

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
CÂMPUS DE ARAÇATUBA

INFLUÊNCIA DA ESTERILIZAÇÃO CIRÚRGICA NA
POPULAÇÃO CANINA DE ÁREA ENDÊMICA PARA
LEISHMANIOSE VISCERAL

Danielly Vieira Bortoletto
Médica Veterinária

Araçatuba-SP
2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
CÂMPUS DE ARAÇATUBA

**INFLUÊNCIA DA ESTERILIZAÇÃO CIRÚRGICA NA
POPULAÇÃO CANINA DE ÁREA ENDÊMICA PARA
LEISHMANIOSE VISCERAL**

Danielly Vieira Bortoletto

Orientadora: Dra. Cáris Maroni Nunes

Dissertação apresentada à Faculdade de
Medicina Veterinária – Unesp, câmpus de Araçatuba,
como parte das exigências para a obtenção do título
de Mestre em Ciência Animal (Medicina Veterinária
Preventiva e Produção Animal).

Araçatuba-SP
2011

Catálogo na Publicação (CIP)
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação – FOA / UNESP

B739i Bortoletto, Danielly Vieira.
Influência da esterilização cirúrgica na população canina de
área endêmica para leishmaniose visceral / Danielly Vieira
Bortoletto. - Araçatuba : [s.n.], 2011
36 f. : il. ; tab. + 1 CD-ROM

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Medicina Veterinária
Orientadora: Profa. Cárís Maroni Nunes

1. Controle da população 2. Modelos matemáticos 3. Cães
4. Zoonoses

CDD 636.0896

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Influência da esterilização cirúrgica na população canina de
área endêmica para leishmaniose visceral.

AUTORA: DANIELLY VIEIRA BORTOLETTO

ORIENTADORA: Dr.^a CÂRIS MARONI NUNES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em CIÊNCIA ANIMAL
(MEDICINA VETERINÁRIA PREVENTIVA E PRODUÇÃO ANIMAL) pela Comissão Examinadora:


Dr.ª SILVIA HELENA VENTUROLI PERRI


Dr. FERNANDO FERREIRA


Dr.ª CÂRIS MARONI NUNES

DATA DA REALIZAÇÃO: 03 de agosto de 2011


Presidente da Comissão Examinadora
Dr.ª CÂRIS MARONI NUNES
- Orientadora -

DADOS CURRICULARES

DANIELLY VIEIRA BORTOLETTO - Nascida no município de Panorama – SP em 29 de julho de 1983. Graduada em medicina veterinária pelo Centro Universitário de Rio Preto – UNIRP em dezembro de 2005. Realizou iniciação científica na área de clínica e cirurgia de grandes animais. Especializou-se em Gestão Ambiental em dezembro de 2007; participou e apresentou dois resumos em congressos nacionais. Atualmente é médica veterinária responsável pelo Serviço de Vigilância Epidemiológica do município de Panorama, SP, desde maio de 2007.

"É muito importante que o homem tenha idéias, sem elas não se vai à parte alguma"

Dalai Lama.

DEDICATÓRIA

Meus pais, Ivone e Edimilson, que sempre me apoiaram em todas as minhas decisões.

Ao meu irmão, Edimilson.

Aos meus avôs queridos, Helena, Abel, Olívio e Maria.

AGRADECIMENTOS

Em especial à professora Cárís Maroni Nunes, minha orientadora, pelos ensinamentos e, principalmente, pela amizade e paciência.

Aos amigos, Agnaldo Villa, Anivaldo Olívio Corte Junior, Cleber Raposo, Luiz Alexandre, Michele dos Santos, Mônica Almeida, Ricardo Pousa e a Rita Rosseti, Valeria Pousa pelo carinho e apoio.

Ao apoio dos amigos do Laboratório de Bioquímica e Biologia Molecular, Silvana Paulan, Érica Ribeiro, Amanda Quintal e Yuri Tani Utsonomyia.

A todos os que apoiaram o trabalho a campo, os Agentes Comunitários dos PSFs de Panorama-SP, aos oficiais de controle animal (OCA), a Josi Martins, aos funcionários da Vigilância Epidemiológica: Antonia, Aurora, Claudia, Célia, Helio Lima, Leydjane, Michele, Márcia Fátima e Maria Amélia.

A equipe de apoio da Vigilância epidemiológica: Márcia de Araujo e Marilene.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Faculdade de Medicina Veterinária – Unesp, Câmpus de Araçatuba, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

A todos que participaram da minha trajetória.

SUMÁRIO

CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

Introdução	11
Referências	14

CAPITULO 2 – INFLUÊNCIA DA ESTERILIZAÇÃO CIRÚRGICA NA POPULAÇÃO CANINA DE ÁREA ENDÊMICA PARA LEISHMANIOSE VISCERAL

Resumo	19
Introdução	21
Material e Métodos	22
Resultados e Discussão	23
Conclusão	31
Referências	32
Apêndice	35

INFLUÊNCIA DA ESTERILIZAÇÃO CIRÚRGICA NA POPULAÇÃO CANINA DE ÁREA ENDÊMICA PARA LEISHMANIOSE VISCERAL

RESUMO - O controle da população canina por meio da esterilização cirúrgica tem sido proposto como forma de controle de zoonoses em centros urbanos. Em áreas endêmicas para leishmaniose visceral (LV), onde a eutanásia do reservatório canino é compulsória, o efeito desta intervenção para controle populacional não é conhecido. Este trabalho objetivou avaliar, por meio da modelagem matemática, a influência da esterilização cirúrgica na diminuição do tamanho da população canina de área endêmica para LV. Os parâmetros utilizados em modelo matricial foram calculados a partir de dados colhidos da população canina da área urbana de Panorama-São Paulo, Brasil, área endêmica para LV. A simulação da aplicação de diferentes taxas de esterilização revelou que, ao longo de 5 anos, esta intervenção reduziu 53% da população quando foram realizadas esterilizações em todos os cães menores que 7 anos de idade. Porém, a castração de fêmeas maiores que 1 ano de idade mostrou-se mais eficiente, visto ser necessário menor número de esterilizações. Como a expectativa média de vida dos cães desta área endêmica para LV foi de 1,8 anos, a implantação de programas de controle populacional de cães baseados em esterilização cirúrgica pode ter uma relação de custo-benefício questionável.

Palavras-chaves: controle populacional, modelagem matemática, cães, zoonose

INFLUENCE OF SURGICAL STERILIZATION IN THE CANINE POPULATION IN A VISCERAL LEISHMANIASIS ENDEMIC AREA

SUMMARY - Dog population control by neutering has been proposed for zoonosis control in urban areas. In visceral leishmaniasis (VL) endemic areas where euthanasia is mandatory in Brazil, the effect of this control is not known yet. This research aimed at evaluating the influence of neutering in reducing canine population size in an endemic area for VL by mathematical modeling. Parameters for the matrix model were calculated from data of the canine population from Panorama-SP, Brazil, an endemic area for VL. Simulation of different neutering rate in 5 years reduced the population size to 53% while neutering dogs aging less than 7 years of both sex. However, sterilization of female older than 1 year was more efficient due to the smaller number of sterilization that has to be done to achieve similar reduction. Because life expectancy was quite low in this area (1.8 years), birth control programs by neutering can have a questionable cost-benefit relation.

