



ANÁLISE ESTATÍSTICA ENTRE 2006 E 2019 E PREVISÃO DOS CASOS DE RAIVA EM BOVINOS DE 2020 A 2022 NO ESTADO DO TOCANTINS (BRASIL), USANDO O SOFTWARE R STUDIO®

SANTOS, A.J.F.^{1*}; FERREIRA, J.M.¹; TAVARES, R.M.¹; GOMES, J.E.C.¹; VELOSO JÚNIOR, J.P.¹; BAPTISTA, F.²; ALEXANDRINO, B.²; SILVA, M.A.G.²; ALMEIDA, K.S.²

¹Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Tocantins, Palmas, TO, Brasil. ²Universidade Federal do Norte do Tocantins, Araguaína, TO, Brasil. *E-mail: dr.alessandro.vet@gmail.com



INTRODUÇÃO

A raiva é uma enfermidade infecciosa causada por um vírus pertencente ao gênero *Lyssavirus*, família *Rhabdoviridae*, constituído por ácido ribonucleico (RNA) de cadeia simples. No Brasil, é uma doença de notificação obrigatória que afeta o sistema nervoso central (SNC) de pessoas e de todas as espécies de mamíferos domésticos e silvestres. É uma das principais zoonoses do mundo com importante implicação em saúde pública, além do alto custo econômico e social em virtude dos prejuízos causados na pecuária por ser uma doença invariavelmente fatal [1].

No Brasil, *Desmodus rotundus* é o principal transmissor da raiva aos bovinos causando incoordenação, paralisia e hipoestesia dos membros pélvicos, sendo o diagnóstico realizado em laboratório oficial ou credenciado por meio do teste de imunofluorescência direta associado à inoculação intracerebral em camundongos ou cultura celular. As estratégias de combate do Programa Nacional de Controle da Raiva dos Herbívoros (PNCRH) são fundamentadas na vigilância epidemiológica, vacinação de herbívoros domésticos, controle populacional do *D. rotundus*, educação em saúde e atendimento aos focos da doença [2].

De 2009 a 2019 o rebanho bovino do estado do Tocantins teve um crescimento de 9,14% e em 2019 possuía o 11º maior efetivo no Brasil com 8.300.111 cabeças, representando 3,88% do rebanho nacional, e na Região Norte, ficou atrás dos estados do Pará e Rondônia que possuíam naquele mesmo ano, respectivamente, 20.510.169 e 13.973.714 bovinos. Na economia tocaninense o setor agropecuário representa, em média, 13,1% do valor adicionado do produto interno bruto (PIB) que no ano de 2018 foi estimado em R\$ 35,6 milhões [3].

Tendo em vista a relevância econômica da bovinocultura no estado do Tocantins, é de primordial importância o conhecimento sobre a dinâmica da raiva em bovinos para identificar o padrão de sua ocorrência ao longo do tempo e subsidiar o Serviço Veterinário Oficial (SVO) com informações que orientem a implantação de medidas sanitárias para o controle dessa zoonose.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Descrever o padrão de ocorrência da raiva em bovinos no estado do Tocantins analisando a série temporal de janeiro de 2006 a dezembro de 2019, bem como avaliar o modelo preditivo mais adequado para realizar previsões dos casos dessa doença para os anos de 2020 a 2022.

Objetivos específicos

Analisar a tendência de ocorrência de casos de raiva em bovinos no estado do Tocantins.

Verificar se os surtos epidêmicos da raiva em bovinos ocorrem de forma cíclica no estado do Tocantins.

Verificar se os casos de raiva em bovinos ocorrem de forma sazonal no estado do Tocantins.

Determinar os meses de menor ocorrência da raiva em bovinos no estado do Tocantins.

