



Control de la helmintiasis en becerros criados en una región semiárida cálida de Brasil



Ludmilla de Fátima Leal Pereira^a

Eduardo Robson Duarte^{a*}

Gabriela Almeida Bastos^a

Viviane de Oliveira Vasconcelos^b

Evely Giovanna Leite Costa^a

Laydiane de Jesus Mendes^a

Idael Matheus Góes Lopes^a

Iara Maria Franca Reis^a

^a Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Avenida Universitária, 1000, Tel.: + 55 38-2101-7707; Fax: + 55 38 2101-7703. Bairro Universitário, Montes Claros, Minas Gerais 39400-006, Brasil.

^b Universidade Federal Estadual de Montes Claros. Montes Claros, Minas Gerais, Brasil.

*Autor de correspondencia: duartevet@hotmail.com

Resumen:

El uso excesivo o inadecuado de los antihelmínticos sintéticos está promoviendo la selección de cepas resistentes de nematodos gastrointestinales al nivel mundial. Se llevó a cabo la caracterización de la helmintiasis y la eficacia antihelmíntica de cinco antihelmínticos en una muestra de becerros criados en el estado de Minas Gerais, Brasil. El estado está ubicado en una región conocida como el Sertão, y el clima es semiárido cálido. Se aplicaron cuestionarios semi-estructurados para recopilar datos sobre 60 granjas de ganado en el norte del estado. En ocho hatos se realizaron pruebas de la reducción del recuento de huevos fecales (RHF) para analizar el perfil de resistencia a cinco antihelmínticos comunes (albendazol, levamisol, ivermectina, doramectina y

abamectina). Para aplicar el RHF, se recolectaron muestras fecales de grupos de al menos 10 becerros homogéneos con un RHF ≥ 150 por tratamiento. Se tomaron las muestras un día antes y catorce días después de la desparasitación con uno de los antihelmínticos; un grupo de control no recibió ningún tratamiento. Por medio de coprocultivo, se identificaron los géneros de las larvas presentes en las muestras. El cuestionario arrojó que el pastoreo extensivo fue el sistema predominante de producción de becerros, que se administraron antihelmínticos cada seis meses en el 64 % de las granjas, y que las lactonas macrocíclicas fue el grupo antihelmíntico más utilizado. La eficacia de los antihelmínticos evaluados varió entre el 62 y el 98.9 %. El perfil de resistencia verificado de la ivermectina, el levamisol, el albendazol y la doramectina es preocupante porque el género *Haemonchus* fue el más frecuente antes y después de los tratamientos. Se detectaron variaciones entre los hatos en términos de los sistemas de cría, las prácticas de control y los perfiles de susceptibilidad a los antihelmínticos. Los resultados resaltan la importancia de implementar el control estratégico de parásitos mediante la prueba de reducción de RHF para la elección de antihelmínticos, y de fomentar prácticas alternativas de control.

Palabras clave: Ganado, Resistencia antihelmíntica, Nematodos, Parásitos, Control estratégico.

Recibido: 15/08/2017

Aceptado: 30/03/2018

Introducción

La producción ganadera representa una importante actividad económica en las zonas tropicales y subtropicales⁽¹⁾ y es la principal fuente de ingresos de una proporción sustancial de la población rural⁽²⁾. Las enfermedades como la helmintiasis gastrointestinal pueden influir en el desarrollo de los becerros, y como consecuencia aumentar los costos de producción^(3,4). Los nematodos gastrointestinales (NG) pueden causar daño severo en los bovinos jóvenes y en las hembras primíparas, reduciendo su desarrollo, bajando su productividad, y resultando en pérdidas económicas; en casos extremos se puede aumentar la tasa de mortalidad en becerros con altas cargas parasitarias^(3,5,6).

Los antihelmínticos sintéticos (AH), como los benzimidazoles (BZ), las lactonas macrocíclicas (ML) y los imidazotiazoles (IMZ) se han utilizado intensamente para el control de los NG en bovinos^(7,8). Sin embargo, el uso inapropiado de ellos, la aplicación de dosis demasiado bajas, los diagnósticos incorrectos, y la falta de conocimiento sobre la epidemiología de los NG han contribuido a la selección de NG resistentes^(4,9).

Como medida de prevención de la resistencia, las pruebas de eficacia de los AH se deben de realizar en las granjas por lo menos una vez al año. Esto permite identificar los AH con eficacias bajas para sustituirlos con otros que todavía la tienen^(4,10). En comparación con los pequeños rumiantes, muy pocos estudios han estado enfocados en la resistencia a los AH en bovinos en áreas tropicales. Desde luego es muy probable que las estimaciones del número de casos son inferiores a la incidencia real⁽¹¹⁾.

Se han generado reportes en diferentes continentes sobre los hatos bovinos que manifiestan la multiresistencia a los AH^(4,12). Sin embargo, muy pocos estudios han abarcado el perfil de susceptibilidad a AH, la epidemiología de la helmintiasis bovina y la gestión del control de éste condición en regiones de clima semiárido caliente. El objetivo de este estudio fue caracterizar el control de los nematodos gastrointestinales y su eficacia en becerros criados en el norte del estado de Minas Gerais, Brasil.

