

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Escola de Veterinária
Departamento de Medicina Veterinária Preventiva
Programa de Pós-graduação em Ciência Animal

Marcelo Teixeira Paiva

**Análise de Acesso ao Serviço de Castração de Cães e Gatos em
Belo Horizonte, Minas Gerais**

Belo Horizonte

2022

Marcelo Teixeira Paiva

Análise de Acesso ao Serviço de Castração de Cães e Gatos em Belo Horizonte, Minas Gerais

Dissertação submetida à banca examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ciência Animal, Área de concentração em Epidemiologia.

Orientadora: Profa. Dra. Camila Stefanie Fonseca de Oliveira

Coorientadora: Profa. Dra. Danielle Ferreira de Magalhães Soares

Belo Horizonte

2022

P149a Paiva, Marcelo Teixeira, 1989 -
Análise de acesso ao Serviço de castração de cães e gatos em Belo Horizonte, Minas Gerais/ Marcelo
Teixeira Paiva. – 2022.
158f.:il.

Orientadora: Camila Stefanie Fonseca de Oliveira
Coorientadora: Danielle Ferreira de Magalhães.
Dissertação (Mestrado) apresentada à Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas
Gerais para obtenção do título de Mestre
Bibliografia: f. 75 a 88.

1. Cão - Teses - 2. Gato - Teses - 3. Veterinária - Teses - I. Oliveira, Camila Stefanie de -
II. Magalhães, Danielle Ferreira de – III. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de
Veterinária – IV. Título.

CDD – 636.089

Bibliotecária responsável Cristiane Patrícia Gomes – CRB2569
Biblioteca da Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE VETERINÁRIA
COLEGIADO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

MARCELO TEIXEIRA PAIVA

Dissertação submetida à banca examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIA ANIMAL, como requisito para obtenção do grau de MESTRE em CIÊNCIA ANIMAL, área de concentração Epidemiologia.

Aprovado(a) em 13 de maio de 2022, pela banca constituída pelos membros:

Dr.(a). Camila Stefanie Fonseca de Oliveira - Presidente - Orientador(a)

Dr.(a). Rafael Romero Nicolino

Dr.(a). Fernando Ferreira

Dr.(a). Danielle Ferreira de Magalhaes Soares



Documento assinado eletronicamente por **Camila Stefanie Fonseca de Oliveira, Membro**, em 13/05/2022, às 16:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Romero Nicolino, Professor do Magistério Superior**, em 16/05/2022, às 10:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Ferreira, Usuário Externo**, em 16/05/2022, às 10:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Danielle Ferreira de Magalhaes Soares, Professora do Magistério Superior**, em 16/05/2022, às 14:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1441726** e o código CRC **76030CBC**.

*“Que nenhum aprendizado seja amargo a
ponto de não nos sentirmos gratos depois
de termos passado por ele.
(Aline Efrem)*

Resumo

Ao considerarmos os aspectos que permeiam a Saúde Única é importante que os animais tenham acesso a serviços veterinários como uma medida de promoção da saúde de toda a tríade (homem, ambiente e animal). Porém, tais serviços são inacessíveis a várias comunidades, o que impõe a necessidade de serviços veterinários subsidiados. Foram objetivos do estudo avaliar o acesso ao Serviço de Esterilização de Cães e Gatos em Unidades Fixas de Belo Horizonte, Minas Gerais, propor ações para a ampliação do acesso e indicadores para a avaliação do acesso. O acesso individual foi avaliado pelo ajuste de um modelo logístico da probabilidade estimada de desistência do atendimento, utilizando o banco de dados de agendamentos do serviço, no período entre 2012 e 2018. O acesso regional foi avaliado pela obtenção de um índice de acesso espacial, a partir do método 3SFCA, com dados de oferta de castração e da população animal estimada por área de abrangência, nos anos de 2012, 2015 e 2018. Tutoros com cães e gatos machos apresentam maior chance de desistência (OR 1,18 e 1,2, respectivamente) em relação às cadelas, talvez por maior interesse na utilização desse serviço para evitar crias indesejadas ou por uma percepção cultural, indicando a necessidade de maiores informações sobre a percepção de importância da castração pelos utilizadores deste serviço. O tempo de espera foi um fator de grande importância na redução do acesso (OR 1,2 por mês de espera), bem como o IVS da área de abrangência. Áreas de maior vulnerabilidade apresentaram maior chance de desistência, entretanto, na interação entre IVS e tempo, foi identificado que as áreas de maior vulnerabilidade apresentaram maior “resistência” ao efeito do tempo de espera, o que sugere menor capacidade dos tutores dessas áreas acessarem o serviço veterinário privado como uma alternativa. O índice de acesso espacial demonstrou que a maioria das áreas obteve uma capacidade de oferta superior a 5%, porém, em 2018 foi observado uma redução geral do índice, devido a um crescimento populacional desproporcional à oferta entre 2015 e 2018. O resultado indica a necessidade de ações que reduzam a imigração e renovação da população animal. Houve uma redução gradual da desigualdade no acesso espacial, entretanto, áreas de vulnerabilidade muito elevada apresentaram acesso significativamente inferior às demais. A partir dos resultados obtidos, sugere-se adotar políticas de priorização das áreas de maior vulnerabilidade, em termos de oferta e tempo de espera diferenciados, para ampliação do acesso, além da identificação da capacidade de oferta dos serviços veterinários privados e de informações detalhadas da dinâmica populacional de cães e gatos no município para uma aplicação mais precisa do método 3SFCA no planejamento da oferta de castrações pelo serviço veterinário subsidiado da Prefeitura de Belo Horizonte.

Palavras-chave: Acesso à saúde animal. Controle populacional animal. 3SFCA.

Abstract

When considering the aspects that permeate the One Health, it is important that animals have access to veterinary services as a measure to promote the health of the entire triad (man, environment and animal). However, such services are inaccessible to many communities, which imposes the need for subsidized veterinary services. The objectives of the study were to evaluate the access to the Canine and Feline Surgical Sterilisation Service in Belo Horizonte, Minas Gerais, to propose actions for the expansion of the access and indicators for the evaluation of the access. Individual access was evaluated by adjusting a logistic model of the estimated probability of service dropout, using the service scheduling database, in the period between 2012 and 2018. Regional access was evaluated by obtaining a spatial access index, from the 3SFCA method, with data on the offer of castration and the estimated animal population by Coverage Area, in the years 2012, 2015 and 2018. Owners of male animals presented greater odds of dropping out in relation to female dogs, perhaps due to a greater interest in using this service to avoid unwanted offspring or a cultural perception, indicating the need for more information on the perception of importance of castration by users of this service. Waiting time was a major factor in reducing access (OR 1.2 per month of waiting), as well as the IVS of the Coverage Area. Areas of greater vulnerability presented a greater chance of dropping out, however, in the interaction between IVS and time, it was identified that areas of greater vulnerability presented greater "resistance" to the effect of waiting time, which suggests a lower capacity of tutors in these areas to access the private veterinary service as an alternative. The spatial access index showed that most areas had a supply capacity of more than 5%, however, in 2018 a general reduction in the index was observed, due to a population growth disproportionate to the supply between 2015 and 2018. The result indicates the need for actions that also reduce the immigration and renewal of the animal population, which result in greater pressure on the supply of the service. There was a gradual reduction in inequality in spatial access between areas with different levels of vulnerability, however, areas of very high vulnerability presented significantly lower access than the others. Based on the results obtained, it is suggested to adopt policies to prioritize areas of greater vulnerability, in terms of differentiated supply and waiting time, to expand access, in addition to identifying the capacity to offer private veterinary services and detailed information on the population dynamics of dogs and cats in the municipality for a more accurate application of the 3SFCA method in planning the offer of castrations by the subsidized veterinary service of the Municipality of Belo Horizonte.

