

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

**Parâmetros genéticos para resistência aos
carrapatos, helmintos gastrointestinais e
Eimeria spp. e perspectivas do uso de seleção
em bovinos da raça Nelore**

Juan Pablo Botero Carrera

Belo Horizonte

2013

Juan Pablo Botero Carrera

**Parâmetros genéticos para resistência aos
carrapatos, helmintos gastrointestinais e
Eimeria spp. e perspectivas do uso de seleção
em bovinos da raça Nelore**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia

Área de Concentração: Genética e Melhoramento Animal

Prof. Orientador: Dr. Fabio Luiz Buranelo Toral

Belo Horizonte

2013

B748p Botero Carrera, Juan Pablo, 1986-
Parâmetros genéticos para resistência aos carrapatos, helmintos gastrointestinais e *Eimeria spp.* e perspectivas do uso de seleção em bovinos da raça Nelore / Juan Pablo Botero Carrera. – 2013.

51 p. : il.

Orientador: Fabio Luiz Buranelo Toral
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária.
Inclui bibliografia

1. Bovino de corte – Aspectos genéticos – Teses. 2. Carrapato de bovino – Teses.
3. Carrapato – Controle – Teses. I. Toral, Fabio Luiz Buranelo. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Veterinária. III. Título.

CDD – 636.213 082

DISSERTAÇÃO defendida e aprovada em 10/05/2013 pela
Comissão Examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Fabio Luiz Buranelo Toral (Orientador)

Prof^a. Vânia Maldini Penna

Prof. Romário Cerqueira Leite

“Nunca diga às pessoas como fazer as coisas. Diga-lhes o que fazer e elas vão surpreendê-lo com sua ingenuidade.”

Gral. George Smith Patton, Jr.

Dedicatória

Dedico este trabalho a Deus e a meus pais Ricardo Botero Maya e Bibiana Carrera de Botero, que me deram tudo o que eu tenho na vida, me formaram e me ensinaram a visualizar um mundo cheio de oportunidades.

AGRADECIMENTO

Agradeço primeiramente a Deus e a meus pais Ricardo e Bibiana pelo exemplo de trabalho honesto e por me ensinarem valores fundamentais que fazem de mim hoje uma pessoa de sucesso. Também pelo imenso apoio em todas as situações da minha vida e pelo permanente estímulo para me esforçar e fazer as coisas sempre da melhor forma.

Ao meu orientador, Professor Dr. Fabio Luiz Buranelo Toral, que me aceitou sem me conhecer previamente e depositou em mim uma grande confiança e enormes responsabilidades. Consegui transmitir muito conhecimento sobre a área de melhoramento genético, foi um grande amigo, e um defensor do nosso projeto, dando sempre prioridade às nossas atividades e acompanhamento em qualquer problema.

Ao Professor Dr. Romário Cerqueira Leite, que foi sempre um facilitador desde o primeiro dia no Laboratório de Parasitologia, dando uma cópia da chave desde o início sem me conhecer ainda. Além disso, me ensinou grandes questões sobre os parasitos e me ajudou em muitas situações.

Ao Professor Dr. José Aurélio Garcia Bergmann, que foi a primeira pessoa da UFMG com quem tive contato, e me inspirou a ter mais compromisso com meus estudos após a oportunidade de ter assistido várias das aulas sobre melhoramento genético no início do meu mestrado.

Ao Professor Dr. Idalmo Garcia Pereira, pela sincera ajuda em termos de contribuição ao nosso projeto com Nelore, pela confiança, pela disponibilidade em todo momento de ajudar e pela amizade.

À Professora Dra. Vânia Maldini Penna, que foi francamente a minha mãe brasileira, e que me abriu as portas desde o primeiro dia que eu cheguei no Brasil. Foi ela quem me apresentou o Prof. José Aurélio e conseqüentemente o Prof. Fabio. A ela devo em grande parte a possibilidade de ter estudado neste grande País. Pela adorável companhia, pelas experiências compartilhadas, por ter me aberto às portas e apresentado a família Maldini Penna toda, que ocupa uma parte muito importante na minha vida.

Ao Professor Dr. Martinho de Almeida e Silva, pela alta exigência nas suas aulas, fundamental para melhorar o nosso nível acadêmico. Ao Professor Dr. Jonas Carlos Campos

Pereira, pelo conhecimento transmitido nas aulas e pela grande amizade que facilitou sempre a comunicação e o aprendizado.

Ao Senhor Eduardo Penteado Cardoso, pelo recebimento na Fazenda Mundo Novo, que foi uma experiência única e cheia situações novas, na qual conheci talvez um dos melhores rebanhos de Nelore do mundo. Onde as coisas são feitas com sabedoria e praticidade. Também foram excelentes as grandes discussões, algumas bastante críticas, mas que abriram muito os olhos dos que estiveram presentes naqueles momentos.

Ao colega e amigo Juan Salvador Andrade Tineo pela paciência, pela grande amizade, lealdade, por ter me ensinado muitas coisas sobre a raça Nelore, sobre as raças de cachorros, os filmes e a cultura geral sobre Brasil e alguns outros países, sendo ele Boliviano. Pelas nossas constantes discussões políticas, mesmo quando nossas posições eram radicalmente diferentes. Sempre debatemos com respeito e apreço. Também por ter aguentado aqueles dias que eu incomodava-o pelo meu temperamento bastante volátil.

A minha colega, amiga e quase “segunda orientadora” Fernanda Santos Silva Raidan, que me ajudou sempre de forma desinteressada, que sempre sorria quando eu ficava desesperado com a minha dissertação. Ela me apoiou muito e me aconselhou da melhor forma e sempre com a mais sincera amizade.

A minha colega e amiga Livia Loiola dos Santos, por ter depositado em mim toda a confiança, por ter me acompanhado nas viagens com a melhor atitude e motivação. Por ser uma amiga em todo momento, preocupando-se para que todas as minhas coisas fossem feitas da melhor forma, e pela compreensão em todas as situações difíceis que passamos.

A meu colega e amigo Tiago Luciano Passafaro pela grande ajuda, paciência e pela disponibilidade em todo momento.

Aos colegas/amigos do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva, Eduardo Bastianetto, Ana Cristina Passos Bello, Arildo Pinto da Cunha, Daniel Sobreira Rodrigues, Talita Resende, Luiza Bossi Leite, Patricia Bossi, Lucas Maciel Cunha e Luisa Nogueira Domingues. Aos colegas de melhoramento, Daiane Cristina Becker Scalez, Breno de Oliveira Fragomeni, Dalinne Chrystian Carvalho dos Santos, Paula Teixeira, Sirlene Lázaro, Lucas Ayres, Vivian Felipe, Raphael Rocha Wenceslau, Felipe Fonseca Rocha, Rodrigo Godinho, Fabiana Ferreira e Juliana Nobre Vieira. Ao colegas/amigos das outras áreas, Paolo Vivenza, Raphael Mandarino, Thasia Martins, Natalia Lima e Ana María Loaiza.

A minha namorada Maria Clara Jaramillo Ruíz, pelo apoio incondicional, pela compreensão, entusiasmo, entendimento dos meus assuntos pessoais, pela paciência, pela força transmitida durante a distância e pelo grande amor que sinto por ela.

Aos meus irmãos Maria Bibiana e Ricardo Andrés, por me apoiarem sempre e pela grande confiança, pelos exemplos de pessoas trabalhadoras, constantes e de sucesso, pelo entendimento e por me incluírem em todos os seus projetos. A toda a família Maldini Penna, sem exceção, e a Lilian Peixoto, que levo no coração pela grande amizade e carinho.

Ao pessoal da Fazenda Mundo Novo, sendo eles Daniel Resende, Cristina Martins, Marcos Teixeira, Marcio, Eden Cunha e Mateus, pela grata e agradável experiência vivenciada.

Ao CNPq (processo 475265/2010-6) e à FAPEMIG (processo PPM 00456-11) pelo auxílio financeiro para realização do projeto. Ao CNPq (processo 190528/2010-9) pela concessão de bolsa de estudos pelo programa PEC-PG.

Ao Brasil pela grata experiência como aluno estrangeiro e pelo ensino que contribuiu enormemente na minha formação profissional.

A todos muito obrigado e sempre às ordens.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	13
2. MECANISMOS DE RESISTÊNCIA DOS BOVINOS AOS CARRAPATOS <i>RHIPICEPHALUS (BOOPHILUS) MICROPLUS</i> , NEMATOIDES GASTROINTESTINAIS E <i>EIMERIA SPP</i>	16
2.1. Mecanismos de resistência contra os carrapatos <i>Rhipicephalus (Boophilus) microplus</i>	18
2.1.1. Mecanismos internos de resistência aos carrapatos.....	19
2.1.2. Mecanismos externos de resistência aos carrapatos	20
2.2. Mecanismos de resistência contra os nematoides gastrointestinais.....	21
2.3. Mecanismos de resistência contra a <i>Eimeria spp.</i>	23
2.4. O melhoramento genético como alternativa para melhorar a segurança alimentar.....	24
3. PARÂMETROS GENÉTICOS PARA RESISTÊNCIA AOS CARRAPATOS, NEMATOIDES GASTROINTESTINAIS E <i>EIMERIA SPP</i> . EM BOVINOS NELORE	26
3.1. Resumo	26
3.2. Introdução.....	26
3.3. Material e Métodos	27
3.4. Resultados e Discussão.....	30
3.5. Conclusões.....	40
4. REFERÊNCIAS	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estatísticas descritivas para contagem de carrapatos (CARR205), ovos de nematoides gastrointestinais por grama de fezes (OPG205) e oocistos de <i>Eimeria</i> spp. por grama de fezes (OOPG205) em bezerros Nelore aos 205 dias de idade	30
Tabela 2. Estatísticas descritivas para contagem de carrapatos (CARR550), ovos de nematoides gastrointestinais por grama de fezes (OPG550) e oocistos de <i>Eimeria</i> spp. por grama de fezes (OOPG550) em bezerros Nelore aos 550 dias de idade	32
Tabela 3. Estatísticas descritivas das distribuições <i>a posteriori</i> de parâmetros genéticos para resistência aos carrapatos (CARR205), aos nematoides (OPG205) e à <i>Eimeria</i> spp. (OOPG205) em bezerros Nelore aos 205 dias de idade, nas análises unicaracterísticas	34
Tabela 4. Estatísticas descritivas das distribuições <i>a posteriori</i> de parâmetros genéticos para resistência aos carrapatos (CARR550), aos nematoides (OPG550) e à <i>Eimeria</i> spp. (OOPG550) em bezerros Nelore aos 550 dias de idade, nas análises unicaracterísticas	36
Tabela 5. Médias e intervalos de alta densidade (95%, entre parênteses) <i>a posteriori</i> da herdabilidade de resistência aos carrapatos (CARR205 e CARR550), nematoides gastrointestinais (OPG205 e OPG550) e <i>Eimeria</i> spp. (OOPG205 e OOPG550) em bovinos Nelore aos 205 e 550 dias de idade, nas análises bicaracterísticas	37
Tabela 6. Médias e intervalos de alta densidade (95%, entre parênteses) <i>a posteriori</i> para as correlações genéticas (acima da diagonal) e ambientais (abaixo da diagonal) para resistência aos carrapatos (CARR205 e CARR550), nematoides gastrointestinais (OPG205 e OOPG550) e <i>Eimeria</i> spp. (OOPG205 e OOPG550) em bovinos Nelore aos 205 e 550 dias de idade	38

RESUMO

As parasitoses causadas pelo carrapato *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, pelos nematoides gastrointestinais e pela *Eimeria* spp. são responsáveis por perdas produtivas e econômicas na bovinocultura de corte. As tradicionais técnicas de controle dos parasitos consistem na utilização de antiparasitários químicos que possibilitam o desenvolvimento de resistência dos parasitos a esses produtos. Tais produtos também podem deixar resíduos na carne. O conhecimento dos mecanismos de resistência dos bovinos aos carrapatos, nematoides e *Eimeria* spp. é importante para o desenvolvimento de medidas alternativas de controle, como a seleção de animais resistentes. Objetivou-se quantificar a variabilidade genética da resistência de bovinos Nelore aos carrapatos (CARR), nematoides gastrointestinais (OPG) e *Eimeria* spp. (OOPG) aos 205 e 550 dias de idade. As médias *a posteriori* (intervalo de alta densidade com 95% das amostras) para herdabilidade foram 0,16 (0,01; 0,40), 0,28 (0,03; 0,60) e 0,24 (0,01; 0,50) para resistência aos carrapatos, nematoides e *Eimeria* spp. aos 205 dias de idade, respectivamente. Aos 550 dias, estes valores foram 0,11 (0,0002; 0,31), 0,11 (0,001; 0,37) e 0,57 (0,05; 0,90), respectivamente. As médias *a posteriori* (intervalo de alta densidade com 95% das amostras) das correlações genéticas de CARR205 x CARR550, OPG205 x OPG550 e OOPG205 x OOPG550 foram -0,17 (-1,00; 0,98), -0,37 (-0,97; 0,48) e 0,16 (-0,70; 0,89), de CARR205 x OPG205, CARR205 x OOPG205 e OPG205 x OOPG205 foram -0,14 (-0,99; 0,70), -0,60 (-1,00; 0,84) e 0,16 (-0,78; 0,99), de CARR550 x OPG550, CARR550 x OOPG550 e OPG550 x OOPG550 foram -0,37 (-0,96; 0,50), 0,74 (0,11; 1,00) e -0,04 (-1,00; 0,93), respectivamente. Existe variabilidade genética para resistência aos parasitos e a seleção pode contribuir para o aumento da frequência de animais resistentes na raça Nelore. As correlações genéticas estão associadas a intervalos de alta densidade amplos, que incluíram o zero na maioria dos casos, de modo que a seleção para aumentar a resistência deve ser realizada para cada parasito de interesse e nas duas idades.