Keywords: population control, mathematical modeling, dogs, zoonosis

CAPITULO I – CONSIDERAÇÕES GERAIS

INTRODUÇÃO

A leishmaniose visceral (LV), zoonose emergencial causada pela *Leishmania chagasi* nas Américas é considerada um problema de saúde pública em área urbana (MAIA-ELKHOURY et al., 2008; RANGEL; VILELA, 2008). Segundo a Organização Mundial da Saúde a LV é uma das doenças mais negligenciadas, sendo anualmente registrados 2 milhões de novos casos (WHO, 2010).

No Brasil, nas últimas décadas, o processo desordenado de ocupação urbana resultou em condições precárias de vida e destruição ambiental, fatores que também podem ter influenciado a emergência da doença no meio urbano (COSTA et al., 2007; DANTAS-TORRES; BRANDÃO-FILHO, 2006; GONTIJO; MELO, 2004; SOUZA et al., 2008).

A transmissão da LV ocorre através da picada de flebotomíneos, sendo a *Lutzomyia longipalpis* a espécie mais relacionada à transmissão no Brasil, por sua capacidade de adaptação a vários ambientes; *Lutzomyia cruzi* já foi descrita como vetor, porém apenas no estado do Mato Grosso do Sul (BARATA et al., 2005; BRASIL, 2006).

Diversos mamíferos podem se infectar por *Leishmania sp.* Entretanto, não são todos reservatórios implicados pela transmissão ao homem (SOUZA et al., 2010). O cão é o principal reservatório em ambiente urbano, sendo um importante elo na transmissão da doença para o homem (ASHFORD et al., 1998; MONTEIRO et al., 2005; PALATNIK-DE-SOUZA et al., 2001).

O controle da LV no Brasil se baseia em três medidas de saúde pública, além de educação em saúde: controle químico do vetor, vigilância e monitoramento canino com eutanásia de cães com diagnóstico sorológico positivo, diagnóstico e tratamento precoces de casos humanos, (BRASIL, 2006; COSTA et al., 2007; COSTA; VIEIRA, 2001; JULIÃO et al., 2007; OLIVEIRA; ARAUJO, 2003).

O controle do reservatório canino tem sido um dos temas mais estudado e controverso, com resultados conflitantes quanto à sua contribuição na redução da incidência da LV humana e canina (BRAGA, et al., 1998; COSTA et al., 2007; JULIÃO et al., 2007; NUNES et al., 2010; PALATNIK-DE-SOUZA et al., 2009).

Entretanto a eliminação do reservatório canino pode afetar temporariamente a incidência de LV nos cães (LAINSON; RANGEL, 2005).

Moreira Junior et al. (2004) em estudo sobre a dinâmica populacional canina em área endêmica para LV, observaram que a eutanásia de cães positivos, mesmo realizada com eficiência, não reduziu a incidência da leishmaniose visceral canina. Por outro lado, Costa et al. (2007) observaram que a eutanásia de cães soropositivos associada à borrifação extradomiciliar resultou em redução da incidência da LV humana, bem como Nunes et al. (2010) que observaram associação entre aumento da eutanásia canina e diminuição da incidência de leishmaniose visceral em humanos, com intervalo de 2 anos entre estes eventos.

Fatores como a falta de padronização dos procedimentos diagnósticos, e a própria dinâmica populacional canina, com a rápida aquisição de infecção pelos novos cães introduzidos em substituição aos cães eliminados, podem influir na efetividade da eliminação canina (BORTOLOTTI; D'AGOSTINO, 2007; COSTA et al., 2007).

Andrade et al. (2007) observaram no município de Araçatuba-SP que 44,5% dos proprietários entrevistados haviam substituído o cão sacrificado por outro animal, dos quais 87,5% o repuseram com outro cão, representando um aumento da população canina jovem e influenciando a estrutura da população.

A esterilização cirúrgica permanece como a principal intervenção de controle de natalidade de cães e gatos em áreas urbanas (MAHLOW, 1999; SOTO et al., 2008). Para a saúde pública, a castração dos cães favorece a diminuição dos transtornos decorrentes da superpopulação, como agravos e transmissões de doenças (BORTOLOTTI; D'AGOSTINO, 2007).

A estimativa de parâmetros de dinâmica populacional se faz uma importante forma de avaliação da eficácia das estratégias adotadas na redução da população canina. Os parâmetros mais comumente estimados são o tamanho da população canina, crescimento populacional, porcentagem de eutanásia, relação cão:homem, distribuição de raça, sexo e diferentes faixas etárias (ALVES et al., 2005; AMAKU et al., 2010; MATOS et al., 2002; SERAFINI et al., 2008; SOTO et al., 2006).

Na busca por estratégias para o controle populacional Sallum (2005), Amaku et al. (2009) e Ferreira (2009), propõem a utilização de modelos matemáticos para estimar os efeitos da esterilização na redução da densidade populacional canina, considerando-se as características da população.

Sallum (2005) utilizou modelo matricial de Leslie (1980) para simular o efeito da esterilização e eutanásia da população canina não domiciliada no município de Guarulhos,SP, e observou-se redução de 33,7% da população canina em 10 anos, com taxa de esterilização de 35% das fêmeas.

Amaku et al. (2009) desenvolveram modelo matemático com equações diferenciais para simular o efeito da esterilização cirúrgica de uma população canina hipotética com densidade populacional estimada em 1000 cães por km². O modelo resultou em redução de 20% da população canina em período de 5 anos, com taxa de esterilização de 80% ao ano.

Ferreira (2009) adaptou o modelo matemático matricial proposto por Leslie (1980), considerando modelo de dois sexos e diferentes faixas etárias, para simular o efeito da esterilização da população canina domiciliada e não domiciliada do município de Vargem Grande,SP. Este autor observou-se que a esterilização de fêmeas maiores que 1 ano de idade resultou em maior redução da população mediante a esterilização de menor número de cadelas, em período de 10 anos.

A utilização da modelagem matemática, através de modelo matricial que consideram os dois sexos e estrutura etária proposto por Ferreira (2009) permite simular a esterilização em diferentes cenários e possibilita avaliar o impacto de esterilização quando aplicada a cada sexo com intensidades diferentes. Assim torna-se possível simular a eficácia de programas de controle populacional por meio da esterilização cirúrgica.

Considerando-se que em área endêmica para LV a população canina sofre influência por eutanásia compulsória a hipótese assumida é a de que, em áreas onde a eutanásia é adotada como método de controle da LV, o efeito da castração é diferente daquele observado em área não endêmica.

Este trabalho buscou simular a dinâmica da população canina de área endêmica para LV (Panorama,SP) e avaliar o efeito do controle de natalidade de cães por meio da esterilização cirúrgica, utilizando-se modelo matemático matricial que considera os dois sexos e faixas etárias diferentes.

REFERÊNCIAS

ALVES, M.C.G.P.; MATOS, M.R.; REICHMANN, M.L.; DOMINGUEZ, M.H. Dimensionamento da população de cães e gatos do interior do Estado de São Paulo. **Revista de Saúde Pública**, v. 39, p.891-897, 2005.

AMAKU, M.; DIAS, R.A.; FERREIRA, F. Dinâmica populacional canina: potenciais efeitos de campanhas de esterilização. **Revista Panamericana Salud Pública**, v.25, p.300-304, 2009.

