reduction in Cpl activity in adequately nourished animals, on the other hand, may be attributed to age, being reduced in young animals [113].

Transferrin (Tf) is an APP responsible for chelating free iron, making it unavailable for microbial metabolism [114]. The increase in its serum concentrations during the inflammatory phase contributes to the process of the non-specific immune response against pathogens, as it impairs the replication process of some viruses, bacteria, and fungi in the tissues [115]. However, Ref. [116] observed no statistical difference between healthy animals and those with respiratory system infections.

Among the groups, the purebreds NE and SE showed higher serum Tf concentrations, which may confer greater resistance to microbial diseases to zebuine breeds and African taurines, such as N'Dama, that contributed to the formation of the Senepol breed. The crossbred groups, NE×AN, NE×SE, and Tricross, showed lower results than the purebred breeds: NE×SE showed higher values than the groups with a breed percentile of Aberdeen Angus, a British taurine breed of known superior susceptibility to microbial diseases. No baseline values for serum Tf concentration were found in the species, but [114] and [116] pointed out that animals up to one year of age tend to have higher values due to the greater susceptibility of this range to infections.

Haptoglobin (Hp) is a very important major expression pattern APP for ruminant species [117]. Its functions are to bind to free hemoglobin during hemolytic processes, making its iron ion unavailable for microbial metabolism, partially inhibit bilirubin synthesis, and stimulate macrophage pathogen recognition function [118]. According to [119], Hp has diagnostic and prognostic importance in cases of respiratory infection in confined animals, increasing rapidly in acute cases and reducing its activity after antimicrobial treatment. Thus, its expression pattern may signify enhanced immunocompetence and disease resistance in cattle [120], corroborating with [121], who observed that bovine concentrations were minimal in healthy cattle, intermediate in animals submitted to treatment, and high in those with relapses.

However, the results of the experimental groups may not coincide with published descriptions of studies with sick animals. The NE group showed higher baseline values, followed by Tricross, SE, NE×AN, and NE×SE, respectively. Knowing the lower

susceptibility to disease of zebuine animals, it can be suggested that they present higher basal values, but their response to infection corresponds to that described by [119,121].

The mean values observed are similar to those obtained by [122] in adult and young Holstein cattle, [123] in young taurine cattle in the finishing phase, and [124] in adult Zebu and Holstein crossbreeds. This suggests that there is no age or breed influence on the baseline value of the serum Hp concentration but rather the influence of the occurrence of diseases of an infectious character [125].

The $\alpha 1$ GA, on the other hand, has anti-inflammatory and immunomodulatory actions, mainly inhibitory for neutrophils and the complement system, and maintenance of vascular permeability [126], transport of small hydrophobic molecules [127], being a very important carrier protein binding to more than 300 different molecules [128]. In cattle, it is anti-inflammatory, modulates mononucleotide and neutrophilic activity, reactive oxygen species production, and degranulation [129]. According to [130], $\alpha 1$ GA reduces the rate of apoptosis of monocytes, which are responsible for removing leukocytes from the inflammatory focus. Therefore, it can be suggested that animals with higher plasma concentrations during the pathological process have a shorter convalescence period and faster tissue recovery.

The SE, NE $\times$ SE, and Tricross groups showed higher serum $\alpha 1$ GA concentrations, while NE $\times$ AN showed the lowest value and NE intermediate to the others. This behavior may indicate that the Senepol breed has a less intense inflammatory response, which is transmitted to its crossbreeds. This trait may have an opposite behavior about the Aberdeen Angus breed since its double-cross breed with Nelore showed a lower average value. The mean values for serum $\alpha 1$ GA concentration of the experimental groups are similar to those observed by [130] in taurines of different ages, those demonstrated by [131,132] in adult Holstein cows, and in healthy and with subclinical mastitis Simental cows [133,134].

The global distance of the mean values between the NE and SE groups shows that a pure breed stands out for its rusticity, NE, and the other, SE, for its productive potential. Considering the extensive production system applied in the Brazilian savannah region and the NE breed available [1], combined with the diffusion of the FTAI technique using semen of taurine breeds, all breed types evaluated in the work have a favorable potential for production since the level of technicality of the activity in the herd will decide which breed type is more suitable, more rustic, or more productive.

The trend between the averages shows that NE $\times$ AN and Tricross are closer and, therefore, tend to present closer results. Even though Tricross has superior MDMG than all groups, which is credited to the milk production potential of its NE $\times$ AN bi-crossbred herd [58], it is also noted that the means of the NE group tend to approach the means of the crossbred groups, which may be a product of the greater heritability of their characteristics in the process of miscegenation.

NE has lower levels of Cpl; however, it also shows lower serum concentrations of Fe, which may contribute to its greater resistance to infectious processes. Additionally, the concentration of serum Fe may be under the influence of Tf, which also has a regulating function of serum iron levels [114], since the group showed an average value in the second group more distant from all other groups. On the other hand, the SE group has an average value for serum Fe higher than all groups since, as a taurine descendent breed, it tends to be more susceptible to infections. Although Creat and PLT are responsible for differentiating the means of the NE group compared to the others, no pathophysiological justification was found. Therefore, it can be judged that this is an occasional finding.

For the SE group, the mean values of Tricross. (epg) and Σ (epg) were responsible for distancing from the others. Being a pure taurine breed, such results were not surprising, considering the breed group's greater susceptibility to parasite infestation [65–67].

6. Conclusions

Most hematological variables, serum biochemistry, and APPs concentrations were not influenced by breed. However, temperament and parasitic infestation produced effects in some laboratory tests, which generated differences between breeds. There is a consistent literature record on the effect of age, mainly on hematological data. However, the repetition of the analyses with a larger sample universe, staggered at various moments with the same experimental units, may show differences compatible with those demonstrated in the literature considering the alterations in the variables studied due to age, corroborating the literature that deals with older animals.

Taking together the present results, we suggest that parasite resistance may be a key factor in adaptation to the Brazilian savannah. In conclusion, all breed types evaluated in the work were healthy and had a favorable potential for production. The level of technicality of activity in the herd will decide which breed type is more suitable, more rustic, resistant to parasites, and therefore more productive.

Author Contributions: Conceptualization, G.A.M. and R.P.N.; methodology, G.A.M., R.P.N., and Á.E.S.; formal analysis, R.P.N.; resources, G.A.M.; writing—original draft preparation, G.A.M. and R.P.N.; writing—review and editing, G.A.M., R.P.N., and Á.E.S.; supervision, Á.E.S.; administration, G.A.M. and P.S.M.N. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: The full costs of the experimental works were of the first author, GAM. GAM thanks CAPES for the scholarship granted at the beginning of the Doctorate course and for funding the publication fees together with the Graduate Program in Veterinary Sciences.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted with regulations of animal use (law 11.794, of 8 October 2008, decree 6.899, of 15 July 2009) and with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation by the Animal Ethics Committee of School of Agricultural and Veterinary Sciences (São Paulo State University/Jaboticabal—São Paulo, Brazil) in an ordinary meeting of 13 June 2019, protocol number 07307/19.

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in the study.

Data Availability Statement: The data presented in this study are available upon request from the corresponding author. The data are not publicly available due to privacy or ethical restrictions, and the data that support the findings of this study are available in this article.

Acknowledgments: We would like to thank Roberto Ribeiro, owner of the Chão Mineiro farm, for providing the herd, facilities, and labor to collect the biological material, to the team from the same farm, and to the students who worked with us in collecting material and carrying out the analyses.

Conflicts of Interest: All authors declare that they have no conflicts of interest regarding the publication of the scientific article in question.

Appendix A

Some tables referring to the methodology and results are in this Appendix.

Table A1. Metabolic parameters, methodologies, and units used.

Metabolic Variable	Methodology	Unity
Albumin	Bromocresol green method	g/dL
ALT	UV kinetic method	U/L
AST	UV kinetic method	U/L
Bilirubin (total and indirect)	Sims-Horn method	mg/dL
Calcium	O-cresolphthalein method	mg/dL
Inorganic calcium	Electrolyte analyser *	mmol/L
CK	CK	U/L
Chloride	Mercury thiocyanate method	mEq/L
Cholesterol	Enzymatic method (Trinder)	mg/dL
Creatinine	Basques-Lustosa method	mg/dL
AP	Modified Roy's method	U/L
Iron	Godwin method	µg/dL
Phosphorus	Phosphomolybdate method	mmol/L
Glucose	PAP enzymatic method	mg/dL
GGT	Modified Szaz method	U/L
Magnesium	Sulphonated carbon method	mg/dL
Potassium	Electrolyte analyser *	mmol/L
Total protein	Biuret method	g/dL
Sodium	Electrolyte analyser *	mmol/L
Triglycerides	Enzymatic method (Trinder)	mg/dL
Urea	Urease method	mg/dL

* Roche 9180 Electrolyte Analyser, Roche, São Paulo, BRA. ALT: alanine aminotransferase, AP: alkaline phosphatase, AST: aspartate aminotransferase, CK: creatinine kinase, g/dL: gram/deciliter, GGT: γ -glutamyl transferase, mEq/L: miliequivalent/liter, mg/dL: milligram/deciliter, mmol/L: milimolar/liter, U/L: unity/liter, UV: ultraviolet.

Table A2. Maximum, mean, standard deviation, median and minimum for serum concentrations of metabolites of weaning beef calves at Brazilian savannah.

		Metabolites							
Breed		Creat (mg/dL)	Urea (mg/dL)	Chol (mg/dL)	Triglyc (mg/dL)	Gluc (mg/dL)	TB (mg/dL)	DB (mg/dL)	IB (mg/dL)
NE	Min	1.25	8	105	17	76	0.1	0.04	0.05
	Mean	1.53 ^{*,a}	16.61 ^b	164.32 ^a	28.55 ^a	161.03 ^a	0.21 ^b	0.08 ^d	0.13 ^a
	SD	0.13	4.82	30.32	8.66	53.40	0.09	0.03	0.07
	Median	1.55	15	168	27	154	0.17	0.08	0.1
	Max	1.83	26	231	46	304	0.44	0.16	0.32
SE	Min	0.97	14	38	11	78	0.18	0.16	0.01
	Mean	1.26 ^c	21.73 ^a	83.87 ^d	18.90 ^{b,c}	101.20 ^c	0.32 ^a	0.26 ^a	0.06 ^c
	SD	0.16	5.97	21.51	6.06	15.92	0.10	0.06	0.05
	Median	1.24	22	82.5	17	98.5	0.29	0.25	0.04
	Max	1.63	38	124	41	155	0.58	0.41	0.21
NE×AN	Min	1.02	6	78	9	76	0.12	0.09	0.01
	Mean	1.24 ^c	15.94 ^b	134.35 ^b	21.13 ^b	95.34 ^c	0.26 ^{a,b}	0.18 ^{b,c}	0.08 ^{b,c}
	SD	0.15	5.72	25.70	8.17	13.34	0.09	0.05	0.05
	Median	1.23	16	139	20	93	0.26	0.17	0.08
	Max	1.63	29	183	42	127	0.54	0.26	0.28
NE×SE	Min	0.84	8	66	8	75	0.1	0.08	0
	Mean	1.40 ^b	21.35 ^a	124.20 ^{b,c}	15.80 ^c	117.06 ^b	0.25 ^{a,b}	0.20 ^b	0.06 ^c
	SD	0.23	5.93	27.60	9.72	28.27	0.13	0.07	0.06
	Median	1.42	22.5	121.5	13.5	111	0.22	0.185	0.04
	Max	1.96	34	180	48	202	0.62	0.36	0.26
Tricross	Min	1.07	5	81	12	63	0.08	0.05	0
	Mean	1.53 ^a	17.84	117.40 ^c	22.97 ^b	91.40 ^c	0.26 ^{a,b}	0.15 ^c	0.11 ^{a,b}
	SD	0.26	±5.41 ^b	22.45	8.15	14.33	0.15	0.07	0.09
	Median	1.56	18	117	20	92	0.22	0.14	0.1
	Max	2.1	28	161	51	125	0.78	0.36	0.42

* Mean values followed by different letters in the columns differ by the Kruskal-Wallis test with p adjusted by the Benjamini-Hochberg method at 5% ($p \leq 0.05$). Creat: creatinine, Chol: cholesterol, DB: direct bilirubin, Gluc: glucose, IB: indirect bilirubin, Max: maximum value, Median: median value, Min: minimum value, NE: Nellore breed, NE×AN: bicrossed by Nellore and Aberdeen Angus, NE×SE: bicrossed by Nellore and Senepol, SE: Senepol breed, SD: standard deviation, TB: total bilirubin, Tricross: triple-cross 50% Senepol, 25% Nellore, 25% Aberdeen Angus, Triglyc: triglycerides.

Table A3. Maximum, mean, standard deviation, median and minimum for serum electrolytes concentration of weaning beef calves at Brazilian savannah.

