

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGIA
ANIMAL)



ANA THEREZA ROQUE

FEBRE AMARELA EM SAGUIS-DA-CARA-BRANCA (*Callithrix geoffroyi*) EM UMA
PAISAGEM URBANA

VITÓRIA
2022

Ana Thereza Roque

Febre amarela em saguis-da-cara-branca (*Callithrix geoffroyi*) em uma paisagem urbana

Dissertação de mestrado, apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), como parte das exigências para obtenção do título de mestra em Biologia Animal.

Orientador: Sérgio Lucena Mendes

Coorientadora: Danielle de Oliveira Moreira

VITÓRIA

2022

Ana Thereza Roque

“Febre amarela em saguis-da-cara-branca (*Callithrix geoffroyi*) em uma paisagem urbana”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas do Centro de Ciências Humanas e Naturais, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Biologia Animal.

Aprovada em 07 de março de 2022.

Comissão Examinadora:

**Karen
B. Strier**

Digitally signed
by Karen B. Strier
Date: 2022.06.22
06:58:40 -05'00'

Prof. Dr. Sérgio Lucena Mendes (UFES)
Orientador e Presidente da Comissão Examinadora

Profa. Dra. Karen Barbara Strier (UFES)
Examinadora Titular Interna

Profa. Dra. Mariana Sequetin Cunha (Instituto Adolfo Lutz)
Examinadora Titular Externa



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
SERGIO LUCENA MENDES - SIAPE 99992078
Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas - PPGCBA/CCHN
Em 19/04/2022 às 18:01

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/452925?tipoArquivo=O>



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por
ROBERTA PARESQUE - SIAPE 3342367
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas - PPGCBA/CCHN
Em 22/06/2022 às 11:41

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link:
<https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/499214?tipoArquivo=O>

Dedicatória

*Ao meu querido pai, **Carlos Alberto Martins** (in memoriam), por ter sido o maior incentivador dos meus estudos, por ter me mostrado que outra vida era possível.*

*À minha amada amiga **Paula Heloisa Santana Resende** (in memoriam), por ter sido uma inspiração como cientista, um colo com o qual eu sempre podia contar e uma pessoa de coração puro, com o qual eu tanto aprendi.*

*Ao meu irmão **Carlos A. M. Junior** e à minha **Vovó Lia**, por todo o amor, apoio e carinho, que dão tanto significado ao meu existir.*

Resumo

O objetivo deste estudo foi investigar se as áreas de mata presentes dentro de um *buffer* de 100m da área urbana influenciaram os eventos de epizootias em saguis-da-cara-branca (*Callithrix geoffroyi*) no ambiente urbano, durante um surto de febre amarela no Espírito Santo. Para testar a hipótese de que as características ambientais, como a presença e o tamanho de fragmentos de mata nas proximidades das áreas edificadas, podem afetar os eventos de epizootias sobre a espécie, realizamos uma Regressão de Poisson e uma Classificação de Micro-habitat. A Regressão de Poisson foi feita a partir da contagem de epizootias em grids de 1 Km² e 9 Km² e a análise de sua correlação com o tamanho da área edificada e da área de mata, dentro de cada célula dos grids. A Classificação de Micro-habitat foi feita a partir da medida de distância de cada ponto de epizootia até o fragmento de mata mais próximo e da observação e categorização da área dentro do buffer de 100 m ao redor de cada ponto, sendo consideradas as categorias A, área urbana arborizada, e B, borda de fragmento de mata. Dos 123 eventos analisados, 43,90% estavam em área classificada como borda de fragmento de mata (B) e 100% deles estavam em área arborizada. A distância média entre os pontos de notificação e o fragmento de mata mais próximo foi de 140 m. Na Regressão de Poisson, as duas variáveis preditoras demonstraram uma correlação positiva com a notificação de epizootias. A partir disso, discutiu-se um possível padrão de transmissão de febre amarela em áreas urbanas que é paralelo ao silvestre e ao urbano, ocorrendo através de vetores sinantrópicos e envolvendo tanto hospedeiros humanos, quanto primatas não humanos.

PALAVRAS-CHAVE

Febre Amarela; Callithrix geoffroyi; Fragmento de Mata.

Abstract

The aim of this study was to investigate whether the forest areas present within a 100m buffer of the urban area influenced the events of epizootic diseases in white-headed marmosets (*Callithrix geoffroyi*) in the urban environment, during a yellow fever outbreak in Espírito Santo. To test the hypothesis that environmental characteristics, such as the presence and size of forest fragments near built-up areas, may affect epizootic events on the species, we performed a Poisson Regression and a Microhabitat Classification. The Poisson Regression was based on the count of epizootics in grids of 1 km² and 9 km² and the analysis of its correlation with the size of the built-up area and the forest area within each cell of the grids. Microhabitat classification was made by measuring the distance from each epizootic point to the nearest forest fragment, and by observing and categorizing the area within the 100 m buffer around each point, considering categories A, wooded urban area, and B, edge of a forest fragment. Of the 123 events analyzed, 43.90% were in areas classified as forest edge (B) and 100% of them were in forested areas. The average distance between the reporting points and the nearest forest fragment was 140 m. In Poisson Regression, the two predictor variables showed a positive correlation with the notification of epizootics. From this, we discussed a possible pattern of yellow fever transmission in urban areas that is parallel to the wild and urban ones, occurring through synanthropic vectors and involving both human hosts and non-human primates.

KEYWORDS:

Yellow Fever; Callithrix geoffroyi; Forest Patch.

Sumário

1. Introdução	7
2. Metodologia	9
2.1. <i>Área de Estudo</i>	9
2.2. <i>Espécie focal</i>	10
2.3. <i>Coleta dos Registros de Epizootias:</i>	11
2.4. <i>Variáveis da Paisagem</i>	12
2.5. <i>Seleção das variáveis</i>	13
2.6. <i>Análise dos dados</i>	14
a) <i>Análise Descritiva – Classificação de Micro-habitat</i>	14
b) <i>Regressão de Poisson</i>	15
3. Resultados	18
a) <i>Análise Descritiva – Classificação de Micro-habitat</i>	18
b) <i>Regressão de Poisson</i>	19
5. Conclusão	29
6. Agradecimentos	30
7. Referências bibliográficas	32

1. Introdução

A febre amarela (FA) é uma arbovirose, ou seja, doença causada por vírus que são transmitidos por artrópodes, conhecidos como arbovírus (VASCONCELOS, 2003). No ciclo urbano da doença, a transmissão é feita pelo mosquito *Aedes aegypti* Linnaeus, 1762 e o homem é seu hospedeiro principal. No ciclo silvestre, o vírus é transmitido principalmente por mosquitos dos gêneros *Haemagogus* e *Sabethes* e os hospedeiros principais são os primatas-não-humanos (PHN) (VASCONCELOS, 2003). No Brasil, os primatas mais atingidos por essa doença pertencem aos gêneros *Alouatta*, *Cebus*, *Ateles* e *Callithrix*, e o ser humano pode ser acidentalmente infectado (VASCONCELOS, 2003).

A FA urbana foi considerada erradicada no Brasil em 1942, após uma intensa campanha para o controle da virose comandada por Oswaldo Cruz (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005). E, a partir de 1954, considerou-se a forma urbana da doença eliminada em todo o continente americano (VASCONCELOS, 2003), porém ainda com a presença da transmissão do vírus pelo ciclo silvestre (CAVALCANTE & TAUIL, 2017). A maioria das áreas enzoóticas, ou seja, aquelas onde o vírus da doença circula entre os hospedeiros naturais, no continente americano está no Brasil, onde ela é considerada endêmica da região norte. Contudo, desde os anos 2000, a FA tem se dispersado progressivamente, alcançando outras regiões no país, com novos casos nas regiões Sudeste e Sul, próximos a grandes centros urbanos, densamente povoados e com uma população, na maioria, não imunizada (CAVALCANTE & TAUIL, 2017; DE FILIPPIS *et al.*, 2002; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005; ROMANO *et al.*, 2011).

A atual situação de dispersão e a elevada densidade do *Aedes aegypti* aumentam o risco de reurbanização da doença no Brasil (CAVALCANTE & TAUIL, 2017; DE FILIPPIS *et al.*, 2002; MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005; ROMANO *et al.*, 2011). A fim de aprimorar o sistema de vigilância da FA, gradativamente foi implantada a notificação e a investigação das epizootias em macacos em todo o país, com o intuito de detectar a oportuna circulação do vírus nas populações de PNH e, assim, aumentar a capacidade de resposta da rede de saúde pública (BRASIL, 2008).

Entre os anos de 2014 e 2015, casos de FA em humanos e epizootias em PNH foram registrados em uma ampla área do território nacional. Segundo o

Monitoramento do Período Sazonal da Febre amarela no Brasil (BRASIL, 2019), a transmissão da FA partiu da região norte, se expandindo no sentido leste e sul do país, onde afetou principalmente a região Centro-Oeste, entre os anos de 2015 e 2016. Em dezembro de 2016, foram registrados casos humanos e epizootias nos estados da região Sudeste, sendo considerado um dos maiores surtos de febre amarela silvestre da história do Brasil, da qual os estados de Minas Gerais e Espírito Santo foram os mais afetados (CAVALCANTE & TAUIL, 2017). Nesse surto, houve casos confirmados de primatas com febre amarela na região metropolitana de Vitória, Espírito Santo (SESA-ES, 2017), mais precisamente, acometendo o sagui-da-cara-branca (*Callithrix geoffroyi* Humboldt, 1812).

Essa espécie está entre as menos estudadas do gênero (PASSAMANI & RYLANDS, 2000a) e apresenta moderada tolerância às modificações no ambiente, não sendo restrita apenas a ambientes primários, mas ocorrendo também em fragmentos florestais de tamanhos variados e em áreas urbanas (PASSAMANI, 1998; PASSAMANI & RYLANDS, 2000a). A frequência de saguis-da-cara-branca em áreas urbanizadas é favorecida pela facilidade de habituação desses animais à presença humana e da disponibilidade de alimentos fornecidos pelas pessoas, criando nos animais uma certa dependência dos humanos para a alimentação (PAULA *et al.* 2005; PONTES *et al.* 2007; RODRIGUES & MARTINEZ 2014; SILVA *et al.* 2018). A proximidade destes animais à área urbana, os expõe a diversas ameaças, como predação por animais domésticos, atropelamentos, electrocussão em linhas de transmissão elétrica e transmissão de doenças por seres humanos, animais domésticos ou pragas urbanas (MAFRA *et al.*, 2015; PAULA *et al.*, 2005; RODRIGUES & MARTINEZ, 2014; SILVA *et al.*, 2018; TAVELA *et al.*, 2013).

Cunha *et al.* (2020a) sugerem um novo padrão de transmissão de FA, ocorrendo em consequência das ações antrópicas, das modificações da paisagem natural e no comportamento dos saguis na cidade de São Paulo. O padrão no ciclo de transmissão encontrado pelos autores não é consistente com os encontrados nos ciclos clássicos descritos para a doença.

O objetivo deste estudo foi investigar se as áreas de mata influenciaram os eventos de epizootias em saguis-da-cara-branca no ambiente urbano, durante um surto da doença no Espírito Santo. Partimos da hipótese de que as características

ambientais, como a presença e o tamanho de fragmentos de mata nas proximidades das áreas edificadas, podem afetar os eventos de epizootias sobre a espécie de diferentes maneiras, discutindo um possível novo padrão nos eventos de FA em áreas urbanas.