Material y métodos

Área de estudio y granjas ganaderas investigadas

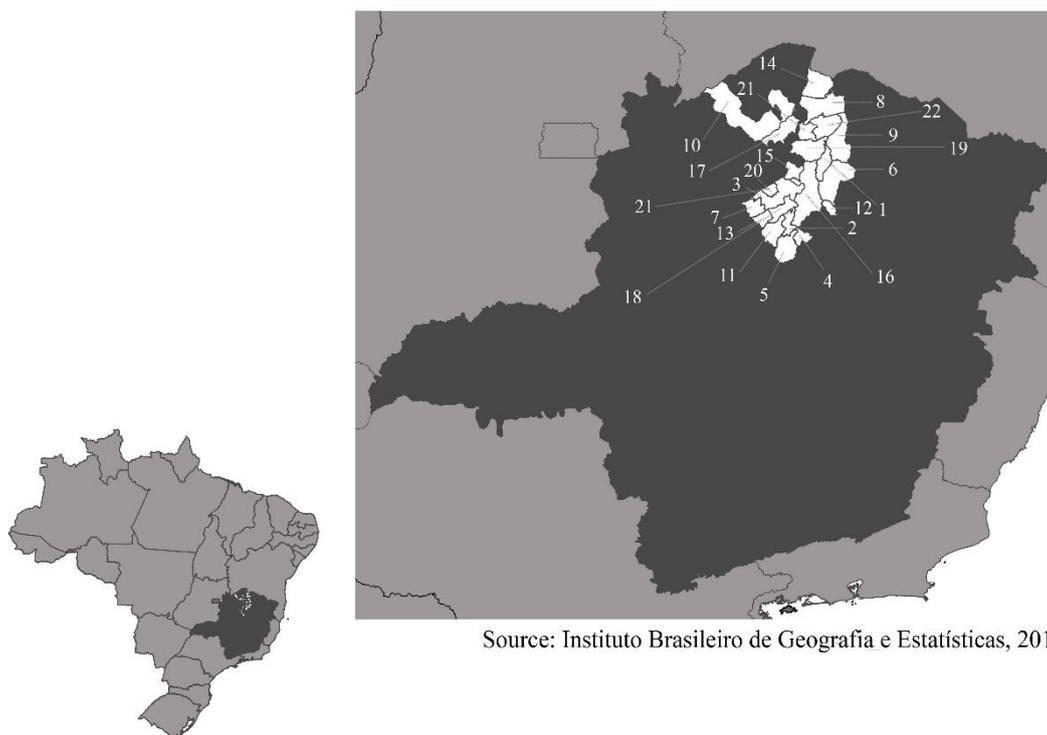
La recolección de datos sobre el manejo de los hatos, la infraestructura de las granjas, el uso de los AH, y las medidas empleadas para el control de NG se hizo por medio de un cuestionario. Esto se aplicó a los encargados de 59 granjas ubicadas en el norte del estado de Minas Gerais, en la región conocida como el Sertão (Cuadro 1, Figura 1). Según la clasificación climática Köppen-Geiger, el clima de esta región es semiárido caliente (BSh) con una corta temporada de lluvias (verano) y un largo periodo de sequía (invierno)⁽¹³⁾. La aplicación de los cuestionarios se realizó durante sucesivas estaciones secas (abril a septiembre de 2013-2015). Durante los periodos de sequía la precipitación media mensual fue de 17.14 mm, la humedad promedio 57.57 % y la temperatura promedio es de 20.82 °C (5° Distrito, Instituto Nacional de Meteorología, Brasil).

Cuadro 1: La distribución y la caracterización geográfica de los hatos bovinos evaluados en el norte del estado de Minas Gerais, Brasil

Municipalidades	No. de animales	No. de granjas	Latitud	Longitud
1. Capitão Enéas	54	4	-16°19'28"	-43°42'38"
2. Claro dos Poções	-	1	-17°04'47"	-44°12'31"
3. Coração de Jesus	-	4	-16°41'47"	-44°21'54"
4. Engenheiro Navarro	30	1	-17°16'47"	-43°57'00"
5. Francisco Dumont	-	3	-17°31'33"	-44°23'42"
6. Francisco Sá	-	6	-16°47'61"	-43°48'86"
7. Ibiaí	-	1	-16°51'40"	-44°54'52"
8. Jaíba	-	1	-15°20'18"	-43°40'28"
9. Janaúba	-	1	-15°48'09"	-43°18'32"
10. Januária	-	2	-15°29'17"	-44°21'42"
11. Jequitaiá	44	2	-17°14'08"	-44°26'44"
12. Juramento	-	1	-16°84'81"	-43°58'67"
13. Lagoa dos Patos	-	1	-16°59'00"	-44°34'56"
14. Matias Cardoso	-	1	-14°51'17"	-43°55'19"
15. Mirabela	-	1	-16°15'46"	-44°09'52"
16. Montes Claros	108	19	-16°73'50"	-43°86'22"
17. Pedras de Maria da Cruz	-	1	-15°60'58"	-44°39'19"
18. São João da Lagoa	59	3	-16°51'11"	-44°21'07"
19. São João da Ponte	-	3	-15°55'45"	-44°00'28"
20. São João do Pacuí	-	1	-15°32'31"	-44°30'58"
21. Varzelândia	-	1	-15°70'17"	-44°02'72"
22. Verdelândia	-	1	-15°35'21"	-43°36'10"
Total	295	59		

La latitud y longitud de ciudades brasileñas, disponible en:
 <<http://www.apolo11.com/latlon.php?uf=mg>>. Consultado: 7 de agosto del 2014.

Figura 1: Distribución geográfica de las municipalidades evaluadas en el norte del estado de Minas Gerais, Brasil. Los números corresponden al Cuadro 1.



Entre las 59 granjas evaluadas se seleccionaron cinco granjas para llevar a cabo las pruebas de eficacia de los AH. Además de los criterios de la ubicación geográfica, las granjas se seleccionaron por tener hatos con grupos separados de becerros, los cuales no habían recibido un tratamiento de AH durante los dos meses anteriores a la aplicación de las pruebas. Los grupos eran homogéneos en cuanto al peso, la edad y la cantidad de animales (mínimo 30) en cada uno.

Exámenes parasitológicos y las pruebas de resistencia a los antihelmínticos

Se recolectaron muestras de 10 g de heces fecales de becerros de las razas Nellore o Girolando de 6 a 14 meses de edad, los cuales se habían infectado por NG de manera natural. Las muestras se guardaron en bolsas plásticas y se mantuvieron bajo refrigeración hasta llevar a cabo los recuentos de huevos fecales (RHF) y la obtención de larvas por el coprocultivo.

Los RHF se determinaron mediante la técnica de McMaster. Una porción (4 g) de las deyecciones se diluyó en una solución saturada del cloruro de sodio y una muestra colocado en cada cámara McMaster. Usando un microscopio, se hicieron los recuentos bajo una amplificación de 10x y con una sensibilidad de detección de 25 huevos por gramo (HPG). Basado en los resultados, se calcularon valores promedio para cada animal^(14,15). La identificación de los principales géneros de nematodos presentes en los hatos estudiados se realizó por coprocultivo⁽¹⁶⁾ utilizando muestras fecales tomadas antes y después de los tratamientos. En total se identificaron aproximadamente 100 larvas del tercer estadio por cada grupo de tratamiento⁽¹⁷⁾.

Se identificaron y pesaron a los becerros, y luego se agruparon en grupos homogéneos de raza, edad, sexo y peso corporal (PC). En el día uno del periodo experimental, se distribuyeron los animales según sus cargas parasitarias (balanceadas) en grupos experimentales correspondientes a los tratamientos, cada uno de los cuales contenían al menos 10 animales. El Comité de Ética de Experimentos de Animales de la Universidad Federal de Minas Gerais aprobó todos los procedimientos adoptados bajo el protocolo 42/2008.