		Electrolytes							
Breed		Ca (mg/dL)	Ca i (mmol/L)	Cl ⁻ (mmol/L)	Fe (µg/dL)	K (mmol/l)	Mg (mg/dL)	Na (mmol/L)	P (mg/dL)
NE	Min	8.2	3.16	97.96	76	3.32	2.4	134.73	6
	Mean	9.95 ^{*,a}	4.52 ^a	102.66 ^a	111.71 ^c	4.06 ^a	2.8 ^a	142.40 ^a	7.06 ^a
	SD	0.6	0.3	1.91	24.18	0.52	0.2	2.72	0.91
	Median	10.1	4.59	102.6	109	3.89	2.8	143.02	7
	Max	11	4.96	107.45	173	5.42	3.2	150.48	10
SE	Min	9.2	3.85	97.21	83	3.39	1.6	136.53	4.9
	Mean	9.77 ^a	4.60 ^a	99.25 ^a	156.33 ^a	4.15 ^a	1.97 ^d	139.26 ^b	6.29 ^b
	SD	0.36	0.28	1.27	28.22	0.51	0.17	1.77	0.66
	Median	9.7	4.67	99.23	159	3.95	2	138.96	6.2
	Max	10.5	5.17	102.6	214	5.98	2.3	143.02	7.8
NE×AN	Min	9.1	3.19	96.03	109	3.07	1.6	109.38	4.9
	Mean	9.86 ^a	4.49 ^a	102.18 ^a	139.93 ^b	3.78 ^b	2.10 ^c	138.47 ^b	6.03 ^b
	SD	0.34	0.38	10.16	28.48	0.23	0.20	6.11	0.70
	Median	9.9	4.6	100.76	130	3.79	2.1	139.77	6
	Max	10.6	5.03	155.98	207	4.3	2.5	144.36	7.7
NE×SE	Min	8.9	3.62	97.25	94.4	3.54	1.9	137.98	5
	Mean	9.76 ^a	4.47 ^a	101.70 ^a	160.08 ^a	4.07 ^a	2.40 ^b	142.10 ^a	6.09 ^b
	SD	0.41	0.30	1.61	27.43	0.45	0.40	1.96	0.64
	Median	9.8	4.55	101.27	160.2	3.93	2.4	141.89	6.05
	Max	10.7	4.96	104.39	258.2	5.35	4.37	146.55	7.3
Tricross	Min	8.8	3.54	99.24	59	3.46	2.1	132.45	6
	Mean	9.83 ^a	4.38 ^a	102.42 ^a	115.10 ^c	3.95 ^{a,b}	2.44 ^b	140.08 ^b	7.06 ^a
	SD	0.41	0.31	1.74	29.08	0.23	0.17	2.93	0.81
	Median	9.8	4.49	102.82	113	3.93	2.4	140.98	7
	Max	10.5	4.85	104.66	188	4.46	2.8	144.05	9

* Mean values followed by different letters in the columns differ by the Kruskal-Wallis test with p adjusted by the Benjamini-Hochberg method at 5% ($p \leq 0.05$). Ca: calcium, Ca i: ionized calcium, Cl⁻: Chloride, Fe: iron, K: potassium, Max: maximum value, Median: median value, Mg: magnesium, mg/dL: milligram/deciliter, Min: minimum value, mmol/L: milimolar/deciliter, Na: sodium, NE: Nellore breed, NE×AN: bicrossed by Nellore and Aberdeen Angus, NE×SE: bicrossed by Nellore and Senepol, P: phosphorus, SE: Senepol breed, SD: standard deviation, Tricross: triple-cross 50% Senepol, 25% Nellore, 25% Aberdeen Angus, µg/dL: microgram/deciliter.

References

1. Brazilian Association of Meat Export Industries. Exportações—ABIEC, 2022. Available online: <http://abiec.com.br/exportacoes> (accessed on 16 December 2022).
2. Motta, M.A.S.B.; de Miranda, S.H.G. Exportação de Carne Bovina Brasileira: Evolução Por Tipo E Destino. 2001. Available online: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.cepea.org.br/br/documentos/texto/exportacao-de-carne-bovina-brasileira-evolucao-por-tipo-e-destino.aspx> (accessed on 16 December 2022).
3. Nascimento, D.T.F.; Novais, G.T. Cerrado Climate: Atmospheric Dynamics and Features, Variability and Climatic Typologies. *Élisée Rev. Geo. UEG—Goiás* **2020**, *9*, e922021.
4. SEPLAN. Perfil Do Agronegócio Tocantinense. 2016. Available online: <https://central3.to.gov.br/arquivo/354694> (accessed on 30 December 2022).
5. Brazilian Institute of Geography and Statistics. Tabela 3939: Efetivo Dos Rebanhos, Por Tipo de Rebanho. 2021. Available online: <http://sidra.ibge.gov.br/tabela/3939#resultado> (accessed on 30 December 2022).
6. Brazilian Institute of Geography and Statistics. Tabelas—4º Trimestre 2019 Número de Animais Abatidos E Peso Total Das Carcaças Por Espécie E Variação, Segundo Os Meses—Brasil—2021. 2021. Available online: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-ecuarria/9203-pesquisas-trimestrais-do-abate-de-animais.html?=&t=resultados> (accessed on 30 December 2022).
7. Mohri, M.; Sharifi, K.; Eidi, S. Hematology and Serum Biochemistry of Holstein Dairy Calves: Age Related Changes and Comparison with Blood Composition in Adults. *Res. Vet. Sci.* **2007**, *83*, 30–39. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2006.10.017>.
8. George, J.W.; Snipes, J.; Lane, V.M. Comparison of Bovine Hematology Reference Intervals from 1957 to 2006. *Vet. Clin. Pathol.* **2010**, *39*, 138–148. <https://doi.org/10.1111/j.1939-165x.2009.00208.x>.
9. Kim, U.-H.; Lee, S.-H.; Cho, S.-R.; Kang, S.-S.; Jin, S.; Ahn, J.-S.; Lee, S.-H. Hematological Changes and Reference Intervals in Hanwoo Calves during the First 28 Weeks of Life. *Animals* **2021**, *11*, 1806. <https://doi.org/10.3390/ani11061806>.
10. Park, B.K.; Lee, D.K.; Ahn, J.S.; Park, J.K.; Kim, M.J.; Son, G.H.; Shin, J.S. Effects of Dietary Levels of Tapioca Residue on Growth Performance and Carcass Characteristics in Hanwoo Steers. *Asian-Australas. J. Anim. Sci.* **2019**, *32*, 1128–1136. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0753>.
11. Kim, U.-H.; Jung, Y.-H.; Choe, C.; Kang, S.-J.; Chang, S.-S.; Cho, S.-R.; Yang, B.-C.; Hur, T.-Y. Korean Native Calf Mortality: The Causes of Calf Death in a Large Breeding Farm over a 10-Year Period. *Korean J. Vet. Res.* **2015**, *55*, 75–80. <https://doi.org/10.14405/kjvr.2015.55.2.75>.
12. Esposito, G.; Irons, P.C.; Webb, E.C.; Chapwanya, A. Interactions between Negative Energy Balance, Metabolic Diseases, Uterine Health and Immune Response in Transition Dairy Cows. *Anim. Reprod. Sci.* **2014**, *144*, 60–71. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2013.11.007>.
13. Bianchi, M.E. DAMPs, PAMPs and Alarmins: All We Need to Know about Danger. *J. Leukoc. Biol.* **2006**, *81*, 1–5. <https://doi.org/10.1189/jlb.0306164>.
14. Tilg, H.; Dinarello, C.A.; Mier, J.W. IL-6 and APPs: Anti-Inflammatory and Immunosuppressive Mediators. *Immunol. Today* **1997**, *18*, 428–432. [https://doi.org/10.1016/s0167-5699\(97\)01103-1](https://doi.org/10.1016/s0167-5699(97)01103-1).
15. Crispe, I.N. Hepatocytes as Immunological Agents. *J. Immunol.* **2015**, *196*, 17–21. <https://doi.org/10.4049/jimmunol.1501668>.
16. Baena, M.M.; Costa, A.C.; Vieira, G.R.; Rocha, R.d.F.B.; Ribeiro, A.R.B.; Ibelli, A.M.G.; Meirelles, S.L.C. Heat Tolerance Responses in a Bos Taurus Cattle Herd Raised in a Brazilian Climate. *J. Therm. Biol.* **2019**, *81*, 162–169. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.02.017>.
17. Choi, K.; Kang, J.; Cho, H.; Yu, D.; Park, J. Changes in Serum Protein Electrophoresis Profiles and Acute Phase Proteins in Calves with Diarrhea. *Can. J. Vet. Res.* **2021**, *85*, 45–50, PMID:PMC7747664.
18. Farroq, U.Z.H.; Ijaz, A.; Ahmad, N.; Rehman, H.; Zameb, H. Haematologic Profile Revisited Adult Cholistani Breeding Bulls as a Model. *J. Anim. Plant Sci.* **2012**, *22*, 835–839, ISSN:1018-7081.
19. Brazilian Institute of Geography and Statistics. Clima E Tempo. 2021. Available online: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo/graficos> (accessed on 14 October 2022).
20. Koolhaas, J.M.; Korte, S.M.; De Boer, S.F.; Van Der Vegt, B.J.; Van Reenen, C.G.; Hopster, H.; De Jong, I.C.; Ruis, M.A.W.; Blokhuis, H.J. Coping Styles in Animals: Current Status in Behavior and Stress-Physiology. *Neurosci. Biobehav. Rev.* **1999**, *23*, 925–935. [https://doi.org/10.1016/s0149-7634\(99\)00026-3](https://doi.org/10.1016/s0149-7634(99)00026-3).
21. Feitosa, F.L.F. *Semiologia Veterinária: A Arte Do Diagnóstico*, 4th ed.; Grupo Gen—Editora Roca Ltda: São Paulo, Brazil, 2020; 704p; ISBN 9788541204545.
22. Sant’Anna, A.C.; Paranhos da Costa, M.J.R.; Baldi, F.; Albuquerque, L.G. Genetic Variability for Temperament Indicators of Nellore Cattle. *J. Anim. Sci.* **2013**, *91*, 3532–3537. <https://doi.org/10.2527/jas.2012-5979>.