2. Metodologia

2.1. Área de Estudo

A região metropolitana da Grande Vitória (RMGV) está localizada na região sudeste do Estado do Espírito Santo, banhada a Leste pelo Oceano Atlântico, sendo composta pelos municípios: Vitória, Vila Velha, Guarapari, Serra, Cariacica, Viana e Fundão (Figura 1). Ela possui um território de 2.331,03Km², com uma área urbana de 672,57 Km² (IJSN, 2011) e uma população estimada, em 2018, de 1.951.673 habitantes, onde aproximadamente 98% dela vive em área urbana, sendo a região mais populosa e urbanizada do Estado do Espírito Santo (IBGE, 2018). A RMGV é uma região urbana com altos níveis de industrialização e em processo de expansão (IJSN, 2011).

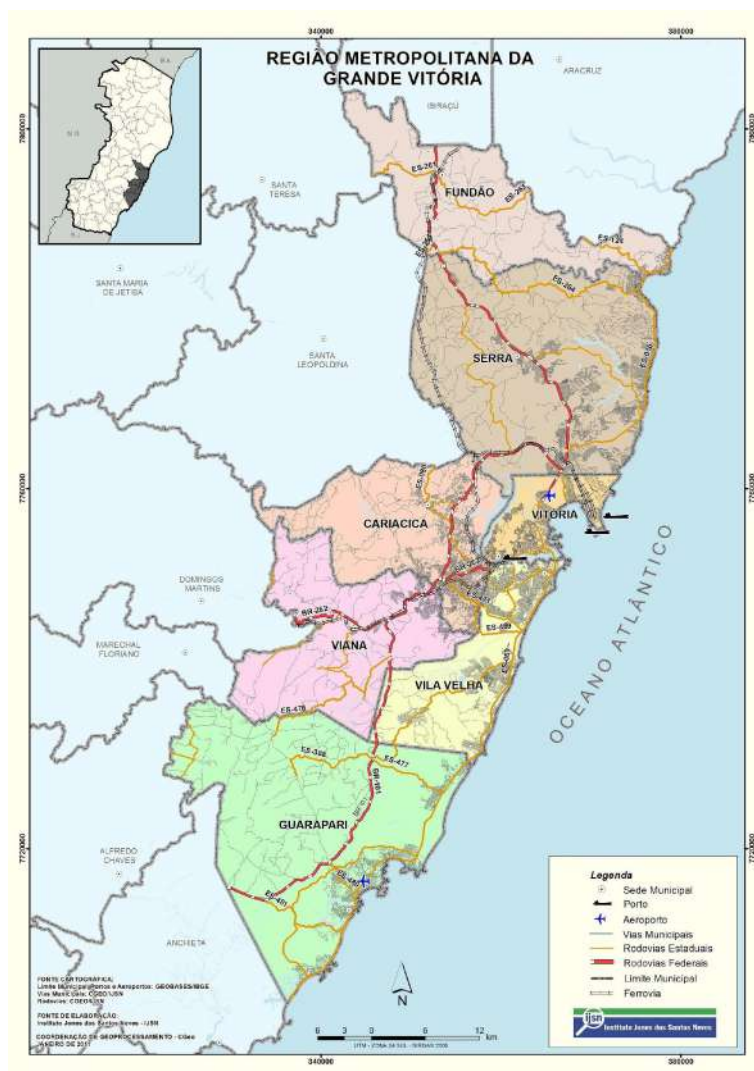


Figura 2: Mapa da Região Metropolitana de Vitória. Fonte: Instituto Jones dos Santos Neves (2019).

O relevo da RMGV é caracterizado por maciços rochosos nas porções oeste e sudoeste, equivalente aos municípios de Cariacica, Guarapari e Viana, e de baixadas e planícies que se distribuem irregularmente por toda sua zona costeira. A RMGV apresenta diversificados tipos de uso e ocupação do solo, constituindo-se por grandes extensões de pastagens, fragmentos de Mata Atlântica, restingas, várzeas, manguezais e áreas urbanizadas, que correspondem a 13% de ocupação da área total (IJSN, 2011).

Por estar situada na zona tropical, em uma região litorânea, a RMGV é influenciada por sistemas tropicais e de latitudes médias. No inverno, possui estação seca bem definida e no verão apresenta uma estação chuvosa (MINUZZI *et al.*, 2007). O período quente compreende de outubro a abril, com maior intensidade em dezembro e janeiro. O período mais intenso do inverno ocorre em julho e a sensação de frio é verificada quando ocorrem frentes frias (IEMA, 2020).

2.2. *Espécie focal*

O sagui-da-cara-branca é um pequeno primata de hábito diurno e arbóreo, endêmico da Mata Atlântica (Figura 2), bioma formado por florestas e variados ecossistemas como restingas e manguezais (CERQUEIRA, 2000). Esta espécie habita originalmente desde o estado do Espírito Santo, até o sul da Bahia e partes adjacentes do Estado de Minas Gerais (RYLANDS *et al.*, 2009).



Figura 2: Mapa da distribuição de *Callithrix geoffroyi*. Fonte: Pereira, 2015.

Na RMGV existem registros de ocorrência da espécie para a região costeira, incluindo ao longo do Rio Reis Magos, Nova Almeida (HERSHKOVITZ, 1977), Parque Natural Municipal de Jacarenema (MENDES, 1997) e Parque Estadual Paulo César Vinha (VENTURINI *et al.*, 1996), segundo um levantamento feito por Moreira e Mendes (2010).

2.3. *Coleta dos Registros de Epizootias:*

Em consequência da identificação das primeiras mortes de PNH durante o surto de FA no Espírito Santo, entre os anos de 2016 e 2017, o Projeto Muriqui-ES e o Laboratório de Biologia da Conservação de Vertebrados da UFES iniciaram um projeto secundário chamado “Aspectos Ecológicos do Surto de Febre amarela Silvestre no Espírito Santo - Sentinelas da Mata”, no ano de 2017. O objetivo do projeto era coletar animais mortos ou informações de PNH acometidos pela FA durante o surto. O projeto Sentinelas da Mata trabalhou em parceria com as equipes de vigilância epidemiológica estadual e municipais e as equipes das unidades de conservação do Estado, as quais forneciam informações de ocorrência das epizootias. Quando possível, a equipe de campo do Sentinelas da Mata ia até os locais apontados para coletar espécimes mortos de primatas e confirmar as coordenadas geográficas.

O Sentinelas da Mata também iniciou uma campanha nas redes sociais e imprensa local para incentivar a população a informar por telefone as mortes de PNH que observavam, comunicando a localidade dos eventos e enviando o registro fotográfico, sempre que possível.

Para complementar as informações de PNH utilizadas no presente estudo, dados incompletos, como coordenadas geográficas e resultados de exames de FA, foram solicitados à SESA (Secretaria Estadual de Saúde) e aos serviços de vigilância municipais. Quando necessário, o local da morte foi visitado e georreferenciado. As informações de saguis-da-cara-branca coletadas durante o surto foram, então, organizadas em uma planilha eletrônica (Microsoft® Office Excel). Para cada notificação, temos dados como data do evento de epizootia, número de indivíduos mortos no evento, localidade da epizootia (município, localidade específica e coordenada geográfica) e a fonte da informação. Excluímos

os registros para os quais os resultados de exames para FA foram negativos e para os casos de animais que morreram por traumas físicos, como atropelamentos e eletrocussão. Assim, de um total de 169 notificações reunidas, permaneceram 157 notificações de epizootias na RMGV (Figura 3), coletadas entre 02 de janeiro de 2017 e 18 de maio de 2018, consideradas no estudo pelo vínculo epidemiológico, ou seja, por procedência de área endêmica e/ou de transição para febre amarela silvestre (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 1999).

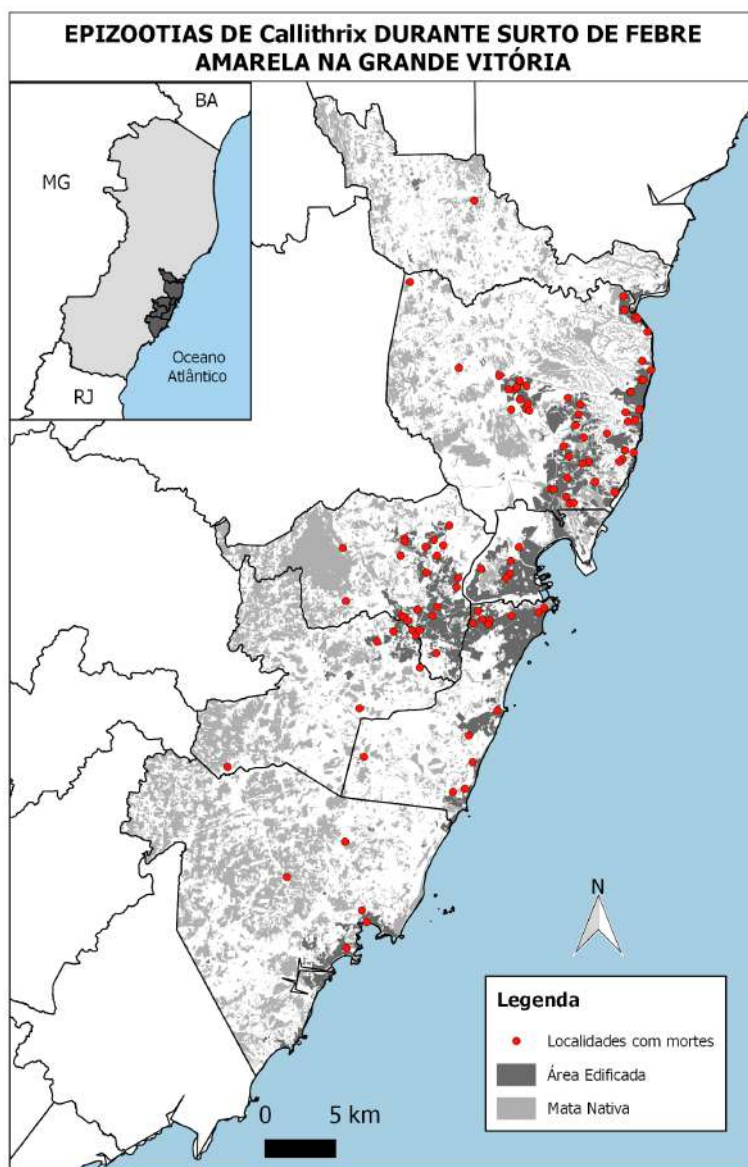


Figura 3: Mapa das 157 epizootias em *Callithrix geoffroyi* durante surto de febre amarela na RMGV.

2.4. Variáveis da Paisagem

Neste estudo, consideramos paisagem a partir do conceito de que, além da junção de elementos geográficos, a combinação dinâmica, instável, dos elementos físicos, biológicos e antrópicos, resultaria em uma paisagem. Sendo a paisagem não

apenas natural, mas total, com todas as implicações da participação humana (BERTRAND, 1972).

Para a seleção das variáveis da paisagem para as análises, utilizamos o software QGIS® 3.14.0-Pi Geographic Information System (GIS), camada georreferenciada do mapa político da RMGV, disponibilizada pelo Instituto Jones dos Santos Neves e o arquivo georreferenciado de classificação do uso e ocupação do solo, disponibilizado pelo IEMA (feito por meio do Ortofotomosaico 2012/2015 com escala 1:10.000 PEC “A”, de resolução espacial de 0,25 m, elaborado a partir de um Levantamento Aerofotogramétrico Digital realizado entre 2012 e 2015, georreferenciado no Sistema de Projeção UTM, Datum SIRGAS2000, zona 24s). Desta classificação, consideramos as categorias “Mata Nativa”, “Mata Nativa em Estágio Inicial de Regeneração” e “Mangue”, que unificamos e renomeamos como “Áreas de Mata”, representando as áreas naturais, que caracterizam o *habitat* dos saguis-da-cara-branca, dos mosquitos transmissores e do vírus da FA. Também consideramos a categoria “Área Edificada”, que compreende a área dos municípios onde se concentram as construções (IEMA, 2016). Segundo o IBGE (2017), o mapeamento das manchas urbanas delimita as áreas construídas/edificadas das cidades brasileiras.