Palavras-chave: bovinocultura de corte, mecanismos de resistência, produção a pasto

ABSTRACT

Genetic parameters for resistance to ticks, gastrointestinal nematodes and *Eimeria* spp. and perspectives of selection in Nellore breed. Parasitism caused by *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, gastrointestinal nematodes and *Eimeria* spp. is responsible for productive and economic losses in the beef business. Traditional methods for parasite control allow the use of chemical antiparasite products that can lead to parasite resistance against those products. Such substances also could leave residues in meat. It is important to know the different resistance mechanisms against ticks, gastrointestinal nematodes and *Eimeria* spp. in cattle to develop alternative ways for parasite control such as selection of resistant animals. The objective of this study was to quantify the genetic variability of Nellore cattle against ticks (TICK), gastrointestinal nematodes (EPG) and *Eimeria* spp. (EIM) at 205 and 550 days of age. *Posterior* means (high density interval with 95% of samples) of heritability were 0.16 (0.01; 0.40), 0.28 (0.03; 0.60) and 0.24 (0.01; 0.50) for resistance to ticks, gastrointestinal nematodes and *Eimeria* spp. at 205 days of age, respectively. At 550 days of age, these values were 0.11 (0.00002; 0.31), 0.11 (0.001; 0.37) and 0.57 (0.05; 0.9) respectively. *Posterior* means (high density interval with 95% of samples) of genetic correlations among TICK205 x TICK550, EPG205 x EPG550 and EIM205 x EIM550 were -0.17 (-1.00; 0.98), -0.37 (-0.97; 0.48) and 0.16 (-0.70; 0.89), among TICK205 x EPG205, TICK205 x EIM205 and EPG205 x EIM205 were -0.14 (-0.99; 0.70), -0.60 (-1.0; 0.84) and 0.16 (-0.78; 0.99), among TICK550 x EPG550, TICK550 x EIM550 and EPG550 x EIM550 were -0.37 (-0.96; 0.50), 0.74 (0.11; 1.0) and -0.04 (-1.0; 0.93) respectively. There is genetic variability for parasite resistance and selection could contribute for increasing the frequency of resistant animals in Nellore breed. The genetic correlations are associated with wide high density intervals that included zero in the majority of situations, and selection for increasing resistance must be done for each trait and in both ages.

Key words: beef cattle, resistance mechanisms, pasture production

1. INTRODUÇÃO GERAL

A despeito dos 870 milhões de pessoas que padecem de fome no mundo (FAOSTAT, 2013), há previsão de aumento em 73% no consumo mundial de carne bovina até o ano 2050. Para atender a esse aumento no consumo e mantendo-se os mesmos índices zootécnicos atuais, o tamanho do rebanho bovino mundial precisaria aumentar em 50%, sem aumentar a utilização de recursos naturais nos sistemas de produção (FAO, 2012). Isso é praticamente impossível sem a utilização de animais mais eficientes em condições de pasto e que utilizem menos recursos naturais e insumos químicos. Os países em desenvolvimento na América Latina têm grande responsabilidade neste processo de aumento da produção, especialmente o Brasil que possui o maior rebanho bovino comercial do mundo (Polaquini et al., 2006). Então, o aumento da produtividade sem comprometer os recursos ambientais e atendendo às exigências dos consumidores é uma questão atual.

Para que a carne bovina produzida no Brasil atenda às exigências dos mercados é necessário garantir que os animais utilizados sejam eficientes nos sistemas de produção baseados em pastagens, que são responsáveis pela maior parte dos animais abatidos no País (Cezar et al., 2005). Em regiões tropicais, os parasitos são responsáveis por redução no desempenho produtivo e econômico da cadeia produtiva da carne bovina. Os carrapatos *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* causam redução do escore corporal e podem causar anemia (Foster et al., 2008). Eles também são vetores de *Anaplasma* e *Babesia* (de La Fuente et al., 2008). Os nematoides gastrointestinais reduzem o ganho de peso, o crescimento de tecidos no animal e podem causar gastroenterite e bronquite parasitária em animais jovens (Rehbein et al., 2013). A *Eimeria* spp. pode causar coccidiose clínica em bezerros com até 12 meses de idade criados a pasto, aumentando as taxas de mortalidade (Mitchell et al., 2012). Portanto, o aumento da eficiência no controle desses parasitos é essencial para o aumento da produção de carne bovina.

Entre as técnicas tradicionais utilizadas para controlar os efeitos prejudiciais dos parasitos está o controle químico. Só no ano de 2011, os produtores brasileiros gastaram cerca de 820 milhões de reais com produtos antiparasitários (SINDAN, 2012), sem contar os custos com mão-de-obra necessária para aplicação. Esta técnica pode ser eficiente em curto prazo, mas pode levar ao surgimento de parasitos resistentes aos princípios químicos (Sutherland & Leathwick, 2011;

Leathwick et al., 2012; Canul-ku et al., 2012; Graef et al., 2012) se não for utilizada adequadamente. O processo de desenvolvimento de resistência nos parasitos pode ser mais rápido que o desenvolvimento de novos produtos químicos para o controle, especialmente porque a utilização inadequada de fármacos exerce grande pressão de seleção nos parasitos (Cezar et al., 2008). As altas taxas reprodutivas e o pequeno intervalo de gerações das principais espécies de parasitos também facilitam o surgimento de resistência. Com isso, os tratamentos químicos tornam-se menos eficazes no controle de parasitos. Com a redução na eficácia das técnicas tradicionais, alguns criadores aumentam a frequência das dosificações e as empresas produtoras de fármacos aumentam as concentrações dos princípios ativos nos produtos comerciais. Consequentemente, pode haver aumento da quantidade de resíduos químicos nos produtos de origem animal e da contaminação química nos ambientes de produção.

A redução da utilização de produtos químicos nos sistemas de produção de carne bovina é necessária para proteger o meio ambiente e para atender aos consumidores que estão mais preocupados com a segurança alimentar. Existe consenso entre os países da União Europeia sobre os requerimentos mínimos da qualidade da carne e também que a utilização de antiparasitários químicos deve ser unicamente para uso terapêutico e não preventivo (Theodoropoulos et al., 2010). Contudo, a redução da utilização de antiparasitários químicos deve ocorrer mediante o desenvolvimento e utilização de técnicas alternativas de controle que evitem aumentos das populações de parasitos nos ambientes e perdas produtivas. A seleção de reprodutores geneticamente resistentes aos parasitos pode ser uma estratégia alternativa para aumentar a eficácia dos programas de controle de parasitos, desde que os custos com mensurações e a variabilidade genética existente a justifique.

No final da década de 1910 surgiram os primeiros trabalhos australianos sobre variabilidade genética nos bovinos para resistência aos parasitos (Johnston & Bancroft, 1918; Francis & Little, 1964; Wharthon & Utech, 1970). Villares (1941) publicou o primeiro trabalho conhecido no Brasil para resistência a carrapatos. Posteriormente, foram encontradas evidências de diferenças genéticas entre raças e dentro de raças de bovinos para resistência aos carrapatos (Seifert, 1971), nematoides gastrointestinais (Zinsstag et al., 2000) e *Eimeria* spp. (Senger et al., 1959), mas pouco foi estudado sobre a resistência dos bovinos Nelore a estes parasitos. O estudo da resistência na raça Nelore é justificado pela contribuição dessa raça na produção de carne bovina no Brasil. Para o ano 2013 espera-se que o rebanho bovino do Brasil seja de 203,7

milhões de animais (Mezoughem et al., 2012). Desse total, estima-se que 80% sejam Nelore ou anelorados (Oliveira et al., 2002). Num estudo preliminar, envolvendo uma amostra de 34 touros e 739 progênes, Carrera et al. (2011) conseguiram identificar variabilidade genética na raça Nelore para resistência aos parasitos. Este resultado, juntamente com a possibilidade de controle genético da resistência dos bovinos aos parasitos, estimulou o desenvolvimento deste trabalho, cujo objetivo geral foi quantificar a variabilidade genética da resistência de bovinos Nelore aos carrapatos, nematoides gastrointestinais e *Eimeria* spp.

Uma revisão de literatura sobre os mecanismos de resistência dos bovinos aos carrapatos, nematoides gastrointestinais e *Eimeria* spp. foi elaborada com o objetivo de obter fundamentação teórica sobre o tema. Na parte final da revisão, foram abordados aspectos relacionados com a utilização da seleção como alternativa para aumentar a frequência de animais resistentes nos rebanhos. Para obter evidências experimentais da existência de variabilidade genética de bovinos Nelore aos parasitos foi realizado um experimento de campo na Fazenda Mundo Novo, em Uberaba – MG, com animais Nelore à desmama e ao sobreano. Os resultados comprovaram a existência de variabilidade genética na raça Nelore para resistência aos parasitos. Portanto, a seleção pode ser considerada como ferramenta alternativa no controle dos carrapatos, nematoides gastrointestinais e *Eimeria* spp. em bovinos Nelore.

2. MECANISMOS DE RESISTÊNCIA DOS BOVINOS AOS CARRAPATOS *RHIPICEPHALUS (BOOPHILUS) MICROPLUS*, NEMATOIDES GASTROINTESTINAIS E *EIMERIA SPP.*

Os carrapatos *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* podem transmitir doenças como a Babesiose e Anaplasmose e estão presentes em pelo menos 80% dos bovinos no mundo (Latif et al., 1995; Marcelino et al., 2012). Os nematoides gastrointestinais podem causar redução no consumo alimentar pela gastroenterite parasítica clínica, prejudicar o ganho de peso e o peso, a qualidade de carcaça e a formação de massa muscular (Shaw et al., 1998; Charlier et al., 2009; Hersom et al., 2011) em animais a pasto. A *Eimeria* spp. pode causar coccidiose clínica em bezerros até o primeiro ano de idade em ambientes contaminados (Ernst et al., 1984), como pode ser o caso das pastagens. Esses parasitos reduzem o desempenho dos animais e aumentam os custos de produção e a taxa de mortalidade, o que prejudica a eficiência econômica da bovinocultura de corte no Brasil.

Algumas das técnicas atuais utilizadas para o controle de parasitos contemplam a utilização de produtos químicos, sendo que o uso excessivo e irracional desses antiparasitários sintéticos pode ter contribuído para o desenvolvimento da resistência dos parasitos (Kaplan & Vidyashankar, 2012) à ivermectina, abamectina, doramectina, albendazole, entre outros (Soutello et al., 2007; Condi et al., 2009). Isso pode resultar na redução da eficiência do controle químico ao longo do tempo. Além disso, o uso de produtos químicos pode contaminar as fontes hídricas e causar impacto generalizado e desfavorável no ambiente, podendo prejudicar outras espécies benéficas ao meio.

No caso das populações de bovinos, podem existir animais considerados resistentes, tolerantes ou resilientes e susceptíveis aos parasitos. O termo resistência refere-se aos indivíduos que expressam mecanismos para inibir o desenvolvimento do parasito, evitando reduzir o desempenho por causa desse desafio ambiental (Vercruyse et al., 1994). Assim, sem a dependência de produtos químicos para o controle parasitário, os animais resistentes estarão livres de parasitos que prejudicam o desempenho ou comprometam funções vitais e poderão expressar o potencial produtivo. Esses animais irão expressar mecanismos para que os parasitos não prejudiquem ou se estabeleçam no organismo, o que seria mais desejável do ponto de vista

econômico para o produtor, que poderia reduzir a utilização de produtos químicos e produzir de forma mais sustentável.

A resiliência (ou tolerância) nos animais é a capacidade do indivíduo sobreviver e produzir enfrentando o desafio do parasito (Glass et al., 2012). Fisiologicamente, os animais tolerantes não têm a capacidade de expulsar totalmente os parasitos. Esses animais, mesmo com a infestação parasitaria, conseguem sobreviver mas com redução do desempenho e podem causar prejuízos ao pecuarista.

Os animais susceptíveis podem não expressar os mecanismos de defesa contra os parasitos, ou podem expressá-los tardiamente, e são os mais prejudicados em todos os cenários, com o risco de comprometimento do desempenho e da vida. Esses animais pode ser considerados não adaptados e indesejáveis porque podem apresentar altas taxas de mortalidade. Segundo Utech (1979), existem dois tipos de resistência por parte do animal, a primeira é a inata que já está presente quando acontece a primeira infestação. A segunda é a adquirida, que surge depois do animal ser exposto às infestações controladas ou naturais.

É importante entender que a presença de parasitos nos bovinos estimula o desenvolvimento de diversos mecanismos de defesa do sistema imunológico, porque o organismo considera os parasitos como agentes externos que desequilibram o metabolismo. Isso estimula uma resposta inflamatória (que é normal e desejável) por parte dos bovinos com o objetivo de liberar anticorpos que neutralizam, inibem ou controlam o desenvolvimento dos parasitos nos bovinos. Os linfócitos compõem um sistema de defesa responsável pela liberação de aproximadamente 70% das proteínas, citosinas e hormônios envolvidos no sistema imunológico assim como da produção de anticorpos, linfócitos B, ou leucócitos (Maillard et al., 2005).

O sistema de defesa dos bovinos é composto por vários mecanismos complexos que envolvem genes específicos nos diferentes processos fisiológicos. Mesmo que todos os animais possuam a mesma estrutura fisiológica, alguns mecanismos específicos podem ser mais desenvolvidos nos animais resistentes, e outros nos resilientes. Os animais susceptíveis não conseguem desenvolver respostas adequadas durante a infestação, ou simplesmente não produzem respostas.