23. Harvey, J.W. *Atlas of Veterinary Hematology: Blood and Bone Marrow of Domestic Animals*; Saunders: Philadelphia, PA, USA, 2001; ISBN 9780721663340.
24. Jain, N.C. *Essentials of Veterinary Hematology*; Lea and Febiger: Philadelphia, PA, USA, 1993; ISBN 9780812114379.
25. Thrall, M.A.; Baker, D.C.; Campbell, T.W.; Denicola, D.; Fettman, M.J.; Lassen, E.D.; Rebar, A.; Weiser, G.; Fagliari, J.J.; Al, E. *Hematologia E Bioquímica Clínica Veterinária*; Roca: São Paulo, Brazil, 2015; ISBN 9788572416689.
26. Edmonds, M.D.; Vatta, A.F.; Marchiondo, A.A.; Vanimisetti, H.B.; Edmonds, J.D. Concurrent Treatment with a Macrocyclic Lactone and Benzimidazole Provides Season Long Performance Advantages in Grazing Cattle Harboring Macrocyclic Lactone Resistant Nematodes. *Vet. Parasitol.* **2018**, *252*, 157–162. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2018.02.009>.
27. Rosenfeld, G. Método Rápido de Coloração de Esfregaços de Sangue. Noções Práticas Sobre Corantes Pancrônicos E Estudos de Diversos Fatores. *Memórias Inst. Butantã* **1947**, *20*, 315–328.
28. Laemmli, U.K. Cleavage of Structural Proteins during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4. *Nature* **1970**, *227*, 680–685. <https://doi.org/10.1038/227680a0>.
29. Ueno, H.; Gonçalves P.C. *Manual Para Diagnóstico Das Helmintoses de Ruminantes*; Japan International Cooperation Agency—JICA: Tokyo, Japan, 1998.
30. Becker, R.A.; Chambers, J.M.; Wilks, A.R. *The New S Language*; Thomson Brooks/Cole: Pacific Grove, CA, USA, 1988.
31. Mardia, K.V.; Kent, J.T.; Bibby, J.M. *Multivariate Analysis*; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 1979; 521p.
32. Venables, W.N.; Ripley, B.D. *Modern Applied Statistics with S*; Springer: New York, NY, USA; London, UK, 2011; ISBN 9781441930088.
33. Kolde, R. Pheatmap: Pretty Heatmaps. Available online: <https://cran.r-project.org/package=pheatmap> (accessed on 14 October 2022).
34. Reverter, A.; Chan, E.K.F. Combining Partial Correlation and an Information Theory Approach to the Reversed Engineering of Gene Co-Expression Networks. *Bioinformatics* **2008**, *24*, 2491–2497. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btn482>.
35. Oliveira de Biagi, C.A.; Nociti, R.P.; Brotto, D.B.; Funicheli, B.O.; Cássia Ruy, P.D.; Bianchi Ximenez, J.P.; Alves Figueiredo, D.L.; Araújo Silva, W. CeTF: An R/Bioconductor Package for Transcription Factor Co-Expression Networks Using Regulatory Impact Factors (RIF) and Partial Correlation and Information (PCIT) Analysis. *BMC Genom.* **2021**, *22*, 624. <https://doi.org/10.1186/s12864-021-07918-2>.
36. Amakiri, S.F.; Ngere, L.O.; Olusanya, S.K.; Ikede, B.O. Crossbreeding of Exotic and Indigenous Cattle in Nigeria—Haematological Correlates. *Trop. Anim. Health Prod.* **1979**, *11*, 106–112. <https://doi.org/10.1007/bf02237781>.
37. Fagliari, J.J.; Santana, A.; Lucas, F.; Campus Filho, E.; Curi, P. Constituintes Sanguíneos de Bovinos Recém-Nascidos Das Raças Nelore (Bos Indicus) E Holandesa (Bos Taurus) E de Bubalinos (Bubalus Bubalis) Da Raça Murrah. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* **1998**, *50*, 253–262.
38. Oliveira, F.C.R.d.; Costa, A.J.d.; Sabatini, G.A. Clínica E Hematologia de Bos Indicus, Bos Taurus E Bubalus Bubalis Inoculados Com Oocistos de Toxoplasma Gondii (Apicomplexa: Toxoplasmatinae). *Ciênc. Rural* **2001**, *31*, 621–626. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782001000400010>.
39. Silva, R.M.N.d.; Souza, B.B.d.; Souza, A.P.d.; Marinho, M.L.; Tavares, G.d.P.; Silva, E.M.N.d. Efeito Do Sexo E Da Idade Sobre Os Parâmetros Fisiológicos E Hematológicos de Bovinos Da Raça Sindi No Semi-Árido. *Ciênc. E Agrotecnol.* **2005**, *29*, 193–199. <https://doi.org/10.1590/s1413-70542005000100024>.
40. Dias Junior, R.F.; Bracarense, A.P.F.R.L.; Marçal, W.S.; Rocha, M.A.; Dias, R.C.F. Valores de Referência E Influência Da Idade No Eritrograma de Fêmeas Bovinas Da Raça Aquitânica. *Arq. Bras. Med. Vet. E Zootec.* **2006**, *58*, 311–315. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352006000300004>.
41. Galindo, R.; Ferreira, A.; Mendes, E.; Santos, S.; Andrade, R.; Batista, D.; Lima, S.; Rêgo, E. Eritrograma de Bovinos Da Raça Holandesa Criados Na Mesorregião Metropolitana de Recife: Influência Dos Fatores Sexual E Etário. *Med. Vet.* **2009**, *3*, 3–6.
42. Yaribeygi, H.; Panahi, Y.; Sahraei, H.; Johnston, T.; Sahebkar, A. The impact of stress on body function: A review. *EXCLI J.* **2017**, *16*, 1057–1072.
43. Abduch, N.G.; Pires, B.V.; Souza, L.L.; Vicentini, R.R.; Zadra, L.E.F.; Fragomeni, B.O.; Silva, R.M.O.; Baldi, F.; Paz, C.C.P.; Stafuzza, N.B. Effect of Thermal Stress on Thermoregulation, Hematological and Hormonal Characteristics of Caracu Beef Cattle. *Animals* **2022**, *12*, 3473. <https://doi.org/10.3390/ani12243473>.
44. Barrozo, D.; Buzanskas, M.E.; Oliveira, J.A.; Munari, D.P.; Neves, H.H.R.; Queiroz, S.A. Genetic Parameters and Environmental Effects on Temperament Score and Reproductive Traits of Nellore Cattle. *Animal* **2012**, *6*, 36–40. <https://doi.org/10.1017/s1751731111001169>.

45. Sant'Anna, A.C.; Paranhos da Costa, M.J.R.; Baldi, F.; Rueda, P.M.; Albuquerque, L.G. Genetic Associations between Flight Speed and Growth Traits in Nelore Cattle. *J. Anim. Sci.* **2012**, *90*, 3427–3432. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-5044>.
46. Turner, S.P.; Navajas, E.A.; Hyslop, J.J.; Ross, D.W.; Richardson, R.I.; Prieto, N.; Bell, M.; Jack, M.C.; Roehe, R. Associations between Response to Handling and Growth and Meat Quality in Frequently Handled Bos Taurus Beef Cattle. *J. Anim. Sci.* **2011**, *89*, 4239–4248. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3790>.
47. del Campo, M.; Manteca, X.; Soares de Lima, J.M.; Brito, G.; Hernández, P.; Sañudo, C.; Montossi, F. Effect of Different Finishing Strategies and Steer Temperament on Animal Welfare and Instrumental Meat Tenderness. *Animals* **2021**, *11*, 859. <https://doi.org/10.3390/ani11030859>.
48. Brun-Hansen, H.C.; Kampen, A.H.; Lund, A. Hematologic Values in Calves during the First 6 Months of Life. *Vet. Clin. Pathol.* **2006**, *35*, 182–187. <https://doi.org/10.1111/j.1939-165x.2006.tb00111.x>.
49. Borges, A.C.; Juliano, R.S.; Barini, A.C.; Lobo, J.R.; Abreu, U.G.P.d.; Sereno, J.R.B.; Fioravanti, M.C.S. Características Hematológicas de Bovinos (Bos Taurus) Sadios Da Raça Pantaneira. 2011. Available online: www.infoteca.cnptia.embrapa.br (accessed on 14 October 2022).
50. Moretti, P.; Paltrinieri, S.; Trevisi, E.; Probo, M.; Ferrari, A.; Minuti, A.; Giordano, A. Reference Intervals for Hematological and Biochemical Parameters, Acute Phase Proteins and Markers of Oxidation in Holstein Dairy Cows around 3 and 30 Days after Calving. *Res. Vet. Sci.* **2017**, *114*, 322–331. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2017.06.012>.
51. Mattioli, G.; Rosa, D.; Turic, E.; Relling, A.; Galarza, E.; Fazzio, L. Effects of Cooper and Zinc Supplementation on Weight Gain and Hematological Parameters in Pre-Weaning Calves. *Biol. Trace Elem. Res.* **2018**, *185*, 327–331.
52. Abera, M.; Yusuf Mammed, Y.; Eshetu, M.; Pilla, F.; Wondifraw, Z. Physiological, Biochemical, and Growth Parameters of Fogera Cattle Calves to Heat Stress during Different Seasons in Sub-Humid Part of Ethiopia. *Animals* **2021**, *11*, 1062. <https://doi.org/10.3390/ani11041062>.
53. Herman, N.; Trumel, C.; Geffré, A.; Braun, J.-P.; Thibault, M.; Schelcher, F.; Bourgès-Abella, N. Hematology Reference Intervals for Adult Cows in France Using the Sysmex XT-2000iV Analyzer. *J. Vet. Diagn. Investig.* **2018**, *30*, 678–687. <https://doi.org/10.1177/1040638718790310>.
54. Panousis, N.; Siachos, N.; Kitkas, G.; Kalaitzakis, E.; Kritsepi-Konstantinou, M.; Valergakis, G.E. Hematology Reference Intervals for Neonatal Holstein Calves. *Res. Vet. Sci.* **2018**, *118*, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2018.01.002>.
55. Li, Y.; Donnelly, C.G.; Rivera, R.M. Overgrowth Syndrome. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* **2019**, *35*, 265–276. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.02.007>.
56. Bunmee, T.; Chaiwang, N.; Kantiya, N.; Jaturasitha, S. Comparison of Fattening Performance, Carcass and Meat Quality of Charolais, Black Angus, and Brahman Crossbreed with Thai Native Cattle. *J. Agric.* **2017**, *33*, 451–462.
57. Pila, J. Avaliação Da Adaptabilidade de Novilhas Da Raça Senepol Ao Calor Pela Análise de Suas Respostas Fisiológicas E Características Das Glândulas Sudoríparas. Monography, School of Agricultural and Veterinary Sciences, São Paulo State University, Jaboticabal, São Paulo, Brazil, 2011, p. 32.
58. Delfino, J.L.; Barbosa, V.D.M.; Gondim, C.C.; Oliveira, P.M.d.; Nasciutti, N.R.; Oliveira, R.S.d.B.R.; Tsuruta, S.A.; Mundim, A.V.; Saut, J.P.E. Perfil Bioquímico Sérico de Bezerros Senepol Nos Primeiros 120 Dias de Idade. *Semin. Ciênc. Agrárias* **2014**, *35*, 1341–1350. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n3p1341>.
59. Rodrigues, P.F.; Menezes, L.M.; Azambuja, R.C.C.; Suñé, R.W.; Barbosa Silveira, I.D.; Cardoso, F.F. Milk Yield and Composition from Angus and Angus-Cross Beef Cows Raised in Southern Brazil. *J. Anim. Sci.* **2014**, *92*, 2668–2676. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7055>.
60. Muchenje, V.; Dzama, K.; Chimonyo, M.; Raats, J.G.; Strydom, P.E. Meat Quality of Nguni, Bonsmara and Aberdeen Angus Steers Raised on Natural Pasture in the Eastern Cape, South Africa. *Meat Sci.* **2008**, *79*, 20–28. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.026>.
61. Pereira, A.; Silva, S. Avaliação Da Qualidade Da Carne E Características de Carcaça de Novilhos Cruzados Com Senepol. Available online: <https://silo.tips/download/avaliaao-da-qualidade-da-carne-e-caracteristicas-de-carcaa-de-novilhos-cruzados#:~:text=de%20novilhos%20cruzados%20com%20Senepol> (accessed on 2 January 2022).
62. Porto, M.O.; Paulino, M.F.; Valadares Filho, S.d.C.; Detmann, E.; Sales, M.F.L.; Couto, V.R.M. Fontes de Energia Em Suplementos Múltiplos Para Bezerros Nelore Em Creep-Feeding: Desempenho Produtivo, Consumo E Digestibilidade Dos Nutrientes. *Rev. Bras. Zootec.* **2009**, *38*, 1329–1339. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982009000700024>.
63. da Silva, A.G.; Paulino, M.F.; da Silva Amorim, L.; Rennó, L.N.; Detmann, E.; de Moura, F.H.; Manso, M.R.; Silva e Paiva, P.H.; Ortega, R.E.M.; de Melo, L.P. Performance, Endocrine, Metabolic, and