Keywords: Animal health access. Animal population control. 3SFCA.

Lista de ilustrações

Figura 1	– Determinantes individuais da utilização de serviços de saúde, conforme apresentado originalmente por Andersen e Newman (2005) em <i>Societal and Individual Determinants of Medical Care Utilization in the United States</i>	18
Figura 2	– Modelo comportamental da utilização de serviços de saúde, conforme apresentado originalmente por Andersen e Davidson (2007) em <i>Improving access to care in America: individual and contextual indicators</i>	19
Figura 3	– Variação do peso gaussiano em relação à distância (em minutos) para a função de decaimento da distância proposta por Dai (2011)	26
Figura 4	– Localização geográfica do município de Belo Horizonte, Minas Gerais, em relação ao país, estado e região metropolitana, bem como a distribuição dos Distritos Sanitários do município.	29
Figura 5	– Distribuição espacial das Áreas de Abrangência dos Centros de Saúde e das Unidades Fixas de Esterilização de Cães e Gatos do município de Belo Horizonte em 2012, 2015 e 2018.	29
Figura 6	– Distribuição espacial do Índice de Vulnerabilidade à Saúde 2012 dos setores censitários de Belo Horizonte, Minas Gerais.	31
Figura 7	– Distribuição dos agendamentos, segundo a espécie e sexo, do conjunto de dados de castrações de cães e gatos realizadas no serviço veterinário subsidiado da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018. Observação: entre parênteses a proporção dentro da espécie e em relação ao total de agendamentos, respectivamente.	37
Figura 8	– Taxas de desistência, segundo a espécie e sexo, do conjunto de dados de castrações de cães e gatos realizadas no serviço veterinário subsidiado da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.	38
Figura 9	– Distribuição dos dias de espera entre a data de agendamento e de atendimento previsto do conjunto de dados de castrações de cães e gatos realizadas no serviço veterinário subsidiado da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018. Observações com tempo de espera superior a 365 dias não apresentadas no gráfico	39
Figura 10	– Boxplot dos dias de espera entre a data de agendamento e de atendimento previsto do conjunto de dados de castrações de cães e gatos realizadas no serviço veterinário subsidiado da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.	40
Figura 11	– Taxa de desistência, segundo o IVS, do conjunto de dados de castrações de cães e gatos realizadas no serviço veterinário subsidiado da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.	41

Figura 12 – Análise dos desvios residuais padronizados (painel superior) e resíduos de Anscombe (painel inferior), para o modelo logístico ajustado a partir do conjunto de dados serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.	43
Figura 13 – Análise de pontos influentes para o modelo logístico ajustado a partir do conjunto de dados serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018. Painel superior: gráfico de dispersão dos valores hat (h_{ii}) pelos resíduos de Pearson padronizados (r_{sp}). Linhas vermelhas denotam pontos de corte de $2\frac{p}{n}$ e $3\frac{p}{n}$, respectivamente, enquanto a linha azul vertical denota o valor de $ 2 $ para r_{sp} . Painel inferior: Distâncias de Cook das observações utilizadas no ajuste do modelo com as seis observações de maior D_i destacadas em vermelho.	44
Figura 14 – Efeitos da distância entre a residência do solicitante e a UFE de atendimento previsto na probabilidade estimada de desistência, no modelo logístico ajustado a partir do conjunto de dados serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018. Dados do gráfico estão fixados em gatas, IVS médio (maiores frequências) e tempo de espera de zero meses.	46
Figura 15 – Efeito do tempo de espera na probabilidade estimada de desistência (fixados a distância na média e espécie e gênero em cadelas), condicional ao IVS, para o modelo logístico ajustado a partir do conjunto de dados serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.	48
Figura 16 – Efeito do tempo de espera na probabilidade estimada de desistência (fixados a distância na média e espécie e gênero em cães machos), condicional ao IVS, para o modelo logístico ajustado a partir do conjunto de dados serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.	49
Figura 17 – Efeito do tempo de espera na probabilidade estimada de desistência (fixados a distância na média e espécie e gênero em gatas), condicional ao IVS, para o modelo logístico ajustado a partir do conjunto de dados serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.	49

Figura 18 – Efeito do tempo de espera na probabilidade estimada de desistência (fixados a distância na média e espécie e gênero em gatos), condicional ao IVS, para o modelo logístico ajustado a partir do conjunto de dados serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.	50
Figura 19 – Análise de capacidade preditiva para o modelo logístico ajustado a partir do conjunto de dados serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018. Painel superior: Gráfico de Sensibilidade-Especificidade. Painel inferior: Curva ROC.	52
Figura 20 – Acesso espacial ajustado (ASPA) e população animal estimada (mapa à direita) das áreas de abrangência para o serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, em 2012.	54
Figura 21 – Acesso espacial ajustado (ASPA) e população animal estimada (mapa à direita) das áreas de abrangência para o serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, em 2015.	55
Figura 22 – Acesso espacial ajustado (ASPA) e população animal estimada (mapa à direita) das áreas de abrangência para o serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, em 2018.	56
Figura 23 – Distribuição dos atendimentos e desistências, segundo o ano, do conjunto de dados de castrações de cães e gatos realizadas no serviço veterinário subsidiado da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.	57
Figura 24 – Boxplot do acesso espacial ajustado (ASPA), segundo o IVS, para o serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, em 2012, 2015 e 2018.	60
Figura 25 – Apêndice A - Distribuição do tempo de espera, aproximadamente em meses, entre a data de agendamento e de atendimento previsto do conjunto de dados de castrações de cães e gatos realizadas no serviço veterinário subsidiado da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018. Observações com tempo de espera superior a 13 meses não apresentadas no gráfico	87
Figura 26 – Apêndice A - Distribuição de densidade estimada da distância entre residência do solicitante e UFC de atendimento previsto do conjunto de dados de castrações de cães e gatos realizadas no serviço veterinário subsidiado da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.	89