2.1. Mecanismos de resistência contra os carrapatos *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*

O carrapato é responsável por grande parte dos prejuízos econômicos na bovinocultura. Sendo assim, a redução da infestação nos animais, indistintamente da técnica utilizada, pode ser considerada como prioridade econômica no sistema de produção. Entre as atuais técnicas de controle dos parasitos, está contemplado o uso de produtos como a ivermectina, levamisol e doramectina, entre outros, que além de terem sido utilizados indiscriminadamente por alguns produtores, podem deixar resíduos na carne bovina (Cooper et al., 2012) se os períodos de carência não forem respeitados. Esses resíduos podem acumular-se na gordura, no tecido adiposo, no fígado do animal e no solo (Morales et al., 2012). Produtos como a abamectina e ivermectina demonstraram ter efeitos teratogênicos em alguns mamíferos (Marrs, 2012), sendo os sintomas mais comuns os tremores e a ataxia.

A utilização de carrapaticidas químicos têm grande vantagem no curto prazo por reduzir a população, mas existe a possibilidade dos indivíduos sobreviventes desenvolverem resistência a esses produtos, fazendo com que a eficiência do tratamento químico seja cada vez menor em função do curto intervalo de gerações do carrapato, à sua alta taxa reprodutiva e ao longo tempo de utilização do mesmo produto no mercado. Isso sem mencionar as consequências negativas que podem trazer para o ambiente e o futuro das diferentes espécies. Assim, é importante trabalhar com animais resistentes, identificando-os na população e utilizando-os para que essa característica seja transmitida ao longo das gerações no rebanho. Isso permitiria ao pecuarista reduzir a dependência dos produtos químicos e tornar o sistema de produção ambientalmente mais sustentável. Carvalho et al. (2010) encontraram que a resposta à presença do carrapato nos bovinos é manifestada de acordo com a composição genética. Esses autores consideram os *Bos indicus* como resistentes e os *Bos taurus* susceptíveis. Em ambos *Bos taurus* e *Bos indicus* é expressa a mesma magnitude de reação quantificada em leucócitos (neutrófilos, células mononucleares, eosinófilos e basófilos) após uma infestação, o que indica que fisiologicamente ambos dispõem das mesmas ferramentas para gerar resposta inflamatória, mas a reação tem menor presença de neutrófilos nos animais nunca infestados. Como os números de eosinófilos nos animais nunca infestados e já expostos são semelhantes, é possível que os mecanismos fisiológicos dos animais resistentes sejam mais eficientes para manter eosinófilos nos pontos de reação cutânea causados pelo carrapato.

Os basófilos são glóbulos brancos ou leucócitos encarregados do início da reação alérgica (Stone et al., 2010) que envolve a resposta inflamatória, e aparecem quando é detectada infestação parasitária. Carvalho et al. (2010) encontraram que o número de basófilos foi significativamente maior no couro dos animais infestados comparados com os animais nunca expostos, mas a presença de basófilos nos animais resistentes e infestados foi significativamente maior que nos animais susceptíveis. Os eosinófilos também são leucócitos do tipo granulócito produzidos na medula óssea e liberados no sangue (Stone et al., 2010), cuja produção depende do estímulo e da presença das interleucinas (IL). Eles são importantes na liberação de leucinas e outros agentes pró-inflamatórios. Isso explica porque no gado *Bos indicus* a resposta é significativamente mais eficiente que no gado *Bos taurus*.

Em função dos mecanismos fisiológicos, a resistência ao carrapato em bovinos se expressa principalmente por rejeição das larvas nas primeiras 24 horas do ciclo parasitário (Kemp et al., 1971; Koudstaal et al., 1978; Roberts, 1968). Existem mecanismos internos e externos, que tem como objetivo defender o animal ou eliminar a presença do parasito.

2.1.1. Mecanismos internos de resistência aos carrapatos

A presença do carrapato induz a produção de dopamina no bovino, que é um neurotransmissor que ativa a resposta imune, gerando então a reação inflamatória e, conseqüentemente, a liberação de anticorpos. Isso constitui a primeira resposta imune associada com o mecanismo de resposta do linfócito T (Härle et al., 2008). Os animais que possuem alta resistência têm maior quantidade de eosinófilos, que são células encarregadas da resposta imune. Os basófilos são células envolvidas no início da reação alérgica, que podem ser encontradas principalmente no tecido cutâneo, especialmente nas cicatrizes dos animais expostos. Os basófilos estão presentes nos animais susceptíveis e nos resistentes, mas em maior quantidade nesse último grupo. As reações cutâneas, iniciadas após o bovino ser picado pelo carrapato, são caracterizadas por elevação da quantidade de basófilos para que ocorra a reação de hipersensibilidade (Carvalho et al., 2010). Esta reação de hipersensibilidade é uma resposta rápida, caracterizada pela inflamação e liberação de anticorpos, que inibe o desenvolvimento e a presença do carrapato.

Quando o animal produz reações de hipersensibilidade, significa que ele tem a capacidade de criar uma rápida resposta imunológica que expulsa ou inibe a presença e o efeito do carrapato. A saliva dos carrapatos tem abundante quantidade de proteases, que podem prejudicar a aderência dos leucócitos ao endotélio. O mecanismo de resposta é ativado pela ferida e o mal estar produzidos pela picada do carrapato. Para combater o efeito das proteases, o perfil inflamatório (hipersensibilidade) dos animais resistentes se manifesta mais cedo do que nos animais susceptíveis (Carvalho et al., 2010).

2.1.2. Mecanismos externos de resistência aos carrapatos

Entre os mecanismos externos que dificultam a presença do carrapato nos bovinos é possível citar a espessura do couro. A espessura do couro é uma barreira física que impede ou dificulta a perfuração do couro dos bovinos pelo carrapato. Inclusive, em animais vacinados para adquirir imunidade aos carrapatos, observou-se aumento na espessura do couro na região picada pelo carrapato como resposta aos parasitos (Srivastava et al., 1987). Esse é um mecanismo de resposta sob efeito da vacina, mas é importante considerar a maior proteção do animal aos carrapatos com o aumento da espessura do couro. Simón et al. (2009) também encontraram menor contagem de carrapatos nos animais com maior espessura do couro e com maior percentagem de genes de origem zebuína. Quanto mais espesso é o couro dos bovinos, mais difícil é o contato do carrapato com o interior do animal, especificamente com o sangue. Durante a execução deste projeto foi observada variação na espessura do couro dos animais avaliados. Contudo, não foi possível fazer qualquer tipo de associação objetiva desta variável com a resistência aos carrapatos.

Os animais que possuem pelos mais curtos e em menor densidade também apresentam menor contagem de carrapatos (Marufu et al., 2011). Essas características são próprias dos animais zebuínos e dos taurinos adaptados. Ibelli et al. (2012) encontraram menores contagens de carrapato no grupo genético Nelore ($8,52 \pm 7,26$), quando comparado com o grupo Senepol x Nelore ($18,81 \pm 7,26$) e o grupo Angus x Nelore ($75,34 \pm 8,33$). O grupo Senepol x Nelore apresentou os menores valores para quantidade de pelos por área (cm^2). A cobertura de pelo proporciona suporte para que o carrapato possa se estabelecer no animal. Então, animais de pelos mais curtos e menor densidade seriam desejáveis.

O comportamento social como mecanismo de expulsão do carrapato no gado indiano é próprio dos animais altamente resistentes (Mondal et al., 2013). O zebuíno tem maior contato físico com os demais indivíduos do seu grupo quando comparado com o gado europeu. Tal fato pode explicar parte das diferenças nas contagens de carrapatos destes grupos de animais.

2.2. Mecanismos de resistência contra os nematoides gastrointestinais

Existem proteínas chamadas citocinas que são encarregadas de regular a resposta imune contra os nematoides gastrointestinais, ativando e promovendo a proliferação dos linfócitos T (Zaros et al., 2007), que são as células encarregadas da resposta do animal contra o nematóide. Segundo Claerebout & Vercruysse (2000), os nematoides gastrointestinais produzem antígenos que são reconhecidos pelos componentes do sistema imunológico, induzindo assim a produção de anticorpos e a ativação dos linfócitos T. Existem dois tipos de células (linfócitos) encarregadas da resposta, o sistema de resposta 1 (Th1) e 2 (Th2). Zaros et al. (2010) demonstraram que a resposta imune contra os nematoides gastrointestinais em animais resistentes é regulada pelo Th2, citando resultados contra alguns gêneros como *Cooperia* spp., *Haemonchus* spp., *Trichostrongylus* spp. e *Ostertagia* spp. em ruminantes. O Th2 secreta, entre outros, as interleucinas (IL) IL-4, IL-5, IL-9, IL-10 e IL-13. A resposta é controlada pelo Th1 em animais susceptíveis. O Th1 secreta interferon (IFN)- γ , uma citocina que pode induzir à célula para resistir a infestação, IL-2, uma citocina produzida pelos leucócitos, e linfotóxina (LT)- α . Todas essas substâncias estão envolvidas na produção de anticorpos específicos de acordo com a ameaça que, neste caso, é um antígeno produzido pelo nematóide.

Os linfócitos T induzem a produção de imunoglobulinas. As imunoglobulinas são proteínas que incluem anticorpos e receptores ligados a membranas plasmáticas de antígenos na superfície de células B (Garçon et al., 2011). Os nematoides induzem respostas imunológicas do Th2, principalmente com o incremento de células de mucosa e eosinófilos intestinais, que são células de defesa encarregadas da resposta imunológica. O efeito da resposta imunológica se divide em duas fases; a primeira é a ejeção de nematoides dos intestinos. Na segunda fase os animais que permaneceram infestados continuam produzindo respostas imunológicas adaptativas para sobreviver ao desafio dos nematoides presentes (Foster & Elsheikha, 2012). Logo após a infestação de bezerros com *O. Ostertagi*, houve evidência da produção de anticorpos, que foi

desencadeada pela presença de antígenos nos gânglios linfáticos do abomaso (Stromberg et al., 1997). Esses anticorpos (imunoglobulina A, IgA) causam redução na fertilidade e viabilidade dos ovos de nematoides (Claerebout & Vercruyse, 2000). A IgA é o principal tipo de anticorpo presente nas secreções que envolvem superfícies mucosas e constitui a principal linha de defesa ou resposta imune (Woof & Kerr, 2006). A IgA também é uma importante imunoglobulina presente no soro que regula várias funções de proteção interagindo com receptores específicos e mediadores imunológicos de acordo com o desafio. Uma das principais funções das imunoglobulinas é gerar instantaneamente uma resposta inflamatória que é um tipo de reação de hipersensibilidade nos bovinos quando existe presença de nematoides.

Bricarello et al. (2007) encontraram correlação fenotípica de -0,42 entre a contagem de ovos de nematoides (*Cooperia* e *Haemonchus*) e a concentração de imunoglobulina IgE (associada com o grau de resistência) em tourinhos Nelore. A produção de IgE (anticorpo) é dada como resposta de hipersensibilidade dentro dos intestinos, ativando células das mucosas que têm função protetora como barreira contra os nematoides, expulsando-os do organismo. A infestação dos bovinos por nematoides ocorre por meio da ingestão de larvas no estágio L3. Bricarello et al. (2008) encontraram maior concentração de IgG1 e IgA em animais resistentes na resposta contra L3. Para esse estudo foram classificados e identificados os animais resistentes (com carga zero de ovos) após a contagem dos ovos de nematoides por grama de fezes na necropsia. Da mesma forma foi encontrada correlação fenotípica entre produção de IgG1 com número de ovos de *Cooperia* spp. de -0,61 ($P < 0,05$); e de produção de IgA com antígenos de *Cooperia* spp. de -0,57 ($P < 0,05$). A IgA é outro anticorpo encontrado tanto no soro como nas fezes de bezerros resistentes após infestação artificial ou natural (Canals & Gasbarre, 1990; Gasbarre et al., 1993). Ainda não foi definida a função específica da IgA dentro do organismo, mas existe evidência que esse anticorpo tem a capacidade de expulsar nematoides dos gêneros *Haemonchus* spp. Alguns autores (Smith et al., 1985; Stear et al., 1995) sugeriram que a presença da IgA dificultou a alimentação e impediu o desenvolvimento de tecido de crescimento do nematóide quando exposto a essa imunoglobulina. Li et al. (2007) evidenciaram que a resposta inflamatória, como mecanismo de defesa dos animais resistentes, estimula a secreção de IgA na mucosa para contrapor o efeito dos nematoides gastrointestinais.

2.3. Mecanismos de resistência contra a *Eimeria* spp.

A coccidiose causada pela *Eimeria* spp. é responsável pelo aumento da mortalidade em bovinos até o primeiro ano de idade. Os anticorpos contra a presença de *Eimeria* spp. começam a aparecer nos bezerros com a ingestão de colostro. Esses anticorpos são principalmente as imunoglobulinas IgM, IgG1, IgG2 e IgA e permanecem com concentrações altas no animal até os 60 dias de idade, aproximadamente. As correlações das concentrações desses anticorpos com a contagem de oocistos de *Eimeria* spp. em animais com até 30 dias de idade foram 0,06, -0,12, -0,06 e -0,02, respectivamente (Faber et al., 2002). Isso demonstra que até os 60 dias de idade ocorre uma permanente expulsão de oocistos por parte do animal e conseqüentemente é a partir do momento que a concentração de imunoglobulinas diminui que o animal enfrenta o desafio contra esses parasitos sem a influencia materna propriamente dita e com seu próprio sistema de defesa.