2.5. Seleção das variáveis

Considerando que *Callithrix geoffroyi* percorre uma distância média de 623m a 901m por dia, com uma área de uso mensal próxima a 1,75 Km² (ROCHA & PASSAMANI, 2009), que os mosquitos potenciais vetores da febre amarela podem se deslocar de 5 Km² a 11,5 Km² durante sua sobrevivência (CAUSEY *et al.*, 1950) e que o vírus da FA se dispersa, em média, 1,42 km/dia (PRIST *et al.*, 2021), como variáveis, calculamos a área da Área Edificada (a.ed) e de Mata (a.mata) para duas escalas de *grid* de células para a área de estudo: de 1 Km² e de 9 Km². Diferentes espécies podem ter diferentes percepções e respostas em relação a paisagem (BÉLISLE, 2005). A variação da natureza dos componentes do meio pode ser percebida diferentemente em diferentes escalas e pode ou não se expressar por meio dela (TURNER, 1989; WU; QI,2000). Sendo assim, é indispensável a transferência de informações entre escalas, comumente chamada de “análise multi-escala” para trabalhos em Ecologia de Paisagem (LIMA & MORO, 2015).

Assumindo que cerca de 98% da população da RMGV vive em área urbana e que 78,5% das epizootias foram registradas nessa área, muitos dos registros podem ter sido enviesados para a área edificada. Além disso, considerando que a dispersão do vírus ocorre principalmente por estradas adjacentes a áreas florestais, e ao longo das bordas da floresta (dentro de um alcance de 100 m), segundo Prist *et al.*, 2021, preferimos trabalhar somente nas áreas dentro de um *buffer* de 100 m da área edificada (Figura 4). Desta forma, plotamos os pontos de registros de epizootias no mapa e selecionamos apenas aqueles que sobrepõem ao *buffer* da Área Edificada, resultando um total de 123 pontos. Também medimos a área de mata dentro do *buffer* que continham os registros de epizootias. Desta forma, tentamos minimizar o enviesamento dos resultados, causado pelo grande contraste entre os números de notificações na mancha urbana e nas áreas menos populosas.

Das 123 epizootias investigadas neste estudo, 7,32% testaram positivo para febre amarela. Para o restante, não houve teste ou não conseguimos os resultados com as instituições públicas. A baixa porcentagem se deve à dificuldade das instituições envolvidas em realizar os exames laboratoriais em todas as amostras e ao difícil acesso a estes resultados dentro da base de dados de algumas prefeituras, pelo processo burocrático. Por atribuição de causa, consideramos os 123 pontos como epizootias pelo vínculo epidemiológico, definido pela ocorrência destes eventos num mesmo espaço fonte de infecção em PHN e seres humanos, e num mesmo período, tornando plausível a história de transmissão do agente pelos modos usuais, se apresentado pelo menos um caso na cadeia de transmissão confirmado laboratorialmente (LAGUARDIA & PENNA, 1999).

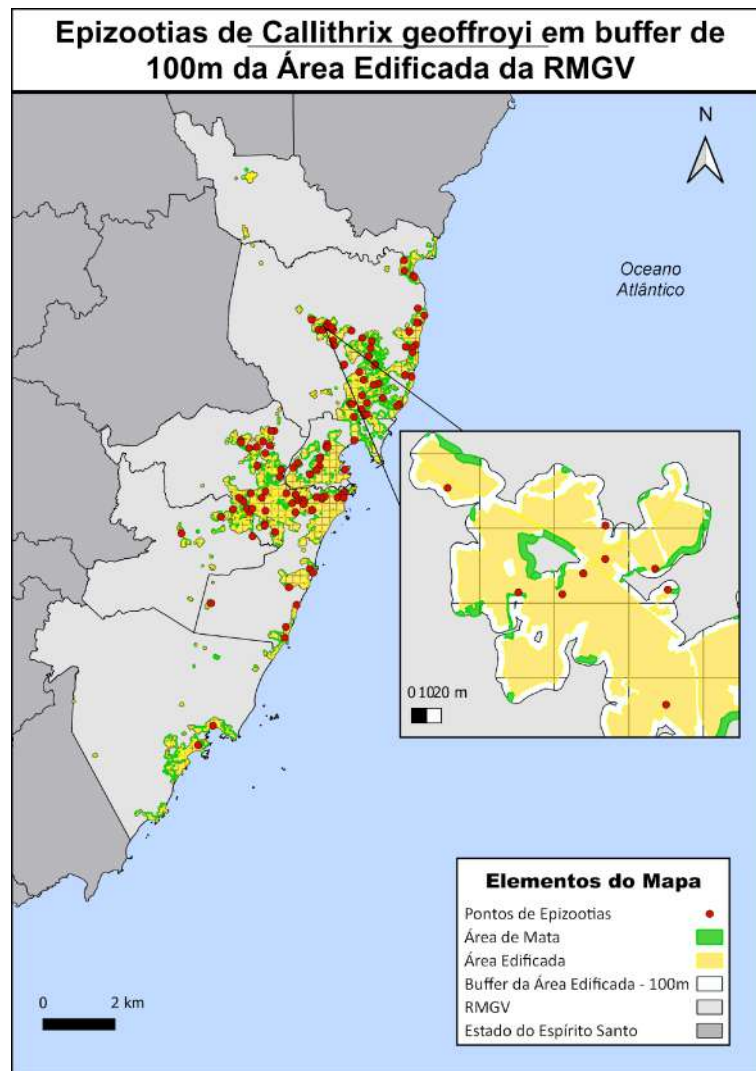


Figura 4: Representação dos registros de 123 epizootias de *Callithrix geoffroyi* distribuídas dentro de um *buffer* de 100 m da área edificada da Região Metropolitana da Grande Vitória dividido em um *grid* com células de 1Km².

2.6. Análise dos dados

a) Análise Descritiva – Classificação de Micro-habitat

Para avaliar mais precisamente as características dos locais onde ocorreram os eventos dentro da área edificada, extraímos a informação das variáveis ambientais dentro de um *buffer* de 100 m em torno de cada um dos 123 pontos selecionados. O tamanho do *buffer* foi definido com o objetivo de analisar a composição da paisagem dos locais de ocorrência das epizootias, para complementar as análises, visto que os dados extraídos dos mapas não entregavam um nível tão alto de refinamento. Dentro de cada *buffer*, fizemos uma nova classificação do uso da área para entender melhor a arborização do ambiente (Figura 5). Assim, utilizando a imagem do Google Satélite, categorizamos como A, a

área urbana arborizada, definida como área construída/edificada contendo árvores, e em B, borda de fragmento de mata, definindo a área dos pontos que estavam a distâncias iguais ou menores que aproximadamente 50 m do fragmento de mata mais próximo.

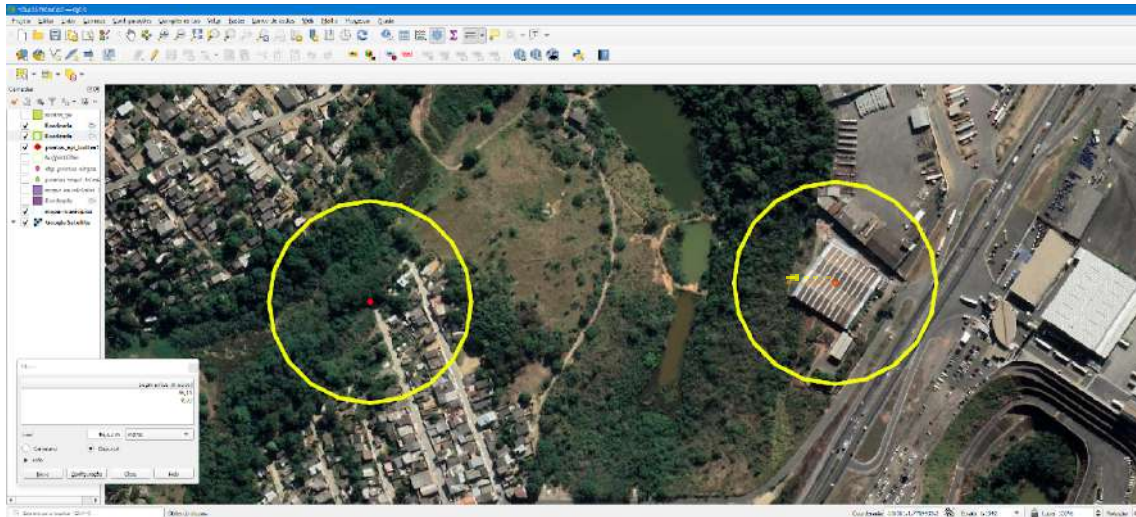


Figura 5: Demonstração de metodologia para extração da medida de distância entre o ponto e o fragmento de mata mais próximo.

Essa classificação e medida de distância podem ajudar no entendimento da dinâmica entre os eventos e os fragmentos de mata que estão dentro da área urbana e, por isso, não são classificados como mata pela Classificação de Uso e Ocupação de Solo do IEMA. Na classificação criada neste estudo, para ser considerado fragmento, considerou-se o tamanho, densidade da copa das árvores e conectividade entre as porções de vegetação. Após a identificação das áreas arborizadas e das bordas dos fragmentos, calculamos as estatísticas descritivas para toda a região estudada.

b) Regressão de Poisson

Para testar o efeito das áreas de mata ao redor da área urbana na ocorrência das epizootias por FA, utilizamos a Regressão de Poisson. Essa análise faz parte da família de GLM, indicada para quando os dados da variável resposta são não-negativos em forma de contagem. Nesses casos, a variável é discreta e assume um número finito de valores, levando em consideração o total de indivíduos com uma determinada doença. A Regressão de Poisson expressa a probabilidade de um determinado número de eventos ocorrer em um certo espaço (McCULLAGH & NELDER, 1989; SCHMIDT, 2003).

Para calcular o número de epizootias esperado/estimado pelo modelo, foi aplicada uma função inversa à função de ligação, sendo representada por:

$$E(Y) = e^{g(x)}$$

Sendo $g(X)$ a função de ligação, a equação do modelo da Regressão de Poisson foi dada por:

$$g(x) = \beta_0 + a.mata * \beta_1 + a.ed * \beta_2$$

Para testar a adequabilidade da regressão de Poisson ao conjunto de dados observados neste estudo (BEIGUELMAN, 1996), utilizou-se o teste ANOVA (Quadro 1), onde os valores de $p=0,00$ demonstram a significância da regressão tanto para a variável Área de Mata quanto para a variável Área Edificada. A partir disso, elaboramos gráficos de comparação entre a distribuição esperada para estes dados e a distribuição observada (Figuras 6 e 7). Utilizamos o programa R, versão 4.1.2 (R CORE TEAM, 2021), com o pacote Vegan v. 2. 5-7 (OKSANEN *et al.*, 2020) para realizar a análise.

Quadro 1: Tabela de resultados do teste ANOVA para verificar a adequabilidade da Regressão de Poisson aos dados observados no estudo.