Para diagnosticar la resistencia contra los AH, se aplicó la prueba de reducción del recuento de huevos fecales (RHF) siguiendo las recomendaciones de la Asociación Mundial para el Avance de la Parasitología Veterinaria (World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology – WAAVP)⁽¹⁸⁾. Se aplicaron tres criterios de inclusión para seleccionar los hatos en que se iba a aplicar la prueba de las eficacias de los AH: 1) hatos con una población homogéneos de becerros; 2) los becerros no se habían desparasitados durante los sesenta días anteriores al estudio; y 3) los becerros tenían un RHF de >150 HPG. El factor principal que limitó el número de hatos evaluados fue la falta de animales homogéneos los cuales excretaban >150 HPG.

La elección de que AH eran los más indicados para cada granja se hizo según la historia de control parasitario de cada una. El número de productos probados dependió de la disponibilidad de animales con infecciones de un nivel de >150 HPG. Antes del tratamiento, se pesaron a los animales de manera individual para poder administrar la dosis correcta de AH, y, por lo tanto, evitar la variabilidad entre las dosis utilizadas en los tratamientos. Se evaluaron cinco AH: el albendazol (10 mg/kg PC); el levamisol clorhidrato (7.5 mg/kg PC); y la ivermectina, la doramectina o la abamectina (0.2 mg/kg PC). Todos los AH se administraron de manera subcutánea, después de 12 h de ayuno, y según las recomendaciones del fabricante.

Catorce días (14) después del tratamiento con los AH, se recolectaron muestras fecales adicionales. Como se menciona anteriormente, se llevaron a cabo los RHF por cada grupo, y luego se hicieron los coprocultivos para identificar los géneros de NG (larvas del tercer estadio) involucrados en la resistencia a los AH. Se estimó la eficacia de los AH con la ecuación siguiente⁽¹⁸⁾:

Eficacia = $[1 - (\text{RHF promedio del grupo tratado} / \text{RHF promedio del grupo control})] \times 100$

Una vez generados los resultados de las pruebas de reducción de RHF, se elaboraron informes técnicos e informativos sobre los exámenes parasitológicos para cada hato estudiado. Basado en estos, los ganaderos participantes recibieron instrucciones y asesoría sobre el control de NG en sus hatos.

La evaluación de la eficacia de los AH se basó en los lineamientos propuestos por el Grupo del Mercado Común (GMC): altamente eficaz = >98 % reducción de la HPG; eficaz= 90-98 % de reducción; moderadamente eficaz= 80-89 % de reducción; insuficientemente activa= <80 % de reducción; y no detectable⁽¹⁹⁾. Se consideraron a los NG como resistentes cuando el porcentaje de la reducción en el RHF fue menor al 95 % y el límite inferior del intervalo de confianza fue menor que 90 %⁽²⁰⁾.

Análisis estadísticos

Los datos de RHF se compararon usando las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis o de Wilcoxon. Se usó una prueba de Ji-cuadrada para comparar las frecuencias de los géneros de NG y la información generada de los cuestionarios. Todos los análisis estadísticos se hicieron aplicando un nivel de significancia de 5% y usando el software estadístico de SAEG 9.1⁽²¹⁾.

Resultados

Caracterización de los sistemas de crianza y los animales

La actividad de la crianza del ganado vacuno fue la principal en el 96.2 % de las granjas encuestadas, y el 3.7 % de todas las granjas producían becerros tanto cárnicos como

lecheros. El sistema de producción extenso fue el predominante, representando el 83.9 % de las granjas estudiadas.

En las granjas evaluadas se usaron un total de siete especies de zacates forrajeros: 49.5 % cultivaban *Urochloa* spp.; 19.5 % *Panico* sp.; 17.53 % *Andropogon gayanus*; 5.84 % *Cynodon* sp.; 3.59 % *Hyparrhenia rufa*; 3 % *Cechrus ciliaris*; y 0.64 % *Penninsetum purpureum*. En cuanto a los sistemas de pastoreo, el 54.5 % usaron el sistema rotacional, y el 68.5 % separaron los rebaños por grupos de edad. En el 83 % de las granjas, pastoreaban a los becerros en zonas más bajas que los animales más viejos, y un 55.5 % de las granjas contaban con un corral dedicada a la maternidad.

La raza de mayor frecuencia ($P<0.05$) fue la Nellore, representando el 56.1 % de los hatos estudiados. La población mestiza Nellore fue criada en el 10.3 % de las granjas, mientras que en las 146 granjas lecheras estudiadas la Girolando fue la única raza en uso. Un porcentaje pequeño (8.4 %) usaban otras razas como la Caracu, Sindhi, Guzerat o Angus Rojo.

Control de helmintiasis

Las lactonas macrocíclicas fueron las principales sustancias activas de AH utilizado en las granjas ($P<0.01$), y la ivermectina fue el componente más común (Cuadro 2). En el 78.9 % de las granjas no utilizaron el pesaje de animales antes de administrar los tratamientos y solo calcularon la dosificación del AH por medio de la evaluación del puntaje corporal. Apenas el 14.54 % de las granjas pusieron sus animales en ayunas antes de aplicar los tratamientos AH.

Cuadro 2: Los antihelmínticos usados en los hatos bovinos estudiados en el norte del estado de Minas Gerais, Brasil.

Clase de antihelmíntico	Observación [†]	Frecuencia (%) [‡]
Lactonas macrocíclicas	71*	86.4
Ivermectina	52	62.9
Abamectina	6	7.4
Doramectina	10	12.3
Moxidectina	3	3.7
Benzimidazoles (albendazol)	4	4.9
Imidotiazoles (levamisol)	4	4.9
Asociaciones	2	2.5
Abamectina + Ivermectina	1	1.2
Fluazurona + Abamectina	1	1.2
Homeopatía	1	1.2
Total	82	100.00

[†]El número de granjas difiere del número total de observaciones debido al uso de más de un producto de control de helmintos en la misma granja. [‡]Frecuencia= número de granjas en las cuales el producto comercial está en uso / número total de productos reportados. *Clase de productos usados con más frecuencia, ($P < 0.05$).

Se aplicaron los tratamientos de AH a todas las categorías de ganado en el 72.7 % de los hatos, pero en el 26.3 % de los hatos se los aplicaron sólo a los becerros. Las hembras en el periparto fueron desparasitadas en el 33.3 % de las granjas. La frecuencia de los tratamientos AH varió entre las diferentes granjas. El 60 % de ellas siguieron un calendario de vacunas para el control del virus de la fiebre aftosa en mayo y noviembre. El uso del control estratégico por medio de AH durante la estación seca sólo se realizó en el 33.2 % de las granjas y la alternancia de los compuestos activos se registró en 66.8 % de ellas.