Em função da imunidade inata contra a infestação por *Eimeria* spp., surgem macrófagos, células dendríticas e neutrófilos polimorfonucleares que fagocitam, invadem e eliminam a presença dos patógenos invasores, entre eles os esporozoítos da *Eimeria* spp. (Bekhti et al., 1992; Behrendt et al., 2008), que são considerados o estágio infectante. É importante esclarecer que os macrófagos, as células dendríticas e os neutrófilos agem como células apresentadoras de antígenos, o que faz com que as células B (leucócitos) produzam anticorpos para combater os antígenos. Segundo Behrendt et al. (2008), a principal função dos neutrófilos polimorfonucleares durante a infestação consiste em fagocitar os corpos estranhos e promover a liberação de radicais oxidativos. Eles também estão envolvidos com a produção de moléculas imuno moduladoras como as citocinas e quimocinas para a atração de células imuno potentes ao local da infestação. Isso ocorre logo após a infestação por *Eimeria* spp., iniciando dessa forma a resposta imune adquirida.

Na resposta imune adquirida estão envolvidas secreções de IL-8, IP-10, MCP-1 (proteína quimotática de monócitos-1 ou proteína quimo-atraente de monócitos-1), GRO α (oncogene de crescimento relacionado α), IL-6, TNF- α , IL-12, iNOS (óxido nítrico sintase indutível) e GAPDH (gliceraldeído-3 fosfatado desidrogenase). Essa resposta dos neutrófilos polimorfonucleares é mais efetiva em bezerros resistentes ou de maior idade, o que foi comprovado por Behrendt et al. (2008) utilizando soro de bezerros em provas in vitro e demonstrando a existência nos bovinos da

imunidade inata e adquirida contra a *Eimeria* spp. Brown et al. (1999) sugeriram que a síntese de IgG1 é estimulada pelo IL-4, e que a produção de IgG2 necessita de IFN- γ . É muito discutido se a presença de *Eimeria* spp. estimula a liberação de citosinas que fazem parte dos sistemas Th1 ou Th2.

Para as infestações causadas por *Eimeria* spp., Brown et al. (1998) estabeleceram que o tipo de resposta contra os patógenos ou antígenos presentes no animal são dados tanto pelo sistema Th1 como pelo Th2 com predominância de IgG2 como anticorpos principais. Os animais que possuem resposta inata mais eficaz contra a *Eimeria* spp. podem ter abundante presença de linfócitos granulares, que possuem funções citotóxicas além do recurso de IFN- γ existente. Esse tipo de linfócitos granulares poderia estar envolvido nas primeiras reações que ocorrem no sistema imunológico, como já demonstrado em ratos (Shi et al., 2001).

2.4. O melhoramento genético como alternativa para melhorar a segurança alimentar

É possível que parte dos mecanismos fisiológicos relacionados com a resposta imune seja regulada pelos genes. Naturalmente, variações alélicas nesses genes poderiam implicar em modificações nesses mecanismos e contribuir para a resistência dos animais aos principais parasitos. Por meio da seleção é possível aumentar as frequências dos alelos favoráveis para determinadas características, como resistência aos parasitos.

O sucesso da seleção depende, dentro outros fatores, do estabelecimento dos objetivos de seleção (Hazel, 1943). A partir da definição desse objetivo, é necessário estabelecer os critérios de seleção, que são as características que devem ser medidas nos animais. Para que uma característica possa ser incluída como critério de seleção é necessário considerar a facilidade de medição, herdabilidade, correlações genéticas com outras características e com o objetivo de seleção.

Muitas características de importância econômica, tais como a resistência aos parasitos, são poligênicas e apresentam variação genética entre os animais, de modo que a seleção pode modificar a composição genética dos rebanhos no sentido de aumentar a frequência de animais resistentes. A eficiência da seleção pode ser mensurada por meio da análise do ganho genético. O ganho genético para uma característica depende da variabilidade fenotípica, da herdabilidade e da intensidade de seleção. Além disso, o ganho genético anual também depende do intervalo de

gerações. Na cadeia produtiva da carne bovina, a seleção é fundamental para promover ganho genético nas características de interesse econômico, tais como o peso (Cyrillo et al., 2001).

Também é importante considerar que para a pecuária moderna é necessário utilizar animais resistentes, que podem prover maiores benefícios ao pecuarista pela não dependência de produtos químicos e uma produção ambientalmente sustentável. A utilização desses animais também pode trazer benefícios para o consumidor final, que irá adquirir carne sem resíduos químicos, que não representa ameaça para a saúde. A seleção pode contribuir para o aumento da frequência dos animais resistentes na população, mas é necessário conhecer a variabilidade genética para as características de resistência. Em gado Nelore no Brasil, Carrera et al. (2011) encontraram, numa amostra de 739 bezerros com idade em torno de 205 dias, que 71,26% apresentavam carrapatos, 30,78% ovos de nematoides gastrointestinais e 35,2% tinham oocistos de *Eimeria* spp. Isso sugere a existência de variabilidade na raça, que é a base para o desenvolvimento dos programas de melhoramento genético.

Até o presente momento nenhum estudo sobre seleção de zebuínos resistentes aos principais parasitos foi encontrado na literatura consultada, de modo que a execução desse projeto, especialmente com a raça Nelore, é importante para a avaliação da possibilidade de inclusão de características relacionadas com a resistência aos parasitos nos objetivos de seleção da raça Nelore.

3. PARÂMETROS GENÉTICOS PARA RESISTÊNCIA AOS CARRAPATOS, NEMATOIDES GASTROINTESTINAIS E *EIMERIA* SPP. EM BOVINOS NELORE

3.1. Resumo

Objetivou-se com o presente trabalho quantificar a variabilidade genética e a associação de resistência aos carrapatos *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, nematoides gastrointestinais e *Eimeria* spp. em bovinos Nelore aos 205 e 550 dias de idade. Os animais foram classificados como resistentes ou susceptíveis para cada parasita. Foi utilizado modelo bayesiano de limiar que considerou como efeitos fixos os grupos de contemporâneos e a idade do animal e da vaca como covariáveis e, como efeitos aleatórios, o animal e o resíduo. Amostras das distribuições *a posteriori* dos parâmetros genéticos foram obtidas por meio do amostrador de Gibbs. As médias *a posteriori* da herdabilidade para as características de resistência variaram de média a alta magnitude. Em geral, as médias *a posteriori* das correlações genéticas foram baixas e os intervalos de alta densidade com 95% das amostras foram amplos e, na maioria dos casos, incluíram o valor zero. Existe variabilidade genética para características de resistência em bovinos Nelore. A seleção pode ser utilizada como ferramenta alternativa para o controle de parasitas e permite o aumento da frequência de animais resistentes, devendo ser realizada, entretanto, para cada característica de interesse e nas duas idades.

Palavras-chave: adaptação, bovinos de corte, parasita, seleção

3.2. Introdução

Parasitas como os carrapatos *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, os nematoides gastrointestinais e a *Eimeria* spp. são amplamente conhecidos nos sistemas de produção de bovinos de corte em regiões tropicais. Calculou-se em bovinos de corte Zebu x Europeu perda média de 0,24 kg de peso vivo por cada carrapato por ano (Sutherst et al., 1983). Bezerros livres de nematoides gastrointestinais tiveram ganho médio diário em peso superior em 0,13 kg/dia comparados ao grupo não tratado com anti-helmínticos (Stromberg et al., 1997). A presença da *Eimeria* spp. pode ocasionar perdas de peso em bezerros de até 0,18 kg/dia em condições de

pasto (Lassen & Ostergaard, 2012). Esses parasitas podem provocar doenças e até levar a morte, na sua forma clínica, e causar prejuízos ao sistema de produção na forma subclínica (Costa et al., 2011). Os prejuízos econômicos causados são expressivos. Essas perdas, geralmente, ocorrem em função da falta de controle da contaminação das pastagens, da ineficiência ou uso inadequado de alguns anti-parasitários, da não utilização de manejo por categorias e desconhecimento da biologia dos parasitas em cada região.

As técnicas convencionais de controle de parasitas geralmente contemplam a utilização de produtos químicos, que podem deixar resíduos na carne e no ambiente, estimular o desenvolvimento de parasitas geneticamente resistentes e ameaçar a sobrevivência de outras espécies (Yazwinski et al., 2006). Além disso, o aumento das exigências do mercado consumidor em relação à segurança alimentar e redução do impacto ambiental da atividade pecuária suscitam a necessidade do desenvolvimento de técnicas alternativas e sustentáveis para o controle de parasitas. O aumento da frequência de animais resistentes por meio da seleção pode reduzir a necessidade de fármacos para o controle de parasitas, de modo que este processo deve ser avaliado.

Embora o rebanho zebuino seja considerado resistente aos parasitas (Ibelli et al., 2011), é possível que exista variabilidade genética para essas características em gado Nelore. Se isso for confirmado, a inclusão dessas características nos objetivos de seleção e a utilização da seleção para resistência pode ser uma alternativa para aumentar a eficácia dos programas de controle de parasitas. Objetivou-se quantificar a variabilidade genética e as associações para a resistência aos carrapatos *Rhipicephalus (Boophilus) microplus*, aos nematoides gastrointestinais e a *Eimeria* spp. em bovinos Nelore.

3.3. Material e Métodos

O experimento foi conduzido na Fazenda Mundo Novo, localizada em Uberaba-MG, com bovinos Nelore puros de origem. A fazenda possui área total de 4.250 ha, sendo 2.800 ha de pastagens divididos em piquetes de aproximadamente 30 hectares. Nos piquetes foram mantidos lotes de 30 vacas com bezerro ao pé, com um touro durante a estação reprodutiva, ou lotes de manejo com 40 animais desmamados. A estação reprodutiva teve duração de 45 dias e os métodos de reprodução utilizados foram monta natural e inseminação artificial com auxílio de

rufiões para identificação do cio. Os rufiões eram mestiços Nelore x Holandês, e permaneceram junto às fêmeas durante cinco meses, de novembro a abril. A relação rufião:vaca foi de 1:50 em vacas solteiras e 1:25 em vacas paridas. A taxa de lotação na fazenda foi de aproximadamente 0,98 UA/ha. Todos os piquetes tinham acesso à água de reservatórios naturais ou pequenas represas.

No experimento foram utilizados animais da linhagem Lemgruber, que tem ampla distribuição no rebanho Nelore nacional. Aproximadamente 35% dos touros Nelore em centrais de inseminação artificial possuem ligação parcial (filhos, netos, bisnetos) ou total (nascidos no rebanho) com essa linhagem. Essa disseminação pode ser reflexo do intenso trabalho de seleção desenvolvido pelos criadores dessa linhagem. O rebanho avaliado era fechado, passou por processo de seleção desde 1878 e possui número efetivo de ancestrais de 25 (Oliveira et al., 2011), de modo que a variabilidade genética no mesmo pode ser considerada representativa da variabilidade da raça Nelore no Brasil, cujo número efetivo de ancestrais é de aproximadamente 39 (Faria et al., 2009).

O sistema de produção foi baseado na utilização de gramíneas do gênero *Brachiaria* como principal fonte de alimentação do gado, com suplementação mineral ao longo do ano. As condições edafo-climáticas eram típicas do cerrado, com solos geralmente ácidos e pobres em nutrientes, e precipitação média anual de aproximadamente 1.400 mm, concentrados principalmente entre outubro e março e a altitude média de 840 metros. A temperatura mais alta, 39°C, foi registrada nos meses de primavera e verão e a mais baixa, 5°C, nos meses do inverno.

As contagens de carrapatos e amostragens de fezes para contagens de ovos de nematoides (OPG) e oocistos de *Eimeria* spp. (OOPG) por grama de fezes foram realizadas entre abril de 2011 e junho de 2012, em animais nascidos entre julho de 2010 e janeiro de 2011.

As contagens de carrapatos dos animais infestados naturalmente foram realizadas com animais de 205 e 550 dias de idade, segundo o método de Wharhorn & Utech (1970). As contagens foram realizadas com intervalo mínimo de 120 dias após a utilização de qualquer produto anti-parasitário. As amostras de fezes foram extraídas diretamente do reto do animal com luva de palpação e saco plástico previamente identificado e lubrificado com óleo. As contagens de ovos de nematoides e oocistos de *Eimeria* spp. por grama de fezes foram realizadas pela técnica de Gordon & Withlock modificada (Ueno & Gonçalves, 1998), também conhecida como técnica “McMaster” modificada.

Para as análises estatísticas, os animais com contagens de carrapato, OPG e OOPG iguais a zero foram considerados resistentes (escore = 1) e os demais foram considerados susceptíveis (escore = 0), para cada parasita separadamente. Apenas dados dos lotes de manejo com variabilidade, ou seja, com animais resistentes e susceptíveis foram considerados na análise. Isto resultou em 27 lotes de manejo para fêmeas e 30 para machos aos 205 dias de idade, e 7 lotes de manejo para fêmeas e 8 para machos aos 550 dias de idade.

Os componentes de variância e (co)variância foram obtidos por meio de procedimentos bayesianos em análises uni e bicaracterísticas realizadas no programa THRGIBBS1F90 (Misztal, 2009). O modelo estatístico geral utilizado sob forma matricial pode ser representado por:

$$y = X\beta + Za + e,$$

em que: y representa o vetor ($n \times 1$) das observações aos 205 ou 550 dias de idade segundo for o caso; X , a matriz ($n \times p$) de incidência de efeitos fixos; β , o vetor ($p \times 1$) de soluções para os efeitos fixos; Z , a matriz ($n \times q$) de incidência dos efeitos genéticos aditivos diretos; a , o vetor ($q \times 1$) de soluções dos efeitos genéticos aditivos diretos; e , o vetor ($n \times 1$) de erros aleatórios; n é o número de animais com observações fenotípicas; p é o número de níveis dos fatores fixos; e q é o número de animais presentes na matriz de parentesco ($q = 25.556$).