MODELO REGRESSÃO DE POISSON - ANOVA					
GRID 1 KM²	Grau de Liberdade	Desvio Residual	Grau de Liberdade	Desvio Residual	Pr(>Chi)
a.mata	1	23.788	679	468.62	1.075e-06 ***
a.ed	1	64.738	678	403.88	8.557e-16 ***
GRID 9 Km²	Grau de Liberdade	Desvio Residual	Grau de Liberdade	Desvio Residual	Pr(>Chi)
a.mata	1	28.583	120	228.75	8.978e-08 ***
a.ed	1	77.501	119	151.25	< 2.2e-16 ***
<i>Valores significativos: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 '' 1</i>					

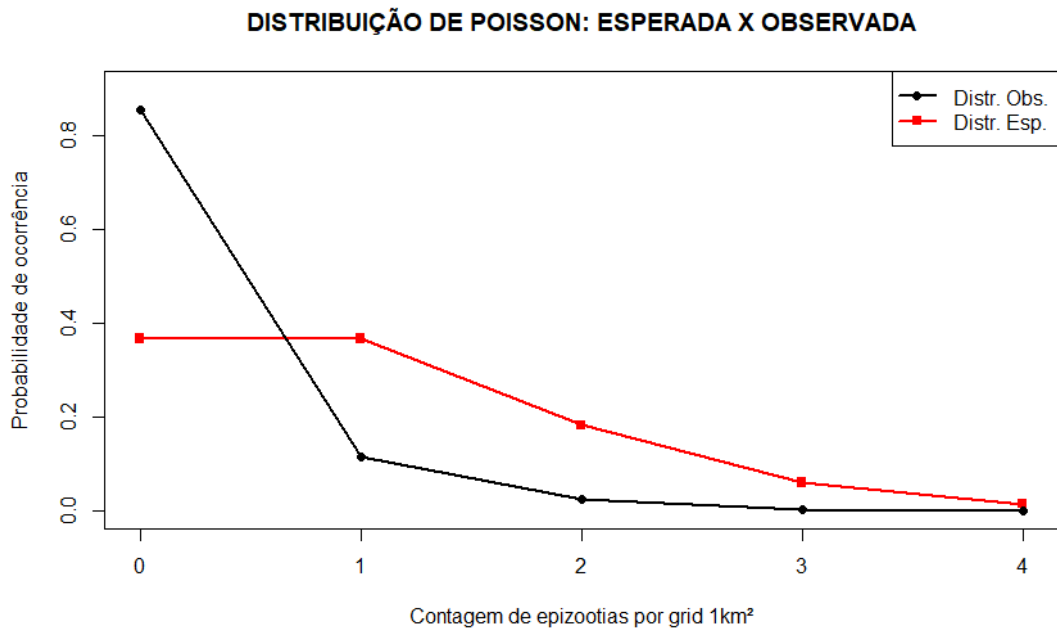


Figura 6: Comparação entre a distribuição esperada e a distribuição observada para os dados extraídos do *grid* de 1 Km², para verificar se apresentavam a tendência próxima à distribuição de Poisson.

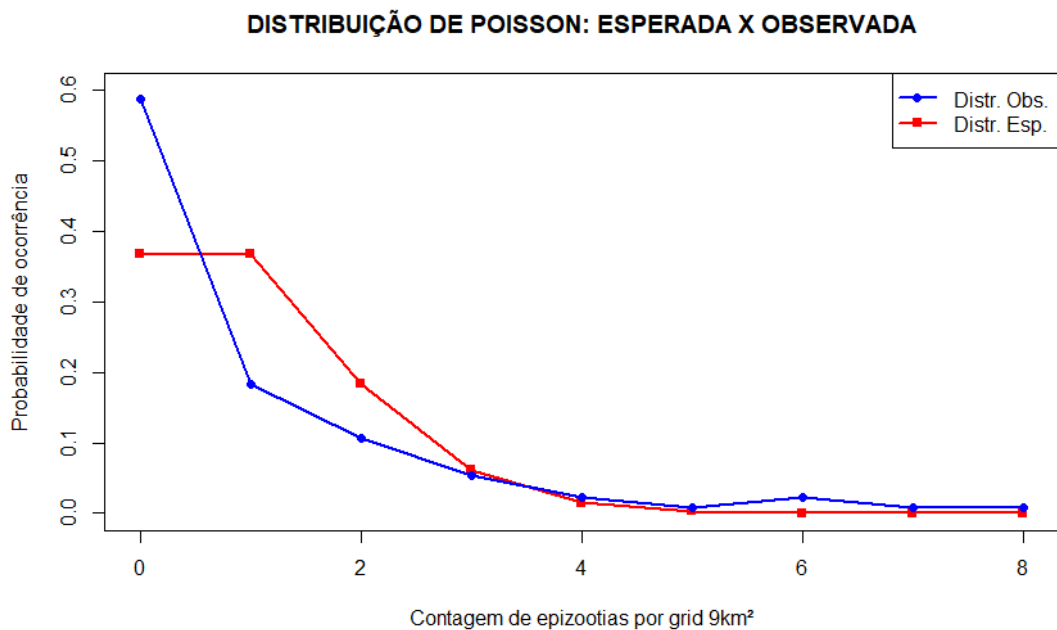


Figura 7: Comparação entre a distribuição esperada e a distribuição observada para os dados extraídos do *grid* de 9 Km², para verificar se apresentavam a tendência próxima à distribuição de Poisson.

3. Resultados

a) Análise Descritiva – Classificação de Micro-habitat

De acordo com a classificação de micro-*habitat* deste estudo, 43,90% dos eventos estavam em área classificada como borda de fragmento de mata (B) e 100% deles estavam em área arborizada (A ou B) (Figura 8), mesmo estando dentro do *buffer* de 100 m da área classificada pelo IEMA como Área Edificada. A distância média entre os pontos de notificação e o fragmento de mata mais próximo foi de aproximadamente 140 m, variando entre 0 m e 1170 m (Quadro 2).

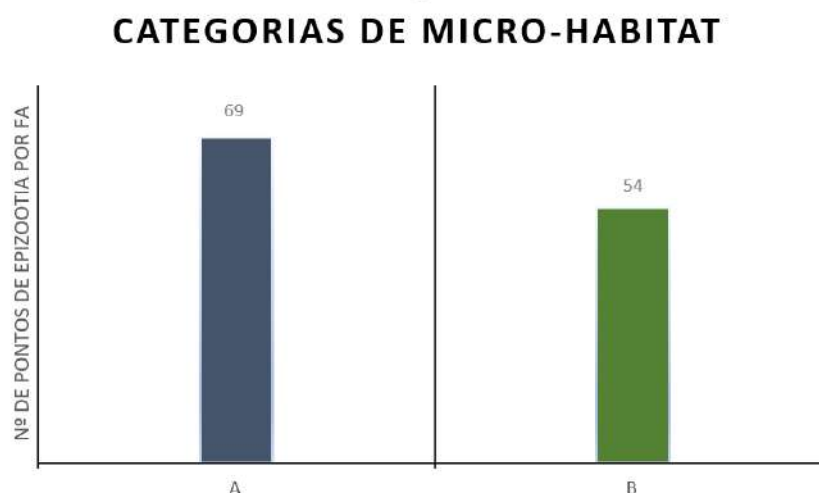


Figura 8: Categorias de micro-*habitat* dentro da área urbanizada da RMGV, considerando A como área urbana arborizada, definida como área construída/edificada contendo árvores, e B como borda de fragmento de mata, caracterizada como a área contendo pontos a distâncias igual ou menores que 50 m do fragmento de mata mais próximo.

Quadro 2: Tabela referente às medidas de distância entre os pontos de epizootia e seus respectivos fragmentos de mata mais próximos.

DISTÂNCIA ENTRE PONTOS DE EPIZOOTIAS E FRAGMENTO DE MATA MAIS PRÓXIMO	
Média (m)	140,28
Máx (m)	1170
Min (m)	0
Amplitude	1170
Desvio padrão	187,25
Mediana	80

b) Regressão de Poisson

Na análise descritiva dos dados (Quadro 3), observamos que dentro das células do *grid* de 1 Km², a média de epizootias contadas foi de 0,18, sendo o máximo 4. A média de tamanho da área edificada foi de 0,29 m², sendo o máximo 0,99 Km². A média de tamanho da área de mata foi de 0,04 Km², sendo o máximo 0,25 Km². Já dentro das células do *grid* de 9 Km², a média de epizootias contadas foi de 0,94, sendo o máximo 8. A média de tamanho da área edificada foi de 1,57 Km², sendo o máximo 6,86 Km². A média de tamanho da área de mata foi de 0,02 Km², sendo o máximo 0,21 Km².

No modelo de Poisson, uma das principais premissas é a de que média e variância são iguais. Porém, essa relação nem sempre ocorre. Como visto no presente estudo, e em outros estudos em epidemiologia (LEE *at al.*, 2012), a variância observada pode ser maior que a esperada, sendo esse fenômeno denominado superdispersão (MCCULLAGH & NELDER, 1989). As epizootias contadas no *grid* de 1 Km² apresentaram uma variância (0,23) próxima do valor da média, indicando que a tendência consistente dos dados garante um bom poder preditivo das amostras. Aquelas epizootias contadas no *grid* de 9 Km², apresentaram um valor de variância de 2,47, em relação a uma média de 0,94, pois a amplitude dos dados é maior se comparada aos dados do *grid* anterior. Entretanto, decidiu-se manter os dados de predição das duas amostras, considerando a menor consistência dos dados extraídos do *grid* de 9 Km². Como destacado por Mccullagh & Nelder (1989), na prática, a superdispersão não é incomum, podendo ser considerada normal na prática, e a exceção seria a dispersão nominal.

Quadro 3: Resultado da análise descritiva dos dados utilizados na análise de Regressão de Poisson relativos aos registros de epizootias em saguis-da-cara-branca (*Callithrix geoffroyi*) na região metropolitana da Grande Vitória, ES.

ANÁLISE DESCRITIVA DAS AMOSTRAS						
	GRID DE 1KM ²			GRID DE 9Km ²		
	epizootias	a.ed	a.mata	epizootias	a.ed	a.mata
Mínimo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1º Qu.	0.00	0.04	0.00	0.00	0.16	0.00
Mediana	0.00	0.19	0.01	0.00	0.90	0.01
Média	0.18	0.29	0.04	0.94	1.57	0.02
3º Qu.	0.00	0.51	0.05	1.00	2.50	0.02
Máximo	4.00	0.99	0.25	8.00	6.86	0.21
Variância:	0.23			2.47		

Como resultado da Regressão de Poisson, observa-se que na amostra do *grid* de 1Km², para as duas variáveis preditoras, os valores de *p* são significativos (Quadro 4), assim como na amostra do *grid* de 9 Km², onde observa-se também que *a.mata* apresenta uma significância menor que *a.ed*. Os resultados demonstram que tanto *a.mata*, quanto *a.ed* apresentam uma correlação positiva com a ocorrência das epizootias, a variável resposta (Figuras 9 a 12).

Quadro 4: Resultados da Regressão de Poisson que avalia se as variáveis Área de Mata e Área Edificada são significativas para a notificação de epizootias em saguis-da-cara-branca de cada *grid* avaliado.