AMAKU, M.; DIAS, R.A.; FERREIRA, F. Dynamics and control of stray dog populations. **Routledge**, v.17, p.69-78, 2010.

ANDRADE, A.M.; QUEIROZ, L.H.; PERRI, S.H.V.; NUNES, C.M. Reposição de cães em área endêmica para leishmaniose visceral. **Revista da Sociedade Brasileira Medicina Tropical**, v.24, p.927-932, 2007.

ASHFOR, D.A.; DAVID, J.R.; FREIRE, M.; DAVID, R.; SHERLOCK, I.; EULÁLIO, M.C.; SAMPAIO, D.P.; BADARO, R. Studies on control of visceral leishmaniasis in Jacobina, Bahia, Brazil. **American Society of Tropical medicine and hygiene**, v. 69, p.53-57, 1998.

BARATA, R.A.; SILVA, J.C.F.; MAYRINK, W. Aspecto da ecologia e do comportamento de flebotomíneos em área endêmica de leishmaniose visceral, Minas Gerais. **Revista da Sociedade Brasileira Medicina Tropical**, v.38, p.421-425, 2005.

BRAGA, M.D.M.; COELHO, I.C.B.; POMPEU, M.L. Controle do calazar canino: comparação dos resultados de um programa de eliminação rápida de cães sororreagentes por ensaio imunoenzimático com outro de eliminação tardia de cães sororreagentes por teste de imunofluorescência indireta de eluato de papel filtro. **Revista da Sociedade de Medicina Tropical**, v.31, p.419-424, 1998.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretária de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância epidemiológica. **Manual de vigilância e controle da leishmaniose visceral**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BORTOLOTI, R.; D'AGOSTINO, R.G. Ações pelo controle reprodutivo e posse responsável de animais domésticos interpretadas à luz do conceito de metacontingência . **Revista Brasileira de Análise do Comportamento**, v.3, p.1.235-1249, 2007.

COSTA, C.H.N.; VIEIRA, J.B.F. Mudanças no controle da leishmaniose visceral no Brasil. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.34, p.223-228, 2001.

COSTA, C.H.N.; TAPETY, C.M.M.; WERNECK, G.L. Controle da leishmaniose visceral em meio urbano: estudo de intervenção randomizado fatorial. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.40, p. 415-419, 2007.

DANTAS-TORRES, F.; BRANDRÃO-FILHO, S.P. Situação atual da epidemiologia da leishmaniose visceral em Pernambuco. **Revista de Saúde Pública**, v.10, n. 3, p. 537-541, 2006.

FERREIRA, F. **Efeito da esterilização no controle de população de cães**. Tese (Livre-Docência). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, 2009.

GONTIJO, C.M.F.; MELO, M.N. Leishmaniose visceral no Brasil: quadro atual, desafios e perspectivas. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 7, p. 338-349, 2004.

JULIÃO, F.S.; SOUZA, B.M.P.S.; FREITAS, D.S.; OLIVEIRA, L.S.; LARANJEIRA, D.A.; DIAS-LIMA, A.G.; SOUZA, V.M.M.; BARROUIN, S.M.; MOREIRA JUNIOR, E.D.; PAULE, B.J.A. Investigação de área de risco como metodologia complementar ao controle da leishmaniose visceral canina. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.27, p.319-324, 2007.

LAINSON, R.; RANGEL, E. *Lutzomyia longipalpis* and the eco-epidemiology of American visceral leishmaniasis, with particular reference to Brazil – a review. **Memórias do Insituto Oswaldo Cruz**, v. 100, p. 811-827, 2005.

LESLIE, P.H. The use of matrices in certain population mathematics. **Biometrika**, v.33, p.183-212, 1945. In: NASSER, R.; MOSIER, J.E. Canine population dynamics: a study of the Manhattan, Kansas, canine population. **American Journal of Veterinary Research**, v.41, p.1798-1803, 1980.

MAHLOW, J.C. Estimation of the proportions of dogs and cats that are surgically sterilized. **Journal of the American Veterinary and Medical Association**, v. 215, p. 640-643, 1999.

MAIA-ELKHOURY, A.N.; ALVES, W.A.; SOUZA-GOMES, M.L.; SENA, J.M.; LUNA, E. A. Visceral leishmaniasis in Brazil: trends and challenges. **Caderno de Saúde Pública**, v. 24, p. 2941-2947, 2008.

MATOS, M.R.; ALVES, M.C.G.P.; REICHMANN, M.L.; DOMINGUEZ, M.H. Técnica Pasteur para dimensionamento de população canina. **Caderno de Saúde Pública**, v.18, p. 1423-1428, 2002.

MOREIRA JUNIOR, E.D.; SOUZA, V.M.M.; SREENIVASAN, M.; NASCIMENTO, E.G.; CARVALHO, L.P. Assessment of an optimized dog-culling program in the dynamics of canine leishmania transmission. **Veterinary Parasitology**, v.122, p. 245-252, 2004.

OLIVEIRA, S.S.; ARAUJO, T.M. Avaliação das ações de controle da leishmaniose visceral em uma área endêmica do estado da Bahia, Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, v.19, p.1681-1690, 2003.

PALATNIK-DE-SOUZA, C.B., SANTOS, W.R., FRANÇA-SILVA, J.C., COSTA, R.T., REIS, A.B., PALATNIK, M., MAYRINK, W., GENARO, O. Impacto of canine control

on the epidemiology of canine and human visceral leishmaniasis in Brazil. **American Society of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 65, p.510-517, 2001.

PALATNIK-DE-SOUZA, C.B.; ANTUNES, I.S.; MORGADO, A.A.; MENZ, I.; PALATNIK, M.; LAVOR, C. Decrease of the incidence of human and canine visceral leishmaniasis after dog vaccination with Leishmune in Brazilian endemic areas. **Vaccine**, v. 27, p. 3505-3512, 2009.

RANGEL, E.F.; VILELA, M.L. *Lutzomyia longipalpis* (Diptera, Psychodidae, Phlebotomineo) and urbanization of visceral leishmaniasis in Brazil. **Caderno de Saúde Pública**, v. 24, p. 2948-2952, 2008.

SALLUM, P.C. **Avaliação do impacto de métodos de controle de populações animais errantes no município de Guarulhos-SP**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SERAFINI, C.A.V.; ROSA, G.A.; GUIMARAES, M.S.; DE MORAIS, H.A.; BIONDO, A.W. Survey of owned feline and canine population in apartments from a neighbourhood in Curitiba, Brazil. **Zoonoses and Public Health**, v. 55, p.402-405, 2008.

SOTO, F.R.M.; FERREIRA, F.; PINHEIRO, S.R.; NOGARI, F.; RISSETO, M.R.; SOUZA, O.; AMAKU, M. Dinâmica populacional canina no município de Ibiúna-SP: estudo retrospectivo. **Brazilian Journal of Veterinary Reserch and Animal Science**, v. 43, p. 178-185, 2006.

SOTO, F.R.M.; SOUZA, A.J.; AZEVEDO, S.S. Experiência do município de Ibiúna-SP no controle populacional de cães. **Pubvet**, v.2, INSS1982-1263, 2008.