Nas análises estatísticas foi utilizada a metodologia descrita Sorensen et al. (1995) em que a variável categórica Y é relacionada a expressão da variável aleatória contínua subjacente U e, é determinado um limiar t , que neste caso foi igual a 0, e quando U_i esta aquém ou além desse limiar, então $Y_i = 0$, e $Y_i = 1$, respectivamente.

Assumiu-se que o vetor dos efeitos fixos β seguiu uma distribuição *a priori* imprópria uniforme: $p(\beta) \propto \text{constante}$. Para as variâncias genética aditiva (σ_a^2) e residual (σ_e^2) foram assumidas distribuições do tipo gama invertida ($\sigma_a^2 | S_a^2, \nu_a$ e $\sigma_e^2 | S_e^2, \nu_e$), em que: S_a^2 e ν_a representam hiperparâmetros da distribuição gama invertida para variância genética aditiva; e S_e^2 e ν_e , hiperparâmetros da distribuição gama invertida para variância residual. Detalhes sobre as distribuições condicionais completas *a posteriori* podem ser obtidas em Sorensen et al. (1995).

As inferências foram baseadas no método de Monte Carlo via cadeias de Markov (MCMC) com cadeias de 410.000 ciclos, período de descarte de 10.000 ciclos e um intervalo de amostragem de 200 ciclos. O tamanho da cadeia foi definido em análise preliminar, segundo o

método de Raftery & Lewis (1992), disponível no pacote BOA (Smith, 2005) do software R (The R Foundation for Statistical Computing, 2009). A convergência da cadeia definitiva foi avaliada de acordo com Geweke (1992) e Heidelberger & Welch (1983) no mesmo software.

3.4. Resultados e Discussão

Aproximadamente 26, 64 e 66% dos bezerros avaliados aos 205 dias de idade foram considerados resistentes aos carrapatos, aos nematoides gastrointestinais e a *Eimeria spp.*, respectivamente (Tabela 1).

Tabela 1. Estatísticas descritivas¹ para contagem de carrapatos (CARR205), ovos de nematoides gastrointestinais por grama de fezes (OPG205) e oocistos de *Eimeria spp.* por grama de fezes (OOPG205) em bezerros Nelore aos 205 dias de idade

Característica	N	Touros ²		Média	Desvio	Min.	Max.
		NT	NF				
CARR205 (Σ)	582	62	-	10,60	12,71	0	82
CARR205 (0)	433	12	25	14,24	12,85	2	82
CARR205 (1)	149	4	7	0	0	0	0
OPG205 (Σ)	604	53	-	113,91	289,86	0	2.800
OPG205 (0)	219	3	4	314,16	411,34	100	2.800
OPG205 (1)	385	11	19	0	0	0	0
OOPG205 (Σ)	702	54	-	189,60	1.166,39	0	26.400
OOPG205 (0)	242	3	3	550,00	1.938,61	100	26.400
OOPG205 (1)	460	9	11	0	0	0	0

¹N = número de animais, Min = mínimo, Max = máximo, (Σ) = total de animais avaliados para a característica, (0) = animais susceptíveis, (1) = animais resistentes. ²Número total (NT) de touros avaliados (Σ), número de touros com todos os filhos susceptíveis (0), número de touros com todos os filhos resistentes (1) e número de filhos (NF) do grupo de touros.

Segundo Hewetson & Nolan (1968), a infestação por carrapatos do presente experimento pode ser considerada baixa. Esses autores sugeriram que, para estimação de parâmetros genéticos com maior acurácia, seriam necessários, em média, 100 carrapatos por animal. Budeli et al.

(2009) recomendam que os registros de grupos contemporâneos para as avaliações genéticas devem ser de no mínimo 20 carrapatos por animal. Por se tratar de animais zebuínos e com baixo desafio parasitário, a média da contagem de carrapatos aos 205 dias nesse estudo foi menor que sugerido por esses autores. Lemos et al. (1985) e Oliveira & Alencar (1990) demonstraram, em bovinos mestiços com diferentes graus de sangue Holandês x Zebu, importante efeito genético na resistência ao carrapato. Segundo os autores citados, quanto mais próximo do genótipo europeu, maior a suscetibilidade ao carrapato. Assim, em função da maior resistência de animais zebuínos ao carrapato, os animais que apresentaram contagens superiores a zero foram considerados suscetíveis à infestação por carrapatos e as diferenças genéticas foram mensuradas.

A infestação por nematoides aos 205 dias foi considerada moderada, de acordo com os valores de referência apresentados por Ueno & Gonçalves (1998). Estes autores classificaram as infecções mistas com até 200 ovos por grama de fezes como sendo leves, infecções de 200 a 700 ovos por grama de fezes como moderadas, e infecções com mais de 700 ovos por grama de fezes como altas. Silva et al. (2012) encontraram médias de 500 ovos por grama de fezes nos animais mestiços Holandês x Gir, entre 3 e 6 meses de idade.

Para *Eimeria* spp., as contagens observadas no presente estudo foram inferiores às descritas por Von Samson-Himmelstjerna et al. (2006) em bezerros Holandês.

Aos 550 dias de idade, 49, 67 e 83% dos bezerros avaliados foram considerados resistentes aos carrapatos, aos nematoides gastrointestinais e a *Eimeira* spp., respectivamente (Tabela 2).

A contagem de carrapatos aos 550 dias de idade foi superior à relatada por Ayres et al. (2013) em bezerros mestiços Nelore x Hereford. Ainda assim, essa infestação pode ser considerada baixa.

De acordo com a classificação de Ueno & Gonçalves (1998), nos animais infectados por nematoides (N = 162), as contagens foram moderadas. O OPG tende a diminuir nos animais à medida que se tornam adultos, pois os animais adquirem imunidade ao redor dos 18 meses de idade (Bianchin & Catto, 2008). No presente estudo, a expressão de diferenças genéticas para a característica de resistência a esses parasitas foi analisada com contagens inferiores às descritas na literatura, já que o desafio parasitário era limitado, pois se tratava de um rebanho fechado, com pouca migração e vermifugações em períodos estratégicos. Além disso, por se tratarem de

animais zebuínos, também justifica a obtenção de baixas contagens (O'Kelly, 1980; Peña et al., 2000).

Tabela 2. Estatísticas descritivas¹ para contagem de carrapatos (CARR550), ovos de nematoides gastrointestinais por grama de fezes (OPG550) e oocistos de *Eimeria* spp. por grama de fezes (OOPG550) em bezerros Nelore aos 550 dias de idade.

Característica	N	Touros ²		Média	Desvio	Min.	Max.
		NT	NF				
CARR550 (Σ)	577	52	-	4,25	7,61	0	62
CARR550 (0)	292	6	8	8,40	8,92	2	62
CARR550 (1)	285	5	11	0	0	0	0
OPG550 (Σ)	489	59	-	111,25	232,80	0	1.800
OPG550 (0)	162	2	5	335,80	297,32	100	1.800
OPG550 (1)	327	13	28	0	0	0	0
OOPG550 (Σ)	457	52	-	338,29	4.406,40	0	71.600
OOPG550 (0)	79	3	4	1.956,96	10.502,5	100	71.600
OOPG550 (1)	378	24	91	0	0	0	0

¹N = número de animais, Min = mínimo, Max = máximo, (Σ) = total de animais avaliados para a característica, (0) = animais susceptíveis, (1) = animais resistentes. ²Número total (NT) de touros avaliados (Σ), número de touros com todos os filhos susceptíveis (0), número de touros com todos os filhos resistentes (1) e número de filhos (NF) do grupo de touros.

Para OOPG, infecções inferiores ao valor médio obtido na amostra de animais infectados naturalmente foram observadas por Larsson et al. (2011) em animais da raça Sueco Vermelho e Holandês de aproximadamente 18 meses, com contagem máxima de 450 oocistos de *Eimeria* spp. São muitos os fatores que influenciam a ocorrência e gravidade da infecção de bovinos por *Eimeria* spp. Dentre estes, são de grande relevância a umidade e a temperatura, que podem favorecer a sobrevivência e desenvolvimento do oocisto no ambiente. O fato do experimento citado ter sido realizado em uma região temperada pode ser uma provável explicação para essa diferença.

De forma geral, as infestações foram baixas para carrapato, nematoides e *Eimeria* spp. aos 205 e 550 dias. Propõe-se que a resistência às parasitoses por bovinos seja determinada por

diversos pares de genes, envolvendo ação gênica aditiva, gerando variação entre indivíduos de uma população (Lasley, 1987). Alguns autores tem demonstrado variação genética da resistência de bovinos a parasitas, indicando a possibilidade de obtenção de considerável progresso genético pela seleção (Alencar et al., 2005). Além disso, é de conhecimento geral que animais de origem zebuína são menos susceptíveis a parasitas em relação aos animais de origem taurina. Isso pode ser explicado pela trajetória evolutiva de convivência dos Zebus com esses parasitas – como o carrapato – enquanto que taurinos entraram em contato com esses parasitas apenas no momento de sua introdução nos trópicos (Andrade, 2001).

A baixa taxa de lotação da propriedade em que os animais estudados se encontravam pode ser outro fator para explicar os baixos valores encontrados para a infestação pelos parasitas considerados. Segundo Levine (1963), a relação do hábito de pastejo dos animais de produção com o modelo de comportamento das larvas afeta o grau de parasitismo. Como a taxa de lotação neste estudo foi relativamente baixa (0,98 UA/ha) e o manejo das pastagens foi realizado para garantir oferta de forragem e atender a maior parte das exigências nutricionais dos animais, com controle para entrada e saída dos animais dos piquetes de acordo com a altura das plantas, eles não pastajaram próximos ao solo, e isso pode ter diminuído a ingestão de larvas de nematoides. Além disso, a maior área para o pastejo de cada animal pode tornar menor o trânsito de animais em áreas com maior presença de parasitas e, conseqüentemente, sua possibilidade de infecção.

Os diferentes mecanismos de infecção dos parasitas também são diretamente afetados com a baixa taxa de lotação desse estudo. Assim, como se tratavam de animais a pasto, que são seletivos e rejeitam gramíneas ao redor de bolos fecais contaminados com ovos, essa pode ser uma explicação para a baixa infestação por nematoides gastrointestinais. A circulação da água oferecida ao rebanho também pode diminuir a contaminação deste por *Eimeria* spp.

Segundo Alencar et al. (2005) o método de infestação – natural ou artificial – pode alterar o grau de infecção dos bovinos e as estimativas de parâmetros genéticos para a característica de resistência a carrapatos. Esses autores sugerem que grande variação nos valores descritos na literatura para a característica de resistência a carrapatos ocorre provavelmente em consequência das diferenças nos métodos de infestação (natural e artificial), nos grupos genéticos, nos modelos estatísticos e nos métodos de análise estatística. Sugere-se que essas afirmações também sejam extensivas aos métodos de infecção de outros parasitas, como nematoides gastrointestinais e

Eimeria spp., já que nesses casos o método artificial pode gerar um maior desafio parasitário e evidenciar as respostas do animal à infecção.

Em geral, as médias *a posteriori* da herdabilidade para resistência dos bezerros Nelore aos 205 dias de idade aos parasitas foram de média magnitude (Tabela 3).

Tabela 3. Estatísticas descritivas¹ das distribuições *a posteriori* de parâmetros genéticos para resistência aos carrapatos (CARR205), aos nematoides (OPG205) e à *Eimeria* spp. (OOPG205) em bezerros Nelore aos 205 dias de idade, nas análises unicaracterísticas

Característica	Média	IAD 95%		Erro Padrão	
		Inferior	Superior		
	Variância Aditiva	0,2352	0,01	0,66	0,0062
CARR205	Variância Residual	1,0394	0,87	1,20	0,0019
	Herdabilidade	0,1600	0,01	0,40	0,0028
	Variância Aditiva	0,5214	0,03	1,56	0,0108
OPG205	Variância Residual	1,0664	0,90	1,25	0,0020
	Herdabilidade	0,2788	0,03	0,60	0,0039
	Variância Aditiva	0,3992	0,01	1,05	0,0080
OOPG205	Variância Residual	1,0632	0,91	1,22	0,0018
	Herdabilidade	0,2390	0,01	0,50	0,0033

¹IAD = intervalo de alta densidade com 95% das amostras da distribuição *a posteriori*.

Budeli et al. (2009) observaram aumento da variância genética com o aumento da infestação de bovinos Bonsmara com carrapatos. Esses autores também demonstraram aumento das estimativas de herdabilidade (0,05 a 0,17) com o aumento da contagem de carrapatos por grupo contemporâneo, que estabilizou quando a contagem por grupo contemporâneo foi entre 25 e 31. Além disso, recomendam que, sob infestação natural, a contagem de carrapatos deve ser realizada quando a população de carrapatos for alta. Os resultados do presente estudo foram inferiores aos observados por Burrow (2001), com estimativa de 0,42 para herdabilidade da contagem de carrapatos de bezerros Belmont Red do nascimento até os 18 meses de idade, e aproximaram-se do valor encontrado por Machado et al. (2010), com valor de 0,21 para herdabilidade da resistência aos carrapatos de bezerros Holandês x Zebu com idades entre 10 e 14

meses. Ainda, Penna (1989) afirmou que a herdabilidade para resistência ao carrapato em bovinos é de média a alta magnitude. A mesma autora sugeriu que é possível aumentar a frequência de animais resistentes por meio da seleção. Seifert (1971) avaliou variações na resistência a carrapatos entre e dentre raças e estimou herdabilidade de 0,48 para animais cruzados Shorthorn x Hereford e uma estimativa de 0,82 para mestiços Zebu. Henshall (2004) relatou estimativas de herdabilidade de 0,41 para dados transformados e enfatizou que a contagem de carrapatos deveria ser realizada quando os animais tivessem exposição ao parasita suficiente para garantir que a resistência foi adquirida.