MODELO REGRESSÃO DE POISSON				
AMOSTRAS GRID 1Km ²				
Coefficientes:	Estimativa	Erro Padrão	Valor de z	Pr(> z)
(Intercept)	-3.0563	0.2127	-14.369	< 2e-16 ***
a.mata	6.2745	1.3605	4.612	3.99e-06 ***
a.ed	2.4990	0.3144	7.949	1.88e-15 ***
AMOSTRAS GRID 9Km ²				
Coefficientes:	Estimativa	Erro Padrão	Valor de z	Pr(> z)
(Intercept)	-1.13518	0.17315	-6.556	5.53e-11 ***
a.mata	5.66958	2.09129	2.711	0.00671 **
a.ed	0.39260	0.04287	9.158	< 2e-16 ***
Valores significativos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 '' 1				

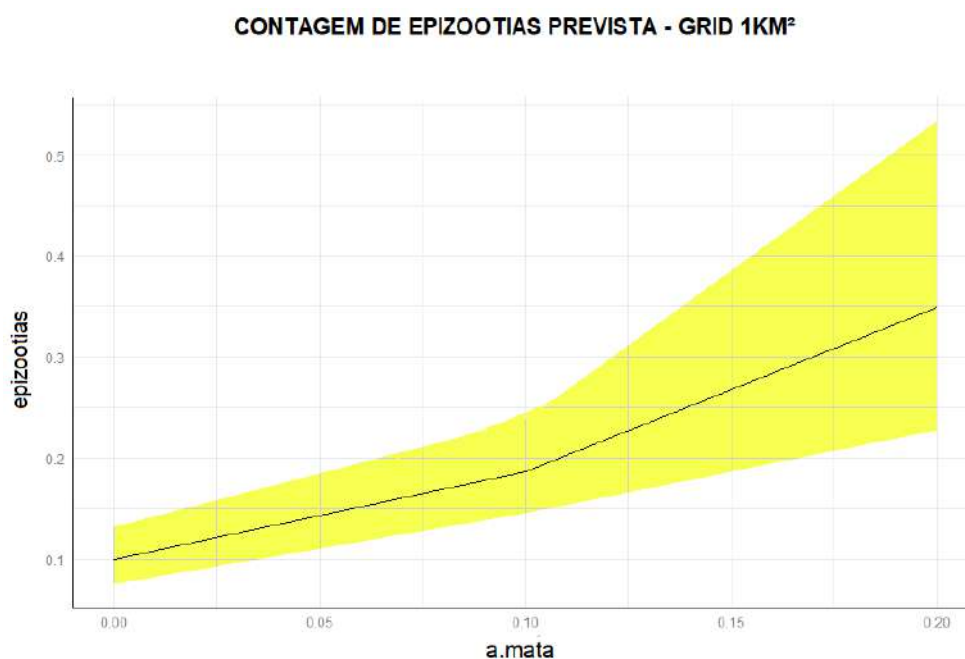


Figura 9: Previsão da contagem do número de registros de epizootias em saguis-da-cara-branca em relação à área de mata (*a.mata*) dentro da área urbana da Região Metropolitana da Grande Vitória, ES, em um *grid* de células de 1 km² de área.

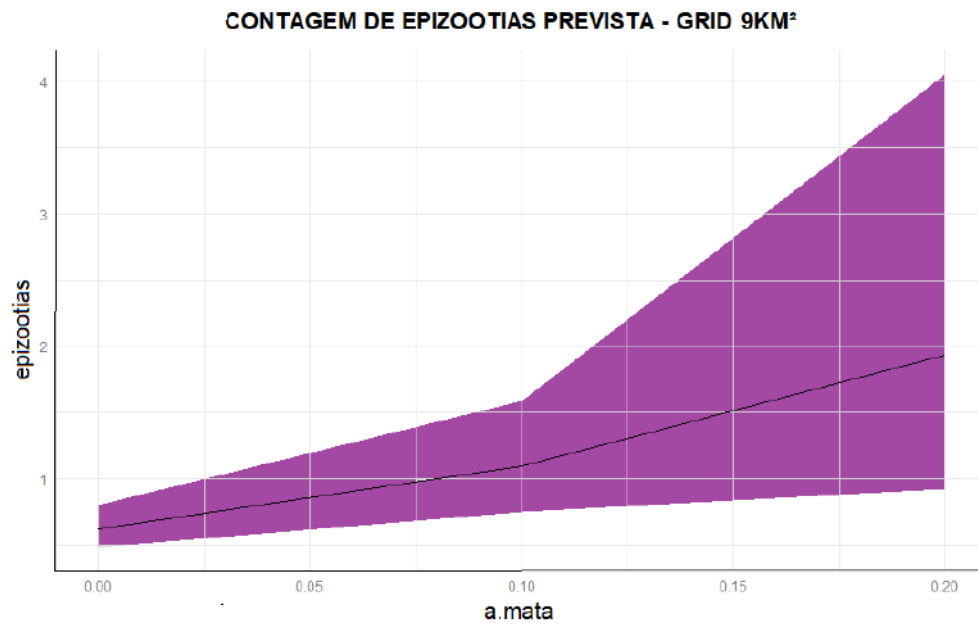


Figura 10: Previsão da contagem do número de registros de epizootias em saguis-da-cara-branca em relação à área de mata (a.mata) dentro da área urbana da Região Metropolitana da Grande Vitória, ES, em um *grid* de células de 9 km² de área.

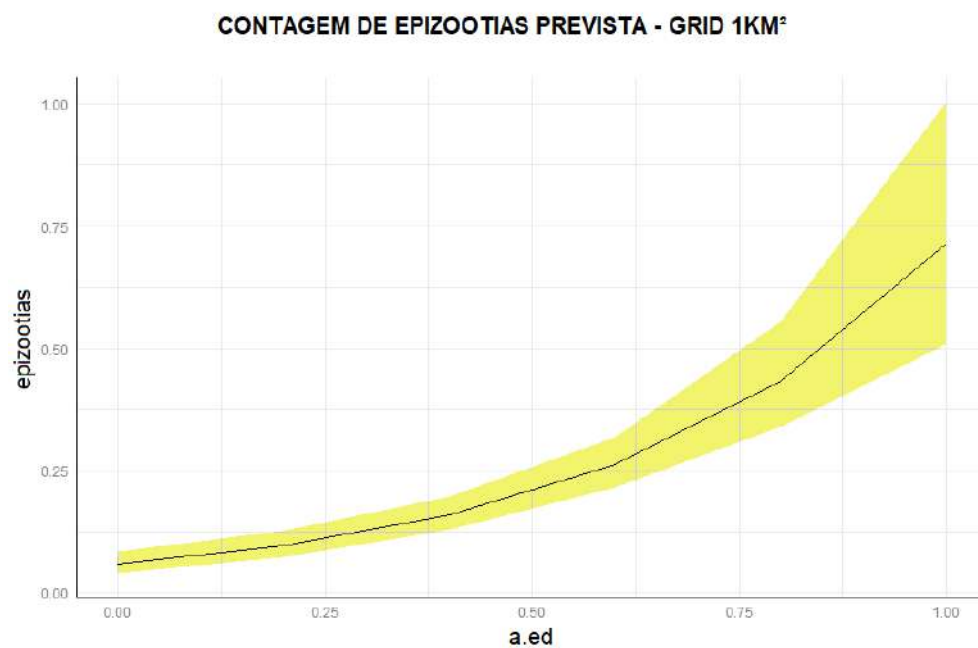


Figura 11: Previsão da contagem do número de registros de epizootias em saguis-da-cara-branca em relação à área edificada (a.ed) dentro da área urbana da Região Metropolitana da Grande Vitória, ES, em um *grid* de células de 1 km² de área.

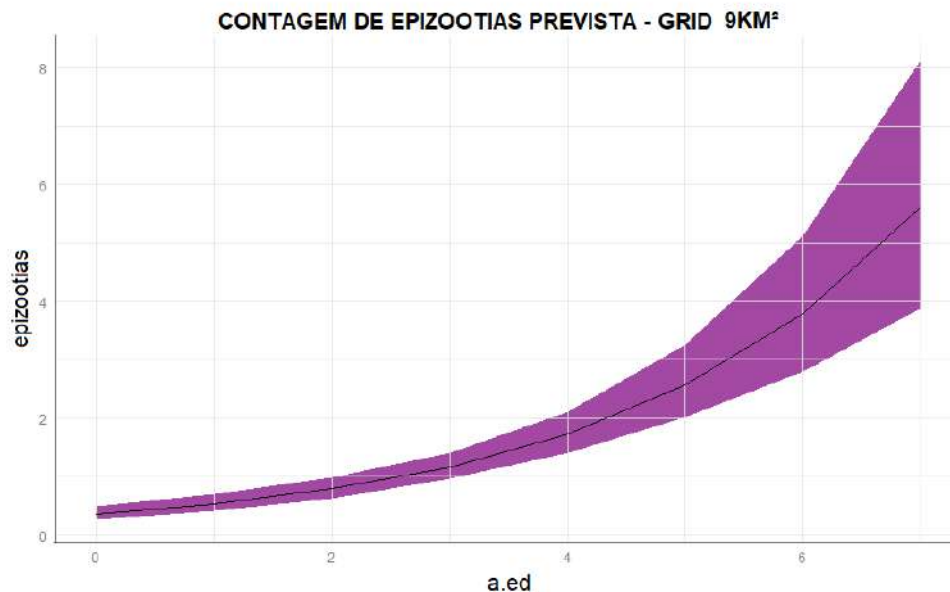


Figura 12: Previsão da contagem do número de registros de epizootias em saguis-da-cara-branca em relação à área edificada (a.ed) dentro da área urbana da Região Metropolitana da Grande Vitória, ES, em um *grid* de células de 9 km² de área.

Observamos no gráfico box-plot da Figura 13 que, quando a área edificada possui tamanho próximo a 0 das células do *grid* de 1 Km², existe uma maior probabilidade de ocorrerem células do *grid* sem notificações de epizootias. Ao passo que, à medida que o tamanho da área edificada aumenta, a probabilidade de haver notificações também aumenta. O único *grid* de 1 Km² com quatro notificações tem uma área edificada relativamente grande, bem como uma área de mata relativamente pequena (figura 14).

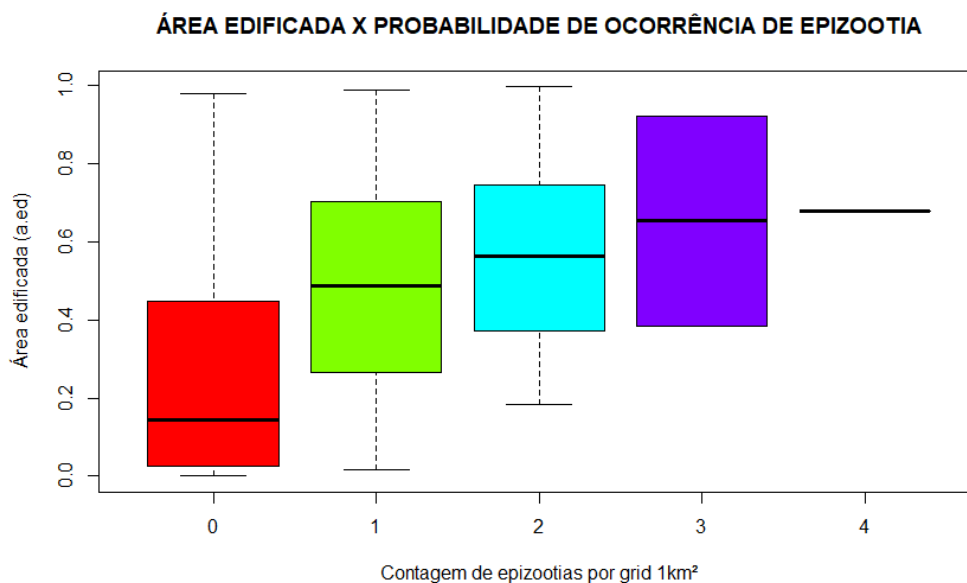


Figura 13: Probabilidade de uma certa contagem de epizootias em saguis-da-cara-branca ocorrer nas células do *grid* de 1 Km², de acordo com o tamanho da área edificada.

Na figura 14, constatamos que não há registros de epizootias quando a área de mata na célula do *grid* é próxima a 0. A contagem de epizootias tende a subir conforme a área de mata aumenta. Exceto pelo *grid* com 4 eventos registrados.