Figura 27 – Apêndice A - Análise de resíduos para o modelo ajustado. De cima para baixo, quadrado do desvio residual padronizado pela probabilidade estimada e quadrado do resíduo de Anscombe pela probabilidade estimada.	105
Figura 28 – Apêndice A - Análise de observações influentes para o modelo ajustado. De cima para baixo, hat pelo resíduo de Pearson padronizado e Distâncias de Cook (seis observações mais influentes em vermelho).	106
Figura 29 – Apêndice A - Análise de capacidade de classificação para o modelo ajustado. De cima para baixo, gráfico Sensibilidade-Especificidade e Curva ROC. . .	107
Figura 30 – Apêndice A - Efeito do tempo de espera na probabilidade estimada de desistência, condicional ao IVS, para o modelo ajustado com a interação IVS*T.	114
Figura 31 – Apêndice A - Análise de resíduos para o modelo ajustado com a interação IVS*T. De cima para baixo, quadrado do desvio residual padronizado pela probabilidade estimada e quadrado do resíduo de Anscombe pela probabilidade estimada.	115
Figura 32 – Apêndice A - Análise de observações influentes para o modelo ajustado com a interação IVS*T. De cima para baixo, hat pelo resíduo de Pearson padronizado e Distâncias de Cook (seis observações mais influentes em vermelho).	116
Figura 33 – Apêndice A - Análise de capacidade de classificação para o modelo ajustado com a interação IVS*T. De cima para baixo, gráfico Sensibilidade-Especificidade e Curva ROC.	117
Figura 34 – Apêndice A - Boxplots da distância entre a residência do solicitante e UFC de atendimento previsto e do tempo de espera, segundo o IVS, do conjunto de dados de castrações de cães e gatos realizadas no serviço veterinário subsidiado da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.	119
Figura 35 – Apêndice A - Análise de resíduos para o modelo ajustado com a interação IVS*T e inclusão do Ano de atendimento previsto como preditor, após a remoção de observações com tempo de espera superior a 18 meses. De cima para baixo, quadrado do desvio residual padronizado pela probabilidade estimada e quadrado do resíduo de Anscombe pela probabilidade estimada.	125
Figura 36 – Apêndice A - Análise de observações influentes para o modelo ajustado com a interação IVS*T e inclusão do Ano de atendimento previsto como preditor, após a remoção de observações com tempo de espera superior a 18 meses. De cima para baixo, hat pelo resíduo de Pearson padronizado e Distâncias de Cook (seis observações mais influentes em vermelho).	126

Figura 37 – Apêndice A - Análise de observações influentes para o modelo ajustado com a interação IVS*T e inclusão do Ano de atendimento previsto como preditor, após a remoção de observações com tempo de espera superior a 18 meses. De cima para baixo, hat pelo resíduo de Pearson padronizado e Distâncias de Cook (seis observações mais influentes em vermelho). 127

Lista de tabelas

Tabela 1	– Resumo das variáveis do banco de dados do serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.	32
Tabela 2	– Termos e estatísticas do modelo logístico de acesso ao serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.	42
Tabela 3	– Tempos de espera máximos, conforme espécie e sexo do animal e IVS da área de abrangência em que reside o tutor, propostos para o serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais.	51
Tabela 4	– Áreas de Abrangência identificadas com escassez de oferta de serviço, acesso espacial ajustado (ASPA) inferior a 5%, para o serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012, 2015 e 2018.	53
Tabela 5	– Avaliação do acesso espacial ajustado (ASPA) para o serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, segundo o Índice de Vulnerabilidade em Saúde (IVS), no período de 2012, 2015 e 2018.	61
Tabela 6	– Análise <i>Post-hoc</i> ao Teste Kruskal-Wallis por múltiplas comparações bivariadas utilizando o Teste de Wilcoxon com correção de Bonferroni do acesso espacial ajustado (ASPA), segundo o Índice de Vulnerabilidade em Saúde (IVS), nos períodos de 2012, 2015 e 2018.	61
Tabela 7	– Apêndice A - Distribuição dos dias de espera entre a data de agendamento e de atendimento previsto do conjunto de dados de castrações de cães e gatos realizadas no serviço veterinário subsidiado da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.	85

Sumário

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivo geral	15
1.2	Objetivos específicos	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1	Acesso a serviços de saúde	17
2.2	Medidas de Acesso espacial à saúde	21
3	MATERIAL E MÉTODOS	28
3.1	Tipo de estudo	28
3.2	Área de estudo	28
3.3	Fonte de dados	31
3.4	Acesso a nível individual	33
3.5	Acesso a nível regional	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5	CONCLUSÃO	63
6	REFERÊNCIAS	64
	APÊNDICES	78
	APÊNDICE A – AJUSTE DO MODELO LINEAR GENERALI- ZADO BINOMIAL NO R	79
	APÊNDICE B – FÓRMULAS MATEMÁTICAS DOS RESÍDUOS DO MODELO LOGÍSTICO	128
	APÊNDICE C – ÍNDICE DE ACESSO ESPACIAL PELO MÉ- TODO 3FSCA NO R	130

1 Introdução

A Saúde Única é uma mudança do paradigma do determinismo mecanicista nas ciências da saúde para a ciência pós-normal (RUSHTON *et al.*, 2018), baseada em uma abordagem integrada da saúde, com foco na restauração da resiliência de sistemas biológicos em todas as escalas, incluindo humanos, animais e plantas (KOCK, 2015; RABINOWITZ *et al.*, 2013; ZINSSTAG *et al.*, 2015).

A abordagem da Saúde Única foi estimulada inicialmente pela ameaça das doenças transmitidas por alimentos, como a salmonelose e a encefalopatia espongiforme bovina, e as doenças de potencial zoonótico, como a síndrome respiratória aguda grave, Influenza, Ebola e a Raiva. A prevenção e controle dessas e outras doenças envolve uma complexa interação entre humanos, animais e meio ambiente, cuja efetividade das ações de saúde depende da colaboração interdisciplinar ampla de médicos, veterinários, profissionais de saúde humana e animal, além de biólogos, ambientalistas, ecologistas, antropólogos, economistas e cientistas sociais, entre outros, incluídos em estratégias holísticas de prevenção e mitigação de doenças (ZINSSTAG *et al.*, 2015).

Nesse sentido, vários trabalhos na literatura científica apresentam resultados de intervenções veterinárias subsidiadas com influências em ao menos dois elos da tríade saúde humana-animal-ambiental. Tais estudos variam na forma como demonstram os resultados das intervenções, mas de forma geral, apresentam um enfoque no controle da transmissão de doenças zoonóticas entre animais e pessoas, redução no risco de lesões ou distúrbios as pessoas por animais não domiciliados, diminuição nas taxas de admissão e eutanásia em abrigos de animais, controle de populações de gatos em áreas onde se tornam predadores da fauna local e a avaliação de aspectos sociais e culturais para a aceitação de intervenções de saúde animal em comunidades, bem como a percepção da comunidade sobre o risco de doenças zoonóticas e a relação entre homens e animais (BARNARD *et al.*, 2015; BENKA; MCCOBB, 2016; DURR *et al.*, 2009; EDINBORO; WATSON; FAIRBROTHER, 2016; FINKLER; GUNTHER; TERKEL, 2011; GUTTILLA; STAPP, 2010; HÄSLER *et al.*, 2014; JOHNSON; CICIRELLI, 2014; KASS; JOHNSON; WENG, 2013; LEVY; ISAZA; SCOTT, 2014; SCARLETT; JOHNSTON, 2012; TENZIN *et al.*, 2015).