Estimativas médias ou altas também foram reportadas para resistência aos nematoides gastrointestinais por Zinsstag et al. (2000) em bezerros N`Dama na África ocidental (0,18), por Burrow (2001) (0,36) e por Morris et al. (2003) de 0,34 em bezerros Angus. Sonstergard & Gasbarre (2001) demonstraram que a herdabilidade para a contagem de ovos por grama de fezes (OPG) variou entre 0,3 e 0,4, sugerindo que o aumento da frequência de animais resistentes pode ser obtido por meio de seleção.

No caso da resistência a *Eimeria* spp., a herdabilidade de 0,37 reportada por Kayis & Spelman (2003) em gado Holandês e Jersey de 180 a 270 dias de idade foi superior à média *a posteriori* do presente estudo, mas dentro do intervalo de alta densidade calculado.

De modo geral, mesmo a raça Nelore sendo considerada resistente aos parasitas estudados (Ibelli et al., 2011; Li et al., 2012), esses resultados demonstram a possibilidade de obtenção de progresso genético por meio da seleção para resistência aos carrapatos, nematoides gastrointestinais e *Eimeria* spp. em bezerros aos 205 dias de idade.

As médias *a posteriori* da herdabilidade para resistência dos bezerros Nelore aos 550 dias de idade aos parasitas podem ser consideradas de baixa magnitude para contagem de carrapatos e de alta magnitude para *Eimeria* spp. (Tabela 4).

Estimativas médias foram reportadas para resistência aos carrapatos por Regitano et al. (2006) com valor de 0,15 para herdabilidade da contagem de carrapatos em fêmeas Nelore e mestiças com Nelore aos 16 meses de idade. Outros autores encontraram valores superiores, como Turner et al. (2010) com estimativa de 0,37 da herdabilidade da contagem de carrapatos em gado Jersey, Holandês, Pardo Suíço, Australian Friesian Sahiwal, Guernsey e mestiços entre essas raças, e Mackinnon et al. (1991) com valor de 0,34 para herdabilidade de contagem de

carrapatos em animais mestiços de Afrikander, Shorthorn, Hereford e Brahman até os 18 meses na Austrália.

Tabela 4. Estatísticas descritivas¹ das distribuições *a posteriori* de parâmetros genéticos para resistência aos carrapatos (CARR550), aos nematoides (OPG550) e à *Eimeria* spp. (OOPG550) em bezerros Nelore aos 550 dias de idade, nas análises unicaracterísticas

Característica	Média	IAD 95%		Erro Padrão	
		Inferior	Superior		
	Variância Aditiva	0,1419	0,00	0,47	0,0039
CARR550	Variância Residual	1,0248	0,86	1,19	0,0019
	Herdabilidade	0,1073	0,0002	0,31	0,0023
	Variância Aditiva	0,1619	0,00	0,60	0,0047
OPG550	Variância Residual	1,0322	0,85	1,21	0,0021
	Herdabilidade	0,1148	0,001	0,37	0,0028
	Variância Aditiva	2,6740	0,04	8,64	0,0751
OOPG550	Variância Residual	1,0211	0,82	1,27	0,0025
	Herdabilidade	0,5664	0,05	0,90	0,0056

¹IAD = intervalo de alta densidade com 95% das amostras da distribuição *a posteriori*.

Estimativas médias também foram reportadas para resistência aos nematoides gastrointestinais por Mackinnon et al. (1991) com valor de 0,28 para herdabilidade de resistência aos nematoides gastrointestinais em animais mestiços de Afrikander, Shorthorn, Hereford e Brahman até os 18 meses na Austrália.

No caso da resistência a *Eimeria* spp. não foram encontradas estimativas de parâmetros genéticos para a idade aproximada de 550 dias na literatura consultada. Portanto, esse estudo descreve, pela primeira vez, estimativas de herdabilidade para a resistência a eimeriose em bovinos dessa idade.

De modo geral, as médias *a posteriori* da herdabilidade para resistência de bovinos Nelore aos parasitas aos 205 e 550 dias de idade nas análises bicaracterísticas (Tabela 5) foram superiores aos valores obtidos nas análises unicaracterísticas (Tabelas 3 e 4), exceto para

resistência aos carrapatos aos 205 dias e resistência à *Eimeria* spp. aos 550 dias, cujos valores obtidos nos dois tipos de análises foram semelhantes.

Tabela 5. Médias e intervalos de alta densidade (95%, entre parênteses) *a posteriori* da herdabilidade de resistência aos carrapatos (CARR205 e CARR550), nematoides gastrointestinais (OPG205 e OPG550) e *Eimeria* spp. (OOPG205 e OOPG550) em bovinos Nelore aos 205 e 550 dias de idade, nas análises bicaracterísticas¹

Característica 2	Característica 1					
	CARR205	CARR550	OPG205	OPG550	OOPG205	OOPG550
CARR205	-	0,32 (0,004;0,62)	0,46 (0,17;0,78)	-	0,36 (0,12;0,65)	-
OPG205	0,17 (0,01;0,42)	-	-	0,33 (0,06;0,58)	0,34 (0,07;0,63)	-
OOPG205	0,03 (0,001;0,17)	-	0,32 (0,07;0,58)	-	-	0,64 (0,36;0,9)
CARR550	0,16 (0,01;0,39)	-	-	0,35 (0,03;0,64)	-	0,54 (0,24;0,82)
OPG550	-	0,33 (0,01;0,69)	0,35 (0,05;0,62)	-	-	0,53 (0,19;0,86)
OOPG550	-	0,20 (0,0003;0,64)	-	0,27 (0,01;0,74)	0,22 (0,02;0,47)	-

¹Estatísticas da característica 1.

Nas análises bicaracterísticas as estimativas podem ter sido maiores, pois houve contribuição de informações de parentes na obtenção das amostras da distribuição *a posteriori*. Além disso, essas análises consideraram a correlação genética entre as características. Apesar da superioridade das estimativas das médias *a posteriori* da herdabilidade para as características de resistência aos parasitas estudados nas análises bicaracterísticas, as distribuições *a posteriori* seguiram a mesma tendência.

Apenas os dados dos grupos de contemporâneos que apresentaram variabilidade para as características estudadas foram considerados no banco de dados analisado. Este procedimento resultou na exclusão de 198, 126 e 28 (205 dias), e de 16, 16 e 48 (550 dias) dados de resistência

aos carrapatos, nematoides gastrointestinais e *Eimeria* spp., respectivamente, de modo que alguns animais permaneceram na base de dados com os registros de resistência aos 205 dias ou 550 dias, apenas. Dessa forma, as variâncias genéticas podem ter sido subestimadas na maioria das análises unicaracterísticas, conforme também foi observado por Faria et al. (2008).

Os resultados das análises uni e bicaracterísticas respaldam a possibilidade de obtenção de progresso genético por meio da seleção para resistência aos carrapatos, nematoides gastrointestinais e *Eimeria* spp. na raça Nelore.

As médias *a posteriori* das correlações genéticas entre as variáveis consideradas foram, geralmente, de magnitudes baixas ou médias e associadas a intervalos de alta densidade amplos, que incluíram o valor zero (Tabela 6). Dessa forma, não é possível afirmar que existe correlação genética diferente de zero para a maioria dos pares de características consideradas.

Tabela 6. Médias e intervalos de alta densidade (95%, entre parênteses) *a posteriori* para as correlações genéticas (acima da diagonal) e ambientais (abaixo da diagonal) para resistência aos carrapatos (CARR205 e CARR550), nematoides gastrointestinais (OPG205 e OOPG550) e *Eimeria* spp. (OOPG205 e OOPG550) em bovinos Nelore aos 205 e 550 dias de idade

	CARR205	CARR550	OPG205	OPG550	OOPG205	OOPG550
CARR205	-	-0,17 (-1,0;0,98)	-0,14 (-0,99;0,70)	-	-0,60 (-1,0;0,84)	-
OPG205	-0,08 (-0,52;0,48)	-	-	-0,37 (-0,97;0,48)	0,16 (-0,78;0,99)	-
OOPG205	-0,06 (-0,35;0,23)	-	0,32 (-0,11;0,91)	-	-	0,16 (-0,7;0,89)
CARR550	0,28 (-0,14;1,0)	-	-	-0,37 (-0,96;0,50)	-	0,74 (0,11;1,0)
OPG550	-	0,34 (-0,07;1,0)	0,52 (0,11;1,0)	-	-	-0,04 (-1,0;0,93)
OOPG550	-	-0,27 (-1,0;0,14)	-	0,59 (0,04;1,0)	-0,35 (-1,0;0,20)	-

Uma possível explicação para o fato das médias *a posteriori* e intervalos de alta densidade (95%) das três correlações genéticas entre as resistências aos parasitas nas duas idades

(CARR205 x CARR550, OPG205 x OPG550 e OOPG205 x OOPG550) (Tabela 5) indicarem que não existe associação genética seria o estímulo para desenvolvimento dos mecanismos de resistência adquiridos após o primeiro contato com os parasitas até os 205 dias de idade (Penna, 1989; Behrendt et al., 2008). Neste caso, seria esperado que parte dos animais susceptíveis na primeira avaliação fossem resistentes no segundo momento. Do total de animais com dados nas duas idades (N = 420, 369 e 395 para resistência aos carrapatos, nematoides gastrointestinais e *Eimeria* spp., respectivamente), aproximadamente 34,3%, 24,4% e 28,9% foram susceptíveis aos 205 dias e resistentes aos 550 dias de idade, respectivamente. Para esta situação, seria indicado pré-selecionar os animais resistentes aos 205 dias de idade e, posteriormente, selecionar aqueles resistentes aos 550 dias. Esta possibilidade seria viável uma vez que aproximadamente 14,3%, 44,1% e 54,9% dos animais avaliados nas duas idades foram resistentes aos carrapatos, nematoides gastrointestinais e *Eimeria* spp., nos dois momentos de avaliação, respectivamente.

Correlações nulas entre as resistências nas duas idades avaliadas (OPG205 x OPG550 e OOPG205 x OOPG550) poderiam ser explicadas por infecções de diferentes espécies de parasitas nos períodos avaliados. Essa hipótese baseia-se no fato de que os mecanismos de ação dos parasitas e, conseqüentemente, de resistência dos hospedeiros, é espécie-específico. Contudo, outros experimentos precisam ser realizados para confirmar essa hipótese.

Como as correlações entre as resistências aos três parasitas na mesma idade (CARR x OPG, CARR x OOPG e OPG x OOPG aos 205 ou 550 dias de idade) também foram nulas na maioria dos casos, é possível inferir que os genes que regulam os processos de resistência sejam diferentes e que a seleção para aumentar as frequências de animais resistentes deve considerar as três características ao mesmo tempo ou, dependendo da situação, a característica mais relevante para o rebanho de interesse. Também seria possível especular que as especificidades dos mecanismos de ação dos parasitas impossibilitam suas avaliações conjuntas. Uma alternativa seria a realização de um estudo prévio com identificação de espécies existentes nos rebanhos avaliados. Isso proporcionaria a avaliação relacionada com mecanismos de ação do parasita. Dessa forma, o processo de seleção de animais resistentes poderia ser facilitado e mais efetivo.

A única correlação genética alta e cujo intervalo de alta densidade não incluiu o valor zero foi aquela entre resistência aos carrapatos e à *Eimeria* spp. aos 550 dias de idade. Neste último caso, é possível inferir que existem efeitos pleiotrópicos ou ligação dos genes relacionados com os mecanismos de resistência aos dois tipos de parasitas. Na prática, a mensuração de apenas uma

das variáveis ao sobreano poderia ser realizada para obtenção de respostas direta e correlacionada para aumento da resistência à *Eimeria* spp. e carrapatos, respectivamente.

As médias e intervalos de alta densidade *a posteriori* das correlações ambientais também indicaram que os efeitos ambientais que influenciam a expressão de uma característica possuem pouco, ou nenhum, efeito sobre a expressão das outras variáveis (Tabela 6). Considerando-se as correlações ambientais entre as três características na mesma idade, é possível inferir que as cargas parasitárias nos ambientes de criação referentes à contaminação do ambiente com larvas de carrapatos, de nematoides e esporozoítos sejam independentes. Quando são consideradas as correlações entre as resistências aos mesmos parasitas, mas em diferentes idades, as mudanças de pasto podem ser responsáveis parciais pelas correlações nulas. Para esse mesmo grupo de pares de características, correlações ambientais diferentes de zero (OPG205 x OPG550) podem ser explicadas, parcialmente, pela manutenção da carga parasitária nos animais ao longo do tempo em função da não utilização de anti-parasitários ou até mesmo pela ineficácia dos tratamentos.

As médias *a posteriori* da herdabilidade (Tabelas 3, 4 e 5), juntamente com a identificação de reprodutores com todas as progênies resistentes ou susceptíveis aos carrapatos, nematoides gastrointestinais e à *Eimeria* spp. (Tabelas 1 e 2) respaldam a inclusão dessas características como critérios de seleção na raça Nelore quando houver necessidade e interesse de aumentar a frequência de animais resistentes ou a eficácia dos programas de controle de parasitas em animais criados a pasto.