- Reproductive Responses of Nellore Heifers Submitted to Different Supplementation Levels Pre- and Post-Weaning. *Trop. Anim. Health Prod.* **2017**, *49*, 707–715. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1248-1>.
64. de Almeida, D.M.; Marcondes, M.I.; Rennó, L.N.; Martins, L.S.; Marquez, D.E.C.; Villadiego, F.C.; Saldarriaga, F.V.; Ortega, R.M.; Moreno, D.P.S.; Lopes, S.A.; et al. Supplementation Strategies for Nellore Female Calves in Creep Feeding to Improve the Performance: Nutritional and Metabolic Responses. *Trop. Anim. Health Prod.* **2018**, *50*, 1779–1785. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1619-2>.
 65. Oliveira, M.C.S.; Alencar, M.M.; Chagas, A.C.S.; Giglioti, R.; Oliveira, H.N. Gastrointestinal Nematode Infection in Beef Cattle of Different Genetic Groups in Brazil. *Vet. Parasitol.* **2009**, *166*, 249–254. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2009.09.006>.
 66. Oliveira, M.C.S.; Alencar, M.M.; Giglioti, R.; Beraldo, M.C.D.; Aníbal, F.F.; Correia, R.O.; Boschini, L.; Chagas, A.C.S.; Bilhassi, T.B.; Oliveira, H.N. Resistance of Beef Cattle of Two Genetic Groups to Ectoparasites and Gastrointestinal Nematodes in the State of São Paulo, Brazil. *Vet. Parasitol.* **2013**, *197*, 168–175. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2013.06.021>.
 67. Höglund, J.; Hessel, A.; Zaralis, K.; Arvidsson-Segerkvist, K.; Athanasiadou, S. Weight Gain and Resistance to Gastrointestinal Nematode Infections in Two Genetically Diverse Groups of Cattle. *Vet. Parasitol.* **2018**, *249*, 88–91. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2017.11.011>.
 68. Wood, D.; Quiroz-Rocha, G. Normal Hematology of Cattle. In *Schalm's Veterinary Hematology*; Wiley: Ames, IA, USA, 2010; pp. 829–835.
 69. Fioravante, M.; Paula Neto, J.; Juliano, R.; Nunes, A.; Lobo, J.; Borges, A.; Sereno, J. Valores Hematológicos de Bovinos Sadios Da Raça Curraleiro Pé Duro (Bos Taurus): Efeito Da Idade, Sexo E Gestação. Portal Embrapa. Available online: [https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1048233/valores-hematologicos-de-bovinos-sadios-da-raca-curraleiro-pe-duro-bos-taurus-efeito-da-idade-sexo-e-gestacao#:~:text=A%20contagem%20de%20hem%C3%A1cias%20\(9](https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1048233/valores-hematologicos-de-bovinos-sadios-da-raca-curraleiro-pe-duro-bos-taurus-efeito-da-idade-sexo-e-gestacao#:~:text=A%20contagem%20de%20hem%C3%A1cias%20(9) (accessed on 2 January 2022).
 70. Broucek, J.; Kisac, P.; Uhrincat, M. Effect of Hot Temperatures on the Hematological Parameters, Health and Performance of Calves. *Int. J. Biometeorol.* **2009**, *53*, 201–208. <https://doi.org/10.1007/s00484-008-0204-1>.
 71. Kashino, S.S.; Resende, J.; Sacco, A.M.S.; Rocha, C.; Proença, L.; Carvalho, W.A.; Firmino, A.A.; Queiroz, R.; Benavides, M.; Gershwin, L.J.; et al. Boophilus Microplus: The Pattern of Bovine Immunoglobulin Isotype Responses to High and Low Tick Infestations. *Exp. Parasitol.* **2005**, *110*, 12–21. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2005.01.006>.
 72. Abanda, B.; Paguem, A.; Abdoulmoumini, M.; Kingsley, M.T.; Renz, A.; Eisenbarth, A. Molecular Identification and Prevalence of Tick-Borne Pathogens in Zebu and Taurine Cattle in North Cameroon. *Parasites Vectors* **2019**, *12*, 448. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3699-x>.
 73. Chusid, M.J. Eosinophils: Friends or Foes? *J. Allergy Clin. Immunol. Pract.* **2018**, *6*, 1439–1444. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2018.04.031>.
 74. Siracusa, M.C.; Kim, B.S.; Spergel, J.M.; Artis, D. Basophils and Allergic Inflammation. *J. Allergy Clin. Immunol.* **2013**, *132*, 789–801. <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2013.07.046>.
 75. Liu, Z.; Que, S.; Xu, J.; Peng, T. Alanine Aminotransferase-Old Biomarker and New Concept: A Review. *Int. J. Med. Sci.* **2014**, *11*, 925–935. <https://doi.org/10.7150/ijms.8951>.
 76. Marqués-Jiménez, D.; Calleja-González, J.; Arratibel, I.; Delextrat, A.; Terrados, N. Fatigue and Recovery in Soccer: Evidence and Challenges. *Open Sport. Sci. J.* **2017**, *10*, 52–70. <https://doi.org/10.2174/1875399x01710010052>.
 77. Barini, A. Bioquímica Sérica de Bovinos (Bos Taurus) Sadios da Raça Curraleiro de Diferentes Idades. Master's Thesis, School of Veterinary Medicine, Federal University of Goyas, Goiânia, Goyas, Brazil, 2007, p. 104.
 78. Ferreira, F.; Campos, W.E.; Carvalho, A.U.; Pires, M.F.A.; Martinez, M.L.; Silva, M.V.G.B.; Verneque, R.S.; Silva, P.F. Parâmetros Clínicos, Hematológicos, Bioquímicos E Hormonais de Bovinos Submetidos Ao Estresse Calórico. *Arq. Bras. Med. Vet. E Zootec.* **2009**, *61*, 769–776. <https://doi.org/10.1590/s0102-09352009000400002>.
 79. Moreira, C.; Carvalho, T.; Costa, T.; Queiroz, J.; Lage, G.; Haragushi, M.; Fioravanti, M. Bovinos Alimentados Com Capim Brachiaria E Andropogon: Hematologia E Bioquímica Clínica. *Ciênc. Anim. Bras.* **2009**, *10*, 195–205.
 80. Watanabe, T.; Akama, R.; Konishi, K.; Inoue, K. Influence of Feeding Methods on Blood Biochemical Parameters of Japanese Black Breeding Herd. *Anim. Sci. J.* **2020**, *91*, e13329. <https://doi.org/10.1111/asj.13329>.
 81. Mendonça, A. Avaliação Hematológica, Bioquímica E Hemostática de Bezerros Brahman Provenientes de Produção In Vitro (PIV) E Bezerros Brahman de Produção In Vivo. Ph.D. Thesis, School of Veterinary Medicine and Animal Sciences, São Paulo State University, Botucatu, São Paulo, Brazil, 2007, p. 118.

82. de Vasconcelos, A.M.; de Albuquerque, C.C.; de Carvalho, J.F.; Façanha, D.A.E.; Lima, F.R.G.; Silveira, R.M.F.; Ferreira, J. Adaptive Profile of Dairy Cows in a Tropical Region. *Int. J. Biometeorol.* **2019**, *64*, 105–113. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01797-9>.
83. Paes, P. A Influência Do Desmame, Da Contenção Em Tronco E Do Transporte Rodoviário Na Etologia, Hematologia E Bioquímica Clínica de Bovinos Da Raça Nelore (*Bos Indicus*). Ph.D. Thesis, School of Veterinary Medicine and Animal Science, São Paulo State University, Botucatu, São Paulo, Brazil, 2005, p. 123.
84. De Souza, R.M.; Birgel Junior, E.H.; Ayres, M.C.C.; Birgel, E.H. Influência Dos Fatores Raciais Na Função Hepática de Bovinos Da Raça Holandesa E Jersey. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.* **2004**, *41*, 306–312. <https://doi.org/10.1590/s1413-95962004000500003>.
85. Costa, G. Avaliação Do Desempenho, Hematológica, Bioquímica, Parasitológica E Histopatológica de Bovinos de Corte Em Sistema Intensivo de Produção. Dissertation, School of Veterinary Medicine, Federal University of Goyas, Goiânia, Goyas, Brazil, 2010, p. 59.
86. Alam, M.; Hasanuzzaman, M.; Hassan, M.M.; Rakib, T.M.; Hossain, M.E.; Rashid, M.H.; Sayeed, M.A.; Philips, L.B.; Hoque, M.A. Assessment of Transport Stress on Cattle Travelling a Long Distance (~648 Km), from Jessore (Indian Border) to Chittagong, Bangladesh. *Vet. Rec. Open* **2018**, *5*, e000248. <https://doi.org/10.1136/vetreco-2017-000248>.
87. Friend, T.H. Dehydration, Stress, and Water Consumption of Horses during Long-Distance Commercial Transport. *J. Anim. Sci.* **2000**, *78*, 2568. <https://doi.org/10.2527/2000.78102568x>.
88. Oliveira, N.J.F.; Melo, M.M.; Lago, L.A.; Nascimento, E.F. Hemograma, Bioquímica Sérica E Histologia Da Biópsia Hepática de Bovinos Após Administração de Polpa Cítrica. *Arq. Bras. Med. Vet. E Zootec.* **2005**, *57*, 418–422. <https://doi.org/10.1590/s0102-09352005000300025>.
89. Teixeira, M. Estudo Clínico, Hematológico, Bioquímico Sérico, Parasitológico, Imunológico E Patológico de Bovinos Experimentalmente Infectados Com *Trypanosoma Evansi* STEEL, 1885 (SARCOMASTIGOPHORA: TRYPANOSOMATIDAE). Ph.D. Thesis, School of Agricultural and Veterinary Sciences, São Paulo State University, Jaboticabal, São Paulo, Brazil, 2010, p. 131.
90. Church, D.; Fontenot, J. Nitrogen Metabolism and Requirements, in Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants. In *Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants*; Waveland Press: Long Grove, IL, USA, 1971; p. 564.
91. Vyas, S.; Rodrigues, A.J.; Silva, J.M.; Tronche, F.; Almeida, O.F.X.; Sousa, N.; Sotiropoulos, I. Chronic Stress and Glucocorticoids: From Neuronal Plasticity to Neurodegeneration. *Neural Plast.* **2016**, *2016*, 6391686. <https://doi.org/10.1155/2016/6391686>.
92. Birgel Junior, E.H.; D'Angelino, J.L.; Benesi, F.J.; Birgel, E.H. Valores de Referência Do Eritrograma de Bovinos Da Raça Jersey Criados No Estado de São Paulo. *Arq. Bras. Med. Vet. E Zootec.* **2001**, *53*, 1–9. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352001000200006>.
93. Salih, Y.M.; McDowell, L.R.; Hentges, J.F.; Mason, R.M.; Conrad, J.H. Mineral Status of Grazing Beef Cattle in the Warm Climate Region of Florida. *Trop. Anim. Health Prod.* **1983**, *15*, 245–251. <https://doi.org/10.1007/bf02242070>.
94. Wildeus, S.; McDowell, L.R.; Fugle, J.R. Season and Location Effects on Serum and Liver Mineral Concentrations of Senepol Cattle on St Croix, Virgin Islands. *Trop. Anim. Health Prod.* **1992**, *24*, 223–230. <https://doi.org/10.1007/bf02356751>.
95. Yokus, B.; Akkir, U.D. Seasonal and Physiological Variations in Serum Chemistry and Mineral Concentrations in Cattle. *Biol. Trace Elem. Res.* **2006**, *109*, 255–266. <https://doi.org/10.1385/bter:109:3:255>.
96. Smith, J.W.; Adebawale, E.A.; Ogundola, F.I.; Taiwo, A.A.; Akpavie, S.O.; Larbi, A.; Jabbar, M.A. Influence of Minerals on the Aetiology of Geophagia in Periurban Dairy Cattle in the Derived Savannah of Nigeria. *Trop. Anim. Health Prod.* **2000**, *32*, 315–327. <https://doi.org/10.1023/a:1005269107863>.
97. Dervishi, E.; Plastow, G.; Hoff, B.; Colazo, M. Common and Specific Mineral and Metabolic Features in Dairy Cows with Clinical Metritis, Hypocalcaemia or Ketosis. *Res. Vet. Sci.* **2020**, *135*, 335–342. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2020.10.012>.
98. Suarez, V.H.; Micheloud, J.F.; Araoz, V.; Martínez, G.M.; Rosa, D.E.; Mattioli, G.A. Effect of Gastrointestinal Nematodes on Serum Copper and Phosphorus of Growing Beef Calves in Northwestern Argentina. *Trop. Anim. Health Prod.* **2018**, *51*, 613–618. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1729-x>.
99. Nagyová, V.; Arfuso, F.; Rizzo, M.; Nagy, O.; Piccione, G. Stability of Ovine Serum Protein Fractions under Different Storage Conditions. *J. Vet. Diagn. Investig.* **2017**, *29*, 312–315. <https://doi.org/10.1177/1040638717700220>.
100. Gonçalves, R.; Paes, P.; Almeida, C.; Fontequ, J.; Lopes, R.; Kuchembuck, M.; Crocci, A. Influência Da Idade E Sexo Sobre O Hemograma, Proteínas Séricas Totais, Albumina E Globulina de Bovinos Sadios Da Raça Guzerá (*Bos Indicus*). *Vet. Notícias* **2001**, *7*, 61–68.