Propor um calendário específico de vacinação contra raiva dos herbívoros no estado do Tocantins como forma de prevenir a ocorrência dessa doença.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização da área de estudo

O estudo foi realizado no estado do Tocantins, localizado na Região Norte do Brasil entre os meridianos 45° e 51° de longitude oeste, e entre os paralelos 5° e 14° de latitude sul. Esse estado é composto por 139 municípios com área total de 277.620,914 km². Possui clima semi-úmido dividido em duas zonas, Tropical Zona Equatorial ao norte do estado e Tropical Brasil Central ao sul, caracterizado por apresentar duas estações bem definidas ao longo do ano em virtude da proximidade com a linha do equador, sendo uma estação chuvosa no verão, de outubro a abril, e outra estação seca no inverno, de maio a setembro. A temperatura varia entre 25°C a 40°C com precipitações pluviométricas acima de 1.500mm anuais [4].

Coleta de dados

Os dados mensais dos casos de raiva em bovinos registrados no período de 2006 a 2019 no estado do Tocantins foram extraídos do Sistema Nacional de Informação Zoossanitária (SIZ) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), bem como da plataforma do Programa Estadual de Controle da Raiva dos Herbívoros (SisPECRH) da Agência de Defesa Agropecuária do Estado do Tocantins (Adapec/TO). Esses dados foram consolidados em planilha eletrônica da Microsoft Excel® 2019, salvos em formato “file.csv (separado por vírgulas)” e transformados em série temporal por meio da função “ts()” nativa do *software* R Studio®, versão 1.1.463.

Modelagem e análise estatística

A modelagem da série temporal dos casos de raiva em bovinos, bem como as respectivas análises estatísticas foram realizadas utilizando o *software* R Studio®. Uma série temporal (*Zt*) é representada pela combinação das componentes tendência-ciclo (*Tt*), sazonalidade (*St*) e erro (*Et*) (Equação 1) [5]:

$$Z_t = T_t + S_t + E_t \quad (1)$$

O modelo Autorregressivo Integrado por Média Móvel (ARIMA) foi definido com base na metodologia Box & Jenkins para série temporal estacionária, resumidamente, descrita a seguir [5]:

- Especificação: análise da classe geral de estruturas ARIMA(p,d,q)(P,D,Q), onde: “p” é a ordem do polinômio autorregressivo não-sazonal; “P” é a ordem do polinômio autorregressivo sazonal; “d” é a ordem de diferenciação não-sazonal; “D” é a ordem de diferenciação sazonal; “q” é a ordem do polinômio de médias móveis não-sazonal; “Q” é a ordem do polinômio de médias móveis sazonal.
- Identificação: com base na função de autocorrelação (FAC) e na função de autocorrelação parcial (FACP) foram definidos os valores de p, q. Um processo ARIMA(p,d,q) é um modelo Autorregressivo e Média Móvel (ARMA) diferenciado “d” vezes até se tornar estacionário.
- Estimação: os parâmetros do modelo identificado foram testados estatisticamente quanto a sua significância com a função “t_test()” pertencente ao pacote BETS [6].
- Diagnóstico: as funções “tsdiag()”, “Box.test()” e “shapiro.test()”, nativas do *software* R Studio®, foram utilizadas na análise dos resíduos e nos testes de verificação Ljung-Box para avaliar se o modelo sugerido é adequado para previsões de novos casos de raiva em bovinos.
- Previsão: foi utilizada a função “forecast()”, do pacote estatístico Forecast [7], para a previsão dos casos raiva em bovinos no estado do Tocantins.

Para avaliar a acurácia do modelo preditivo ARIMA em observações futuras foi realizada a validação cruzada de *Holdout* para aferir a capacidade de generalização do modelo. Para isso, utilizou-se a função “window()”, nativa do *software* R Studio®, em que os dados de 2006 a 2017 foram utilizados como treino e os dados de 2018 e 2019 foram utilizados como teste, considerando-se o valor da estatística U de Theil, que deve ser menor do que 1.

RESULTADOS

As análises mostraram que a raiva em bovinos está em declínio, porém ainda é endêmica no estado do Tocantins, com surtos epidêmicos que podem ocorrer a cada três ou quatro anos e sem padrão de sazonalidade, mas com períodos de menor ocorrência entre meses de abril e junho. Para o ano de 2022 o modelo ARIMA(4,1,4) previu a ocorrência aproximada de 38 casos de raiva bovina e em 2020 e 2021 todos os registros mensais dessa doença permaneceram dentro do intervalo de confiança (IC 95%) previsto, demonstrando que possui boa capacidade preditiva (Tabela 1).