Na perspectiva da Saúde Única é importante que os animais, incluindo cães e gatos, tenham acesso a serviços veterinários como uma medida de promoção da saúde de toda a tríade. Porém, tais serviços são inacessíveis a várias comunidades por uma série de fatores, incluindo financeiros, geográficos ou culturais. Essa inacessibilidade impõe a necessidade da criação de serviços veterinários subsidiados com diferentes motivações principais (controle de população animal em ruas, redução da transmissão de zoonoses, promoção de bem-estar animal), de modo a reduzir a disparidade no acesso.

Observa-se uma variedade de indicadores utilizados para demonstrar os resultados de programas veterinários na literatura, como o número de acidentes por mordeduras de cães antes e após uma intervenção, custos monetários, redução da transmissão de doenças zoonóticas, custos em termos de anos de vida perdidos ajustados por incapacidade (DALY) evitados com o programa, redução de população de animais nas ruas e alteração de percepção da comunidade em relação aos animais (BAKER *et al.*, 2021; DIAS COSTA *et al.*, 2017; JOHNSON; CICIRELLI, 2014; KASS; JOHNSON; WENG, 2013; LARKINS *et al.*, 2020; MA *et al.*, 2020). Embora tais indicadores sejam importantes para demonstrar a efetividade do programa na melhoria de certas condições de saúde, no campo da avaliação de acesso aos serviços de saúde, essas métricas dizem respeito aos desfechos do programa.

Apesar de indicadores de desfecho dos programas veterinários subsidiados serem necessários para demonstrar o valor agregado pela intervenção (BABO MARTINS; RUSHTON; STÄRK, 2016), a avaliação de medidas associadas ao acesso aos serviços veterinários são necessários, principalmente considerando os programas mantidos por governos locais com recursos públicos, de modo a possibilitar o planejamento de implementação em novas áreas, a expansão de tais ações, bem como para verificar se populações prioritárias são efetivamente atingidas pelo programa.

Assim, esse estudo buscou avaliar o acesso ao serviço de esterilização das Unidades Fixas de Esterilização de Cães e Gatos (UFE) no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, em diferentes níveis de agregação.

1.1 Objetivo geral

Avaliar o acesso ao Serviço de Esterilização de Cães e Gatos em Unidades Fixas de Belo Horizonte, Minas Gerais, em níveis regional (por Áreas de Abrangência em Saúde) e individual,

propor ações para a ampliação do acesso e indicadores para a avaliação do acesso em serviços veterinários subsidiados.

1.2 Objetivos específicos

1. Avaliar o acesso espacial regional (por Áreas de Abrangência em Saúde) ao Serviço de Esterilização em Unidades Fixas de Belo Horizonte pelo método de Área de Captação Flutuante em Três Etapas;
2. Comparar o índice de acesso espacial das Áreas de Abrangência, segundo o Índice de Vulnerabilidade em Saúde, e avaliar se as populações mais vulneráveis apresentam desigualdades no acesso ao Serviço de Esterilização quando comparadas às menos vulneráveis;
3. Verificar o acesso em nível individual a partir da avaliação de fatores de desistência nos agendamentos de castração nas Unidade Fixas;
4. Propor estratégias no município para a ampliação do acesso ao Serviço de Esterilização de Cães e Gatos;
5. Propor indicadores para a avaliação do acesso em serviços veterinários subsidiados.

2 Revisão de Literatura

2.1 Acesso a serviços de saúde

O acesso aos serviços de saúde tem sido objeto de estudo na literatura do ponto de vista de como defini-lo, os elementos que o compõem, bem como das maneiras e medidas necessárias para avaliar o acesso.

Em sua revisão sobre o assunto, Travassos e Martins (2004) definem que acesso é um conceito complexo, pouco claro na sua relação com o uso de serviços, que varia conceitualmente entre autores e que se altera ao longo de tempo e de acordo com o contexto. Assim há várias teorias sobre o acesso a serviços de saúde, entretanto, entre as mais importantes é possível identificar as propostas por Andersen et al. (2005) e Penchansky et al. (1981).

Em sua versão inicial, Andersen et al. (2005) apresentam um modelo de utilização de serviços de saúde, no qual acesso é apresentado como um dos elementos dos sistemas de saúde, dentre aqueles ligados à organização dos serviços, e sugere que o uso de um serviço de saúde resulta da predisposição individual para usar os serviços, determinada por fatores possibilitam ou impedem o uso e a necessidade de cuidados. Nesse sentido, o acesso é mediado por fatores predisponentes, capacitantes e de necessidades de saúde (**Figura 1**). Além disso, o modelo também considera que a utilização de serviços de saúde é afetada por fatores contextuais, incluindo as políticas, financiamento e organização da saúde, bem como características da comunidade (ANDERSEN, RONALD; NEWMAN, 2005).

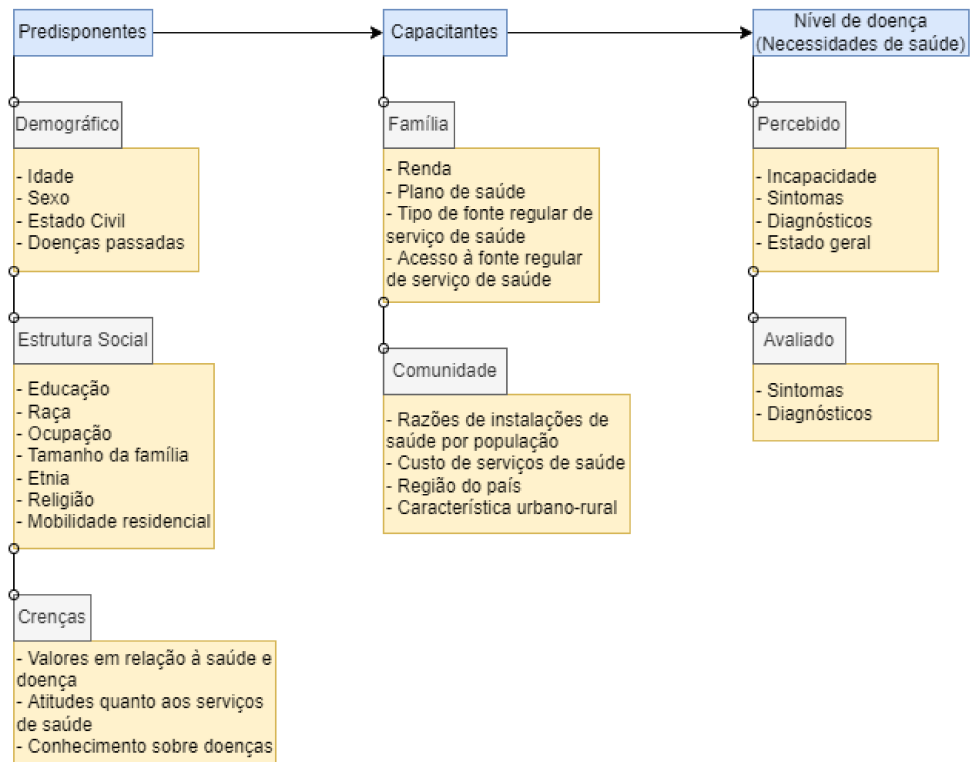


Figura 1 – Determinantes individuais da utilização de serviços de saúde, conforme apresentado originalmente por Andersen e Newman (2005) em *Societal and Individual Determinants of Medical Care Utilization in the United States*.