101. Jordan, D.; Villa, N.; Gutierrez, M.; Gallego, A.; Ochoa, G.; Ceballos, A. Indicadores Bioquímicos Sanguíneos En Ganado de Lidia Mantenido En Pastoreo En La Cordillera Central Colombiana. *Rev. Colomb. Cienc. Pecu.* **2006**, *19*, 18–26.
102. Grünwaldt, E.G.; Guevara, J.C.; Estévez, O.R.; Vicente, A.; Rousselle, H.; Alcuten, N.; Aguerregaray, D.; Stasi, C.R. Biochemical and Haematological Measurements in Beef Cattle in Mendoza Plain Rangelands (Argentina). *Trop. Anim. Health Prod.* **2005**, *37*, 527–540. <https://doi.org/10.1007/s11250-005-2474-5>.
103. Bernardo, F.D.; Conhizak, C.; Ambrosini, F.; Silva, A.F.; Freitas, F.L.C.; Franciscato, C. Alterações Hematológicas E Bioquímicas Causadas Por Anaplasma Marginale Em Bovinos Com Aptidão Leiteira Da Região Sudoeste Do Paraná. *Rev. Bras. Ciênc. Vet.* **2016**, *23*, 152–156. <https://doi.org/10.4322/rbcv.2016.048>.
104. Lawrence, K.; Forsyth, S.; Vaatstra, B.; McFadden, A.; Pulford, D.; Govindaraju, K.; Pomroy, W. Clinical Haematology and Biochemistry Profiles of Cattle Naturally Infected with Theileria Orientalis Ikeda Type in New Zealand. *N. Z. Vet. J.* **2017**, *66*, 21–29. <https://doi.org/10.1080/00480169.2017.1391142>.
105. Forbes, A.B.; Vercruyse, J.; Charlier, J. A Survey of the Exposure to Ostertagia Ostertagi in Dairy Cow Herds in Europe through the Measurement of Antibodies in Milk Samples from the Bulk Tank. *Vet. Parasitol.* **2008**, *157*, 100–107. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2008.06.023>.
106. Carvalho, W.A.; Bechara, G.H.; Moré, D.D.; Ferreira, B.R.; da Silva, J.S.; de Miranda Santos, I.K.F. Rhipicephalus (Boophilus) Microplus: Distinct Acute Phase Proteins Vary during Infestations according to the Genetic Composition of the Bovine Hosts, Bos Taurus and Bos Indicus. *Exp. Parasitol.* **2008**, *118*, 587–591. <https://doi.org/10.1016/j.exppara.2007.10.006>.
107. Linder, M.C. Ceruloplasmin and Other Copper Binding Components of Blood Plasma and Their Functions: An Update. *Metallomics* **2016**, *8*, 887–905. <https://doi.org/10.1039/c6mt00103c>.
108. Texel, S.J.; Xu, X.; Harris, Z. Leah Ceruloplasmin in Neurodegenerative Diseases. *Biochem. Soc. Trans.* **2008**, *36*, 1277–1281. <https://doi.org/10.1042/bst0361277>.
109. Jiang, R.; Hua, C.; Wan, Y.; Jiang, B.; Hu, H.; Zheng, J.; Fuqua, B.K.; Dunaief, J.L.; Anderson, G.J.; David, S.; et al. Hephaestin and Ceruloplasmin Play Distinct but Interrelated Roles in Iron Homeostasis in Mouse Brain. *J. Nutr.* **2015**, *145*, 1003–1009. <https://doi.org/10.3945/jn.114.207316>.
110. Ahmad, S.; Sultan, S.; Naz, N.; Ahmad, G.; Alwahsh, S.M.; Cameron, S.; Moriconi, F.; Ramadori, G.; Malik, I.A. Regulation of Iron Uptake in Primary Culture Rat Hepatocytes: The Role of Acute-Phase Cytokines. *Shock* **2014**, *41*, 337–345. <https://doi.org/10.1097/SHK.0000000000000107>.
111. Arthington, J.D.; Qiu, X.; Cooke, R.F.; Vendramini, J.M.B.; Araujo, D.B.; Chase, C.C.; Coleman, S.W. Effects of Preshipping Management on Measures of Stress and Performance of Beef Steers during Feedlot Receiving. *J. Anim. Sci.* **2008**, *86*, 2016–2023. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-0968>.
112. Nazifi, S.; Razavi, S.M.; Esmailnejad, Z.; Gheisari, H. Study on Acute Phase Proteins (Haptoglobin, Serum Amyloid A, Fibrinogen, and Ceruloplasmin) Changes and Their Diagnostic Values in Bovine Tropical Theileriosis. *Parasitol. Res.* **2009**, *105*, 41–46. <https://doi.org/10.1007/s00436-009-1360-x>.
113. Hussein, H.A.; Staufienbiel, R. Variations in Copper Concentration and Ceruloplasmin Activity of Dairy Cows in Relation to Lactation Stages with Regard to Ceruloplasmin to Copper Ratios. *Biol. Trace Elem. Res.* **2011**, *146*, 47–52. <https://doi.org/10.1007/s12011-011-9226-3>.
114. Lorentz, P.P.; Gibb, F.M. Caeruloplasmin Activity as an Indication of Plasma Copper Levels in Sheep. *N. Z. Vet. J.* **1975**, *23*, 1–3. <https://doi.org/10.1080/00480169.1975.34180>.
115. Tothova, C.; Nagy, O.; Kovac, G. Acute Phase Proteins and Their Use in the Diagnosis of Diseases in Ruminants: A Review. *Vet. Med.* **2014**, *59*, 163–180. <https://doi.org/10.17221/7478-vetmed>.
116. Murata, H.; Shimada, N.; Yoshioka, M. Current Research on Acute Phase Proteins in Veterinary Diagnosis: An Overview. *Vet. J.* **2004**, *168*, 28–40. [https://doi.org/10.1016/s1090-0233\(03\)00119-9](https://doi.org/10.1016/s1090-0233(03)00119-9).
117. Idoate, I.; Vander Ley, B.; Schultz, L.; Heller, M. Acute Phase Proteins in Naturally Occurring Respiratory Disease of Feedlot Cattle. *Vet. Immunol. Immunopathol.* **2015**, *163*, 221–226. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2014.12.006>.
118. Ceciliani, F.; Ceron, J.J.; Eckersall, P.D.; Sauerwein, H. Acute Phase Proteins in Ruminants. *J. Proteom.* **2012**, *75*, 4207–4231. <https://doi.org/10.1016/j.jpro.2012.04.004>.
119. Andersen, C.B.F.; Stødkilde, K.; Sæderup, K.L.; Kuhlee, A.; Raunser, S.; Graversen, J.H.; Moestrup, S.K. Haptoglobin. *Antioxid. Redox Signal.* **2017**, *26*, 814–831. <https://doi.org/10.1089/ars.2016.6793>.
120. El-Deeb, W.; Elsohaby, I.; Fayed, M.; Mkrtchyan, H.V.; El-Etriby, D.; ElGioushy, M. Use of Procalcitonin, Neopterin, Haptoglobin, Serum Amyloid a and Proinflammatory Cytokines in Diagnosis and Prognosis of Bovine Respiratory Disease in Feedlot Calves under Field Conditions. *Acta Trop.* **2020**, *204*, 105336. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2020.105336>.
121. Wottlin, L.; Carstens, G.E.; Kayser, W.; Welsh, T.H.; Pinchak, W. 36 Differential Haptoglobin Responsiveness to a Mannheimia Haemolytica Challenge Altered Immunologic, Physiologic, and Behavioral Responses in Beef Steers. *J. Anim. Sci.* **2020**, *98*, 40. <https://doi.org/10.1093/jas/skz397.042>.

122. Burciaga-Robles, L.O.; Holland, B.P.; Step, D.L.; Krehbiel, C.R.; McMillen, G.L.; Richards, C.J.; Sims, L.E.; Jeffers, J.D.; Namjou, K.; McCann, P.J. Evaluation of Breath Biomarkers and Serum Haptoglobin Concentration for Diagnosis of Bovine Respiratory Disease in Heifers Newly Arrived at a Feedlot. *Am. J. Vet. Res.* **2009**, *70*, 1291–1298. <https://doi.org/10.2460/ajvr.70.10.1291>.
123. Lomborg, S.R.; Nielsen, L.R.; Heegaard, P.M.H.; Jacobsen, S. Acute Phase Proteins in Cattle after Exposure to Complex Stress. *Vet. Res. Commun.* **2008**, *32*, 575–582. <https://doi.org/10.1007/s11259-008-9057-7>.
124. Holland, B.P.; Step, D.L.; Burciaga-Robles, L.O.; Fulton, R.W.; Confer, A.W.; Rose, T.K.; Laidig, L.E.; Richards, C.J.; Krehbiel, C.R. Effectiveness of Sorting Calves with High Risk of Developing Bovine Respiratory Disease on the Basis of Serum Haptoglobin Concentration at the Time of Arrival at a Feedlot. *Am. J. Vet. Res.* **2011**, *72*, 1349–1360. <https://doi.org/10.2460/ajvr.72.10.1349>.
125. Mallick, S.; Subramaniam, S.; Biswal, J.K.; Ranjan, R.; Mohapatra, J.K.; Sahoo, A.P. Short Communication: Preliminary Observations on the Serum Levels of HSP70 and Its Correlation with Serum Cortisol, Thyroid Hormones, and Acute-Phase Protein Concentration in Cattle Naturally Infected with Foot-And-Mouth Disease Virus. *Trop. Anim. Health Prod.* **2021**, *53*, 408. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02814-z>.
126. Tsukano, K.; Suzuki, K. Serum Iron Concentration Is a Useful Biomarker for Assessing the Level of Inflammation That Causes Systemic Symptoms in Bovine Acute Mastitis Similar to Plasma Haptoglobin. *J. Vet. Med. Sci.* **2020**, *82*, 1440–1444. <https://doi.org/10.1292/jvms.20-0388>.
127. Fournier, T.; Medjoubi-N, N.; Porquet, D. Alpha-1-Acid Glycoprotein. *Biochim. Biophys. Acta (BBA)—Protein Struct. Mol. Enzymol.* **2000**, *1482*, 157–171. [https://doi.org/10.1016/s0167-4838\(00\)00153-9](https://doi.org/10.1016/s0167-4838(00)00153-9).
128. Flower, D.R.; North, A.C.T.; Sansom, C.E. The Lipocalin Protein Family: Structural and Sequence Overview. *Biochim. Biophys. Acta (BBA)—Protein Struct. Mol. Enzymol.* **2000**, *1482*, 9–24. [https://doi.org/10.1016/s0167-4838\(00\)00148-5](https://doi.org/10.1016/s0167-4838(00)00148-5).
129. Israili, Z.H.; Dayton, P.G. Human alpha-1-glycoprotein and its interactions with drugs. *Drug Metab. Rev.* **2001**, *33*, 161–235. <https://doi.org/10.1081/dmr-100104402>.
130. Lecchi, C.; Ceciliani, F.; Bernasconi, S.; Franciosi, F.; Bronzo, V.; Sartorelli, P. Bovine Alpha-1 Acid Glycoprotein C and Reduce the Chemotaxis of Bovine Monocytes and Modulate CD18 Expression. *Vet. Res.* **2008**, *39*, 1. <https://doi.org/10.1051/vetres:2008027>.
131. Ceciliani, F.; Pocacqua, V.; Miranda-Ribera, A.; Bronzo, V.; Lecchi, C.; Sartorelli, P. α 1-Acid Glycoprotein Modulates Apoptosis in Bovine Monocytes. *Vet. Immunol. Immunopathol.* **2007**, *116*, 145–152. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2007.01.006>.
132. Horadagoda, N.U.; Knox, K.M.G.; Gibbs, H.A.; Reid, S.W.J.; Horadagoda, A.; Edwards, S.E.R.; Eckersall, P.D. Acute Phase Proteins in Cattle: Discrimination between Acute and Chronic Inflammation. *Vet. Rec.* **1999**, *144*, 437–441. <https://doi.org/10.1136/vr.144.16.437>.
133. Brown, W.E.; Garcia, M.; Mamedova, L.K.; Christman, K.R.; Zenobi, M.G.; Staples, C.R.; Leno, B.M.; Overton, T.R.; Whitlock, B.K.; Daniel, J.A.; et al. Acute-Phase Protein α -1-Acid Glycoprotein Is Negatively Associated with Feed Intake in Postpartum Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* **2021**, *104*, 806–817. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19025>.
134. Turk, R.; Rošić, N.; Kuleš, J.; Horvatić, A.; Gelemanovic, A.; Galen, A.; Ljubić, B.B.; Benić, M.; Stevanović, V.; Mrljak, V.; et al. Milk and Serum Proteomes in Subclinical and Clinical Mastitis in Simmental Cows. *J. Proteom.* **2021**, *244*, 104277. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2021.104277>.

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.

**CAPÍTULO 3 – BIOQUÍMICA SÉRICA E PROTEINOGRAMA PLASMÁTICO DE
TOUROS ZEBUÍÑOS DE CORTE EM REGIME DE COLETA DE SÊMEN**

3.1. Introdução

A avaliação metabólica realizada em soro sanguíneo constitui subsídio importante para o diagnóstico e prognóstico de transtornos de natureza toxicológica, infecciosa, nutricional e degenerativa para todas as espécies (Birgel Júnior et al., 2003; Farooq et al., 2012). Entretanto, sabe-se que fatores como raça, idade, sexo, níveis de estresse, manejo nutricional, condição corporal, status reprodutivo, hidratação, temperatura ambiental e altitude podem afetar os limites dos parâmetros metabólicos séricos, o que pode gerar interpretações equivocadas, tornando útil que cada laboratório disponha de sua tabela de valores de referência (Wood e Quiroz-Rocha, 2010).

A reação de fase aguda ocorre em resposta à infecção ou dano tecidual, induzida por fatores endógenos ou exógenos – DAMP's (danger associated molecular patterns) (Bianchi, 2007). Sendo caracterizada por febre, leucocitose, alteração na permeabilidade vascular, alterações metabólicas, entre outras respostas imunológicas. Tais fenômenos são regulados por um conjunto de proteínas plasmáticas, as PFA's (proteínas de fase aguda), que são produzidas e liberadas na corrente sanguínea pelos hepatócitos (Tilg et al., 1997; Crispe, 2016).