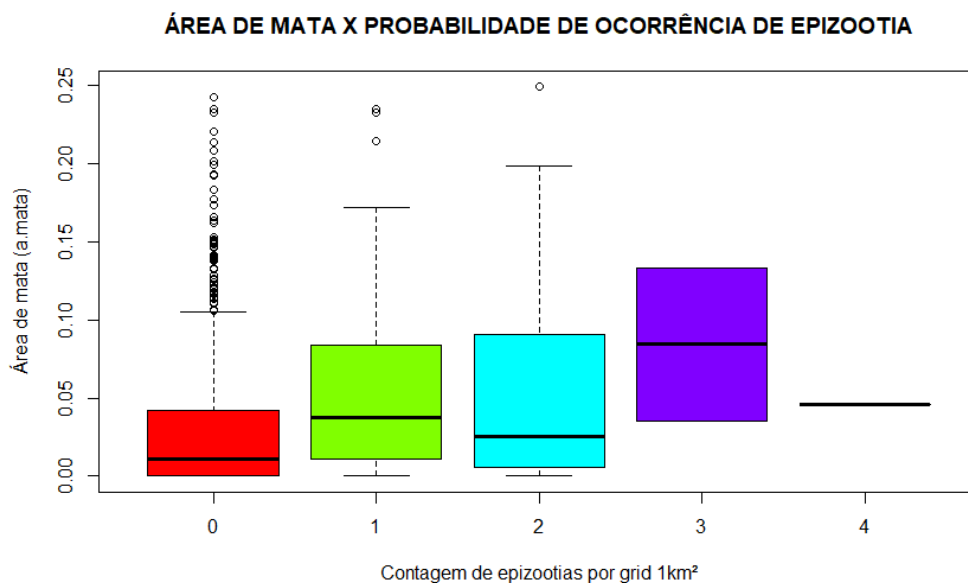


Figura 14: Probabilidade de uma certa contagem de epizootias em saguis-da-cara-branca ocorrer nas células do *grid* de 1 Km², de acordo com o tamanho da área de mata.

Assim como visto na amostra extraída do *grid* de 1 Km², na figura 15 observamos que a amostra extraída do *grid* de 9 Km² as células com área edificada próxima a 0 Km² não apresentam epizootias. Sendo que, quanto maior é a área edificada, maior a probabilidade de ocorrerem células com maior contagem de epizootias.

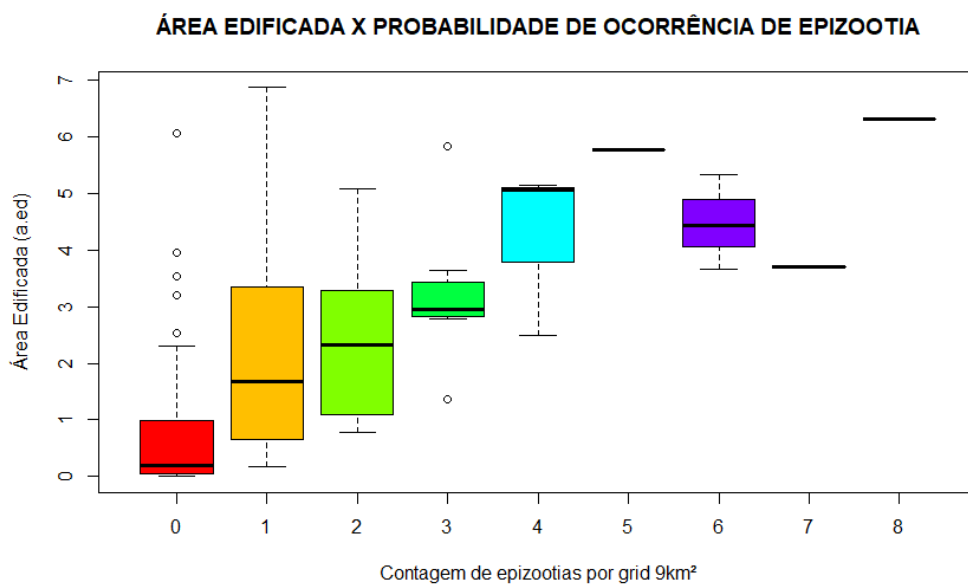


Figura 15: Probabilidade de uma certa contagem de epizootias em saguis-da-cara-branca ocorrer nas células do *grid* de 9 Km², de acordo com o tamanho da área edificada.

Na figura 16, notamos que, quando a área de mata está próxima a 0 Km², também não há contagem de células com epizootias. A probabilidade cresce até certo ponto numa relação direta com o aumento da área de mata, mas as células de *grid* com 4 a 8 epizootias variam mais, podendo haver maior ou menor área de mata, sempre relacionadas a uma maior área edificada, como visto no gráfico 15. Ainda assim, o *grid* com maior área de mata, foi o que apresentou 7 epizootias, e podemos notar uma relação entre a combinação maior área edificada e presença de área de mata com a ocorrência dos maiores números de notificações nas células do *grid* de 9 Km².

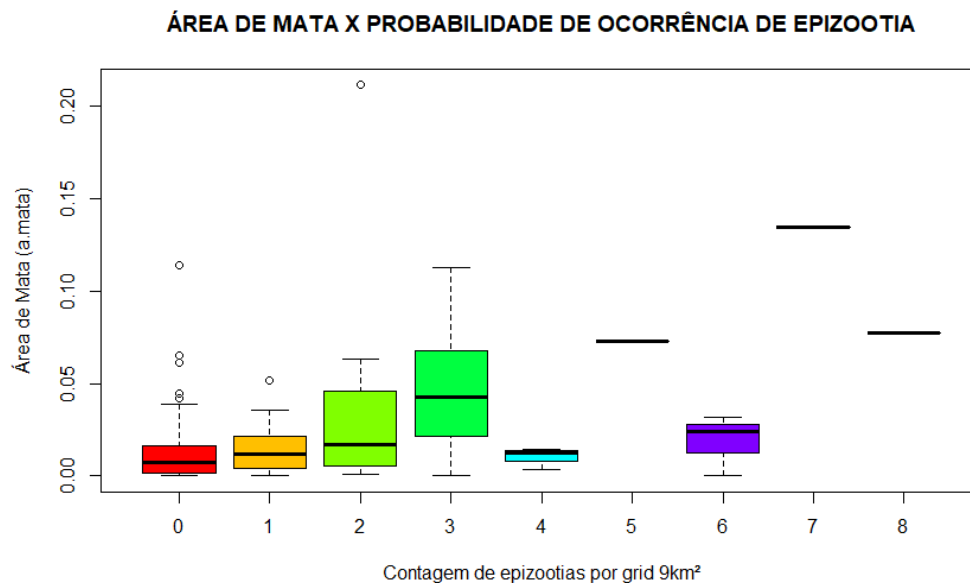


Figura 16: Probabilidade de uma certa contagem de epizootias em saguis-da-cara-branca ocorrer nas células do *grid* de 9 Km², de acordo com o tamanho da área de mata.

4. Discussão

Este estudo demonstra que o tamanho e a proximidade das áreas de mata com as áreas urbanas estão correlacionados com a ocorrência da febre amarela em saguis-da-cara-branca na região metropolitana de Vitória. Desta forma, a doença pode ser dependente da presença de fragmentos de mata para se disseminar, porém, ela só é possível de ser detectada pelas agências de vigilância, em áreas próximas a grandes manchas urbanas, onde existe uma maior concentração de pessoas.

Como animais de comportamento flexível e generalista, primatas do gênero *Callithrix* podem se adaptar aos ambientes urbanos ou semiurbanos, com tamanhos dos grupos e densidades populacionais parecidos com os valores obtidos em área nativa (BOX, 1991; SANTOS *et al.*, 2014). Nas áreas urbanizadas, saguis costumam facilmente encontrar recursos alimentares, como resíduos de alimentos deixados por humanos (BOX, 1991). Porém, esses primatas ainda são dependentes de áreas de mata ou bem arborizadas, sendo sua presença significativamente relacionada com a dimensão dos parques ou áreas verdes e negativamente relacionada com áreas construídas e densidade humana, o que lhes confere a classificação de utilizadores urbanos (TEIXEIRA *et al.*, 2015).

Assim como os saguis são dependentes de habitat com áreas verdes, aparentemente, os vetores da FA não-urbana também dependem de fragmentos de mata. A ocorrência de espécies de vetores sinantrópicas, ou seja, que conseguem se adaptar ao ambiente antrópico, poderia indicar uma possível transmissão não-silvestre de FA entre os primatas (CUNHA *et al.* 2020). Em um estudo, dentro de áreas urbanas, com *Callithrix spp.* positivos para FA, não foi detectada a presença de mosquitos estritamente silvestres nas áreas estudadas, sendo a maioria deles proveniente de áreas urbanas, e os mosquitos sinantrópicos estavam provavelmente envolvidos na transmissão viral (CUNHA *et al.*, 2020). Também na cidade de São Paulo, em um remanescente de floresta atlântica, Wilk-da-Silva *et al.* (2020) sugerem que mosquitos como *Aedes scapularis* e *Psorophora ferox* podem estar envolvidos na transmissão silvestre da FA.

Para a RMGV, baseado nos nossos resultados, é possível que exista também uma transmissão intermediária de FA, pois são conhecidos para essa região mosquitos das espécies *Aedes albopictus*, *Aedes scapularis*, *Aedes taeniorhynchus*, *Psorophora ferox*, e dos gêneros do grupo Sabetine, *Wyeomyia*, *Limatus*. Essa informação é proveniente de um levantamento realizado pela Vigilância Ambiental - Unidade de Entomologia e Malacologia da Prefeitura de Viva Velha (ES), realizado em áreas arborizadas ou com presença de fragmentos de mata, próximos ou dentro da área urbana de Vila Velha, como o Parque Municipal Morro do Moreno, Mata do Convento da Penha e Parque Municipal Manteigueira.

Para as espécies de mosquitos sinantrópicas, Johnson *et al.* (2002), observou que *Ae. Albopictus* coletados no Brasil foram infectados pelo vírus da FA a uma taxa de 29%, com uma taxa de propagação nas glândulas salivares de 12%. Apesar de os focos de infecção em *Ae. albopictus* serem limitados quando comparado ao *Ae. Aegypti*, a transmissão do vírus pode ocorrer, mesmo a um nível muito baixo de eficiência, como já foi demonstrado que altos índices de infestação e mordedura de mosquitos vetores menos eficientes podem resultar na transmissão do vírus (TABACHNICK *et al.*, 1985). Um outro exemplo é do trabalho de Cunha *et al.* (2020b), que encontrou evidência genômica do vírus da FA em *Ae. scapularis* para o sudeste do Brasil em 2016, e o trabalho de Davis & Shannon (1929), que encontrou que *Ae. taeniorhynchus* já transmitiu uma infecção leve de FA para um macaco em um experimento. Shannon e colaboradores (1938) também encontraram cerca de 20 espécies de mosquitos infectados com o vírus da febre amarela no Rio de Janeiro, incluindo *Ae. scapularis*, *Ps. ferox*, os sabetines *Wyeomyia* e *Limatus*.