SOUZA, V.M.M.; JULIÃO, F.S.; NEVES, R.C.S.; MAGALHÃES, P.B.; BISINOTO, T.V.; LIMA, A.S.; OLIVEIRA, S.S.; MOREIRA JUNIOR, E.D. Ensaio comunitário para avaliação da efetividade de estratégia de prevenção e controle da leishmania visceral humana no município de Feira de Santana, Estado Bahia, Brasil. **Epidemiologia e Serviço de Saúde**, v.17, p.97-106, 2008.

SOUZA, N.P.; ALMEIDA, A.B.P.F.; FREITAS, P.T.P.; PAZ, R.C.R.; DUTRA, V.; NAKAZATO, L.; SOUZA, V.R.F. Leishmania (infantum) chagasi em canídeos silvestres mantidos em cativeiro, no estado do mato grosso. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 43, p.333-335, 2010.

WHO, World Health Organization. **Control of leishmaniasis**. WHO Technical Report Series, 949. 187p., 2010.

CAPITULO 2 - INFLUÊNCIA DA ESTERILIZAÇÃO CIRÚRGICA NA POPULAÇÃO CANINA DE ÁREA ENDÊMICA PARA LEISHMANIOSE VISCERAL

RESUMO - O controle da população canina por meio da esterilização cirúrgica tem sido proposto como forma de controle de zoonoses em centros urbanos. Em áreas endêmicas para leishmaniose visceral (LV), onde a eutanásia do reservatório canino é compulsória, o efeito desta intervenção para controle populacional não é conhecido. Este trabalho objetivou avaliar, por meio da modelagem matemática, a influência da esterilização cirúrgica na diminuição do tamanho da população canina de área endêmica para LV. Os parâmetros utilizados em modelo matricial foram calculados a partir de dados colhidos da população canina da área urbana de Panorama, São Paulo, Brasil, área endêmica para LV. A simulação da aplicação de diferentes taxas de esterilização ao longo de 5, 10 e 20 anos revelou que esta intervenção, em 5 anos, reduziu 53% da população, quando foram realizadas esterilizações em todos os cães menores que 7 anos de idade. Porém, a castração de fêmeas maiores que 1 ano de idade mostrou-se mais eficiente, mostrou-se mais eficiente, visto ser necessário menor número de esterilizações e ser de mais fácil aceitação que a esterilização de machos. Como a expectativa média de vida dos cães desta área endêmica para LV foi de 1,8 anos, a implantação de programas de controle populacional de cães baseados em esterilização cirúrgica pode ter uma relação custo-benefício questionável.

Palavras-chaves: controle populacional, modelagem matemática, cães, zoonose

INFLUENCE OF SURGICAL STERILIZATION IN THE CANINE POPULATION IN A VISCERAL LEISHMANIASIS ENDEMIC AREA

SUMMARY - Dog population control by neutering has been proposed for zoonosis control in urban areas. In visceral leishmaniasis (VL) endemic areas where euthanasia is mandatory in Brazil, the effect of this control is not known yet. This research aimed at evaluating the influence of neutering in reducing canine population size in an endemic area for VL by mathematical modeling. Parameters for the matrix model were calculated from data of the canine population from Panorama-SP, Brazil, an endemic area for VL. Simulation of different neutering rate in 5 years reduced the population size to 53% while neutering dogs aging less than 7 years of both sex. However, sterilization of female older than 1 year was more efficient due to the smaller number of sterilization that has to be done to achieve similar reduction. Because life expectancy was quite low in this area (1.8 years), birth control programs by neutering can have a questionable cost-benefit relation.

Keywords: population control, mathematical modeling, dogs, zoonosis

Introdução

A leishmaniose visceral (LV), doença emergencial causada pela *Leishmania chagasi*, é um problema de saúde pública no mundo todo. No Brasil, a LV tem sofrido processo de urbanização e conseqüente expansão nos centros urbanos nas últimas décadas (COSTA et al., 2007; GONTIJO; MELO, 2004; WHO, 2010).

A transmissão da LV ocorre através da picada de flebotomíneos da espécie *Lutzomyia longipalpis*, com capacidade de adaptação a vários ambientes, facilitando a expansão da doença (BARATA et al., 2005).

O cão é o principal reservatório doméstico da LV, motivo pelo qual o Programa de Controle desta endemia no Brasil preconiza a identificação e eutanásia deste reservatório, além do controle do vetor e identificação e tratamento precoces de casos humanos (BRASIL, 2006).

Além de sofrer oposição dos proprietários, a eficácia da eliminação de cães positivos para a diminuição da incidência da LV no homem é controversa (DIETZE et al., 1997; NUNES et al., 2008; PARANHOS-SILVA et al., 1998; REITHINGER et al., 2002). O controle de natalidade baseado na esterilização cirúrgica de cães e gatos tem sido sugerido e adotado como auxiliar no controle desta e de outras zoonoses em áreas urbanas sem, contudo, ter seus efeitos quantitativamente avaliados por baixa experiência acumulada (AMAKU et al., 2009; FERREIRA, 2009; SOTO et al., 2008)

Além disto, a eutanásia compulsória em área endêmica para LV tende a modificar a estrutura e a composição da população canina (NUNES et al., 2008), alterando, conseqüentemente, o impacto da esterilização em massa como estratégia de controle populacional. Assim, com base em modelos matemáticos, é possível simular diferentes estratégias de esterilização e avaliar seu impacto, considerando-se as características da população (AMAKU et al., 2009; FERREIRA, 2009; SALLUM, 2005).

Considerando-se que em área endêmica para LV a população canina sofre grande influência da taxa de mortalidade por eutanásia compulsória e considerando-se que o efeito da esterilização cirúrgica no tamanho da população depende da estrutura desta, a hipótese assumida é a de que, em áreas onde a eutanásia é adotada para o controle da LV, o efeito da castração é diferente daquele observado em área não endêmica para esta zoonose.

Esse trabalho teve como objetivo simular a dinâmica da população canina de área urbana endêmica para LV e avaliar o efeito do controle de natalidade de cães por meio da esterilização cirúrgica, utilizando-se modelo matemático matricial que considera os dois sexos e faixas etárias diferentes.

Materiais e Métodos

O estudo foi realizado no município de Panorama, localizado na região noroeste do estado de São Paulo (latitude de 21° 21'23" sul, e longitude 51° 51'35" oeste), com população estimada em 14.583 habitantes (IBGE, 2010), área endêmica para LV desde 2007.

Para avaliação da população canina foram realizados três censos, por meio de aplicação de questionário, durante visitas casa a casa, realizadas no período de outubro de 2009 a janeiro de 2011. O questionário foi preenchido por agentes de saúde que colheram informações sobre número de animais por residência, sexo, idade, raça, origem, esterilização prévia, números de filhotes que sobreviveram por ninhada, e reposição de cães no domicílio.

No terceiro censo foi realizado inquérito sorológico censitário e os resultados obtidos apresentaram 41% de positividade para LV canina. A taxa de eutanásias realizadas junto ao Centro de Controle de Zoonoses (CCZ) da Prefeitura Municipal de Panorama-SP foi de 40% durante o ano de 2010 (dados obtidos dos registros do CCZ e não publicados).