Segundo Petersen et al., 2004, independentemente da espécie, as PFA's apresentam padrões de expressão plasmática 'maior' (concentração sérica inferior a 1 µg/L em situação de hígidez, que salta para até 1000 µg/L com o estímulo, apresentando pico entre 24 e 48 horas e declinando rapidamente durante a fase de recuperação), 'moderado' (apresenta picos de 5 a 10 µg/L em dois ou três dias e decai vagarosamente na fase de recuperação), 'menor' (incremento entre 50 e 100% na fase de recuperação) e 'negativo' (cuja

concentração descrece durante a fase inflamatória). Logo, a compreensão do comportamento dessas proteínas frente aos diferentes estímulos imunológicos fornece, indubitavelmente, informações úteis do ponto de vista diagnóstico e prognóstico nos quadros patológicos das diferentes espécies (Schrödl et al., 2016). Sendo que na espécie bovina, as PFA's mais importantes são haptoglobina (Hp), proteína sero-amilóide A (SAA), glicoproteína ácida α -1 (α 1GA), ceruloplasmina, transferrina e fibrinogênio (Horadagoda et al., 1999).

Considerando o elevado valor econômico e zootécnico de reprodutores bovinos como doadores de gametas e sua prolongada vida produtiva torna-se válido o estudo de suas variáveis metabólicas para diagnóstico precoce e acompanhamento de curso clínico. Principalmente das raças zebuínas de corte, que são a quase totalidade do rebanho comercial nacional.

3.2. Material e métodos

3.2.1. Grupos experimentais

Os grupos experimentais foram compostos por touros zebuínos de aptidão para corte das raças Nelore, Nelore Mocho, Brahman e Tabapuã, dóceis de modo que não houvesse interferência maior de estímulos estressores nos resultados. Sendo o grupo 1, G1, formado sete por animais de até quatro anos de idade, G2 por sete animais entre quatro e oito anos de idade, e G3 por sete animais acima de 8 anos de idade.

Os animais eram alojados em piquetes de *Cynodon sp.* com acesso livre à água, mistura mineral comercial, sombra e recebiam diariamente duas refeições baseadas em silagem de milho, feno de gramínea triturado e concentrado de grãos. A prescrição das refeições era feita conforme a faixa de

peso e não apresentavam nenhuma alteração clínica no exame clínico, o que presumiu higidez.

3.2.2. Coleta De Amostras

As amostras de sangue periférico foram obtidas por venipunção jugular utilizando-se do sistema a vácuo BD Vacutainer®¹ e agulhas 40 x 0,9 mm precedida de antissepsia local em tubos contendo ativador de coágulo, 10 ml, para obtenção de soro para fracionamento protéico e dosagens bioquímicas, conforme recomendações de Harvey (2001). Imediatamente após a coleta, as amostras foram homogeneizadas e acondicionadas em caixa térmica com gelo reutilizável para transporte até o laboratório de análises clínicas e processamento dentro de um período máximo de 12 horas e estoque adequado, entre 2 e 8 °C (Jain, 1993).

Para obtenção do soro necessário às análises, as amostras coletadas foram centrifugadas a 1.800 g por 10 minutos, de acordo com Thrall (2015) e devidamente identificadas em microtubos plásticos estéreis do tipo Eppendorf.

3.2.3. Metabolismo

Os parâmetros metabólicos analisados, o material e a metodologia utilizada estão descritos na tabela 1, a seguir.

¹ BD Diagnostics, São Paulo, São Paulo, BRA.

Tabela 1. Parâmetros metabólicos, material amostral, metodologias e unidades utilizadas.

Variável metabólica	Metodologia	Unidade
Albumina	Método do verde de bromocresol	g/dl
AST	Método cinético UV	U/l
Bilirrubinas (total e indireta)	Método de Sims Horn	mg/dl
Cálcio	Método da cresolftaleína	mg/dl
Cálcio inorgânico	Analizador de eletrólitos ³	mmol/l
CK	CK	U/l
Cloreto	Método do tiocianato de mercúrio	mEq/l
Colesterol	Método enzimático - Trinder	mg/dl
Creatinina	Método de Basques-Lustosa	mg/dl
FA	Método de Roy modificado	U/l
Fósforo	Método do fósforo molibdato	mmol/l
GGT	Método de Szaz modificado	U/l
Magnésio	Método do magon sulfonado e azul de xilidil	mg/dl
Potássio	Analizador de eletrólitos ³	mmol/l
Proteína total	Método do biureto	g/dl
Sódio	Analizador de eletrólitos ³	mmol/l
Triglicerídeos	Método enzimático - Trinder	mg/dl
Uréia	Método da urease	mg/dl

Os resultados de bilirrubina indireta (mg/dl) foram obtidos através da subtração do valor de bilirrubina direta do valor de bilirrubina total. Os valores de sódio, potássio e cálcio inorgânico, expressos em mmol/l foram obtidos por analisador de eletrólitos Roche 9180 Electrolyte Analyser². Enquanto as demais variáveis tiveram seus resultados aferidos por meio de espectrofotômetro semi-automático modelo LabQuest, LabTest³ e com os respectivos *kits* comerciais da mesma marca.

² Roche, São Paulo, BRA.

³ LabTest Diagnóstica S. A., Lagoa Santa, BRA.

3.2.4. Proteinograma

Foram quantificadas as seguintes frações proteicas no soro: proteína total, ceruloplasmina, haptoglobina, albumina, glicoproteína ácida α -1 e transferrina, pela técnica de eletroforese em gel de acrilamida com dodecil sulfato de sódio (SDS-PAGE), segundo protocolo descrito por Laemmli (1970). Ato contínuo ao fracionamento, o gel foi corado com *comassie blue*, banhado em ácido acético 7% para remoção do excesso de corante, até que a nitidez das bandas fosse alcançada. A concentração de cada fração foi aferida em densímetro computadorizado, como referencial uma solução marcadora de pesos moleculares 36, 45, 66, 97,4, 116 e 205 kilodaltons (kDa), além de haptoglobina e α 1-antitripsina purificadas.

3.2.4. Análise Estatística

Após a confirmação da homocedasticidade dos dados pelo teste de Levene e normalidade dos dados pelo teste de Cramér-Von Mises foi feita a análise de variância (ANOVA) dos dados quantitativos para avaliar as respostas, se necessário os dados foram transformados, a comparação de médias dos pares foi feita usando o teste de Tukey, com valor de $p < 0,05$. Quando os dados não atenderam os requisitos da ANOVA, mesmo após a transformação dos dados, utilizou-se metodologia não paramétrica, o teste de Kruskal-Wallis com valor de p ajustado pelo método de Benjamini-Hochberg a 5%. A análise de possíveis relações entre variáveis foi feita com o teste de correlação de Pearson. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o software R⁴.

⁴ R Foundation for Statistical Computing, Vienna, AUT.

3.3 Resultados e Discussão

A curva de crescimento na espécie bovina tem seu ápice, ou seja, máximo peso corporal aos 5,1 anos (Zimmermann et al., 2019). O que corrobora com os resultados demonstrados na Tabela 2, onde os animais entre quatro e oito anos de idade, com média de 6,583 anos, apresentaram peso máximo, que não diferiu dos animais com idade acima de oito anos. Ou seja, peso corporal se mantém com a idade, principalmente em sistema confinado cujo plano nutricional favorece a manutenção de tecido adiposo e muscular em abundância. A manutenção nessa faixa de peso elevada favorece o desenvolvimento de lesões osteoarticulares progressivas, conforme observado por Motta et al., 2017.

Tabela 2. Média $\pm$ desvio padrão do peso corporal (PC) e da idade em anos de touros zebuínos (*Bos indicus*) de raças de corte em regime de coleta de sêmen de diferentes faixas etárias.

	Grupos		
	G1	G2	G3
PC (kg)	933,875 $\pm$ 176,942 a	1074 $\pm$ 70,335 b	1080,142 $\pm$ 82,219 b
Idade (anos)	2,947 $\pm$ 0,782 a	6,583 $\pm$ 1,308 b	10,976 $\pm$ 1,671 c

*Valores médios seguidos de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis com p ajustado pelo método de Benjamini-Hochberg a 5%

O aumento da atividade sérica da AST está relacionado à injúria muscular, hepática, doenças infectocontagiosas e lipidose hepática (Liu et al., 2014). Portanto, quando observados os resultados expostos na Tabela 3., pode-se sugerir que os animais mais idosos, G2 e G3, apresentem graus ainda subclínicos de esteatose hepática, uma vez que mantém níveis de peso corporal elevados, ou seja, excessiva porcentagem de gordura corporal, constatando mais um eventual ponto desfavorável. Barini (2007), observou valores inferiores para bovinos Curraleiros, o que pode ser explicado pelo fato de tratar-se de

animais mantidos em regime extensivo, com menor aporte energético e deposição de gordura. Watanabe et al. (2020), demonstraram valores semelhantes aos de G1, aproximadamente 52 U/L, em vacas Wagyu adultas jovens em regime de confinamento. O que corrobora com a hipótese de esteatose hepática com a idade.

Entretanto, Moreira et al. (2009) relata elevação da atividade de AST em bezerros Nelore em pastagem de *Brachiaria sp.* e *Andropogon sp.*, o que pode ser creditado à maior atividade metabólica em animais mais jovens ou à maior demanda por depuração hepática devido à maior ingestão de micotoxinas presentes na matéria verde no período chuvoso, uma vez que houve queda na atividade de AST no período de estiagem.

A atividade sérica de CK está diretamente relacionada à atividade muscular (Marqués-Jimenez et al., 2017). A ausência de diferença estatística entre os grupos pode ser creditada ao baixo nível de atividade física que o confinamento em centro de coleta e processamento de sêmen inflige aos animais. O que faz sentido quando observados os resultados de Barini (2007), onde bovinos de mesmas faixas etárias em regime extensivo apresentam valores próximos do dobro dos obtidos. Corroborando com Paes (2005), onde a CK teve elevação significativa no plasma por ocasião de contenção e transporte de bezerros Nelore.

Os animais mais jovens, G1, por ainda estarem em fase de crescimento apresentaram maior atividade sérica de FA, devido sua maior atividade metabólica em tecido ósseo. O que concorda com Marqués-Jimenez et al. (2017) e Costa (2010), onde bovinos cruzados tiveram aumento da atividade de FA

durante o período de confinamento, devido à aceleração da taxa de crescimento pela melhor oferta de nutrientes.

Tabela 3. Média $\pm$ desvio padrão das atividades enzimáticas séricas de touros zebuínos (*Bos indicus*) de raças de corte em regime de coleta de sêmen de diferentes faixas etárias.

	Grupos		
	G1	G2	G3
AST (U/L)	52,38 $\pm$ 5,601 b	65,475 $\pm$ 15,837 a	72,022 $\pm$ 14,206 a
CK (U/L)	73,191 $\pm$ 41,246 a	79,292 $\pm$ 44,711 a	67,092 $\pm$ 44,708 a
FA (U/L)	191,737 $\pm$ 61,154 a	91,218 $\pm$ 28,736 b	110,917 $\pm$ 25,84 b
GGT (U/L)	22,95 $\pm$ 5,782 a	18,168 $\pm$ 3,959 a	19,125 $\pm$ 4,089 a

*Valores médios seguidos de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis com p ajustado pelo método de Benjamini-Hochberg a 5%

A GGT é indicadora de lesão das vias biliares e hepática aguda, mantendo-se elevada até os dois meses de idade na espécie bovina (Zanker et al., 2001) e reduzindo sua concentração plasmática em situação de higidez durante a vida adulta (Fagliari et al., 1998; Jezec et al., 2006). O que colabora com os resultados obtidos, onde a idade não influenciou os valores médios da atividade sérica de GGT entre os grupos experimentais, por se tratar de animais adultos.

Como está explícito na Tabela 4, a maioria dos metabólitos, creatinina, uréia, triglicérides, bilirrubinas direta e indireta, não sofreram influência com a idade. Enquanto que para o nível de colesterol e bilirrubina total houve diferença do grupo mais jovem, G1, para os demais.

Tabela 4. Média $\pm$ desvio padrão das concentrações séricas de metabólitos de touros zebuínos (*Bos indicus*) de raças de corte em regime de coleta de sêmen de diferentes faixas etárias.

Metabólitos	Grupos		
	G1	G2	G3
Creatinina (mg/dL)	2,229 $\pm$ 33,612 a	2,54 $\pm$ 21,477 a	2,635 $\pm$ 43,497 a
Uréia (mg/dL)	19,128 $\pm$ 3,674 a	18,782 $\pm$ 3,321 a	24,873 $\pm$ 5,717 a
Colesterol (mg/dL)	43,32 $\pm$ 10,06 a	28,63 $\pm$ 7,61 b	29,87 $\pm$ 5,66 b
Triglicérides (mg/dL)	3,1 $\pm$ 0,53 a	2,6 $\pm$ 0,62 a	2,45 $\pm$ 0,69 a
Bil. total (mg/dL)	0,557 $\pm$ 0,14 a	0,761 $\pm$ 0,13 b	0,713 $\pm$ 0,85 b
Bil. dir. (mg/dL)	0,071 $\pm$ 0,03 a	0,101 $\pm$ 0,03 a	0,078 $\pm$ 0,03 a
Bil. ind. (mg/dL)	0,55 $\pm$ 0,13 a	0,752 $\pm$ 1,22 a	0,70 $\pm$ 0,79 a

*Valores médios seguidos de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis com p ajustado pelo método de Benjamini-Hochberg a 5%

A creatinina é oriunda de degradação da fosfocreatina muscular, ou seja, fruto do metabolismo ou de lesão muscular (Wittwer et al., 1993) e sua concentração plasmática cresce acompanhando o crescimento corporal, volume muscular (Borges et al., 2011 b). Logo, os valores médios obtidos são superiores aos descritos por Barini (2007), em bovinos Curraleiros de mesma idade em regime extensivo, e por Vasconcelos et al. (2019) em vacas Sindi e Girolando.