Incidencia de la helmintiasis

Los promedios de los RHF fueron bajos tanto en los becerros vacunos (174.0 ± 84.8) como en las lecheras (162.4 ± 122), sin diferencias significativas entre estos dos grupos

($P>0.05$) (Cuadro 3). Los RHF más bajos para los becerros vacunos se registraron en el hato 4, y para las lecheras en el hato 7 ($P<0.05$).

Cuadro 3: Promedios de recuentos de huevos fecales (RHF) en becerros criados en el norte del estado de Minas Gerais y los porcentajes de cada género de nematodo identificado antes de la desparasitación

Granjas	EPG (día 0)	Haem (%)*	Trich (%)	Oeso (%)	Coop (%)	Bunos (%)
Becerras cárnicas						
1	158.87 ^a	70	15	-	15	-
2	138.06 ^{ab}	97	-	2	-	-
3	190.00 ^a	89	1	10	-	-
4	11.80 ^c	92	-	4	-	4
5	50.00 ^b	70	11	12	5	2
Becerras lecheras						
2	248.50 ^a	95	-	2	3	-
6	80.00 ^{bc}	88	-	-	12	-
7	69.50 ^c	92	-	-	8	-
8	145.10 ^{ab}	93	1	1	4	1
CV (%)	82.2					

Haem= *Haemonchus* spp.; Trich= *Trichostrongylus* spp.; Oeso= *Oesophagostomum* spp.; Coop= *Cooperia* spp.; Bunos= *Bunostomum* spp.; (-) = no detectado. ^{abc} Letras diferentes en las mismas columnas indican una diferencia significativa ($P<0.05$). CV= coeficiente de variación.

En el día cero, se encontraron infecciones generadas por los géneros de NG *Haemonchus*, *Trichostrongylus*, *Cooperia*, *Oesophagostomum* y *Bunostomum*. El perfil de los géneros de NG no fue diferente ($P>0.05$) entre los hatos, y el NG más frecuente para ambos grupos de becerros y en todas las granjas evaluadas fue el *Haemonchus* spp. ($P<0.01$).

Eficacia de los antihelmínticos

En todos los hatos evaluados, los RHF se redujeron en todos los grupos de becerros desparasitados en comparación con los grupos testigo ($P<0.05$). Se registraron bajas eficiencias para la ivermectina (24.28 %) y la doramectina (81.63 %)(Cuadro 4). Las más

altas eficacias (>98 %) se observaron con los tratamientos de albendazol o levamisol en los becerros de la granja 2; sin embargo, el levamisol produjo una menor eficacia entre los becerros lecheros que en los becerros cárnicos ($P<0.05$) (Cuadro 5).

Cuadro 4: Promedio del recuento de huevos fecales (RHF) por gramo de heces en becerros cárnicos después de la desparasitación y la eficacia (%) de cada antihelmíntico

Hatos	Control	Albendazol	%	Levamisol	%	Ivermectin a	%	CV%
1	490.0 ^a	77.5 ^b	84.18	-	-	90.00 ^b	81.63	91.3
2	233.3 ^a	2.77 ^c	98.81	3.57 ^c	98.47	118.75 ^b	49.09	88.2
3	175.0 ^a	22.5 ^b	87.14	47.90 ^b	72.62	42.50 ^b	24.28	85.3

CV%= coeficiente de la variación. ^{abc} Letras diferentes en la misma línea indican diferencias significativas ($P<0.05$).

Cuadro 5: Promedio del recuento de huevos fecales (RHF) por gramo de heces en becerros lecheros después de la desparasitación y la eficacia (%) de cada antihelmíntico

Hatos	Sin tratamiento	Albendazol	%	Levamisol	%	Doramectina	%	CV%
2	289.5 a	-	-	57.1B	80.27	-	-	87.3
8	150.83 a	32.2 b	78.65	-	-	54.2 b	64.06	90.4

CV%= coeficiente de la variación. ^{abc} Letras diferentes en la misma línea indican diferencias significativas ($P<0.05$).

Género de nematodos identificados post-tratamiento

Después del tratamiento antihelmíntico, el NG más frecuente entre los becerros tratados y el grupo testigo fue el género *Haemonchus* ($P<0.01$). Para el ható 1, el género *Trichostrongylus* representó el 13 % de las larvas del tercer estadio (L3) identificado a partir del coprocultivo en becerros tratados con ivermectina (Cuadro 6). En los hatos 2 y 8, el *Haemonchus* spp. fue también el más frecuente (87 a 93 %). Sin embargo, los números de L3 recuperados de grupos tratados fueron insuficientes para permitir el análisis estadístico.

Tabla 6: Perfiles del género de los nematodos (%) en becerros de vacuno después del tratamiento antihelmíntico

Género	Herd number 1			Herd number 3			
	Control	Ivermec	Albend	Control	Ivermec	Albend	Levam
<i>Haemonchus</i>	93*	80*	93*	83*	96*	97*	97*
<i>Trichostrongylus</i>	4	13	2	4	0	0	0
<i>Cooperia</i>	3	1	0	7	0	2	0
<i>Oesophagostomum</i>	0	6	5	4	2	1	3
<i>Bunostomum</i>	0	0	0	2	2	0	0

*Género con mayor frecuencia, Ji cuadrada ($P < 0.01$).
Ivermec= ivermectina, Albend= albendazol, Levam= levamisol

Discusión

Caracterización de los sistemas de cría y los animales

El sistema predominante de producción bovina en Brasil es el pastoreo extensivo. En ello el pasto es la principal fuente de alimento, y también representa la principal fuente de infección por la L3 de los NG^(22,23).

La amplia distribución de pasto del género *Urochloa* sp. (*Brachiaria* sp.) es debido a su adaptación a suelos ácidos y de baja fertilidad, y su considerable tolerancia a la sequía⁽²⁴⁾. Las estrategias de manejo de pastos son esenciales para el control de los NG, ya que ayuda a reducir la contaminación del pasto con las L3 y su ingesta por los bovinos⁽²⁵⁾. Las condiciones ambientales influyen mucho en el desarrollo y la supervivencia de las etapas libres de las L3 y su migración entre los pastos de forraje. Las diferencias morfológicas entre especies forrajeras crean variaciones en los microclimas proporcionados por las plantas, y como resultado influyen en el desarrollo y la supervivencia de los huevos y las larvas de los parásitos⁽²⁶⁾.

Una estrategia estacional que ha sido ampliamente utilizada por los ganaderos del norte de Minas Gerais es la de reservar áreas de *Brachiaria* spp. (*Urochloa* spp.) para pastoreo

a finales del verano o postergar su uso hasta la estación seca⁽²⁷⁾. Esta podría haber reducido drásticamente la supervivencia de las larvas de los NG en las praderas, y desde luego podría haber contribuido a la baja RHF observada en el presente estudio.