Em posteriores expansões do modelo de Andersen o acesso torna-se multidimensional, composto pelo: acesso potencial, realizado, equitativo (bem como o desigual), efetivo e eficiente (ANDERSEN, RONALD; DAVIDSON, 2007).

O acesso potencial são os fatores capacitantes contextuais e individuais (políticas e modelos de financiamento da saúde, planos de saúde, renda), enquanto o acesso realizado representa a própria utilização desses serviços (ANDERSEN, RONALD; DAVIDSON, 2007). A equidade no acesso, assim como, o acesso desigual, são definidos baseados em quais fatores determinantes são mais importantes em prever o uso de serviços de saúde, sendo tradicionalmente definido que o acesso desigual ocorre quando a estrutura social, as crenças e os recursos facilitadores (como a renda do indivíduo, ter um plano de saúde) determinam quem utiliza os serviços (ANDERSEN, RONALD MAX, 2008). Por fim, o acesso efetivo trata-se da avaliação da melhoria das condições de saúde ou da satisfação com os serviços de saúde determinadas pelo seu uso, enquanto o acesso eficiente considera também os recursos utilizados para influenciar o desfecho (ANDERSEN, RONALD; DAVIDSON, 2007; TRAVASSOS; MARTINS, 2004).

É importante ressaltar que no modelo comportamental de Andersen há uma hierarquia de

processo que conduzirão a utilização de um serviço de saúde, porém, cada um dos componentes (contextuais, individuais, comportamentos de saúde e desfechos do uso do serviço) influenciam ou retroalimentam os demais (**Figura 2**).

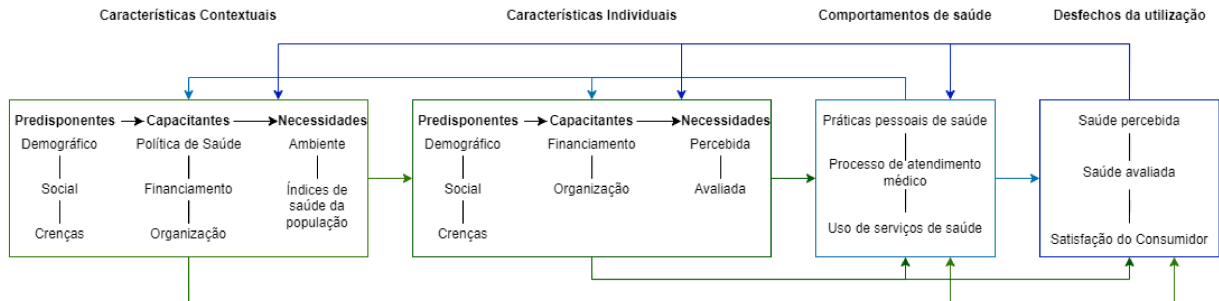


Figura 2 – Modelo comportamental da utilização de serviços de saúde, conforme apresentado originalmente por Andersen e Davidson (2007) em *Improving access to care in America: individual and contextual indicators*.

Penchansky et al. (1981) adotaram uma abordagem em que o acesso resulta da interação de elementos principais, no qual há um ajuste entre as necessidades do indivíduo para utilizar um serviço e a capacidade do sistema para responder a essa necessidade. Tal ajuste proposto por Penchansky e Thomas (1981) poderia então ser mensurado em 5 dimensões:

1. disponibilidade (volume e tipo) de serviços existentes em relação às necessidades;
2. acessibilidade, caracterizada relação espacial ou geográfica entre os serviços e seus usuários;
3. acolhimento (acomodação), que representa como os serviços organizam-se para receber os usuários e a capacidade desses em se adaptar a essa organização, ou seja, está relacionado com o quão fácil é para as pessoas utilizarem esse serviço (por exemplo, horários de funcionamento, tempo de espera no atendimento e para o agendamento);
4. capacidade de compra, capacidade financeira da população em custear o uso de um serviço e a percepção do valor relacionada ao seu uso;
5. e aceitabilidade, que representa as atitudes das pessoas e dos profissionais de saúde em relação às características e práticas de cada um.

Em trabalhos posteriores Thomas e Penchansky (1984), assim como ocorreu no modelo de Andersen (2008), passaram a incluir a satisfação dos usuários como medida de avaliação desses elementos do acesso.

Frenk (1985) sugeriu que o “ajuste” era um processo de arranjo entre a população e o sistema de saúde, e observou um problema no uso de termos que não eram claramente definidos, como acesso, acessibilidade e disponibilidade, propondo como solução uma série de domínios para o acesso. Assim, em seu conceito há um fluxo de eventos iniciado na necessidade de um serviço de saúde até a obtenção dos cuidados necessários (necessidades de cuidados, desejo de obter cuidados, procura, entrada nos serviços, continuidade dos cuidados), enquanto a acessibilidade limita-se ao âmbito das etapas de procura e entrada nos serviços (FRENK, 1985).

Outro aspecto importante da teoria de Frenk (1985) foi a inclusão do termo “resistência”, para explicar as diferenças observadas entre a disponibilidade de serviços e a acessibilidade, de tal maneira que a acessibilidade resultaria da relação entre os obstáculos que dificultam ou impedem a procura e obtenção de cuidados (“resistência”) e as correspondentes capacidades da população para superar tais obstáculos (“poder de utilização”).

Esses obstáculos (resistência) foram classificados como ecológicos, financeiros e organizacionais. De forma correspondente, o poder da população foi diferenciado como poder de tempo e transporte, poder financeiro e poder de lidar com a organização. Assim, a disponibilidade efetiva de recursos (E) representaria um balanço entre disponibilidade de serviços e a resistência ($E = \frac{D}{R}$), enquanto a acessibilidade seria o grau de ajustamento obtido das relações entre os obstáculos e poderes existentes na comunidade, em termos gerais, representada como (FRENK, 1985):

$$A = D \left(\frac{M}{T} + \frac{Y}{C} + \frac{T_d}{T_e} + \frac{L}{S} \right) \quad (2.1)$$

em que A é a acessibilidade, D a disponibilidade de recursos, M os recursos de transporte, T o tempo de deslocamento, Y a renda, C o custo pelos serviços, T_d a tolerância à espera e T_e a espera necessária para agendar um atendimento, L o tempo livre e S o tempo de espera no local para ser atendido. Tal definição de acessibilidade, segundo o autor, poderia então ser avaliada a partir de uma abordagem econômica, normativa ou estritamente empírica, conforme a preferência do avaliador, a orientação teórica adotada e, principalmente, os dados disponíveis (FRENK, 1985).

Apesar de diferentes abordagens serem aplicadas nos estudos sobre o acesso aos serviços de saúde, tais trabalhos são importantes na medida em que permitem sistematizar e melhor compreender a forma como ocorre a utilização desses serviços, a interação dos diferentes fatores que determinam o acesso, além do desenvolvimento de medidas para avaliação do uso de serviços e seus determinantes, os quais, na prática, podem ajudar no planejamento de intervenções e políticas para a obtenção de desfechos positivos na condição geral de saúde da população.