A construção da tabela de vida foi realizada segundo Caughley (1966) utilizando-se o programa SPSS 9.0® com o objetivo de estimar valores para os parâmetros demográficos utilizados no modelo matemático matricial proposto por Leslie (1980) e adaptado por Ferreira (2009). Este modelo de dinâmica populacional permite avaliar o impacto da esterilização quando aplicada a cada um dos sexos e/ou a cada faixa etária, com diferentes intensidades.

A adoção do modelo pressupõe que:

- machos e fêmeas tornam-se sexualmente maduros com um ano de idade;
- machos e fêmeas menores que sete anos podem se reproduzir;
- a fertilidade não varia com a idade;
- a mortalidade varia com a idade.

Considerou-se ainda que a esterilização é aplicada continuamente e não afeta a probabilidade de sobrevivência dos cães, que as taxas de mortalidade e de fecundidade para cada idade permanecem constantes e que a população de cães já está na distribuição etária de equilíbrio.

Com o intuito de comparar os resultados observados na presente pesquisa com os observados por Ferreira (2009) as mesmas taxas de esterilização (10%, 20%, 30%, 40%, 60% ou 80% ao ano) e cenários foram simulados:

- Cenário 1 – esterilização de todos os animais maiores que 1 ano;
- Cenário 2 – esterilização de machos maiores que 1 ano;
- Cenário 3 – esterilização de fêmeas maiores que 1 ano
- Cenário 4 – esterilização de todos os animais menores que 7 anos;
- Cenário 5 – esterilização de animais maiores que 1 ano e menores que 7 anos;
- Cenário 6 – esterilização de animais menores que 1 ano.

Resultados e Discussão

Os dados coletados durante fevereiro/março 2010 (segundo censo) foram escolhidos para a confecção das tábuas de vida para machos e fêmeas. Observou-se a presença de 944 cães, sendo 481 fêmeas (51%) e 463 machos (49%) além de 250 filhotes, totalizando 1194 animais (Figura 1 e Tabela 1) e revelando relação cão: homem de 1:12. Esta relação é menor que a estimada (1:4) para o Estado de São Paulo (ALVES et al., 2005) possivelmente pela menor densidade populacional bem como pela predominância de casas e não residenciais verticais no município de Panorama. Observou-se presença média de 0,19 cães por residência (1194/6271).

A população canina de Panorama, SP revelou-se jovem, com 71% dos cães em idade até 4 anos. Observa-se ainda que 41,5% (496/1194) da população canina tinham até dois anos de idade o que poderia estar associado à alta taxa de reposição devido à eutanásia compulsória, já observada em estudos de Andrade et al. (2007) e de Nunes et al. (2008), com 45% e 38,8% de reposição, respectivamente. Entretanto, a reposição relatada pelos proprietários nesta pesquisa foi de 7,8% (93/1194), não reforçando esta hipótese o que pode ser parcialmente justificada pelo fato de ter sido baseada nos relatos dos proprietários e

não na observação propriamente dita. Tampouco a migração de 3,2% (38/1194) observada na presente pesquisa parece ter contribuído para a baixa idade dos cães.

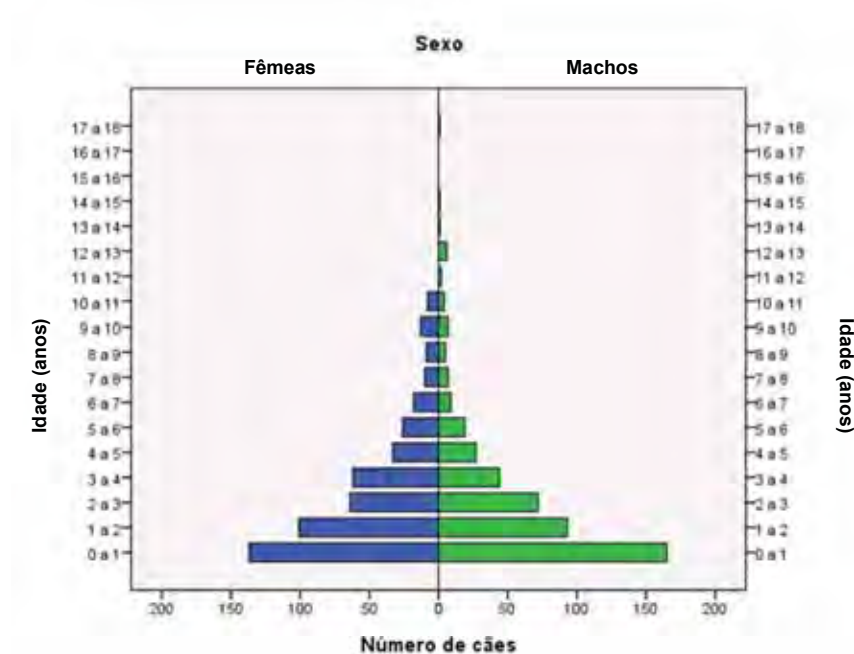


FIGURA 1 - Pirâmide etária da população canina de Panorama, SP, 2010.

Com base nas equações 1 a 13 (Apêndice) foram calculados os parâmetros vitais com os seguintes resultados (Tabela 1): taxa de natalidade (a_0) de 0,2648; taxa de mortalidade (b) de 0,63; capacidade de cada fêmea produzir 0,53 filhote durante a vida toda (Rho); expectativa média de vida para fêmeas de 1,91 anos e para machos de 1,75 anos. Calculou-se ainda a taxa de crescimento para a população canina (r) que foi de 0,12, sendo de 0,15 para as fêmeas e 0,10 para os machos.

Tabela 1 - Tábua de vida para machos (M) e fêmeas (F) da população de cães de Panorama-SP de 2010, descrita como número de animais, número de filhotes segundo a idade da mãe, valores de taxa de sobrevivência (l_i), probabilidade de sobrevivência (p_i), taxa de mortalidade (q_i), expectativa de vida (e_i) e número *per capita* de nascidos (m_i)

Idade (anos)	n F	n M	Filhotes	l_i F	l_i M	p_i F	p_i M	q_i F	q_i M	e_i F	e_i M	m_i F	m_i M
0 a 1	137	165	0	1,000	1,000	0,737	0,564	0,263	0,436	1,912	1,758	--	--
1 a 2	101	93	0	--	--	0,634	0,774	0,366	0,226	--	--	0,000	0,000
2 a 3	64	72	62	0,226	0,188	0,969	0,611	0,031	0,389	4,032	4,032	0,484	0,431
3 a 4	62	44	55	0,201	0,167	0,532	0,614	0,468	0,386	3,418	3,418	0,444	0,625
4 a 5	33	27	52	0,190	0,158	0,788	0,704	0,212	0,296	2,558	2,558	0,788	0,963
5 a 6	26	19	29	0,106	0,088	0,692	0,474	0,308	0,526	2,793	2,793	0,558	0,763
6 a 7	18	9	22	0,080	0,067	0,556	0,778	0,444	0,222	2,364	2,364	0,611	1,222
7 a 8	10	7	15	0,055	0,045	0,900	0,714	0,100	0,286	2,000	2,000	0,750	1,071
8 a 9	9	5	13	0,047	0,039	1,444	1,400	-0,444	-0,400	1,154	1,154	0,722	1,300
9 a 10	13	7	2	0,007	0,006	0,615	0,571	0,385	0,429	1,000	1,000	0,077	0,143
10 a 11	8	4	0	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
11 a 12	0	2	0	0,000	0,000	0,000	3,000	1,000	-2,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12 a 13	0	6	0	0,000	0,000	0,000	0,167	1,000	0,833	0,000	0,000	0,000	0,000
13 a 14	0	1	0	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
14 a 15	0	1	0	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
15 a 16	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
16 a 17	0	0	0	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
17 a 18	0	1	0	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total	481	463	250	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Valores representados por "--" correspondem a divisões por zero

A base da pirâmide etária muito mais larga na primeira faixa etária possivelmente seja resultante da reposição e migração de novos cães para a área. Os parâmetros vitais sinalizam para o fato de que, por mais que se tente reduzir o tamanho da população, esta parece estar no seu máximo de redução.