Além da ocorrência de vetores menos competentes na disseminação do vírus da FA, como os citados acima, mosquitos do gênero *Haemagogus* podem ser encontrados em pequenos fragmentos florestais próximos das áreas urbanas e em bairros mais isolados de alto padrão econômico localizados em vales florestais (ABREU *et al.*, 2019). Especialmente, *Hg. Leucocelaenus*, que são frequentes em fragmentos florestais modificados próximos de atividades humanas, incluindo os que estão isolados em áreas de cultivo ou pastagem, geralmente associados a pequenos rios, bem como áreas verdes urbanas (CARDOSO *et al.*, 2010; MONTAGNER *et al.*, 2017). Em um levantamento realizado por Rezende *et al.* (2011) dentro de uma floresta e em ambiente antrópico no município de Linhares,

norte do Espírito Santo, foram encontrados espécimes de *Hg. capricornii* e *Hg. janthinomys* no solo do ambiente antrópico, apesar de serem geralmente caracterizados como essencialmente silvestres, tendo como criadouros preferenciais os ocos de árvores. Além disso, os autores também registraram a ocorrência histórica de *Hg. leucocelaenus*, após mais de 40 anos do último registro da espécie no Espírito Santo (registro anterior feito por DEANE *et al.*, 1968).

Por isso, a possível ocorrência dos mosquitos do gênero *Haemagogus* nas áreas de mata próximas à área edificada, ou até mesmo dentro da área urbana poderia também estar envolvida na transmissão do vírus dentro do ambiente urbano, apesar de não haver registros publicados sobre a ocorrência do gênero na região RMGV, sendo necessários mais estudos sobre o gênero para esta área. Li *et al.* (2022), discutem que um ciclo de transmissão pode ser mantido pela presença de mosquitos silvestres vetores da FA e de hospedeiros PNH, e pode ser fomentado pela presença humana em áreas onde os vetores silvestres estão presentes. E que, por isso, a crescente aproximação das populações humanas às populações de PNH poderia induzir um ciclo urbano da doença.

Para o presente estudo, não foi possível avaliar o efeito da mancha urbana na ocorrência da doença, devido às limitações de coleta das informações na época do surto, mas os dados utilizados nas análises indicam um padrão diferente de um ciclo de transmissão classicamente mencionado. Em função da gravidade do surto, e da grande quantidade de notificações repentinamente registradas em todo o estado do Espírito Santo e ao tamanho reduzido da equipe, não foi possível o planejamento de uma coleta sistemática em áreas de vegetação e em áreas urbanas. Desta forma, houve uma possível subnotificação das epizootias ocorridas longe da área edificada. Após essa experiência, sugerimos um treinamento periódico das equipes de vigilância em saúde, mesmo fora dos períodos de surto, para ação mais efetiva, utilizando o protocolo de coleta de dados disponível no “Guia de Vigilância de Epizootias em Primatas Não Humanos e Entomologia Aplicada à Vigilância de Febre Amarela”, a ser seguido em eventuais novos surtos de febre amarela, bem como a criação e aplicação de melhores políticas públicas de saúde a partir dos estudos realizados no tema.

Para a epidemia de FA entre os anos de 2016 e 2017 no Espírito Santo, é possível que um ciclo urbano não tenha se instalado. Além dos nossos resultados apresentarem que, mesmo dentro da área classificada como urbana/edificada, 43,9% das epizootias ocorreram a distâncias menores ou próximas de 50 m de fragmentos de mata, todas as notificações ocorreram em locais da área urbana onde havia vegetação. Segundo Siqueira *et al.* (2021), a taxa de incidência de FA foi 4,8 casos por 100 mil habitantes, no ano de 2017 e, a cobertura vacinal contra FA para o estado é de 94,97% (GOVERNO-ES, 2018). Consistentemente com o que é geralmente observado no ciclo silvestre da doença, dos 795 casos humanos notificados, 65,1% dos pacientes informaram não ser vacinados e 24,4% haviam sido vacinados recentemente. Além disso, encontraram que os municípios mais atingidos foram aqueles próximos a áreas de Mata Atlântica, como o Parque Estadual da Pedra Azul e o Parque Nacional do Caparaó. Os municípios de Vila Velha e Vitória não registraram casos humanos da FA (FINOTTI *et al.*, 2017). Gava *et al.* (2022) encontraram que 55% dos municípios do Estado do Espírito Santo com ações de imunização em tempo oportuno, considerando o intervalo adotado para o estudo, não apresentaram casos em humanos.

Por fim, a suspeita da existência de um outro padrão de transmissão da FA, apresentada por Cunha *et al.* (2020a), parece ser consistente com o encontrado no nosso estudo, visto que suas coletas entomológicas executadas por estes autores não detectaram a presença de mosquitos estritamente silvestres, e a circulação do vírus ocorreu nas redondezas arborizadas dentro da região metropolitana de São Paulo, próximo a áreas muito populosas.

5. Conclusão

Conclui-se a partir dos resultados obtidos que há correlação entre as áreas de mata próximas às áreas urbanas e a ocorrência de epizootias por febre amarela em *C. geoffroyi* na Região Metropolitana da Grande Vitória.

A hipótese de um ciclo de transmissão da FA paralelo aos clássicos já descritos é corroborada por este resultado, e também pela falta de evidências da ocorrência de *Sabethes* e *Haemagogus* e o registro de espécies sinantrópicas de mosquitos com potencial para transmitirem febre amarela na região estudada.

6. Agradecimentos

Ao **Prof. Sérgio Lucena**, por ter me dado a oportunidade de desenvolver minha pesquisa no LBCV, por ter me orientado e ensinado tanto sobre o tema deste trabalho.

À minha coorientadora, **Dra. Danielle Moreira**, por me inspirar, por todos os ensinamentos, mas, principalmente, pela generosidade e apoio durante todo esse processo.

Ao **Prof. Dr. Gustavo Leite** e à **Ma. Katiuski Pereira**, por todos os importantes conselhos acerca das análises realizadas neste estudo.

Ao **Prof. Dr. Marcelo Passamani**, por ter avaliado e contribuído muito com esse trabalho no momento da qualificação.

Às brilhantes pesquisadoras que formam a minha banca examinadora, **Dra. Karen B. Strier** e **Dra. Mariana S. Cunha** que tão gentilmente aceitaram participar e colaborar com esta dissertação.

À **Prefeitura de Vila Velha**, brilhantemente representada aqui pelos biólogos **Elain Barcelos** e **Claudiney Bira**, que contribuíram tanto para a obtenção dos dados dessa pesquisa.

À **Prefeitura de Serra**, especialmente à **Dra. Sabine**, por sua generosidade na confirmação de dados e pelo compartilhamento de informações tão importantes para este trabalho.

Aos meus colegas e amigos do PPGBAN, especialmente, **Patrícia, Raquel, Fernanda, Paula, Arthur, Jardel, Inês** e **Amanda**, por todas as contribuições, discussões, revisões e leituras tão importantes, mas também pelo convívio, amizade e apoio oferecidos.

Ao meu irmão **Carlos A. M. Junior** e ao meu pai **Carlos A. Martins**, que tanto me apoiaram e me inspiraram a prosseguir com meus estudos.

Aos meus amigos, que são a minha amada família escolhida, **Clarisse, Katia, Kelen, Matheus, Pedro, Reila, Roberta** e **Valéria**. Com vocês, a minha vida é muito mais alegre e cheia de amor. Obrigada por me oferecerem um solo fértil e seguro para cultivar meus aprendizados.

À minha namorada **Victoria**, por ter torcido tanto por mim e me apoiado não apenas emocionalmente, mas também com seus conhecimentos em linguagem de programação e pelas outras contribuições. Tenho muita sorte de ter você na minha vida.

À minha psicóloga **Camilla Viana**, por não ter soltado a minha mão e, tão sabiamente, ter me guiado no meu processo terapêutico, tão importante para a conclusão deste trabalho.

Às pessoas que ao longo dos anos me apoiaram e fizeram possível que eu pudesse estudar e acumular todo o conhecimento que possibilitou a minha entrada

no mestrado e o meu desenvolvimento profissional, especialmente **Maria L. Grossi**, **Carlos Roberto** e **Lúcia M. Grossi**. Por fim, a todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização desta dissertação. Sem cada um de vocês, seria impossível realizar este trabalho durante uma pandemia, tendo perdas tão grandes. Serei eternamente grata.

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

7. Referências bibliográficas

- Abreu, F. V. S. D., Ribeiro, I. P., Ferreira-de-Brito, A., Santos, A. A. C. D., Miranda, R. M. D., Bonelly, I. D. S., ... & Lourenço-de-Oliveira, R. (2019). *Haemagogus leucocelaenus* and *Haemagogus janthinomys* are the primary vectors in the major yellow fever outbreak in Brazil, 2016–2018. *Emerging microbes & infections*, 8(1), 218-231.
- Beiguelman, B. (1996). Curso de Bioestatística Básica. 4ed. Ribeirão Preto: *Sociedade Brasileira de Genética*.
- Bélisle, M. (2005) Measuring landscape connectivity: the challenge of behavioral landscape ecology. *Ecology*, 86(8) 1988–1995.
- Bertrand, G. (1972). Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. *Cadernos de Ciências da Terra*, São Paulo: Instituto de Geografia da USP, n. 13.
- Box, H. O. (1991). Responsiveness to environmental change: interrelationships among parameters. *In Primate responses to environmental change* (pp. 57-74). Springer, Dordrecht.
- Brasil. Ministério da Saúde. (2008). Secretaria de Vigilância em Saúde. Mortes de macacos e a prevenção da febre amarela no Brasil. Brasília, DF.
- Brasil. Ministério da Saúde. (2019) Monitoramento do Período Sazonal da Febre amarela Brasil – 2018/2019. Brasília, DF.
- Cardoso, J. D. C., De Almeida, M. A., Dos Santos, E., Da Fonseca, D. F., Sallum, M. A., Noll, C. A., ... & Vasconcelos, P. F. (2010). Yellow fever virus in *Haemagogus leucocelaenus* and *Aedes serratus* mosquitoes, southern Brazil, 2008. *Emerging infectious diseases*, 16(12), 1918.
- Causey, O. R., Kumm, H. W., & Laemmert Jr, H. W. (1950). Dispersion of Forest Mosquitoes in Brazil: Further Studies. *American Journal of Tropical Medicine*, 30(2), 301-12.

Cavalcante, K. R. L. J., & Tauil, P. L. (2017). Risco de reintrodução da febre amarela urbana no Brasil. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 26, 617-620.

Cerqueira, R. (2000). Biogeografia das restingas. *Ecologia de restingas e lagoas costeiras*, 1, 65-75.

Cunha, M. S., Faria, N. R., Caleiro, G. S., Candido, D. S., Hill, S. C., Claro, I. M., ... & Sabino, E. (2020). Genomic evidence of yellow fever virus in *Aedes scapularis*, southeastern Brazil, 2016. *Acta tropica*, 205, 105390(b).

Cunha, M. S., Tubaki, R. M., de Menezes, R. M. T., Pereira, M., Caleiro, G. S., Coelho, E., ... & de Deus, J. T. (2020). Possible non-sylvatic transmission of yellow fever between non-human primates in São Paulo city, Brazil, 2017–2018. *Scientific reports*, 10(1), 1-8.

Davis, N. C., & Shannon, R. C. (1929). Studies on Yellow Fever in South America: V. Transmission Experiments with Certain Species of *Culex* and *Aedes*. *The Journal of experimental medicine*, 50(6), 803.

de Filippis, A. M. B., Nogueira, R. M. R., Schatzmayr, H. G., Tavares, D. S., Jabor, A. V., Diniz, S. C. M., ... & Galler, R. (2002). Outbreak of jaundice and hemorrhagic fever in the Southeast of Brazil in 2001: detection and molecular characterization of yellow fever virus. *Journal of medical virology*, 68(4), 620-627.

Deane, L.M., Ferreira Neto, J.A., Sitônio, J.G. (1968). Estudos sobre a malária no Estado do Espírito Santo. *Revista Brasileira de Biologia*. 28:531-536.