En un estudio en el estado de São Paulo, Brasil, la tasa de recuperación general más alta de las larvas del parásito *Haemonchus* sp. en muestras fecales depositadas en diferentes forrajes en los meses de agosto, febrero y mayo fue en el *Panico* sp., lo cual fue más alto que en *Urochloa* sp. y *Cynodon grases*⁽²⁸⁾. Otro estudio enfocó en la recuperación de larvas infecciosas de *Trichostrongylus colubriformis* a partir de tres pastos de forraje (*Urochloa*, *Costa-Cruz* y *Aruana*) en el invierno y la primavera. El *Urochloa* spp. (*Brachiaria* sp.) fue lo que tenía el forraje más denso, lo cual resultó en las concentraciones más bajas de L3/kg de materia seca⁽²⁶⁾.

El 54.5 % de las granjas en el presente estudio usaron la rotación del pastoreo, lo cual obliga a los ganaderos a controlar el número de unidades animales introducidas en cada pradera. Además, el período de rotación debe ser mayor que el ciclo de vida de los parásitos, lo que permite la inactivación de los huevos y las larvas, y una reducción consecuente de la tasa de infección por las L3⁽²⁹⁾. Otra estrategia usada por el 68.5 % de los ganaderos en el presente estudio es la separación de los animales por edad, lo cual es crucial, ya que los animales jóvenes son más susceptibles a la infección por parásitos que los adultos⁽⁵⁾.

La composición racial influye en la intensidad del parasitismo; las razas Cebú son más resistentes que las razas europeas^(2,9). En la región septentrional de Minas Gerais, los hatos con animales de las razas Cebú y Nellore fueron la mayoría, explicando en parte los bajos RHF observados en los resultados para los becerros cárnicos. Los estudios de progenie resultantes de cruzamientos entre las razas taurinas y Cebú tienen niveles intermedios de susceptibilidad a los NG^(2,9).

La selección genética para bovinos resistentes constituye una alternativa efectiva para el control de los NG. Muy pocos becerros (5 a 8 %) en los hatos estudiados presentaron niveles altos de RHF; esto indica que estos animales tienen una mayor susceptibilidad a los NG y desde luego no deben incluirlos en los programas de mejoramiento genético. La selección genética puede aumentar la frecuencia de los animales resistentes a estos parásitos y debe formar una parte importante de los programas estratégicos de control de los NG^(30,31).

Control de la helmintiasis

El hecho de que las lactonas macrocíclicas eran los AH de preferencia en las granjas estudiadas podría crear una mayor presión para la selección de NG resistentes. Varios reportes ya existen de la resistencia a la ivermectina en regiones tan diversos como el norte de California, Estados Unidos⁽³²⁾; Buenos Aires, Argentina⁽³³⁾; y en São Paulo y Minas Gerais, Brasil^(30,34). Esto resalta la importancia de evaluar el perfil de susceptibilidad de un AH en cada región o hato para asegurar que va a ejercer un control efectivo de los NG⁽³³⁾.

La eficacia de los AH a largo plazo depende de la alternancia en el uso de diferentes clases de químicos dentro de los períodos apropiados⁽³⁵⁾. En el presente estudio, sólo en el 66.8 % de las granjas realizaron prácticas de rotación de los AH, lo que podría favorecer la selección de los NG resistentes. En este caso, se debe resaltar la importancia de la frecuencia de rotación de estos productos, ya que de otra manera se puede favorecer la selección de los NG multiresistentes^(35,36). Cualquier AH que tiene una eficacia menor al 80 % debe ser sustituido inmediatamente por otras clases de AH para evitar el establecimiento de poblaciones resistentes de los NG⁽³⁷⁾.

Otra práctica que podría aumentar la probabilidad de la selección de NG resistentes es la desparasitación de todas las categorías de edad dentro del hato en el 72.7 % de las granjas estudiadas. Para evitar esto se debe de priorizar a los becerros de ambos sexos hasta los 24 meses de edad y a las hembras en el parto. Ambas categorías están mucho más susceptibles a los helmintos^(38,39,40). Solo en el 33.3 % de las granjas trataron a las vacas en parto. Esta práctica es especialmente relevante para las vaquillas en desarrollo, ya que tienen comprometido su sistema inmune, haciéndolas más susceptibles a endoparásitos en el pre- y post-parto. Las vacas Cebú con múltiples partos no requieren de la desparasitación, y han mostrado tener una resistencia natural a los NG y una baja potencial de contaminación cuando se maneja apropiadamente^(5,41). Se deben promover cambios en las estrategias de control de los NG⁽³⁸⁾, para que incluya categorías de edad, que sigue los criterios climáticos y regionales, y que consideren el perfil de las poblaciones resistentes de los NG⁽³⁷⁾.

El criterio implementado para determinar el período de desparasitación de los hatos varió entre las granjas evaluadas. La mayoría (60 %) de ellas trataron a todos los animales al principio de la estación seca (mayo) y luego al final (noviembre); administraron simultáneamente la vacuna contra la fiebre aftosa. En la región septentrional de Minas Gerais también se debe de realizar el tratamiento desparasitante además en septiembre para cubrir toda la temporada. Un estudio llevado a cabo en el centro de Brasil con becerros de la raza Nelore apoya esta propuesta. En ello se observó que un protocolo de AH aplicado en los meses de mayo, agosto y noviembre, y utilizando los AH de larga acción, incrementó el aumento de peso hasta 34.1 kg (31.9 %) en comparación con los

animales no tratados⁽⁶⁾. Un tratamiento simultáneo con los periodos de vacunación contra la fiebre aftosa en mayo y noviembre no tuvo ningún efecto sobre el aumento de peso⁽⁶⁾, apoyando la teoría que un protocolo adecuado puede aumentar la ganancia de peso durante la fase de crecimiento. Las condiciones climáticas de esta zona son bastante cercanas a las del norte de Minas Gerais, aunque con más precipitaciones, y desde luego el control estratégico propuesto podría aplicarse también en zonas semiáridas calientes.

Los cambios climáticos y el manejo intensivo de las granjas han afectado a los riesgos de las infecciones con los NG y su transmisión⁽⁴²⁾. Estas alteraciones en la epidemiología de las infecciones de los NG, en conjunto con sus altas frecuencias de resistencia a los AH, requiere de adecuaciones en las prácticas actuales de control de los NG⁽⁴²⁾. Los estudios en el futuro deben de considerar estas alteraciones climáticas en las definiciones de las prácticas de control de los NG en hatos ganaderos criados en áreas con clima semiárido caliente, como lo de Minas Gerais.