Tabela 1 - Previsão de casos de raiva em bovinos no estado do Tocantins, Brasil, para os anos de 2020 a 2022 utilizando o modelo preditivo ARIMA (4,1,4).

MÊS	2020			2021			2022		
	Previsto	Registrado	IC 95%	Previsto	Registrado	IC 95%	Previsto	Registrado	IC 95%
Janeiro	3	0	0 – 18	3	3	0 – 20	3	2	0 – 20
Fevereiro	1	0	0 – 16	3	2	0 – 20	3	1	0 – 20
Março	5	0	0 – 21	2	3	0 – 19	4	0	0 – 20
Abril	0	0	0 – 16	4	3	0 – 20	3	4	0 – 20
Mai	3	0	0 – 19	3	0	0 – 19	3	2	0 – 20
Junho	4	1	0 – 19	3	3	0 – 19	3	2	0 – 20
Julho	1	1	0 – 17	4	1	0 – 20	3	5	0 – 20
Agosto	4	1	0 – 20	3	2	0 – 19	4	N/A	0 – 19
Setembro	2	2	0 – 18	3	1	0 – 20	3	N/A	0 – 20
Outubro	2	0	0 – 18	3	3	0 – 20	3	N/A	0 – 20
Novembro	4	0	0 – 20	3	0	0 – 19	3	N/A	0 – 19
Dezembro	2	0	0 – 18	4	2	0 – 20	3	N/A	0 – 20
Total	21	5	–	38	23	–	38	N/A	–

DISCUSSÃO

A raiva em bovinos no estado do Tocantins é endêmica e segundo Barros *et al.* [1] essa estabilidade enzoótica ocorre em virtude das condições climáticas favoráveis, da existência de abrigos naturais e artificiais para os morcegos hematófagos e da distribuição da população de bovinos em uma determinada região. Apesar da tendência de declínio da casuística, para os anos de 2021 e 2022 foi previsto um aumento no número desses casos (Tabela 1) visto que, de acordo com a análise da série temporal em estudo, a raiva apresenta característica cíclica na ocorrência de surtos epidêmicos a cada três ou quatro anos. Essa observação é similar a encontrada por Oliveira *et al.* [8], que avaliaram a frequência da raiva em herbívoros e em humanos de 1999 a 2010.

A série temporal estudada não demonstrou sazonalidade na ocorrência dos casos de raiva em bovinos corroborando com Gomes & Monteiro [9], que avaliaram a distribuição da raiva em bovinos no estado de São Paulo. Porém, as menores médias de ocorrência dessa doença nos meses de abril a junho permitem ao SVO instituir um calendário estadual específico de vacinação do rebanho contra a raiva, com aplicação da dose reforço nos primovacinados após 30 dias e revacinação anual de todo rebanho, principalmente nos municípios onde a raiva tem maior incidência. Considerando que a janela imunológica da vacinação contra a raiva é de 21 dias, essa medida permite que um maior número de animais esteja imunizado antes do período em que se inicia a maior ocorrência dos casos de raiva em bovinos no estado do Tocantins, que é a partir de agosto.

Segundo Tizard [10], para quaisquer enfermidades, as vacinas devem ser administradas antes do período em que se esperam os surtos dessas doenças. Esse autor relata ainda que a estratégia de vacinação profilática reduz significativamente o potencial para uma grande epidemia por diminuir o tamanho da população suscetível, sendo que a eficácia dessa conduta pode ser aprimorada pela identificação de rebanhos de alto risco e pela garantia de que foram protegidos antes da ocorrência de um surto. Sendo assim, o mês de maio parece ser o mais indicado para se adotar a estratégia de vacinação profilática contra a raiva em bovinos no estado do Tocantins, entretanto o sucesso dessa estratégia depende da conscientização dos produtores por meio de educação sanitária, aprimoramento da vigilância epidemiológica e controle populacional do morcego hematófago *D. rotundus*.