A dinâmica da população canina de Panorama, SP foi simulada com base na população inicial (1194) sem a intervenção por esterilização (Figura 2; Tabela 2). Observa-se aumento, ainda que em longo prazo (>10 anos) ilustrando que a eutanásia não parece ser uma medida de controle populacional adequada.

Com relação à leishmaniose visceral, em longo prazo a ausência de controle populacional pode resultar em piora da endemicidade, visto que a simulação do crescimento sem esterilização resulta em aumento da população canina (Figura 2).

A taxa de crescimento (r) observada foi de 0,12 ao ano, menor que a taxa de crescimento da população canina observada por Ferreira (2009) no município de Vargem Grande, SP (1,02 ao ano), possivelmente pela influência da taxa de eutanásia realizada (40%) em Panorama, SP.

A estimativa do efeito da esterilização de cães domiciliados no município de Panorama foi realizada com os parâmetros acima citados, resultando em diferentes densidades da população canina em função do tempo e sob a influência de diferentes taxas de esterilização (Figura 3). A castração de todos os animais menores que 7 anos, foi a intervenção que reduziu mais rapidamente o tamanho da população (Figura 3; cenário 4).

Para cada um dos cenários foi calculado o tamanho da população canina, a proporção de redução do tamanho da população original, além da dimensão da população esterilizada ao final de 5, 10 e 20 anos (Tabela 3). Estes valores permitem avaliar o impacto das ações considerando os números de esterilizações realizadas para atingir a redução.

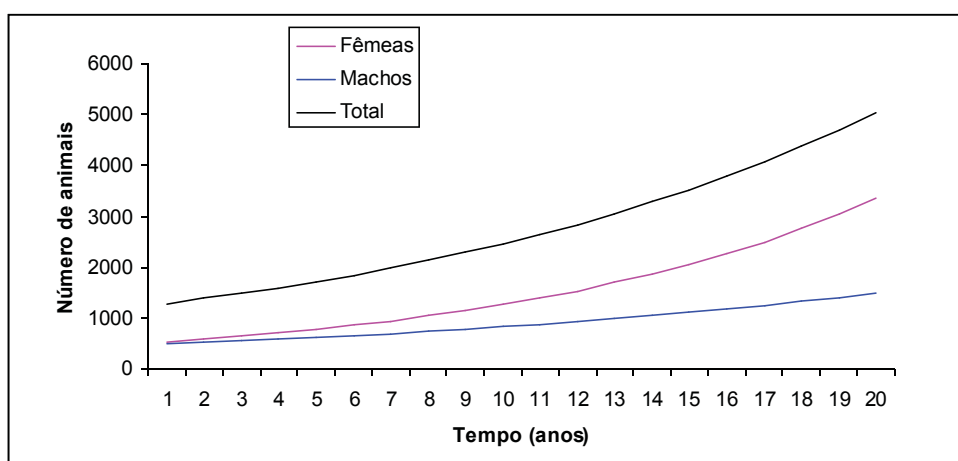


FIGURA 2 - Simulação da dinâmica da população canina de Panorama, SP sem esterilização cirúrgica.

Tabela 2 – Estimativa de crescimento da população canina de Panorama-SP simulado tornando-se como base a população inicial (1194) em 2010

Tempo (Anos)	Fêmeas	Machos	Pop. Total
1	530	490	1282
2	584	520	1378
3	643	552	1481
4	709	585	1591
5	781	620	1710
6	861	658	1837
7	948	698	1974
8	1045	740	2121
9	1152	785	2279
10	1269	832	2449
11	1399	882	2632
12	1541	936	2828
13	1698	992	3038
14	1872	1052	3265
15	2062	1116	3508
16	2273	1183	3770
17	2504	1255	4050
18	2760	1331	4352
19	3041	1411	4676
20	3351	1496	5025

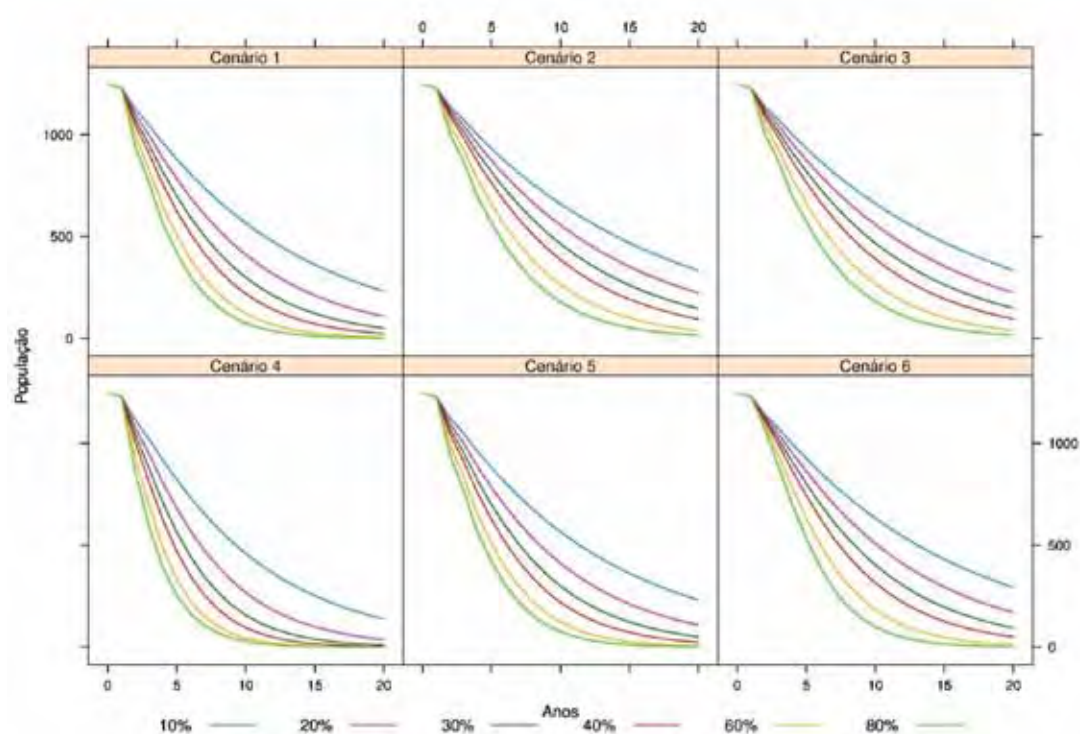


FIGURA 3 - Simulação da dinâmica da população canina (1.194) para diferentes taxas de esterilização cirúrgica (10%, 20%, 30%, 40%, 60% e 80%) e em diferentes cenários: cenário 1, esterilização de todos os animais maiores que 1 ano; cenário 2, esterilização de machos maiores que 1 ano; cenário 3, esterilização de fêmeas maiores que 1 ano; cenário 4, esterilização de todos os animais menores que 7 anos; cenário 5, esterilização de animais maiores que 1 ano e menores que 7 anos e cenário 6, esterilização de animais menores que 1 ano.