A concentração de uréia plasmática acompanha a produção de uréia pela fermentação rumenal, portanto depende da ingestão protéica (Wittwer et al., 1993). Sabendo que a exigência nutricional de proteína de touros é menor que a de outras categorias, não podendo superar os 14% (Flipse e Almquist, 1963), era esperado que os valores obtidos fossem inferiores aos descritos por Barini (2007), em bovinos Curraleiros e por Vasconcelos et al. (2019) em fêmeas Sindi e Girolando.

De acordo com Delfino et al. (2014), as concentrações plasmáticas de glicose, colesterol e triglicerídeos são superiores em animais em fase de crescimento pela sua maior demanda energética por efeito da somatotropina. O que concorda com os achados referentes ao colesterol, que mostrou valores médios superiores nos animais mais jovens. Entretanto, a concentração de triglicerídeos não sofreu efeito da idade entre os grupos experimentais.

Os valores de colesterol foram inferiores aos demonstrados por Barini (2007), em bovinos Curraleiros em regime extensivo, possivelmente pelo maior nível de atividade corporal, por Watanabe et al. (2020) em vacas Wagiu em regime de engorda, o que é plausível considerando que a ingestão calórica certamente é muito superior e por Abera et al. (2021) em bezerros Fogera, que pela idade bastante jovem possuem nível de atividade metabólica mais elevado.

O mesmo comportamento é observado quanto os triglicerídeos em relação aos resultados observados na literatura. Onde Benedet et al. (2019) determinaram valores maiores em vacas holandesas, Pardo Suíço e Simental em lactação, portanto com maior atividade metabólica e, Mikula et al. (2021), em vacas holandesas de alta produção.

As concentrações séricas das bilirrubinas remetem à relação entre produção e depuração das mesmas (Benesi et al., 2003; Borges et al., 2011 b), que não apresentaram efeito etário entre os grupos, exceto pela bilirrubina total que foi inferior no grupo mais jovem, G1, o que pode estar relacionado ao maior volume hepático em animais de maior peso corporal e consequente maior produção de bilirrubina. Sendo, todos superiores aos demonstrados em bovinos Curraleiro em regime extensivo por Barini (2007), em bovinos nativos africanos

por Bakari et al. (2017) e em novilhos bimestiços zebuínos e taurinos por Mwangi et al. (2021).

Conforme exposto na Tabela 5, a seguir, o comportamento das concentrações séricas das principais proteínas foi variável, havendo casos de influência etária. As proteínas totais (PT) e a albumina são marcadores do metabolismo protéico, relacionando-se a falhas nutricionais, parasitoses, hepatopatias, nefropatias, enteropatias e hemorragias (González et al., 2000; Borges et al., 2011 b.), oscilações na qualidade alimentar, reduzindo-se durante os meses de estiagem (González et al., 2000). Ambas, PT e albumina, apresentaram o mesmo comportamento quanto à idade, onde o grupo mais jovem, G1, possui menores concentrações. O que pode ser relacionado ao menor volume hepático, corroborando com González et al. (2000) e Gonçalves et al. (2001). Essa tendência é vista quanto as enzimas hepáticas, o que corroboraria com essa hipótese. Gonçalves et al. (2001), em bovinos Guzerá, e Barini (2007), em bovinos Curraleiro, demonstraram valores semelhantes para PT de mesmas faixas etárias, entretanto os valores de albumina para as mesmas categorias foram inferiores, o que pode ser creditado à menor ingestão protéica em regime extensivo.

Tabela 5. Média $\pm$ desvio padrão das concentrações de proteínas de fase aguda no soro de touros zebuínos (*Bos indicus*) de raças de corte em regime de coleta de sêmen de diferentes faixas etárias.

PFA's	Grupos etários		
	G1	G2	G3
PT (g/dL)	7,417 $\pm$ 0,425 a	7,635 $\pm$ 0,763 ab	8,372 $\pm$ 0,742 b
Albumina (g/dL)	5,066 $\pm$ 0,338 a	5,285 $\pm$ 0,874 ab	5,707 $\pm$ 0,428 b
Ceruloplasmina (mg/dL)	9,3 $\pm$ 3,6 b	5,5 $\pm$ 4,7 a	3,5 $\pm$ 2,0 a
Transferrina (mg/dL)	172 $\pm$ 115 a	212 $\pm$ 77 a	278 $\pm$ 189 a
Haptoglobina (mg/dL)	7 $\pm$ 3 a	7 $\pm$ 3 a	14 $\pm$ 6 b
α 1GA (mg/dL)	15 $\pm$ 5 a	14 $\pm$ 9 a	20 $\pm$ 5 a

*Valores médios seguidos de letras diferentes nas linhas diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis com p ajustado pelo método de Benjamini-Hochberg a 5%

A ceruloplasmina (Cpl) é uma proteína produzida pelos hepatócitos carreadora de cobre (40 a 70% do cobre plasmático) (Linder, 2016). Suas principais funções são o transporte de cobre, regulação da concentração de ferro plasmática, oxidação de aminas orgânicas, atividade de ferroxidase e prevenção da formação de radicais livres (Texel et al., 2008). Sendo uma proteína reagente de fase aguda em inflamações, infecções, trauma, diabetes e gestação com propriedades antioxidantes (Jiang et al., 2015), apresentando padrão de resposta caracterizado como 'moderado' (Ahmad et al., 2014).

O grupo G1 expressou valor médio sérico superior frente aos grupos de maior faixa etária, o que corrobora com Lorentz e Gibb (1975), que descrevem a queda natural com a idade na espécie bovina. Contudo, os resultados dos grupos analisados são elevados em comparação com os valores basais descritos por Arthington et al. (2008) em bovinos taurinos de corte e por Nazifi et al. (2009) em vacas holandesas.

A transferrina (Tf) é uma PFA responsável pela a quelação do ferro livre, tornando-o indisponível para o metabolismo microbiano (Tothova et al., 2014). O

aumento de suas concentrações séricas durante a fase inflamatória contribui no processo de resposta imune não específica contra patógenos, pois prejudica o processo de replicação de alguns vírus, bactérias e fungos nos tecidos (Murata et al., 2014). Essa PFA não apresentou efeito da idade nas concentrações séricas dos grupos experimentais.

Segundo El Deeb et al. (2020), a haptoglobina (Hp) tem importância diagnóstica e prognóstica em casos de infecção respiratória em animais confinados, elevando-se rapidamente nos casos agudos e reduzindo sua atividade após o tratamento antimicrobiano. Logo, seu padrão de expressão pode significar maior imunocompetência e resistência a doenças em bovinos (Wottlin et al., 2021), corroborando com Burciaga-Robles et al. (2009), que observou concentrações mínimas em bovinos hígidos, intermediárias em animais submetidos à tratamento e elevadas naqueles com recidivas. Os resultados obtidos mostram que os animais mais velhos, G3, possuem maiores concentrações séricas de Hp. Logo, pode-se afirmar que os animais mais velhos são imunocompetentes, concordando com Burciaga-Robles et al. (2009) e Wottlin et al. (2021).

Os valores médios observados nos grupos avaliados são semelhantes aos obtidos por Lomborg et al. (2008) em bovinos holandeses adultos e jovens, Holland et al. (2011) em bovinos taurinos jovens em fase de terminação e Mallick et al. (2021) em mestiços holandês e zebu adultos. O que sugere que não há influência etária ou racial no valor basal da concentração sérica de Hp, mas sim influência da ocorrência de enfermidades de caráter infeccioso (Tsukano e Suzuki, 2020).

De acordo com Ceciliani et al. (2007), a glicoproteína ácida $\alpha 1$ ($\alpha 1GA$) reduz a taxa de apoptose dos monócitos, que são responsáveis pela remoção dos leucócitos do foco inflamatório. Logo, pode-se sugerir que animais com maiores concentrações plasmáticas durante o processo patológico tenham um período de convalescência menor e uma recuperação tecidual mais rápida. Sem efeito etário, com foi observado nos grupos estudados.

Os valores médios para concentração sérica de $\alpha 1GA$ dos grupos experimentais são semelhantes aos observados por Horadagoda et al. (1999), em taurinos de diferentes idades, aos demonstrados por Brown et al. (2021) em vacas holandesas adultas e também em vacas Simental híbridas (Turk et al., 2021).

3.4. Conclusão

Conclui-se que o grupo racial, zebuíno ou taurino, não produziu diferenças quando os resultados obtidos foram comparados aos já expostos na literatura. Entretanto, a idade afetou consideravelmente algumas variáveis como, FA, colesterol, bilirrubina total, PT, albumina e Cpl.

Considerando os indícios de alterações relacionadas ao excesso de peso corporal na função hepática e em estruturas osteoarticulares, há justificativa para estudos mais amplos envolvendo um universo maior de variáveis, como nutrição e sistema produtivo, para compreensão sobre o processo do envelhecimento na espécie bovina considerando a importância zootécnica econômica de indivíduos produtores de material de multiplicação.

3.5. Referências bibliográficas

- Abera M, Mummed YY, Eshetu M, Pilla F, Wondifraw Z (2021) Physiological, biochemical, and growth parameters of Fogera cattle calves to heat stress during diferente seasons in sub-humid part of Ethiopia. **Animals** 11:1062-1078.
- Ahmad S, Sultan S, Naz N, Ahmad G, Alwahsh SM, Cameron S, Moriconi F, Ramadori G, Malik IA (2014) Regulation of iron uptake in primary culture rat hepatocytes: The role of acute-phase cytokines. **Shock** 41:337-345.
- Arthington J, Qiu X, Cooke R, et al. (2008) Effects of presshipping management on measures of stress and performance of beef steers during feedlot receiving. **J. Anim. Sci.** 86:2016-2023.
- Barini, AC (2007) **Bioquímica sérica de bovinos (*Bos taurus*) sadios da raça curraleiro de diferentes idades**.104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – UFG, Goiânia.
- Bakari SM et al. (2017) Serum biochemical parameters and cytokine profiles associated with natural African trypanosome infections in cattle. **Parasites & Vectors** 10:312-325.
- Benedet A, Franzoi M, Penasa M, Pellattiero E, De Marchi M (2019) Prediction of blood metabolites from milk mid-infrared spectra in early-lactation cows. **J. Dairy Sci.** 102 <<https://doi.org/10.3168/jds.2019-16937>>.
- Benesi FJ, Rêgo Leal ML, Lisbôa JAN, Coelho CS, Mirandola RMS (2003) Parâmetros bioquímicos para avaliação da função hepática em bezerras sadias, da raça holandesa, no primeiro mês de vida. **Ciência Rural**. 33: 311-317.
- Bianchi ME (2007) DAMP's, PAMP's and alarmins: all we need to know about danger. **Journal of leukocyte biology** 81:1-5.
- Birgel Júnior EH et al. (2003) Avaliação da influência da gestação e do puerpério sobre a função hepática de bovinos da raça Holandesa. **Ars Veterinária** 19:172-178.
- Borges AC, Juliano RS, Barini AC, Lobo JR, Abreu UGP, Sereno JRB, Fioravanti MCS (2011) **Enzimas séricas e Parâmetros Bioquímicos de Bovinos (*Bos taurus*) Sadios da Raça Pantaneira**. Brasília: Embrapa Pantanal, 17 p. (EMBRAPA Pantanal. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 106) b.
- Burciaga-Robles LO, Holland DL et al. (2009) Evaluation of breath biomarkers and serum haptoglobin concentration for diagnosis of bovine respiratory disease in heifers newly arrived at a feedlot. **Am. J. Vet. Res.** 70:1291-1298. doi:10.2460/ajvr.70.10.1291.
- Ceciliani F, Pocacqua V (2007) Alpha (1)-acid glycoprotein modulates apoptosis in bovine monocytes. **Vet. Immunol. Immunopathol.** 116: 145-152.
- Ceciliani F, Ceron JJ, Eckersall PD, Sauerwein H (2012) Acute phase proteins in ruminants. **J. Proteomics** 75: 4207-4231.
- Costa GL (2010) **Avaliação do desempenho, hematológica, bioquímica, parasitológica e histopatológica de bovinos de corte em sistema intensivo de produção**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – UFG, Goiânia.