3.5. Conclusões

A seleção pode aumentar a frequência de bovinos Nelore resistentes aos carrapatos, nematoides gastrointestinais e *Eimeria* spp.

A seleção de animais resistentes pode ser incluída nos programas estratégicos de controle de parasitas em bovinos Nelore criados a pasto.

As médias *a posteriori* e intervalos de alta densidade (95%) das correlações genéticas entre as resistências aos parasitas nas duas idades (CARR205 x CARR550, OPG205 x OPG550 e OOPG205 x OOPG550) indicam que não existe associação genética entre elas.

4. REFERÊNCIAS

- ALENCAR, M.M.; FRAGA, A.B.; DA SILVA, A.M. Adaptação de genótipos a ambientes tropicais: resistência à mosca-dos-chifres (*Haematobia irritans*, linnaeus) e ao carrapato (*Boophilus microplus*, canestrini) em diferentes genótipos bovinos. **Agrociência**, v.9, p.579-585, 2005.
- ANDRADE, A.B.F. **Análise genética da infestação de fêmeas da raça Caracu por carrapato (*Boophilus microplus*) e mosca-dos-chifres (*Haematobia irritans*)**. 2001. 104p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- AYRES, D.R.; PEREIRA, R.J.; BOLIGON, A.A. et al. Linear and Poisson models for genetic evaluation of tick resistance in cross-bred Hereford x Nelore cattle. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.130, p.417-424, 2013.
- BEHRENDT, J.H.; HERMOSILLA, C.; HARDT, M. et al. PMN-mediated immune reactions against *Eimeria bovis*. **Veterinary Parasitology**, v.151, p.97-109, 2008.
- BEKHTI, K.; KAZANJI, M.; PERY, P. In vitro interactions between murine neutrophils and *Eimeria falciformis* sporozoites. **Research in Immunology**, v.143, p.909-917, 1992.
- BIANCHIN, I.; CATTO, J. B. Epidemiologia e alternativas de controle de helmintos em bovinos de corte na Região Central do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PARASITOLOGIA VETERINÁRIA, 15., 2008, Curitiba. **Programa & Resumos**. Jaboticabal: Colégio Brasileiro de Parasitologia Veterinária, [2008]. (CD-ROM).
- BRICARELLO, P.A.; ZAROS, L.G.; COUTINHO, L.L. et al. Field study on nematode resistance in Nelore-breed cattle. **Veterinary Parasitology**, v.148, p.272-278, 2007.
- BRICARELLO, P.A.; ZAROS, L.G.; COUTINHO, L.L. et al. Immunological responses and cytokine gene expression analysis to *Cooperia punctata* infections in resistant and susceptible Nelore cattle. **Veterinary Parasitology**, v.155, p.95-103, 2008.
- BROWN, W.C.; MCELWAIN, T.F.; PALMER, G.H. et al. Bovine CD4+ T-lymphocyte clones specific for rhoptry-associated protein 1 of *Babesia bigemina* stimulate enhanced immunoglobulin G1(IgG1) and IgG2 synthesis. **Infection and Immunity**, v.67, p.155-164, 1999.

- BROWN, W.C.; RICE-FICHT, A.C.; ESTES, D.M. et al. Bovine type 1 and type 2 responses. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v.63, p.45-55, 1998.
- BUDELI, M.A.; NEPHAWE, K.A.; NORRIS, D. et al. Genetic parameter estimates for tick resistance in Bonsmara cattle. **South African Journal of Animal Science**, v.39, p.321-327, 2009.
- BURROW, H.M. Variances and covariances between productive and adaptive traits and temperament in a composite breed of tropical beef cattle. **Livestock Production Science**, v.70, p.213-233, 2001.
- CANALS, A.; GASBARRE, L.C. *Ostertagia ostertagi*: isolation and partial characterization of somatic and metabolic antigens. **International Journal for Parasitology**, v.20, p.1047-1054, 1990.
- CANUL-KU, H.L.; RODRÍGUEZ-VIVAS, R.I.; TORRES-ACOSTA, J.F.J. et al. Prevalence of cattle herds with ivermectin resistant nematodes in the hot sub-humid tropics of Mexico. **Veterinary Parasitology**, v.183, p.292-298, 2012.
- CARRERA, J.P.B.; SANTOS, D.C.C.; SCALEZ, D.C.B. et al. Avaliação de fatores de variação genética e de manejo na intensidade de infestação parasitária em gado Nelore. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RAÇAS ZEBUÍNAS, 8., 2011, Uberaba. **Anais...** Uberaba: Associação Brasileira de Criadores de Zebu, 2011. P.174-176.
- CARVALHO, W.A.; FRANZIN, A.M.; ABATEPAULO, A.R.R. et al. Modulation of cutaneous inflammation induced by ticks in contrasting phenotypes of infestation in bovines. **Veterinary Parasitology**, v.167, p.260-273, 2010.
- CEZAR, A.S.; CATTO, J.A.; BIANCHIN, I. Controle alternativo de nematódeos gastrintestinais dos ruminantes: atualidade e perspectivas. **Ciência Rural**, v.38, p.2083-2091, 2008.
- CEZAR, I.M.; QUEIROZ, H.P.; THIAGO, L.R.L.S. et al. **Sistemas de produção de gado de corte no Brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate**. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2005. 40p. (Embrapa Gado de Corte. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 151).
- CHARLIER, J.; HÖGLUND, J.; SAMSON-HIMMELSTJERNA, G.V. et al. Gastrointestinal nematode infections in adult dairy cattle: Impact on production, diagnosis and control. **Veterinary Parasitology**, v.164, p.70-79, 2009.

- CLAEREBOUT, E.; VERCRUYSSSE, J. The immune response and the evaluation of acquired immunity against gastrointestinal nematodes in cattle: a review. **Parasitology**, v.120, p.25-42, 2000.
- CONDI, G.K.; SOUTELLO, R.G.V.; AMARANTE, A.F.T. Moxidectin resistant nematodes in cattle in Brazil. **Veterinary Parasitology**, v.161, p.213-217, 2009.
- COOPER, K.M.; WHELAN, M.; KENNEDY, D.G. et al. Anthelmintic drug residues in beef: UPLC-MS/MS method validation, European retail beef survey, and associated exposure and risk assessments. **Taylor & Francis**, v.29, p.746-760, 2012.
- COSTA, V.M.M.; RODRIGUES, A.L.; MEDEIROS, J.M.A. et al. Tristeza parasitária bovina no Sertão da Paraíba. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.31, p.239-243, 2011.
- CYRILLO, J.N.S.G.; RAZOOK, A.G.; FIGUEIREDO, L.A. et al. Estimativas de tendências e parâmetros genéticos do peso padronizado aos 378 dias de idade, medidas corporais e perímetro escrotal de machos Nelore de Sertãozinho, SP. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.56-65, 2001.
- DE LA FUENTE, J.; ESTRADA-PEÑA, A.; VENZAL, J.M. et al. Overview: ticks as vectors of pathogens that cause disease in humans and animals. **Frontiers in Bioscience**, v.13, p.6938-6946, 2008.
- ERNST, J.V.; CIORDIA, H.; STUEDEMAN, J.A. et al. Coccidia in cows and calves on pasture in north Georgia (USA). **Veterinary Parasitology**, v.15, p.213-221, 1984.
- FABER, J.E.; KOLLMANN, D.; HEISE, A. et al. Eimeria infections in cows in the periparturient phase and their calves: oocyst excretion and levels of specific serum and colostrum antibodies. **Veterinary Parasitology**, v.104, p.1-17, 2002.
- FAO. [2012]. World Livestock 2011: Livestock in food security. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/014/i2373e/i2373e00.htm>> Acesso em: 15 de nov. 2012.
- FAOSTAT. [2013]. The Statistics Division of the FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/home/index.html>> Acesso em: 18 de jan. 2013.
- FARIA, C.U.; MAGNABOSCO, C.U.; ALBUQUERQUE, L.G. et al. Análise genética de escores de avaliação visual de bovinos com modelos bayesianos de limiar e linear. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, p.835-841, 2008.

- FARIA, F.J.C.; VERCESI FILHO, A.E.; MADALENA, F.E. et al. Pedigree analysis in the Brazilian Zebu breeds. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.126, p.148-153, 2009.
- FOSTER, L.A.; FOURIE P.J.; NESER, F.W.C. et al. [2008]. Differences in physical traits such as coat score and hide-thickness together with tick bur- dens and body condition score in four breeds in the Southern Free State. Disponível em: <<http://www.studbook.co.za/Society/drakensberger/pdf/Ticks.pdf>> Acesso em: 24 Fev. 2013.
- FOSTER, N.; EISHEIKHA, H.M. The immune response to parasitic helminths of veterinary importance and its potential manipulation for future vaccine control strategies. **Parasitology Research**, v.110, p.1587-1599, 2012.
- FRANCIS, J.; LITTLE, D.A. Resistance of DroughtMaster cattle to tick infestation and *Babesiosis*. **Australian Veterinary Journal**, v.40, p.247-253, 1964.
- GARÇON, N.; STERN, P.L.; CUNNINGHAM, A.L. et al. **Understanding modern vaccines: perspectives in vaccinology**. 1.ed. Cambridge: Elsevier B. V., 2011.
- GASBARRE, L.C.; NANSEN, P.; MONRAD, J. Serum anti- trichostrongyle antibody responses of first and second season grazing calves. **Research in Veterinary Science**, v.54, p.340-344, 1993.
- GEWEKE, J. Evaluating the accuracy of sampling-based approaches to calculating posterior moments. In: BERNARDO, J.M.; BERGER, J.O.; DAWID, A.P.; SMITH, A.F.M. (Eds.), **Bayesian Statistics**. Oxford University Press: Oxford, 1992. p.1–31.
- GLASS, E.J.; CRUTCHLEY, S.; JENSEN, K. Living with the enemy or uninvited guests: Functional genomics approaches to investigating host resistance or tolerance traits to a protozoan parasite, *Theileria annulata*, in cattle. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v.148, p.178-189, 2012.
- GRAEF, J.D.; SARRE, C.; MILLS, B.J. et al. Assessing resistance against macrocyclic lactones in gastro-intestinal nematodes in cattle using the faecal egg count reduction test and the controlled efficacy test. **Veterinary Parasitology**, v.189, p.378-382, 2012.
- HÄRLE, P.; PONGRATZ, G.; ALBRECHT, J. An early sympathetic nervous system influence exacerbates collagen-induced arthritis via CD4+CD25+ cells. **Arthritis and Rheumatism**, v.58, p.2347-2355, 2008.
- HAZEL, L.N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, v.28, p.476-490, 1943.

- HEIDELBERGER, P.; WELCH, P.D. Simulation run length control in the presence of an initial transient. **Operations Research**, v.31, p.1109–1144, 1983.
- HENSHALL, J.M. A genetic analysis of parasite resistance traits in a tropically adapted line of *Bos taurus*. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.55, p.1109-1116, 2004.
- HERSOM, M.J.; MYER, R.O.; CARTER, J.N. et al. Influence on weaning weights of nursing beef cattle calves de-wormed 90 days prior to weaning. **Livestock Science**, v.136, p.270-272, 2011.
- IBELLI, A.M.G.; NAKATA, L.C.; ANDRÉO, R. et al. mRNA profile of Nellore calves after primary infection with *Haemonchus placei*. **Veterinary Parasitology**, v.176, p.195-200, 2011.
- IBELLI, A.M.G.; RIBEIRO, A.R.B.; GIGLIOTI, R. Resistance of cattle of various genetic groups to the tick *Rhipicephalus microplus* and the relationship with coat traits. **Veterinary Parasitology**, v.186, p.425-430, 2012.
- JOHNSTON, T.H.; BANCROFT, M.J. A tick resistance condition in cattle. **Proceedings of the Royal Society**, v.30, p.219-317, 1918.
- KAPLAN, R.M.; VIDYASHANKAR, A.N. An inconvenient truth: Global worming and anthelmintic resistance. **Veterinary Parasitology**, v.186, p.70-78, 2012.
- KAYIS, S.A.; SPELMAN, R.J. Heritability analyses of natural nematode challenge. In: PROCEEDINGS OF THE ASSOCIATION FOR THE ADVANCED OF ANIMAL BREEDING AND GENETICS, 15, 2003, Melbourne. **Proceedings...** Melbourne: Association for the Advanced of Animal Breeding and Genetics, 2003. p.123-126.
- KEMP, D.H.; KOUDSTAAL, D.; KERR, J.D. Labelling larvae of the cattle tick *Boophilus microplus* with to follow their movement on the host. **Journal of Parasitology**, v.63, p.323-330, 1971.
- KOUDSTAAL, D.; KEMP, D.H.; KERR, J.D. *Boophilus microplus*: rejection of larval from british breed cattle. **Journal of Parasitology**, v.76, p.379-386, 1978.
- LARSSON, A.; UGGLA, A.; WALLER, P.J. et al. Performance of second-season grazing cattle following different levels of parasite control in their first grazing season. **Veterinary Parasitology**, v.175, p.135-140, 2011.
- LASLEY, J.F. **Genetics of livestock improvement**. 4.ed. New Jersey: Prentice – Hall, 1987. 429p.