2.2 Medidas de Acesso espacial à saúde

A distribuição espacial equânime de serviços de saúde apresenta o potencial de ajudar a conter os custos causados pelo problema de não uso em áreas com excesso de oferta e reduzir as desigualdades de acesso em áreas carentes, porém, para alocar adequadamente esse recurso é necessário primeiro identificar os grupos sociais e áreas com pior acesso (WAN; ZOU; STERNBERG, 2012; YANG; GOERGE; MULLNER, 2006).

Wan et al. (2012) destacam três fatores primordiais para avaliar o acesso espacial: 1) a capacidade de oferta do serviço; 2) a demanda da populacional, ou seja, o número de indivíduos que potencialmente precisarão daquele serviço e; 3) a impedância geográfica, que representa a influência da distância, entre comunidades e locais de oferta do serviço, no acesso.

Embora existam vários métodos propostos para avaliar o acesso espacial a serviços de saúde, Gualiaro (2004) considera que a maioria das medidas propostas possam ser agrupadas em quatro categorias: Proporções do tipo provedor por população, distância ao provedor mais próximo, distância média a um conjunto de provedores e modelos gravitacionais.

Proporções do tipo provedor:população como o próprio nome sugere são simplesmente a soma de um serviço ou recurso ofertado para uma região, dividida pela população dessa região. Portanto, a unidade espacial de observação é uma área delimitada (estados, cidades, bairros, unidades censitárias são exemplos). É um indicador bruto e de obtenção relativamente simples, já que independe de técnicas de geoprocessamento ou experiência em análise espacial para o seu cálculo, porém, que recebe muitas críticas devido aos problemas de viés de erro nas variáveis e de travessia de fronteiras, além de não considerar qualquer influência de impedância geográfica (FORTNEY; ROST; WARREN, 2000; GUAGLIARDO, 2004; YANG; GOERGE; MULLNER, 2006).

Viés de erro nas variáveis ocorre quando a variação no nível de agregação espacial avaliado (por exemplo, população e leitos de hospital de várias cidades) somente explica uma pequena proporção da variação individual de proximidade a serviços de saúde, ou seja, o modelo assume igualdade de acesso dentro do nível de agregação. O outro problema associado à proporção provedor:população, denominado travessia de fronteiras, decorre dessa medida desconsiderar que em situações de menor acesso geográfico a um serviço dentro de sua própria área, a população possa buscar serviços em áreas adjacentes (FORTNEY; ROST; WARREN, 2000; GUAGLIARDO, 2004). Assim, Guagliardo (2004) ressalta que os resultados dessas proporções podem variar muito dependendo do tamanho, número e configuração das unidades de área estudadas.

Distância ao provedor mais próximo ou impedância de viagem ao provedor mais próximo, por sua vez, é uma medida da impedância geográfica individual (quando utilizada a residência de pacientes como unidade de observação) ou regional (centróides de cidades, bairros), normalmente apresentada em termos de distância até o provedor do serviço ou como tempo de deslocamento até o provedor. Semelhante a essas medidas, a distância média também calcula a distância entre um conjunto de pontos (residências, centróides) e os provedores mais próximos, porém, ao final calcula-se a média dessas medidas. Guagliardo (2004) considera a utilização da média superior à distância ao provedor mais próximo, por combinar a medida de impedância da viagem (acessibilidade) à oferta de serviços (disponibilidade).

Os modelos gravitacionais são inspirados na lei de gravitação de Newton, considerando que um provedor ou população possuem áreas de influência, de modo que locais mais próximos de um provedor serão atraídos a utilizá-lo em detrimento de outro mais distante, portanto, levam em consideração a demanda e oferta de serviços, bem como a impedância geográfica, sendo basicamente expresso na forma (GUAGLIARDO, 2004; WAN; ZOU; STERNBERG, 2012):

$$A_i = \sum_{j=1}^n \frac{S_j f[Dist(i, j)]}{\sum_{k=1}^m P_k f[Dist(k, j)]} \quad (2.2)$$

em que A_i é o acesso espacial do local i , S_j é a capacidade de oferta de um serviço em j , P_k é o tamanho da população em k , $Dist$ é o custo ou impedância da viagem entre uma população e um serviço (distância ou tempo de deslocamento). Nesse modelo, n e m representam o total de locais com oferta do serviço e populações que o demandam, respectivamente, enquanto,

$f[Dist]$ define justamente como a distância impacta a acessibilidade aos serviços. Embora esse modelo seja mais completo que os anteriores, a análise de seus resultados não é intuitiva, o que demandaria experiência em análise espacial por parte do gestor (WAN; ZOU; STERNBERG, 2012).

De modo a expressar esse modelo gravitacional de maneira mais intuitiva, Radke e Mu (2000) propuseram um método derivado, modificado posteriormente por Luo e Wang (2003), denominado Área de Captação Flutuante em Duas Etapas (2SFCA). Esse método é um dos mais utilizados para avaliar o acesso a serviços, a partir da dimensão de acessibilidade, sendo considerado avançado pela facilidade de aplicação e interpretação (GUAGLIARDO, 2004; TAO; CHENG; LIU, 2020; WANG, 2012).

Em sua forma mais simples, a primeira etapa desse método consiste em calcular a proporção provedor:população R_j para cada local j que representa a localização de um provedor do serviço, em relação a todos locais k com população pertencentes a uma área de captação, cujos limites normalmente são definidos como um tempo máximo de deslocamento (d_0) a partir do local j :

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{k \in \{Dist(k,j) < d_0\}} P_k} \quad (2.3)$$

Na segunda etapa a área de captação d_0 é estabelecida a partir de cada local i com população, sendo calculada a acessibilidade A_i de i , caracterizada como a soma das razões R_j de todos os provedores do serviço pertencentes à área de captação:

$$A_i = \sum_{j \in \{Dist(i,j) < d_0\}} R_j \quad (2.4)$$

Apesar de sua simplicidade, limitações desta versão do método 2SFCA, como o pressuposto de que todos locais dentro da área de captação possuem igual acesso, ou de que não

há competição entre serviços próximos, estimularam várias extensões do modelo inicialmente proposto. Entre as melhorias propostas ao método inicial podem ser destacadas: a inclusão e posterior modificação das funções de decaimento da distância, que passam a considerar a diferença no acesso entre locais dentro da área de captação (DAI; WANG, 2011; LUO, WEI; QI, 2009); alterações na definição de área de captação (JAMTSHO; CORNER; DEWAN, 2015; LUO, WEI; WHIPPO, 2012; MCGRAIL; HUMPHREYS, 2014); inserção de componentes no método que contabilizassem o impacto da competição entre provedores ou populações na acessibilidade (FRANSEN *et al.*, 2015; LUO, JUN, 2014; WAN; ZOU; STERNBERG, 2012); a inclusão da avaliação da acessibilidade para diferentes modos de transporte (LANGFORD; HIGGS; FRY, 2016; MAO; NEKORCHUK, 2013; TAO; CHENG, 2019); e a análise específica a sistemas de saúde hierarquizados (TAO; CHENG; LIU, 2020).