Tabela 3 - Número de cães na população (N), proporção de redução (%) relativa à população inicial (1.194), somatória de animais castrados (n_c) e número de cães castrados na população (n_p) no final dos períodos de simulação (5, 10 e 20 anos) segundo diferentes cenários e taxas de esterilização

Período (anos)	Taxa	Cenário 1 (> 1 ano)				Cenário 2 (M > 1 ano)				Cenário 3 (F > 1 ano)				Cenário 4 (< 7 anos)				Cenário 5 (> 1 e < 7 anos)				Cenário 6 (< 1 ano)			
		N	%	n_c	n_p	N	%	n_c	n_p	N	%	n_c	n_p	N	%	n_c	n_p	N	%	n_c	n_p	N	%	n_c	n_p
5 anos	10%	849	28,8	348	100	899	24,7	172	48	900	24,6	179	52	794	33,5	450	130	849	28,8	312	90	895	25,0	283	51
	20%	755	36,7	627	171	842	29,4	311	85	844	29,3	324	91	659	44,8	788	212	755	36,7	566	157	836	29,9	361	97
	30%	674	43,5	849	221	787	34,0	425	111	790	33,8	441	119	546	54,2	1037	258	674	43,5	773	204	779	34,7	422	138
	40%	603	49,4	1024	254	734	38,5	516	130	737	38,2	535	139	455	61,8	1213	277	603	49,4	939	237	724	39,3	505	174
	60%	488	59,12	1272	284	635	46,8	649	150	639	46,4	671	160	324	72,8	1415	266	488	59,1	1177	270	619	48,1	588	231
	80%	405	66,0	1426	288	546	54,2	733	156	550	53,9	757	167	245	79,4	1496	228	405	66,0	1327	276	523	56,1	699	269
10 anos	10%	544	54,4	554	71	635	46,8	281	37	637	46,6	292	40	442	62,9	694	84	544	54,4	503	66	610	48,9	561	41
	20%	394	67,0	916	100	534	55,2	480	57	537	55,0	498	62	257	78,4	1072	99	394	67,0	842	95	491	58,8	672	68
	30%	287	75,0	1152	106	446	62,6	620	66	449	68,6	642	72	150	87,4	1272	86	287	75,9	1067	102	390	67,3	811	83
	40%	209	82,4	1306	100	370	69,0	717	69	374	68,6	742	74	90	92,4	1377	67	209	82,4	1215	98	305	74,4	894	89
	60%	117	90,2	1474	78	252	78,8	828	63	255	78,6	855	68	40	96,6	1466	38	117	90,2	1378	77	178	85,0	1005	82
	80%	71	94,0	1550	71	169	85,8	872	51	172	85,5	900	56	26	97,8	1503	25	71	94,0	1452	57	96	91,9	1088	62
20 anos	10%	222	81,4	768	29	319	73,2	413	18	321	73,1	429	20	132	88,9	900	26	222	81,4	703	27	282	76,3	922	19
	20%	103	91,3	1137	26	213	82,1	653	23	215	81,9	677	25	34	97,1	1212	13	103	91,3	1054	25	163	86,3	1005	23
	30%	47	96,6	1323	47	139	88,3	789	21	141	88,1	817	23	8	99,3	1338	5	47	96,0	1233	17	90	92,4	1116	20
	40%	21	98,2	1422	10	90	92,4	864	17	91	92,3	894	18	2	99,8	1402	1	21	98,2	1330	10	47	96,0	1144	14
	60%	4	99,6	1519	3	36	96,9	920	9	36	96,9	951	10	0	0,0	1468	0	4	99,6	1423	3	10	99,1	1172	5
	80%	1	99,9	1566	1	14	98,8	923	4	14	98,8	953	4	0	0,0	1503	0	1	99,9	1467	1	1	99,9	1186	1

As esterilizações de todos os animais menores que 07 anos (Figura 3; cenário 04) foi a intervenção que produziu uma redução mais acentuada e no mais curto período de tempo (5 anos), entretanto, esta redução se fez à custa de um grande número de animais esterilizados (1037 cães). A observação dos mesmos dados permite verificar que no cenário 03 (esterilização de fêmeas maiores que 1 ano) obtêm-se redução de 53,9% da população mediante esterilização de 63,1% da população original (757 fêmeas). Ferreira (2009) observou maior redução (85%) com menor número de castrações (52,9% da população original) quando simulou a esterilização de fêmeas maiores que 1 ano, porém esta redução foi alcançada em período maior (10 anos).

Observou-se que a esterilização de machos com idade maior que 1 ano (cenário 2), produziu resultado semelhante na redução da população (54,2%) com número de castrações (733 machos) semelhante ao cenário 3, (esterilização de fêmeas maiores que 1 ano), em um período de 5 anos. Alguns fatores como a baixa taxa de crescimento (r 0,10) e a baixa expectativa média de vida (1,75), resultantes da pressão da eutanásia compulsória para controle da leishmaniose visceral na área, devem ter contribuído para esta redução mais acentuada, em todos os cenários simulados. Entretanto, a castração de cães machos, de modo geral, ainda apresenta maior resistência de aceitação por parte dos proprietários que a esterilização de fêmeas, fator este que desfavorece este cenário, ainda que tenha resultado em menor número de castrações para redução semelhante à esterilização de fêmeas maiores que 1 ano.

Outros modelos matemáticos têm sido utilizados para simulação do efeito da esterilização cirúrgica em população canina (AMAKU et al., 2009; SALLUM, 2005) porém, por não utilizarem modelos que consideram dois sexos e faixas etárias, o efeito da castração é mais limitado. No presente estudo, para um período de 10 anos, a esterilização de todos os animais menores que 7 anos (cenário 4) resultou em 87,4% de redução, aplicando-se taxa de esterilização de 30%. Utilizando modelo matemático matricial sem especificação de sexo ou faixa etária Sallum (2005) observou redução menor da população canina de Guarulhos-SP (33,7%), em período de 10 anos e mediante taxa de esterilização maior (35%). Já Amaku et al. (2009) observaram que o efeito da taxa de 80% de castração tanto de machos quanto de fêmeas,

em 5 anos, seria de 20% na densidade populacional, menor que o observado em qualquer cenário simulado na presente pesquisa.

A eliminação compulsória dos cães soropositivos na população canina de área endêmica para leishmaniose visceral incrementa o controle da população, diminuindo seu tamanho mais rapidamente quando comparada à de área não endêmica para LV. Entretanto, como a expectativa média de vida dos cães desta área endêmica para LV foi de 1,8 anos, a implantação de programas de controle populacional de cães baseados em esterilização cirúrgica pode ter uma relação de benefício questionável.