- LASSEN, B.; ØSTERGAARD, S. Estimation of the economical effects of Eimeria infections in Estonian dairy herds using a stochastic model. **Preventive Veterinary Medicine**, v.106, p.258-265, 2012.
- LATIF, A.A.; ROWLANDS, G.J.; PUNYUA, D.K. et al. An epidemiological study of tick-borne diseases and their effects on productivity of zebu cattle under traditional management on Rusinga Island, western Kenya. **Preventive Veterinary Medicine**, v.22, p.169-183, 1995.
- LEATHWICK, D.M.; WAGHORN, T.S.; MILLER, C.M. et al. Managing anthelmintic resistance – use of a combination anthelmintic and leaving some lambs untreated to slow the development of resistance to ivermectin. **Veterinary Parasitology**, v.187, p.285-294, 2012.
- LEMOS, A.M.; TEODORO, R.L.; OLIVEIRA, G.P. et al. Comparative performance of six Holstein-Friesian x Guzerá grades in Brazil. 3. Burdens of *Boophilus microplus* under field conditions. **Animal Production**, v.41, p.187-191, 1985.
- LEVINE, N. D. Weather, climate, and the bionomics of ruminant nematode larvae. **Advances in Veterinary Science**, v.8, p.215-261, 1963.
- LI, R.W.; CHOUDHARY, R.K.; CAPUCO, A.V. et al. Exploring the host transcriptome for mechanisms underlying protective immunity and resistance to nematode infections in ruminants. **Veterinary Parasitology**, v.190, p.1-11, 2012.
- LI, R.W.; SONSTERGARD, T.S.; TASELL, C.P.V. et al. Local inflammation as a possible mechanism of resistance to gastrointestinal nematodes in Angus heifers. **Veterinary Parasitology**, v.145, p.100-107, 2007.
- MACHADO, M.A.; AZEVEDO, A.L.; TEODORO, R.L. et al. Genome wide scan for quantitative trait loci affecting tick resistance in cattle (*Bos taurus* × *Bos indicus*). **BMC Genomics**, v.11, p.280, 2010.
- MACKINNON, M.J.; MEYER, K.; HETZEL, D.J.S. Genetic variation and covariation for growth, parasite resistance and heat tolerance in tropical cattle. **Livestock Production Science**, v.27, p.105-122, 1991.
- MAILLARD, I.; FANG, T.; PEAR, W.S. Regulation of lymphoid development, differentiation, and function by the Notch pathway. **Annual Review of Immunology**, v.23, p.945-974, 2005.
- MARCELINO, I.; ALMEIDA, A.M.; VENTOSA, M. et al. Tick-borne diseases in cattle: Applications of proteomics to develop new generation vaccines. **Journal of Proteomics**, v.75, p.4232-4250, 2012.

- MARRS, T.C. **Mammalian Toxicology of Insecticides (Issues in Toxicology)**. 1.ed. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 2012. 506p.
- MARUFU, M.C.; QOKWENIA, L.; CHIMONYO, M. et al. Relationships between tick counts and coat characteristics in Nguni and Bonsmara cattle reared on semiarid rangelands in South Africa. **Ticks and Tick-borne Diseases**, v.2, p.172-177, 2011.
- MEZOUGHEM, C.; AHMED, L.; SANDOVAL, L. et al. **Livestock and poultry: world markets and trade**. Washington: USDA, 2012. 30p. (United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. Report bulletin, October).
- MISZTAL, I (2009). Disponível em : <<http://nce.ads.uga.edu/~ignacy/newprograms.html/>>
Acesso em: 17 Nov. 2012.
- MITCHELL, E.S.E.; SMITH, R.P.; ELLIS-IVERSEN, J. et al. Husbandry risk factors associated with subclinical coccidiosis in young cattle. **The Veterinary Journal**, v.193, p.119-123, 2012.
- MONDAL, D.B.; SARMA, K.; SARAVANAN, M. Upcoming of the integrated tick control program of ruminants with special emphasis on livestock farming system in India. **Ticks and Tick-borne Diseases**, v.4, p.1-10, 2013.
- MORALES, G.; PINO, L.A.; SANDOVAL, E. et al. Relación entre la condición corporal y el nivel de infestación parasitaria en bovinos a pastoreo como criterio para el tratamiento antihelmíntico selectivo. **Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú**, v.23, p.80-89, 2012.
- MORRIS, C.A.; GREEN, R.S.; CULLEN, N.G. et al. Genetic and phenotypic relationships among faecal egg count, anti-nematode antibody level and live weight in Angus cattle. **Animal Science**, v.76, p.167-174, 2003.
- O'KELLY, J.C. Parasitism and blood composition in genetically different types of cattle grazing in a tropical environment. **Veterinary Parasitology**, v.6, p.381-390, 1980.
- OLIVEIRA, G.P.; ALENCAR, M.M. Resistência de bovinos de seis graus de sangue Holandes-Guzerá ao carrapato (*Boophilus microplus*) e ao berne (*Dermatobia hominis*). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.42, p.127-135, 1990.
- OLIVEIRA, J.H.F.; MAGNABOSCO, C.U.; BORGES, A.M.S.M. et al. **Nelore: base genética e evolução seletiva no Brasil**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. 54p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 49).

- OLIVEIRA, P.S.; SANTANA JÚNIOR, M.L.; PEDROSA, V.B. et al. Estrutura populacional de rebanho fechado da raça Nelore da linhagem Lemgruber. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.639-647, 2011.
- PEÑA, M.T.; MILLER, J.E.; WYATT, W. et al. Differences in susceptibility to gastrointestinal nematode infection between Angus and Brangus cattle in south Louisiana. **Veterinary Parasitology**, v.89, p.51-56, 2000.
- PENNA, V.M. *Boophilus microplus*: A resistência genética do hospedeiro como forma de controle. **Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG**, v.4, p.3-65, 1989.
- POLAQUINI, L.E.M.; SOUZA, J.G.; GEBARA, J.J. et al. Transformações técnico-produtivas e comerciais na pecuária de corte brasileira a partir da década de 90. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.321-327, 2006.
- RAFTERY, A.L.; LEWIS, S. One long run with diagnostics: implementation strategies for Markov chain Monte Carlo. **Statistical Science**, v.7, p.493-497, 1992.
- REGITANO, L.C.A.; OLIVEIRA, M.C.S.; ALENCAR, M.M. et al. **Avaliação da resistência de bovinos de diferentes grupos genéticos ao carrapato e à babesiose**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2006. 48p. (Embrapa Pecuária Sudeste. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 9).
- REHBEIN, S.; BAGGOTT, D.G.; JOHNSON, E.G. et al. Nematode burdens of pastured cattle treated once at turnout with eprinomectin extended-release injection. **Veterinary Parasitology**, v.192, p.321-331, 2013.
- ROBERTS, J.A. Resistance of cattle to tick *Boophilus microplus* (Canestrini). I. Development of ticks on *Bos taurus*. **Journal of Parasitology**, v.54, p.663-666, 1968.
- SEIFERT, G.W. Variations between and within breeds of cattle in resistance to field infestation of the cattle tick (*Boophilus microplus*). **Australian Journal of Agricultural Research**, v.22, p.159-168, 1971.
- SENGER, C.M.; HAMMOND, D.M.; THORNE, J.L. et al. Resistance of calves to reinfection with *Eimeria bovis*. **Journal of Eukaryotic Microbiology**, v.6, p.51-58, 1959.
- SHAW, D.J.; VERCRUYSSSE, J.; CLAEREBOUT, E. et al. Gastrointestinal nematode infections of first-grazing season calves in Western Europe: general patterns and the effect of chemoprophylaxis. **Veterinary Parasitology**, v.75, p.115-131, 1998.

- SHI, M.Q.; HIRZMANN, J.; DAFAL`ALLA, T.H. et al. In vivo expression profiles of cytokine and iNOS mRNAs in rats infected with *Eimeria separata*. **Veterinary Parasitology**, v.97, p.131-140, 2001.
- SILVA, J.B.; RANGEL, C.P.; FONSECA, A.H. et al. Gastrointestinal helminths in calves and cows in an organic milk production system. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, v.21, p.87-91, 2012.
- SIMÓN, L; HÉRNANDEZ, K.; LÓPEZ, O. Nota técnica: Comportamiento productivo de machos Holstein x Cebú en silvopastoreo. **Pastos y Forrajes**, v.32, p.1-5, 2009.
- SINDAN. Mercado veterinário. Faturamento do setor. Disponível em: <<http://www.sindan.org.br/sd/informacoes/mercados.aspx>> Acesso em 18 set. 2012.
- SMITH, W.D.; JACKSON, F.; JACKSON, E. et al. Age immunity to *Ostertagia circumcincta*: comparison of the local immune responses of 445- and 10-month-old lambs. **Journal of Comparative Pathology**, v.95, p.235-245, 1985.
- SMITH, B.J., 2005. Bayesian output analysis program (BOA) version 1.1 user's manual. Disponível em: <<http://www.public-health.uiowa.edu/boa/2005>> Acesso em 23 ago. 2011.
- SONSTERGARD T. S.; GASBARRE, L. C. Genomic tools to improve parasite resistance. **Veterinary Parasitology**, v.101, p.387-403, 2001.
- SORENSEN, D.A.; ANDERSEN, S.; GIANOLA, D. et al. Bayesian Inference in threshold models using Gibbs sampling. **Genetics Selection Evolution**, v.27, p.229-249, 1995.
- SOUTELLO, R.G.V.; SENO, M.C.Z.; AMARANTE, A.F.T. Anthelmintic resistance in cattle nematodes in northwestern São Paulo State, Brazil. **Veterinary Parasitology**, v.148, p.360-364, 2007.
- SRIVASTAVA, P.S.; LATA, K.; SINHA, S.R.P. et al. Induction of acquired immunity against *Boophilus microplus* ticks in rabbits sensitized with tick tissue. **Veterinary Parasitology**, v.1, p.23-28, 1987.
- STEAR, M.J.; BISHOP, S.C.; DOLIGALSKA, M. et al. Regulation of egg production, worm burden, worm length and worm fecundity by host responses in sheep infected with *Ostertagia circumcincta*. **Parasite Immunology**, v.17, p.643-652, 1995.
- STONE, K.D.; PRUSSIN, C.; METCALFE, D.D. IgE, mast cells, basophils, and eosinophils. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**, v.125, p.73-80, 2010.

- STROMBERG, B.E.; VATTHAUER, R.J.; SCHLOTTHAUER, J.C. et al. Production responses following strategic parasite control in a beef cow/calf herd. **Veterinary Parasitology**, v.68, p.15-322, 1997.
- SUTHERLAND, I.A.; LEATHWICK, D.M. Anthelmintic resistance in nematode parasites of cattle: a global issue? **Trends in Parasitology**, v.27, p.176-181, 2011.
- SUTHERST, R.W.; MAYWALD, G .F.; KERR, J.D. et al. The effect of the cattle tick (*Boophilus microplus*) on the growth of *Bos indicus* x *Bos taurus* steers. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.34, p.317-327, 1983.
- THEODOROPOULOS, G.; PERISTEROPOULOU, P.; KOUAM, M.K. et al. Survey of gastrointestinal parasitic infections of beef cattle in regions under Mediterranean weather in Greece. **Parasitology International**, v.59, p.556-559, 2010.
- TURNER, L.B.; HARRISON, B.E.; BUNCH, R.J. et al. A genome-wide association study of tick burden and milk composition in cattle. **Animal Production Science**, v.50, p.235-245, 2010.
- UENO, H.; GONÇALVES, P.C. **Manual para diagnóstico das helmintoses de ruminantes**. 4.ed. Tóquio: Japan International Cooperation Agency, 1998. 143p.
- UTECH, K.B.W. Prospects of selection for tick resistance in british breeds of cattle. The future of the british breeds in the tick areas. **Queensland Agricultural College**, v.29, p.30-38, 1979.
- VERCRUYSSSE, J.; HILDERSON, H.; CLAEREBOUT, E. Effect of chemoprophylaxis on immunity to gastrointestinal nematodes in cattle. **Parasitology Today**, v.10, p.129-132, 1994.
- VILLARES, J.B. Climatologia Zootécnica. III contribuição ao estudo da resistência e susceptibilidade genética dos bovinos ao *Boophilus microplus*. **Boletim da Indústria Animal**, v.4, p.60, 1941.
- VON SAMSON-HIMMELSTJERNA, G.; EPE, C.; WIRTHELERLE, N. et al. Clinical and epidemiological characteristics of Eimeria infections in first-year grazing cattle. **Veterinary Parasitology**, v.136, p.215-221, 2006.
- WHARTHORN, R.H.; UTECH, K.B.W. The relation between engorgement and dropping of *B. microplus* (Canestrini) (Ixodidae) to the assessment of tick numbers on cattle. **Journal Australian Entomology Society**, v.9, p.171-182, 1970.
- WOOF, J.M.; KERR, M.A. The function of immunoglobulin A in immunity. **The Journal of Pathology**, v.208, p.270-282, 2006.

- YAZWINSKI T.A.; WILLIAMS J.C.; SMITH L.L. et al. Dose determination of the persistent activity of moxidectin long-acting injectable formulations against various nematode species in cattle. **Veterinary Parasitology**, v.137, p.273-285, 2006.
- ZAROS, L.G.; BRICARELLO, P.A.; AMARANTE, A.F.T. Quantification of bovine cytokine expression using real-time RT-PCR methodology. **Genetics and Molecular Biology**, v.30, p.575-579, 2007.
- ZAROS, L.G.; BRICARELLO, P.A.; AMARANTE, A.F.T. Cytokine gene expression in response to *Haemonchus placei* infections in Nelore cattle. **Veterinary Parasitology**, v.171, p.68-73, 2010.
- ZINSSTAG, J.; ANKERS, P.; NJIE, M. et al. Heritability of gastrointestinal nematode faecal egg counts in West African village N'Dama cattle and its relation to age. **Veterinary Parasitology**, v.89, p.71-78, 2000.