Especificamente para serviços veterinários subsidiados, como o Serviço de Esterilização de Cães e Gatos de Belo Horizonte, o qual não apresenta um sistema hierarquizado para a sua utilização e a população pode solicitar o agendamento em qualquer uma das unidades fixas disponíveis, é possível avaliar a acessibilidade pela versão proposta por Wan, Zou e Sternberg (2012).

O método proposto por esses autores, denominado Área de Captação Flutuante em Três Etapas (em tradução literal do inglês *three-step floating catchment area*), e acrônimo original 3SFCA, considera que a demanda de uma população por um determinado serviço de saúde é afetado pelo “custo de viagem” até aquele serviço, bem como, pela ponderação entre tal custo com os dos outros serviços disponíveis. O “custo de viagem” proposto nesse método originalmente foi o tempo, considerando que os provedores do serviço possuem uma demanda cada vez menor de uma população local conforme aumenta o tempo de deslocamento desse local até aquela unidade.

O método 3SFCA se baseia na avaliação de áreas de captação, divididas em subzonas, para cada provedor do serviço avaliado e população. A partir das áreas de captação, três etapas são necessárias para a obtenção da medida de acesso espacial A_i de um local i :

1. Calcular os peso de seleção, G_{ij} , de uma população local i em relação a um provedor de serviço j ;
2. Calcular a razão da oferta de um provedor de serviço j em relação à população pertencente

à sua área de captação, \mathbf{R}_j ; e

3. A partir dos pesos de seleção e razões de oferta, calcular o índice de acesso espacial do local i , \mathbf{A}_i .

Na **etapa 1**, o peso de seleção entre um serviço e um local é representado por

$$G_{ij} = \frac{T_{ij}}{\sum_{k \in \{Dist(i,k) < d_0\}} T_{ik}} \quad (2.5)$$

em que G_{ij} é o peso de seleção entre uma unidade espacial representando a população local i e um provedor j , $Dist(i, k)$ é o tempo de viagem entre i e qualquer provedor k dentro da área de captação e d_0 é o tamanho da área de captação.

T_{ij} e T_{ik} na proposta original são pesos gaussianos, calculados por uma função gaussiana de decaimento da distância (d), em minutos, entre a população e o provedor do serviço. T_{ik} é obtido pela mesma função de T_{ij} , porém utiliza valores fixos de distância, determinados pela subzona da área de captação de i na qual k está localizado.

Quanto à função de decaimento, Dai (2011) propôs uma função gaussiana que depende somente da distância entre população e provedor, d_{ij} , e do tamanho da área de captação d_0 :

$$f(d_{ij}) = \begin{cases} \frac{e^{-\frac{1}{2} \times (\frac{d_{ij}}{d_0})^2} - e^{-\frac{1}{2}}}{1 - e^{-\frac{1}{2}}}, & d_{ij} < d_0 \\ 0 & d_{ij} \geq d_0 \end{cases} \quad (2.6)$$

A **figura 3** demonstra a variação dos pesos gaussianos conforme a distância, fixando d_0 em 30 minutos, utilizando a Eq.(2.6).

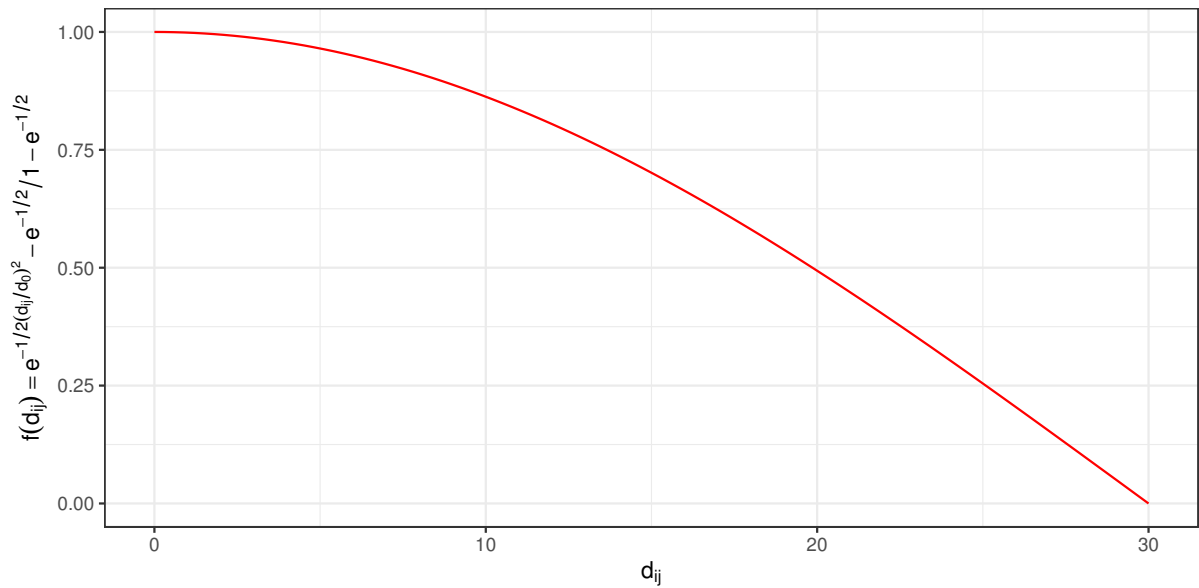


Figura 3 – Variação do peso gaussiano em relação à distância (em minutos) para a função de decaimento da distância proposta por Dai (2011)

A **etapa 2** consiste em obter a razão de oferta de um serviço j em relação à uma população local, a qual pode ser representada por:

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{r=1,2,3} \sum_{k \in D_r} G_{kj} P_k W_r}$$

$$= \frac{S_j}{\sum_{k \in D_1} G_{kj} P_k W_1 + \sum_{k \in D_2} G_{kj} P_k W_2 + \sum_{k \in D_3} G_{kj} P_k W_3} \quad (2.7)$$

em que R_j é a razão da oferta do serviço em um provedor j pela população dentro da sua área de captação (ponderada pela distância até o provedor e competição entre as populações locais), S_j é a capacidade ou oferta do serviço em j , G_{kj} é o peso de seleção entre a população em k e o provedor j e P_k é a população na unidade espacial k , em que k pertence à uma subzona da área de captação. W_r é a impedência da subzona r .

A partir de G_{ij} e R_j , obtidos nas etapas anteriores, na **etapa 3** calcula-se o índice de acesso espacial de uma população i , A_i , o qual assume a forma:

$$\begin{aligned}
A_i &= \sum_{r=1,2,3} \sum_{j \in D_r} G_{ij} R_j W_r \\
&= \sum_{j \in D_1} G_{ij} R_j W_1 + \sum_{j \in D_2} G_{ij} R_j W_2 + \sum_{j \in D_3} G_{ij} R_j W_3
\end{aligned} \tag{2.8}$$

em que G_{ij} é o peso de seleção entre uma população i e um provedor de serviço j obtido na **etapa 1**, R_j é a razão de oferta:população ponderada para um provedor j obtida na **etapa 2** e, W_r é o peso gaussiano da subzona r .