Solo en una granja usaron los productos homeopáticos para el control de los NG. Este estudio no está enfocado en evaluar la eficacia de estos productos, y esta medida alternativa debe aplicarse con mucho cuidado. Se requiere de mucha más investigación para contribuir a las discusiones de su aplicabilidad y determinar las dosis correctas⁽⁴³⁾.

Ocurrencia de helmintiasis en hatos de ganado vacuno

Los hatos ganaderos evaluados mostraron un RHF generalmente bajo, aunque el nivel de contaminación con NG difería entre granjas. Los bajos promedios observados en las granjas 4, 6 y 7 pueden atribuirse a las condiciones de manejo de los becerros. En el hato de becerros vacunos 4, pesaron a los animales antes de aplicar el AH, y cambiaron los AH de manera anual; se podrían mejorar aún más el control de los NG aplicando la separación por grupo de edad. En los hatos 6 y 7, de becerras lecheras, las criaron en corrales sin pastoreo, recogieron las heces semanalmente para enviar al compostaje, y los alimentaron con el ensilaje. De esta manera afectaron de manera negativa a la supervivencia de las larvas L3, produciendo el RHF más bajo en el presente estudio.

Los hatos 1, 2, 3 y 5, de becerros vacunos, presentaron similitudes en el control de los NG, tales como las épocas de desparasitación anual o la aplicación durante períodos de mayor infestación de las moscas y las garrapatas. Además, usaron la ivermectina como el AH más común, en particular en las granjas que usaron la rotación de clase de AH pero sin un control estratégico. Las granjas 6 y 7, de becerras lecheras de raza Girolando cruzados, tenían los promedios más altos de RHF comparados con los de las granjas 1, 2,

3 y 5. Los valores más bajos probablemente sean debidos al sistema de confinamiento de los becerros en corales de tierra sin vegetación.

El NG más frecuente entre los hatos de carne y leche fue *Haemonchus* spp. Este género tiene una prevalencia más alta entre los pequeños rumiantes, mientras que el género *Cooperia* sp. tiende a ser el más frecuente entre el ganado en Brasil^(35,40). Sin embargo, *Haemonchus* spp. es el nematodo patógeno más común en el ganado en regiones tropicales. Infección de este NG en los becerros promueve la reducción de los valores medios de hematocrito y cause una pérdida de peso. La larva de cuarto estadio (L4) de *Haemonchus* es una sanguijuela que se establece en el abomaso, y por lo tanto los animales infectados con una gran carga de estas larvas pueden presentar anemia antes de que un RHF las detecte en las heces. También se identificaron los géneros *Trichostrongylus*, *Cooperia*, *Oesophagostomum* y *Bunostomum* en los coprocultivos antes del tratamiento con el AH. Las infecciones con los NG frecuentemente implican varias especies, las cuales pueden tener un efecto patógeno aditivo sobre los becerros⁽⁴²⁾.

La eficacia de los antihelmínticos

El albendazol y el levamisol fueron los AH más efectivos contra los NG en becerros en la granja 2, sin embargo, se detectaron NG resistentes al levamisol en los becerros lecheros en esta misma granja. El perfil de resistencia a la ivermectina, el levamisol, el albendazol y/o la doramectina observado en los resultados es preocupante. Se detectaron a NG multiresistentes en los hatos 1, 3 y 8, es decir, ninguna de los AH probados fue capaz de reducir los RHF.

La ivermectina, la doramectina y la abamectina mostraron la eficacia más baja en la reducción de los RHF. La baja eficacia observada de las lactonas macrocíclicas podría asociarse con el uso histórico de estos AH en la región de estudio, lo cual podría haber seleccionado para poblaciones de NG resistentes a este AH.

La mayoría (72.7 %) de las granjas evaluadas desparasitaron a todos los animales en sus hatos, previniendo la opción del refugio a la población de NG sensibles. El tratamiento al huésped según los NG refugiados no afectó a las larvas en las praderas, el porcentaje de animales no tratados ni las etapas de larvas con el desarrollo detenido. La proporción de los NG en refugio debe ser óptima para diluir a los genes resistentes en el grupo de los genes susceptibles⁽⁴⁴⁾.

Los datos reportados en el presente estudio corroboran a reportes anteriores de la resistencia a las lactonas macrocíclicas en NG colectados de bovinos en los Estados

Unidos⁽⁴⁵⁾. En este país el uso indiscriminado de las lactonas macrocíclicas en regiones áridas y semiáridas para el control de las infecciones con NG fue en respuesta a la eficacia más alta de ellas y a su actividad antihelmíntica prolongada. Sin embargo, este uso desmesurado ejerció una alta presión a favor de la selección de los NG resistentes, causando resistencia en los nematodos por las altas dosis aplicadas⁽⁴⁶⁾. La resistencia a la ivermectina también se ha reportado en Santa Catarina, Brasil, en donde este AH mostró eficacias de >95 % en siete granjas de ganado vacuno, pero de <14 % en dos granjas, indicando resistencia a la sustancia. En este mismo estudio el levamisol y el albendazol se mostraron eficaces en un >95 % contra los NG⁽³⁵⁾.

El género *Haemonchus* sp. fue el NG más frecuente (80 a 97 % de las larvas L3 identificadas) en los becerros desparasitados de los hatos 1 y 3, y se caracterizó como multiresistente a los benzimidazoles, los imidotiazoles y las lactonas macrocíclicas. También se identificaron los géneros *Trichostrongylus*, *Oesophagostomum*, *Cooperia* y *Bunostomum* en lo coprocultivos, y los análisis post-tratamiento indicaron que estos cuatro ya estaban en una selección inicial de cepas resistentes.