Segundo Antunes & Cardoso [11], a necessidade de prever o futuro nos estudos epidemiológicos, e com base nisso intervir nos processos do presente, é de fundamental importância por permitir o planejamento de ações de combate às doenças, pois a redução dos indicadores de saúde de uma determinada população, por exemplo, incidência e prevalência, depende da efetividade dessas intervenções. Assim, esse tipo de estudo permite a alocação adequada de recursos financeiros e humanos visando aprimorar as ações de controle previstas nas diretrizes do PNCRH, uma vez que foi possível determinar o padrão de ocorrência e a previsão de novos casos da raiva em bovinos no estado do Tocantins. Apesar deste estudo ter sido conduzido com dados a nível estadual da raiva em bovinos, este método pode ser utilizado para analisar séries temporais de outras doenças infecciosas e para prever a emergência de novos casos dessas doenças em qualquer região geográfica.

CONCLUSÃO

A raiva em bovinos é endêmica no estado do Tocantins, com padrão cíclico de surtos epidêmicos que parece se repetir a cada três ou quatro anos, porém sem sazonalidade, mas com períodos de menor ocorrência entre meses de abril e junho, em que o mês de maio pode ser elencado para se realizar a vacinação profilática do rebanho, com ênfase nos municípios de maior incidência da doença. É necessária a realização de pesquisas visando determinar o ciclo biológico do morcego *D. rotundus* no estado do Tocantins, principalmente sobre os fatores inerentes às características reprodutivas e correlacioná-los com o padrão de ocorrência dessa doença nos bovinos. Por fim, o modelo preditivo ARIMA se mostrou adequado para realizar previsões a partir da série temporal estudada demonstrando ser uma ferramenta útil na tomada de decisões e no planejamento de ações de combate contra a raiva nos bovinos não apenas no estado do Tocantins, mas em outras regiões geográficas onde a raiva é também um problema de sanidade animal e saúde pública.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barros, C.S.L. *et al.* (2006). Doenças do Sistema Nervoso de Bovinos no Brasil. 1ª ed. Vallée, Minas Gerais, p.21-28.
- Queiroz, G.R. *et al.* (2018). Diagnóstico diferencial das doenças neurológicas dos bovinos no estado do Paraná. Pesquisa Veterinária Brasileira, v.38, n.7, p.1264-1277.
- Tocantins (2020). Apresentação Produto Interno Bruto do Tocantins, ano 2018. Secretaria da Fazenda e Planejamento do Estado do Tocantins. Disponível em: <<https://central3.to.gov.br/arquivo/548099/>>. Acessado em: 03/02/2021.
- Nascimento, J.B. (2011). Tocantins: História e Geografia. 7ª ed. Bandeirante, Goiânia, p.50-96.
- Barros, A.C. *et al.* (2018). Análise de Séries Temporais em R: Curso Introductório. 1ª ed. Elsevier - FGV IBRE, Rio de Janeiro, p.75-163.
- Ferreira, P.C., Speranza, T. & Costa, J. (2018). Brazilian economic time series (BETS): R package, version 0.4.9. Disponível em: <<http://127.0.0.1:12355/library/BETS/DESCRIPTION>>. Acessado em: 01/03/2021.
- Hyndman, R. *et al.* (2019). Forecast: forecasting functions for time series and linear models. R package, version 8.5. Disponível em: <<http://pkg.robjhyndman.com/forecast/>>. Acessado em: 01/03/2021.
- Oliveira, M.S. *et al.* (2003). Frequência da raiva em herbívoros e humanos no estado do Tocantins de 1999 a 2010: relatório técnico. Acta Veterinaria Brasileira, v.7, n.3, p.180-183.
- Gomes, M.N. & Monteiro, A.M.V. (2011). Raiva bovina no estado de São Paulo e sua distribuição espacial entre 1992 e 2003. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.63, n.2, p.279-286.
- Tizard, I.R. (2013). Veterinary Immunology. 9th ed. Elsevier, Missouri, p.273-276.
- Antunes, J.L.F. & Cardoso, M.R.A. (2015). Uso da análise de series temporais em estudos epidemiológicos. Epidemiologia e Serviços de Saúde, v.24, n.3, p.565-576.