Finotti, M.B., Gonçalves, J.D., Berbet, L.M.B., Matos, D.A.O. (2017). Caracterização dos surtos de febre amarela no Brasil no período de 2001 a 2013. *Brazilian Journal of Surgery and Clinical Research*; 18:16-20.

Gava, C., Silva, T. C. C. D., Lyra, D. G. P., Ardisson, K. S., Marques, C. S., Almada, G. L., ... & Camacho, L. A. B. (2022). Prevenção e controle da febre amarela: avaliação de ações de vigilância em área indene no Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 38.

Governo do Estado do Espírito Santo (Governo ES). (2018). Febre amarela: Espírito Santo mantém vacinação contra a doença. *Notícias*, [s. l.], 25 jan. 2018. (Vitória /

ES). Disponível em:
<https://www.es.gov.br/Noticia/febre-amarela-espírito-santo-mantem-vacinacao-contr-a-doenca>. Acesso em: 5 fev. 2022.

Hershkovitz, P. (1977). *Living new world monkeys (Platyrrhini)*. University of Chicago Press.

IBGE. Áreas urbanizadas do Brasil: 2015. (2017). Ed. IBGE, Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro/RJ. Disponível em meio digital: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo>. Acesso em: 10/07/2019

IBGE. (2018). IBGE divulga as Estimativas de População dos municípios para 2018. Disponível em:
<<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/22374-ibge-divulga-as-estimativas-de-populacao-dos-municipios-para-2018>>. Acesso em: 10/07/2019.

Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) - Coordenação de Qualidade do Ar, Áreas Contaminadas e Informações Ambientais – CQAI. (2020). Relatório da Qualidade do Ar na Grande Vitória 2019.

Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). Instrução Normativa, nº 14, de 07 de dezembro de 2016. Dispõe sobre o enquadramento das atividades potencialmente poluidoras e/ou degradadoras do meio ambiente com obrigatoriedade de licenciamento ambiental junto ao IEMA e sua classificação quanto a potencial poluidor e porte.

Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN). (2011). Mapeamento das Áreas Periurbanas do Espírito Santo. Vitória, ES.

Johnson, B. W., Chambers, T. V., Crabtree, M. B., Filippis, A. M., Vilarinhos, P. T., Resende, M. C., ... & Miller, B. R. (2002). Vector competence of Brazilian *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus* for a Brazilian yellow fever virus isolate. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 96(6), 611-613.

Laguardia, J., & Penna, M. L. (1999). Definição de caso e vigilância epidemiológica. *Informe epidemiológico do SUS*, 8(4), 63-66.

Leite, G. C., Duarte, M. H., & Young, R. J. (2011). Human–marmoset interactions in a city park. *Applied Animal Behaviour Science*, 132(3-4), 187-192.

Li, S. L., Acosta, A. L., Hill, S. C., Brady, O. J., de Almeida, M. A., Cardoso, J. D. C., ... & Messina, J. P. (2022). Mapping environmental suitability of *Haemagogus* and *Sabethes spp.* mosquitoes to understand sylvatic transmission risk of yellow fever virus in Brazil. *PLoS neglected tropical diseases*, 16(1), e0010019.

de Lima, C. N., & Moro, R. S. (2015). Escalas na Ecologia da Paisagem. *Terr@ Plural*, 9(1), 68-83.

Mafra, C., Barcelos, R. M., Mantovani, C., Carrizo, J., Soares, A. C., Moreira, H. N. S. A., ... & Silva, I. D. O. (2015). Occurrence of Ehrlichia canis in free-living primates of the genus Callithrix. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 24, 78-81.

Ministério da Saúde. (1999). Manual de vigilância epidemiológica da febre amarela. Brasília: *Ministério da Saúde: Fundação Nacional de Saúde*, 60 p.il.

McCullagh, P., & Nelder, J. A. (2019). *Generalized linear models*. Routledge.

Mendes, S.L. (1997). Padrões biogeográficos e vocais em Callithrix do grupo Jacchus (Primates, Callithrichidae). *Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas*, 155p.

Ministério da Saúde. (2005). *Guia de Vigilância Epidemiológica. 6ed. Brasília/DF:[s.n.]*.

Minuzzi, R. B., Sedyama, G. C., Costa, J. M. N. D., & Vianello, R. L. (2007). Influência da La Niña na estação chuvosa da região sudeste do Brasil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 22(3), 345-353.

Montagner, F. R. G., Silva, O. S. D., & Jahnke, S. M. (2017). Mosquito species occurrence in association with landscape composition in green urban areas. *Brazilian Journal of Biology*, 78, 233-239.

Moreira, D. O., & Mendes, S. L. (2010). Diversidade de mamíferos em ecossistemas costeiros do estado do Espírito Santo. *Mamíferos de restinga e manguezais do*

Brasil (Pessoa, LM, Tavares, WC, Siciliano, S. Eds). Sociedade Brasileira de Mastozoologia Série Livros, 1, 59-74.

Oksanen, J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., Mcglinn, D., ... & Wagner, H. (2020). Vegan community ecology package version 2.5 –7 November 2020.

Passamani, M. & Rylands, A. B. (2000a). Home range of a Geoffroy's marmoset group, *Callithrix geoffroyi* (Primates, Callitrichidae) in Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 60(2): 1–10.

Passamani, M. & Rylands, A. B. (2000b). Feeding behaviour of geoffroy's marmoset (*Callithrix geoffroyi*) in an Atlantic Forest fragment of southeastern Brazil. *Primates* 41(1): 27–38.

Passamani, M. (1998). Activity budget of Geoffroy's marmoset (*Callithrix geoffroyi*) in an Atlantic forest in southeastern Brazil. *American Journal of Primatology*, 46(4), 333-340.

Paula, H. M., Távora, G., R. S., Almeida, M. V., Pelegrini, L. S. *et al.*, (2005) Estudos preliminares da presença de saguis no município de Bauru, São Paulo, Brasil. *Neotrop. Primates* 13: 6–1.

Pereira, D. G. Avaliação do Risco de Extinção de *Callithrix geoffroyi* (*C. Geoffroy* in Humboldt, 1812) no Brasil. (2015). Processo de avaliação do risco de extinção da fauna brasileira. *Oficina de Avaliação do Estado de Conservação de Primatas Brasileiros*. ICMBio.

Pontes, A. R. M., Normande, I. C., Fernandes, A. C., Ribeiro, P. F. R., Soares, M. L. (2007). Fragmentation causes rarity in common marmosets in the Atlantic forest of northeastern Brazil. *Biodiv. Conserv.* 16: 1175–1182.

Ribeiro Prist, P., Reverberi Tambosi, L., Filipe Mucci, L., Pinter, A., Pereira de Souza, R., de Lara Muylaert, R., ... & Metzger, J. P. (2022). Roads and forest edges facilitate yellow fever virus dispersion. *Journal of Applied Ecology*, 59(1), 4-17.

R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Rezende, H. R., Virgens, T. M. D., Liberato, M. A., Valente, F. I., Fernandes, A., & Urbinatti, P. R. (2011). Aspectos ecológicos de culicídeos imaturos em larvitampas de floresta e ambiente antrópico adjacente no Município de Linhares, Espírito Santo, Brasil. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, 20(3), 385-391.

Rocha, M. F., & Passamani, M. (2009). Uso do espaço por um grupo de saguis-da-cara-branca (*Callithrix geoffroyi*) no sudeste do Brasil. *Bol. Museu Biol. Mello Leitão*, 26, 47-58.

Rodrigues, N. N., & Martinez, R. A. (2014). Wildlife in our backyard: interactions between Wied's marmoset *Callithrix kuhlii* (Primates: Callitrichidae) and residents of Ilhéus, Bahia, Brazil. *Wildlife Biology*, 20(2), 91-96.

Romano A. P. M., Ramos D. G., Araújo F. A. A., Siqueira G. A. M., Ribeiro M. P. D., Leal S. G., *et al.* (2011). Febre amarela no Brasil: recomendações para a vigilância, prevenção e controle. *Epidemiol Serv Saúde*. 20(1):101-6.

Rylands, A. B., Coimbra-Filho, A. F., & Mittermeier, R. A. (2009). The systematics and distributions of the marmosets (*Callithrix*, *Callibella*, *Cebuella*, and *Mico*) and callimico (*Callimico*)(Callitrichidae, Primates). In *The smallest anthropoids* (pp. 25-61). Springer, Boston, MA.

Santos, M., Duarte, M., & Young, R. J. (2014). Behavioural and ecological aspects of black tufted-ear marmosets, *Callithrix penicillata* (Geoffroy, 1812) (Primates: Callitrichidae) in a semi-urban environment. *Revista de Etologia= Journal of Ethology*, 13(1), 37-46.

Schmidt, C. M. C. (2003). Modelo de regressão de Poisson aplicado à área da saúde. 98 f. *Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul*.

Secretaria de Estado de Saúde do Espírito Santo (SESA-ES). (2017). Monitoramento dos casos e óbitos de febre amarela no Espírito Santo. *Febre amarela - COES*.

Shannon, R. C., Whitman, L., & Franca, M. (1938). Yellow fever virus in jungle mosquitoes. *Science*, 88(2274), 110-111.

Silva, F. D. F. R., Malukiewicz, J., Silva, L. C., Carvalho, R. S., Ruiz-Miranda, C. R., Coelho, F. A. S., ... & Silva, I. O. (2018). A survey of wild and introduced marmosets (*Callithrix*: Callitrichidae) in the southern and eastern portions of the state of Minas Gerais, Brazil. *Primate Conserv*, 32, 1-18.

Siqueira, P. C., Catão, R. D. C., Gava, C., Maciel, E. L. N., & Prado, T. N. D. (2021). Difusão espaço-temporal da febre amarela silvestre em um estado do Sudeste do Brasil, 2017. *Cadernos de Saúde Pública*, 37.

Tabachnick, W. J., Wallis, G. P., Aitken, T. H., Miller, B. R., Amato, G. D., Lorenz, L., ... & Beaty, B. J. (1985). Oral infection of *Aedes aegypti* with yellow fever virus: geographic variation and genetic considerations. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 34(6), 1219-1224.

Tavela, A. D. O., Fuzessy, L. F., Silva, V. H. D., Silva, F. D. F. R. D., Junior, M. C., Silva, I. D. O., & Souza, V. B. (2013). Helminths of wild hybrid marmosets (*Callithrix* sp.) living in an environment with high human activity. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 22, 391-397.

Teixeira, B., Hirsch, A., Goulart, V. D., Passos, L., Teixeira, C. P., James, P., & Young, R. (2015). Good neighbours: distribution of black-tufted marmoset (*Callithrix penicillata*) in an urban environment. *Wildlife Research*, 42(7), 579-589.

Turner, M. G. (1989). Landscape ecology: the effect of pattern on process. *Annual review of ecology and systematics*, 20(1), 171-197.

Vasconcelos, P. F. D. C. (2003). Febre amarela. *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 36, 275-293.

Venturini, A. C. (1996). *Aves e mamíferos na restinga: Parque Estadual Paulo César Vinha, Setiba, Guarapari/ES*. Governo do Estado do Espírito Santo, Secretaria de Estado de Desenvolvimento Sustentável.

Wilk-da-Silva, R., Mucci, L. F., Ceretti-Junior, W., de Castro Duarte, A. M. R., Marrelli, M. T., & Medeiros-Sousa, A. R. (2020). Influence of landscape composition and configuration on the richness and abundance of potential sylvatic yellow fever vectors in a remnant of Atlantic Forest in the city of São Paulo, Brazil. *Acta tropica*, 204, 105385.

Wu, J., & Qi, Y. (2000). Dealing with scale in landscape analysis: an overview. *Geographic Information Sciences*, 6(1), 1-5.