Conclusões

A esterilização cirúrgica de cães reduz o tamanho da população em maior ou menor período de tempo, na dependência da taxa de esterilização aplicada, do crescimento populacional, da aplicação da intervenção em um ou nos dois sexos bem como em faixas etárias diferentes. A castração de cães menores que 7 anos, em área onde a eutanásia compulsória é adotada como medida de controle da leishmaniose visceral resulta em redução do tamanho da população em menor espaço de tempo entre todos os cenários simulados. Porém, a castração de fêmeas maiores que 1 ano de idade mostrou-se mais eficiente, visto ser necessário menor número de esterilizações e ser de mais fácil aceitação que a esterilização de machos.

Agradecimentos

À equipe da Vigilância Epidemiológica e aos funcionários do Programa de Saúde da Família (PSF) da Prefeitura Municipal de Panorama-SP pelo apoio logístico e colheita dos dados para a realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

ALVES, M.C.G.P.; MATOS, M.R.; REICHMANN, M.L.; DOMINGUEZ, M.H. Dimensionamento da população de cães e gatos do interior do Estado de São Paulo. **Revista de Saúde Pública**, v. 39, p.891-897, 2005.

AMAKU, M.; DIAS, R.A.; FERREIRA, F. Dinâmica populacional canina: potenciais efeitos de campanhas de esterilização. **Revista Panamericana Salud Pública**, v.25, p.300-304, 2009.

ANDRADE, A.M.; QUEIROZ, L.H.; PERRI, S.H.V.; NUNES, C.M. Reposição de cães em aera endêmica para leishmaniose visceral. **Revista da Sociedade Brasileira Medicina Tropical**, v.24, p.927-932, 2007.

BARATA, R.A.; SILVA, J.C.F.; MAYRINK, W. Aspecto da ecologia e do comportamento de flebotomíneos em área endêmica de leishmaniose visceral, Minas Gerais. **Revista da Sociedade Brasileira Medicina Tropical**, v.38, p.421-425, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretária de Vigilância em Saúde. Departamento de Vigilância epidemiológica. **Manual de vigilância e controle da leishmaniose visceral**. Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

CAUGHLEY, G. Mortality patterns in mammals. **Ecological Society of America**, v.47, p.906-918, 1966.

COSTA, C.H.N.; TAPETY, C.M.M.; WERNECK, G.L. Controle da leishmaniose visceral em meio urbano: estudo de intervenção randomizado fatorial. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v.40, p. 415-419, 2007.

DIETZE, R.; BARROS, G.B.; TEIXEIRA, L.; HARRIS, J.; MICHELSON, K.; FALQUETO, A.; COREY, R. Effect of eliminating seropositive canines on the transmission of visceral leishmaniasis im Brazil. **Clinical Infectious Diseases**, v.25, p.240-1242, 1997.

FERREIRA, F. **Efeito da esterilização no controle de população de cães**. Tese (Livre-Docência). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, 2009.

GONTIJO, C.M.F.; MELO, M.N. Leishmaniose visceral no Brasil: quadro atual, desafios e perspectivas. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 7, p. 338-349, 2004.

IBGE. **População de Panorama, SP**, 2010. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>. Acesso em: 09/06/2011.

LESLIE, P.H. The use of matrices in certain population mathematics. **Biometrika**, v.33, p.183-212, 1945. In: NASSER, R.; MOSIER, J.E. Canine population dynamics: a study of the Manhattan, Kansas, canine population. **American Journal of Veterinary Research**, v.41, p.1798-1803, 1980.

NUNES, C.M.; LIMA, V.M.F.; PAULA, H.B.; PERRI, S.H.V.; ANDRADE, A.M.; DIAS, F.E.F.; BURATTINI, M.N. Dog culling and replacement in an endemic for visceral leishmaniasis in Brazil. **Veterinary Parasitology**, v. 153, p. 19-23, 2008.

PARANHOS-SILVA, M.; NASCIMENTO, E.G.; MELRO, M.C.B.F.; OLIVEIRA, G.G.S.; SANTOS, W.L.C.; PONTES-DE-CARVALHO, L.; OLIVEIRA-DOS-SANTOS, A.J. Cohort study on canine emigration and *Leishmania* infection in na endemic área for american visceral leishmaniasis. Implication for the disease control. **Acta Tropica**, v.69, p.75-83, 1998.

REITHINGER, R.; QUINNELL, R.J.; ALEXANDER, B.; DAVIES, C.R. Rapid detection of *Leishmania infantum* infection in dogs: comparative study using an immunochromatographic dipstick test, enzyme-linked immunosorbent assay and PCR. **Journal of Clinical Microbiology**, v.40, 2352-2356, 2002.

SALLUM, P.C. **Avaliação do impacto de métodos de controle de populações animais errantes no município de Guarulhos-SP**. Tese (Doutorado) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

SOTO, F.R.M.; SOUSA, A.J.; AZEVEDO, S.S. Experiência do município de Ibiuna-SP no controle populacional de cães. **Pubvet**, v. 2, INSS 1982-1263, 2008.

WHO, World Health Organization. **Control of leishmaniasis**. WHO Technical Report Series, 949. 187p., 2010.

APÊNDICE

Taxa de Natalidade (a_0): Na qual 'n' representa o número total de filhotes e 'N' o número total da população:

$$a_0 = n/N \quad (1)$$

Número *per capita* de nascimentos (m_i):

$$m_i = (n_{\text{filhotes } i+1} / 2) / N_{\text{fêmeas } i+1} \quad (2)$$

Taxa de Sobrevivência (l_i): É a probabilidade dos recém-nascidos sobreviverem até 1 ano:

$$l_i = l_0 n_i m_i / n_0 \quad (3)$$

Probabilidade de Sobrevivência (P_i): É a probabilidade de um indivíduo sobreviver passando do compartimento i-1 para o compartimento i:

$$P_i = n_i / n_{i+1} \quad (4)$$

Taxa de Mortalidade (q_i): é a proporção do número de morte em uma população:

$$q_i = 1 - p_i \quad (5)$$

Taxa reprodutiva total (Rho): Número médio de indivíduos que uma fêmea produz por toda a sua vida:

$$Rho = \sum l_i m_i \quad (6)$$

Expectativa de Vida (e): É o tempo que um indivíduo vive em uma população:

$$e_i = l_i + l_{i+1} + \dots + l_{i+18} / l_i \quad (7)$$

Taxa de crescimento finita (λ):

(8)

$$\lambda = e^r$$

Taxa de Crescimento (r): representa taxa de crescimento da população:

(9)

$$r = \sum l_1 N_i m_i / N_1$$

Matriz de Leslie (A):

(10)

$$A_{ene} = \begin{pmatrix} P & Q \\ R & S \end{pmatrix}$$

onde:

A_{ene} = matriz de transição

P = probabilidade de sobrevivência

Q = proporção de fêmeas que não se reproduzem

R = taxa líquida de reprodução da população

S = taxa de esterilização

Dinâmica da população:

(11)

$$n_{t+1} = A_{ene} n_t$$

Expectativa média de vida (E):

(12)

$$E = \sum_{i=1} l_i$$

Simulação do crescimento populacional sem esterilização:

$$N^{ert}$$

(13)

N = número da população

e = expectativa média de vida

r = taxa de crescimento

t = tempo (anos)