La mayor patogenicidad y mayor potencial biótico de *Haemonchus* sp. han llevado a un incremento en la frecuencia de los tratamientos de AH, y desde luego a una mayor presión selectiva a favor de las cepas resistentes de este género⁽³⁵⁾. En un estudio previo en Betim, Minas Gerais, también se observó la resistencia a la ivermectina y la doramectina de los géneros *Haemonchus* (72 %) y *Cooperia* (85 %)⁽⁴⁶⁾. Los géneros *Haemonchus* y *Oesophagostomum* también mostraron resistencia a las lactonas macrocíclicas en un estudio en Teófilo Otoni, Minas Gerais, en que estos AH eran los más usados para el control de NG en las granjas evaluadas⁽⁴⁰⁾. Los resultados de otro estudio también confirman la predominancia de *Haemonchus* spp. después de la desparasitación con la ivermectina, el fosfato de levamisol y el dimetilsulfóxido albendazol en granjas en el estado de Santa Catarina, Brasil, revelando una aparente multiresistencia de este género contra estos AH⁽³⁵⁾. La resistencia a las lactonas macrocíclicas (en particular la ivermectina y la doramectina) en los géneros *Cooperia* y *Haemonchus* es frecuente en los hatos comerciales en los Estados Unidos, aunque en el mismo estudio se reportó que el género *Cooperia* fue sensible a los benzimidazoles⁽⁴⁶⁾. En un estudio en Veracruz, México, los géneros *Cooperia* y *Haemonchus* también eran los más frecuentes, y había una alta frecuencia de granjas en que las poblaciones de NG mostraron resistencia a la ivermectina⁽⁴⁾. Una situación similar prevalece en Europa, en donde un estudio involucrando granjas en Alemania, Francia, Italia y el Reino Unido reportó que la ivermectina y la moxidectina mostraron una baja eficacia contra los NG, con resistencia documentada en un 12 % de los 40 hatos evaluados⁽⁴⁷⁾. Los géneros más frecuentes fueron *Cooperia* y *Ostertagia*, y se registraron principalmente en las granjas del Reino Unido y de Alemania.

Conclusiones e implicaciones

En la mayoría de las granjas evaluadas no practicaron controles estratégicos o tácticos de los NG, y era común el uso inapropiado e indiscriminado de los antihelmínticos sintéticos y las lactonas macrocíclicas. En todos los hatos evaluados se detectaron por lo menos un antihelmíntico con baja eficacia, y en dos granjas de becerros de vacuno se identificaron nemátodos multiresistentes con el género más frecuente siendo el *Haemonchus*. Para lograr un control más sustentable de los nematodos en los hatos evaluados habrá que aplicar varias medidas, incluyendo la aplicación del control estratégico en becerros y de controles tácticos en las vaquillas en periparto; la alternancia en el uso de las clases de antihelmínticos; y el desarrollo e implementación de medidas alternativas como la selección de animales resistentes, el uso de hongos para el control biológico y los extractos de planta para reducir las poblaciones resistentes de nematodos.

Reconocimientos

La investigación reportada en el presente estudio ha recibido apoyo de las siguientes instancias: Programas de Bolsa de Extensão (PBEXT); Banco do Nordeste; Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES); Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG); y Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Declaración de conflicto de intereses

Los autores de este manuscrito no tienen ninguna relación financiera o personal con personas u organizaciones que pudieran influir o sesgar inapropiadamente el contenido del papel.

Literatura citada:

1. Burrow HM. Importance of adaptation and genotype x environment interactions in tropical beef breeding systems. *Anim* 2012;6(5):729-740.
2. Fonseca LD, Vasconcelos VO, Ferreira AP, Duarte ER. Verminose bovina, estratégias de controle para o Norte de Minas Gerais. *Cad Cienc Agra* 2012;4(5):95-105.
3. Araújo JV, Guimarães MP, Campos AK, Sá NC, Sarti P, Assis RCL. Control of bovine gastrointestinal nematode parasites using pellets of the nematode trapping fungus *Monacrosporium thaumasium*. *Cienc Rural* 2004;34(2):457-463.
4. Alonso-Díaz MA, Arnaud-Ochoa RA, Becerra-Nava R, Torres-Acosta JFJ, Rodríguez-Vivas RI, Quiroz-Romero RH. Frequency of cattle farms with ivermectin resistant gastrointestinal nematodes in Veracruz, México. *Vet Parasitol* 2015;212(3-4):439-443.
5. Viana RB, Bispo JPB, Araújo CV, Benigno RNM, Monteiro BM, Gennari SM. Dinâmica da eliminação de ovos por nematódeos gastrintestinais, durante o parto de vacas de corte, no Estado do Pará. *Rev Bras Parasitol Vet* 2009;18(4):49-52.
6. Heckler RP, Borges DGL, Vieira MC, Conde MH, Green M, Amorim ML *et al*. New approach for the strategic control of gastrointestinal nematodes in grazed beef cattle during the growing phase in central Brazil. *Vet Parasitol* 2016;221:123-129.
7. Kaplan RM. Drug resistance in nematodes of veterinary importance: a status report. *Trends Parasitol* 2004;20(10):477-481.
8. Wolstenholme AJ, Fairweather I, Prichard R, Von Samson-Himmelstjerna G, Sangster NC. Drug resistance in veterinary helminths. *Trends Parasitol* 2004;20(10):469-476.
9. Mota MA, Campos AK, Araújo JV. Controle biológico de helmintos parasitos de animais, estágio atual e perspectivas futuras. *Pesqui Vet Bras* 2003;23(3):93-99.
10. Fortes FS, Molento MB. Resistência anti-helmíntica em nematóides gastrintestinais de pequenos ruminantes, avanços e limitações para seu diagnóstico. *Pesqui Vet Bras* 2013;33(12):1391-1402.
11. Graef J, Claerebout E, Geldhof P. Anthelmintic resistance of gastrointestinal cattle nematodes. *Vlaams Diergen Tijds* 2013;82:113-123.
12. Sutherland IA, Leathwick DM. Anthelmintic resistance in nematode parasites of cattle: a global issue?. *Trends Parasitol* 2011;27(4):176-181.
13. Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Spavarek G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol Z* 2013;22(6):711-728.