- Crispe IN (2016) Hepatocytes as Immunological Agents. **J. Immunol.** 196:17-21.
- Delfino JL, Barbosa VM, Gondim CC, Oliveira PM, Nasciutti, NR, Oliveira RSBR, Tsuruta AS, Mundin AV, Saut JPE (2014) Perfil bioquímico sérico de bezerros Senepol nos primeiros 120 dias de idade. **Semina: Ciências Agrárias.** 35: 1341-1350.
- El Deeb W, Elsohaby I et al. (2020) Use of procalcitonin, neopterin, haptoglobin, serum amyloid A and proinflammatory cytokines in diagnosis and prognosis of bovine respiratory disease in feedlot calves under fields conditions. **Acta Trop.** 204:105336. doi:10.1016/j.actatropica.2020.105336.
- Fagliari JJ, Santana, AE, Lucas FA, Campus Filho E, Curi PR (1998) Constituintes sanguíneos de bovinos recém-nascidos das raças Nelore (*Bos indicus*) e Holandesa (*Bos taurus*) e de bubalinos (*Bubalus bubalis*) da raça Murrah. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** 50: 253-262.
- Farooq U, Ijaz A, Ahmad N, Rehman H, Zameb H (2012) Haematologic profile revisited adult Cholistani breeding bulls as a model. **The Journal of Animal and Plant Sciences** 22:835-839.
- Flipse RJ, Almquist JD (1963) Effect of quality of protein in the concentrate mixture on the growth, reproduction, development and semen production of dairy bull. **J. Dairy Sci.** 46: 1416-1419.
- González FHD, Conceição TR, Siqueira AJS, La Rosa VL (2000) Variações sanguíneas de uréia, creatinina, albumina, e fósforo em bovinos de corte no Rio Grande do Sul. **A Hora Veterinária.** 20: 59-62.
- Gonçalves RC, Paes PRO, Almeida CT, Fontequê JH, Lopes RS, Kuchembuck MRG, Crocci AJ (2001) Influência da idade e sexo sobre o hemograma, proteínas séricas totais, albumina e globulina de bovinos sadios da raça Guzerá (*Bos indicus*). **Veterinária Notícias** 7:61-68.
- Harvey, J. M. (2001) **Atlas of veterinary hematology: blood and bone marrow of domestic animals.** Philadelphia, Saunders, 228 p.
- Holland BP, Douglas LS et al. (2011) Effectiveness of sorting calves with high risk of developing bovine respiratory disease on the basis of serum haptoglobin concentration at the time of arrival at a feedlot. **Am. J. Vet. Res.** 72:1349-1361.
- Horadagoda NU, Knox KGM, Gibbs HA, et al. (1999) Acute phase proteins in cattle: discrimination between acute and chronic inflammation. **Vet Rec** 144:437-441.
- Jain NC (1993) **Essentials of veterinary hematology.** Philadelphia, Lea & Febinger, 417 p.
- Jezec J, Kopcis M, Klinkon M (2006) Influence of age on biochemical parameters in calves. **Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy.** 50: 211-214.
- Jiang R, Hua C et al. (2015) Hephaestin and ceruloplasmin play distinct but interrelated roles in iron homeostasis in mouse brain. **J. Nutr.** 145:1003-1009.
- Laemmli U (1970) Cleavage to structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. **Nature** 227:680-685.

- Linder MC (2016) Ceruloplasmin and other copper binding components of blood plasma and their functions: an update. **Metallomics** 114:777-781.
- Liu Z, Que S, Xu J, Peng T (2014) Alanine Aminotransferase – Old Biomarker and New Concept: A Review. **Int. J. Med. Sci.** 11:925-935.
- Lomborg SR, Nielsen LR, Heegaard PMH, Jacobsen S (2008) Acute phase proteins in cattle after exposure to complex stress. **Vet. Res. Commun.** 32:575-582.
- Lorentz PP, Gibb FM (1975) Ceruloplasmin activity as an indication of plasma copper levels in sheep. **NZ Vet. J.** 23:1-3.
- Mallick S, Subramaniam S et al. (2021) Short communication: preliminary observations on the serum levels of HSP70 and its correlation with serum cortisol, thyroid hormones, and acute-phase protein concentration in cattle naturally infected with foot-and-mouth disease virus. **Trop. Anim. Hlth. Prod.** 53:408-413
- Marqués-Jiménez D, Calleja-González, Arratibel I, Delextrat A, Terrados N (2017) Fatigue and recovery in soccer: evidence and challenges. **Open Sports Sci. J.** 10:52-70.
- Mikula R et al. (2021) Changes in metabolic and hormonal profiles during transition period in dairy cattle – the role of spexin. **BMC Veterinary Research** 17:359-372.
- Motta GA, Girardi AM, Sabes AF, Portugal ES, Nociti RP, Bueno GM, Marques LC (2017) Clinical and radiographic changes of carpi, tarsi and interphalangeal joints of zebu bulls on sêmen collection regimen. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** 69: 1357-1366.
- Moreira CN, Carvalho TF, Costa TN, Queiroz JACC, Lage G, Haragushi M, Fioravanti MCS (2009) Bovinos alimentados com capim *Brachiaria* e *Andropogon*: Hematologia e bioquímica clínica. **Ciência Animal Brasileira** 10:195-205.
- Murata H, Shimada N, Yoshioka M (2014) Current research on acute phase proteins in veterinary diagnosis: an overview. **Vet. J.** 168:28-40.
- Mwangi FW et al. (2021) Growth performance and plasma metabolites of grazing beef cattle backgrounded on Buffel or Buffle-*Desmanthus* mixed pastures. **Animals** 11:2355-2372.
- Nazifi S, Razavi SM, Esmailnejad Z, Gheisari H (2009) Study on acute phase proteins (haptoglobin, serum amyloid A, fibrinogen, and ceruloplasmin) changes and their diagnostic values in bovine tropical theileriosis. **Parasitol. Res.** 105:41-46.
- Paes PRO (2005) **A influência do desmame, da contenção em tronco e do transporte rodoviário na etologia, hematologia e bioquímica clínica de bovinos da raça Nelore (*Bos indicus*)**. 123 f. Tese (Doutorado em Clínica Veterinária) – Unesp, Botucatu.
- Petersen HH, Nielsen JP, Heegaard PMH (2004) Application of acute phase protein measurement in veterinary clinical chemistry. **Vet. Res.** 35:163-187.

Schrödl W, Büchler R, Wendler S, Reinhold P, Muckova P, Reindl J, Rhode H (2016) Acute phase proteins as promising biomarkers: perspectives and limitation for human and veterinary medicine. **Proteomics – Clinical applications** 10:1077-1092.

Texel SJ, Xu X, Harris ZL (2008) Ceruloplasmin in neurodegenerative diseases. **Biochem. Soc. Trans.** 36:1277-1281.

Tilg H, Dinarello CA, Mier JW (1997) IL-6 and APPs: anti-inflammatory and immunosuppressive mediators. **Immunology today** 18:428-432.

Tothova C, Nagy O, Kovac G (2014) Acute phase proteins and their use in the diagnosis of diseases in ruminants: a review. **Vet. Med. (Praha)** 59:163-180.

Tsukano K, Suzuki K (2020) Serum iron concentration is a useful biomarker for assessing the level of inflammation that causes systemic symptoms in bovine acute mastitis similar to plasma haptoglobin. **J. Vet. Med. Sci.** 82:1440-1444.

Turk R, Rošić N et al. (2021) Milk and serum proteomes in subclinical mastitis in Simmental cows. **Journal of Proteomics** 244:1-15.

Vasconcelos AM, Albuquerque CC, Carvalho JF, Façanha DAE, Lima FRG, Silveira RMF, Ferreira J (2019) Adaptive profile of dairy cows in a tropical region. **Int J Biometeorol** < <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01797-9>>.

Watanabe T, Akama R, Konishi K, Inoue K (2020) Influence of feeding methods on blood biochemical parameters of Japanese Black breeding herd. **Animal Science Journal** 91:1-6.

Wittwer F et al. (1993) Determinación de úrea en muestras de leche de rebaños bovinos para el diagnóstico de desbalance nutricional. **Arch. Med. Vet.** 25: 165-172.

Wood D, Quiroz-Rocha GF (2010) Normal hematology of cattle. In: Weiss DJ, Wardrop KJ (Eds.) **Schalm's veterinary hematology**. Ames: Wiley, p. 829–835.

Wottlin LR, Carstens GE et al. (2021) Differential haptoglobin responsiveness to a *Mannheimia haemolytica* challenge altered immunologic, physiologic, and behavior responses in beef steers. **Journal of Animal Science** 99:1-12.

Zanker IA, Hammon HM, Blum JW (2001) Activities of gamma glutamyltransferase, alkaline phosphatase and aspartate-aminotransferase in colostrum, milk and blood plasma of calves fed first colostrum at 0-2, 6-7, 12-13 and 24-25h after birth. **Journal of the Veterinary Medical Association.** 48: 179-185.

Zimmermann MJ et al. (2019) Comparison of different functions to describe growth from weaning to maturity in crossbred beef cattle. **J. Anim. Sci.** 97:1523-1533.

CAPÍTULO 4 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

4 Considerações finais

Considerando os dois grupos estudados, bezerros e touros, os resultados acompanharam aquilo que já fora descrito na literatura. Havendo forte efeito etário em algumas variáveis e ausência de efeito do grupo racial, quando observados os resultados disponíveis na literatura consultada.

Na avaliação hematológica dos bezerros houve clareza quanto a elevada contagem total de leucócitos, o que já estava determinado previamente em trabalhos previamente publicados. Além de diferença entre a raça zebuína pura, Nelore, e a raça taurina pura, Senepol, na contagem de hemácias, sendo o valor dos taurinos inferior. Nesse caso, aventa-se a hipótese do efeito da contração hepato-esplênica nos zebuínos, mais reativos ao manejo, e a comprovada carga endoparasitária dos taurinos, ou seja, efeito espoliativo.

No que concerne à avaliação bioquímica e metabólica, em ambos os grupos houve constatação de efeito etário em algumas variáveis, previsto na literatura, como por exemplo, AST, FA, GGT, Uréia, Bilirrubinas, Colesterol e Triglicérides, que são diretamente correlacionados à maior atividade hepática e metabólica em geral.

Os valores séricos médios obtidos nos bezerros para eletrólitos são condizentes com os registros literários em condições de hígidez, ou seja, plano nutricional adequado. As divergências são observadas em situações patológicas como falha nutricional ou enfermidades metabólicas.

A avaliação das PFA's, tanto nos bezerros como nos touros, observou-se menores valores de Albumina nos animais taurinos e cruzas, o que pode –se associar à maior espoliação por endoparasitas. Porém, naquelas relacionadas mais diretamente à modulação de processo inflamatório, Hp, Tf, Cpl e α 1AG,

mostraram-se mais elevados nos taurinos, devido sua maior susceptibilidade a processos de natureza infecciosa. Houve diferença por efeito etário, corroborando pela literatura prévia, na redução progressiva da Cpl nos adultos e nos idosos, respectivamente.

De modo geral, os resultados foram em direção daquilo que já é registrado na literatura. Entretanto, é importante ressaltar que o universo amostral de bezerros é restrito, tratando-se de um rebanho tecnicamente assistido e submetido à técnicas avançadas de nutrição e controle higiênico-sanitário. Logo, isso influencia positivamente os resultados de variáveis com efeito nutricional direto, como Albumina, Fe, P, contagem de hemácias e Ca, por exemplo. O que pode suprimir o efeito geográfico sobre essas variáveis, ligados principalmente ao regime de chuvas que afeta a qualidade das forragens e o teor mineral do solo, que também influe no valor nutricional das pastagens e no teor de eletrólitos da água de bebida.

Sendo assim, um estudo mais amplo, envolvendo um número maior de rebanhos e considerando os respectivos níveis de tecnificação da atividade poderia evidenciar de modo mais claro as alterações proporcionadas pelo ambiente, considerando o estado do Tocantins especificamente. Além, da realização de avaliação metanalítica para comparação ampla dos resultados com obtidos com os já publicados em trabalhos semelhantes que confirmaria estatisticamente as eventuais diferenças apontadas.

Quanto aos touros, pode-se perceber o efeito etário em algumas variáveis que podem dar margem ao estudo de enfermidades relacionadas à perda de função orgânica, que são bem estudadas em animais de companhia e seres humanos. É compreensível que essas entidades nosológicas não sejam

estudadas em animais de produção, pois na maioria das atividades, estes não atingem idade avançada.

Contudo, animais produtores de material genético, sêmen e oócitos, atingem idades bastante avançadas considerando sua importância econômica e zootécnica e as condições favoráveis de criação. O que gera desafios clínicos nesses pacientes geriátricos sem conhecimentos espécie-específicos determinados.