14. Gordon HMCL, Whitlock AV. A new technique for counting nematode eggs in sheep feces. *J Counc Sci Ind Res* 1939;12:50-52.
15. Whitlock HV. Some modifications of the McMaster helminth egg-counting technique and apparatus, *J Counc Sci Ind Res* 1948;21:177-180.
16. Ueno H, Gonçalves PC. Manual para diagnóstico das helmintoses de ruminantes. 4th ed. Japan Int Cooperation Agency. Tokyo. 1998.
17. Keith RK. The differentiation of the infective larvae of some common nematode parasites of caste. *Aust J Zool* 1953;1:223-235.
18. Coles GC, Bauer C, Borgsteede FHM, Geerts S, Klei TR, Taylor MA *et al.* World Association for the Advancement of Veterinary Parasitology (W.A.A.V.P.) methods for the detection of AH resistance in nematodes of veterinary importance. *Vet Parasitol* 1992;44(1-2):35-44.
19. GMC. Regulamento técnico para registros de produtos antiparasitários de uso veterinário. Decisão no.4/91, Resolução no.11/93. Grupo Mercado Comum, Mercosul, Resolução no.76/96. 1996.
20. Becerra-Nava R, Alonso-Díaz MA, Fernández-Salas A, Quiroz RH *et al.* First report of cattle farms with gastrointestinal nematodes resistant to levamisole in México. *Vet Parasitol* 2014;204(3-4):285-290.
21. SAEG. Sistema para análises estatísticas e genéticas, versão 9.1. Fundação Arthur Bernardes, UFV, Viçosa, 2007.
22. Quadros DG, Sobrinho AGS, Rodrigues LRA, Oliveira GP, Xavier CP, Andrade AP *et al.* Verminose em caprinos e ovinos mantidos em pastagens de *Panicum maximum* jacq. no período chuvoso do ano. *Cienc Anim Bras* 2010;11(4):751-759.
23. Ruas JL, Berne MEA. Parasitoses por nematódeos gastrintestinais em bovinos. In: Doenças de ruminantes e equinos. 2nd ed. São Paulo, São Paulo, Brazil: Livraria Varela;2001:89-105.
24. Corrêa LA, Santos PM. Manejo e utilização de plantas forrageiras dos gêneros *Panicum*, *Brachiaria* e *Cynodon*. Embrapa. 2003.
25. Niezen JH, Charleston WAG, Hodgson J, Miller CM, Waghorn TS, Robertson HA. Effect of plant species on the larvae of gastrointestinal nematodes which parasitise sheep. *Int J Parasitol* 1998;28(5):791-803.
26. Rocha RA, Bricarello PA, Rocha GP, Amarante, AFT. Retrieval of *Trichostrongylus colubriformis* infective larvae from grass contaminated in winter and in spring. *Rev Bras Parasitol* 2014;23(4):463-472.

27. Teixeira FA, Bonomo P, Pires AJV, Silva FF, Fries DD, Hora DS. Produção anual e qualidade de pastagem de *Brachiaria decumbens* diferida e estratégias de adubação nitrogenada. Acta Sci Anim Sci 2011;33(3):241-248.
28. Carneiro RD, Amarante AFT. Seasonal effect of three pasture plants species on the free-living stages of *Haemonchus contortus*. Arq Bras Med Vet Zootec 2008;60(4):864-872.
29. Cezar AS, Catto JB, Bianchin I. Controle alternativo de nematódeos gastrintestinais dos ruminantes: atualidade e perspectivas. Cienc Rural 2008;38(7):2083-2091.
30. Soutello RGV, Seno MCZ, Amarante AFT. Anthelmintic resistance in cattle nematodes in northwestern São Paulo state, Brazil. Vet Parasitol 2007;148:360-517.
31. Oliveira MCS, Alencar MM, Giglioti R, Beraldo MCD, Aníbal FF, Correia RO *et al.* Resistance of beef cattle of two genetic groups to ectoparasites and gastrointestinal nematodes in the state of São Paulo, Brazil. Vet Parasitol 2013;197:168-175.
32. Edmonds MD, Johnson EG, Edmonds JD. Anthelmintic resistance of *Ostertagia ostertagi* and *Cooperia oncophora* to macrocyclic lactones in cattle from the western United States. Vet Parasitol 2010;170(3-4):224-229.
33. Fazzio LE, Yacachury N, Galvan WR, Peruzzo E, Sánchez RO, Gimeno EJ. Impact of ivermectin-resistat gastrointestinal nematodes in feedlot cattle in Argentina. Pesqui Vet Bras 2012;32(5):419-442.
34. Lopes WDZ, Felippelli G, Teixeira WFP, Cruz BC, Maciel WG, Buzzilini C, *et al.* Resistência de *Haemonchus placei*, *Cooperia punctata* e *Oesophagostomum radiatum* à ivermectina pour-on a 500mcgkg-1 em rebanhos bovinos no Brasil. Cienc Rural 2014;44(5):847-853.
35. Souza AP, Ramos CI, Bellato V, Sarto AA, Scheulbauer CA. Resistência de helmintos gastrintestinais de bovinos a anti-helmínticos no Planalto Catarinense. Cienc Rural 2008;38(5):1363-1367.
36. Mejía ME, Igartuá BMF, Schmidt EE, Cabaret J. Multispecies and multiple anthelmintic resistance on cattle nematodes in a farm in Argentina, the begging of high resistance? Vet Res 2003;34:461-467.
37. Gasbarre LC. Anthelmintic resistance in cattle nematodes in the US. Vet Parasitol 2014;204(1-2):3-11.
38. Antonello AM, Cezar AS, Campos AK, Sá NC, Sarti P, Assis RCL. Contagens de ovos por grama de fezes para o controle anti-helmíntico em bovinos de leite de diferentes faixas etárias. Cienc Rural 2010;40(5):1227-1230.

39. Gottschall CS, Canellas LC, Almeida MR, Magero J, Bittencourt HR. Principais causas de mortalidade na recria e terminação de bovinos de corte. Rev Acad Cienc Agrar Ambient 2010;8(3):327-332.
40. Costa MSVLF, Araújo RN, Costa AJLF, Simões RF, Lima WS. Anthelmintic resistance a dairy cattle farm in the state of Minas Gerais. Rev Bras Parasitol Vet 2011;20(1):115-120.
41. Michel PHF, Peres Neto JL, Lima PES, Silva RB, Fonseca LD, Glória JR, *et al.* Efeito da vermifugação em vacas de corte multíparas criadas em região semiárida do Brasil. Rev Electron Vet 2014;15(6):1-10.
42. Verschave SH, Charlier J, Rose H, Claerebout E, Morgan ER. Cattle and nematodes under global change, transmission models as an ally. Trends Parasitol 2016;32(9):724-738.
43. Molento CJ, Veríssimo CJ, Amarante AT, Van Wyk JA, Chagas ACS, Araújo JV, *et al.* Controle de nematoides gastrintestinais de pequenos ruminantes. Arq Inst Biol 2013;80(2):253-263.
44. Van Wyk JA. Refugia overlooked as perhaps the most potent factor concerning the development of AH resistance. Onderstepoort J Vet Res 2001; 68:55-67.
45. Gasbarre LC, Smith LL, Lichtenfels JR, Pilitt PA. The identification of cattle nematode parasites resistant to multiple classes of anthelmintics in a commercial cattle population in the US. Vet Parasitol 2009;166(3-4):281-285.
46. Rangel VB, Leite RC, Oliveira PR, Santos EJ. Resistência de *Cooperia spp.* e *Haemonchus spp.* às avermectinas em bovinos de corte. Arq Bras Med Vet Zootec 2005;57(2):186-190.
47. Geurden G, Chartier C, Fanke J, Regalbono AF, Traversa D, Samson-Himmelstjerna GS *et al.* Anthelmintic resistance to ivermectin and moxidectin in gastrointestinal nematodes of cattle in Europe. Int J Parasitol Drug Resist 2015;5:163-171.