3 Material e Métodos

3.1 Tipo de estudo

O presente estudo buscou avaliar o acesso às Unidades Fixas de Esterilização (UFE) de Cães e Gatos de Belo Horizonte, Minas Gerais.

A avaliação de fatores individuais de acesso foi realizada a partir do ajuste de um modelo linear generalizado de regressão logística dos dados de agendamentos em unidades fixas, no período de 2012 a 2018.

Foi adotado o método 3SFCA proposto por Wan, Zou e Sternberg (2012) para avaliar o acesso espacial em nível regional das Áreas de Abrangência (AA) de Saúde, em 2012, 2015 e 2018, de modo a obter medidas de acesso espacial que permitissem verificar a escassez de oferta do serviço em alguma AA, bem como comparar o acesso das AA, segundo o Índice de Vulnerabilidade à Saúde (IVS).

3.2 Área de estudo

Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais, na Região Sudeste do Brasil, possui uma extensão geográfica de 331.401 km², população estimada de 2.530.701 habitantes e densidade populacional humana de 7.167 habitantes por km², o que a torna uma das cidades de maior densidade populacional do Brasil (IBGE, 2022).

A Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte divide o território em Distritos Sanitários: Barreiro, Centro Sul, Oeste, Leste, Noroeste, Nordeste, Pampulha, Norte e Venda Nova (**Figura 4**).

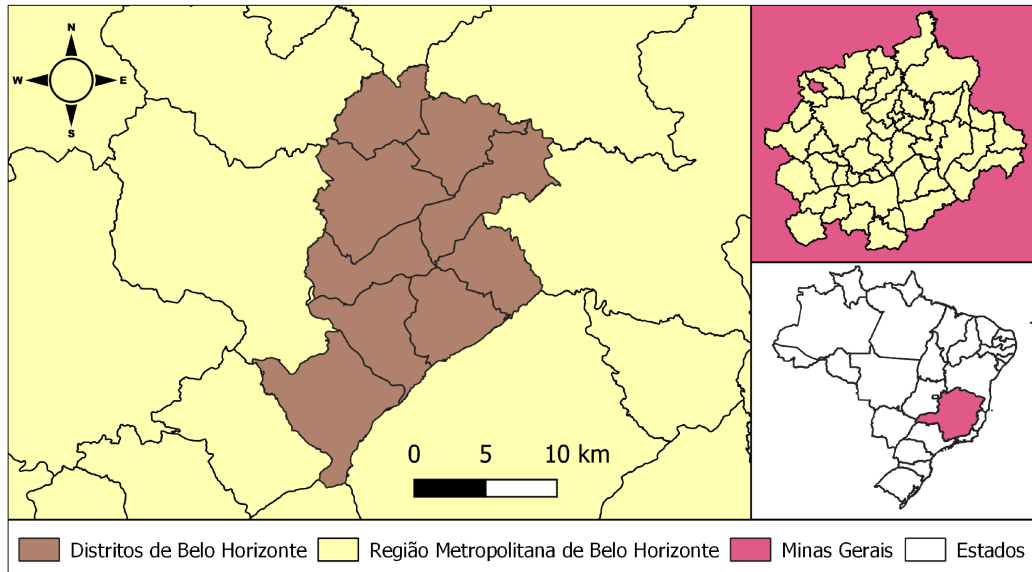


Figura 4 – Localização geográfica do município de Belo Horizonte, Minas Gerais, em relação ao país, estado e região metropolitana, bem como a distribuição dos Distritos Sanitários do município.

Por sua vez, Distritos Sanitários são subdivididas em áreas de abrangência (AA) dos Centros de Saúde, uma unidade espacial utilizada para o planejamento de políticas de saúde no município, iniciada pela Secretaria Municipal de Saúde, em 1992, com o processo de territorialização da saúde, considerando as unidades de saúde primária existentes, o acesso da população aos serviços e barreiras geográficas (MORAIS, 2011). Essas unidades espaciais correspondem a setores censitários contíguos, entretanto, possuem limites mais flexíveis, sendo atualizadas conforme a necessidade de reorganizar a oferta de serviços de saúde (MORAIS, 2011) (**Figura 5**).

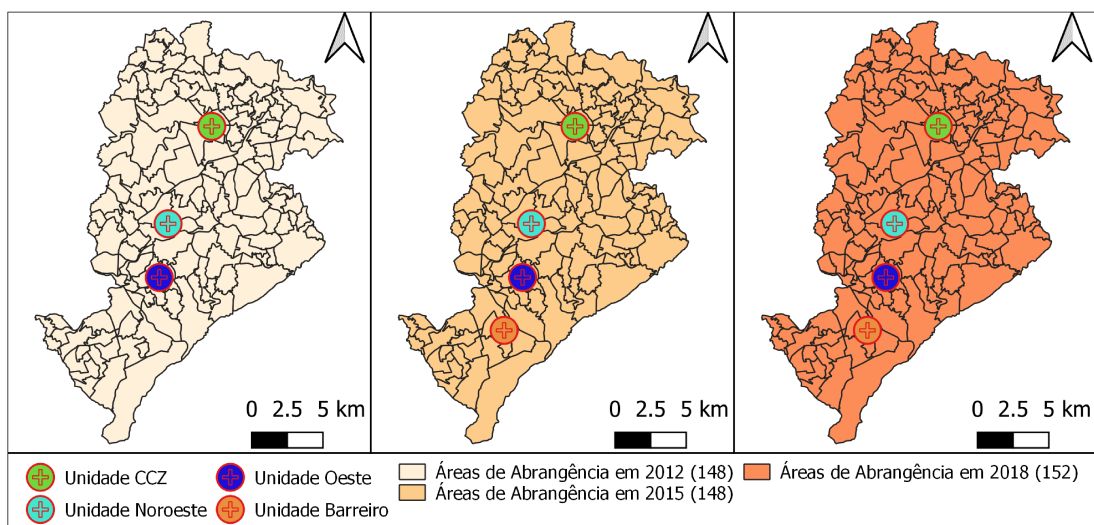


Figura 5 – Distribuição espacial das Áreas de Abrangência dos Centros de Saúde e das Unidades Fixas de Esterilização de Cães e Gatos do município de Belo Horizonte em 2012, 2015 e 2018.

O serviço veterinário subsidiado de castração cirúrgica de cães e gatos avaliado no estudo compõe o Programa de Guarda Responsável da Secretaria de Saúde de Belo Horizonte, Minas Gerais. Tal serviço é oferecido de forma gratuita a toda população residente no município, em geral, a partir da demanda do próprio tutor do animal. Cronologicamente, em 2005 o serviço era oferecido para cães machos no Centro de Controle de Zoonoses, na Regional Norte, porém, houve ampliação de escopo para atender também gatos e fêmeas em 2006, seguido da criação de unidades fixas de esterilização nas Regionais Oeste e Noroeste em 2008 e na Regional Barreiro em 2015 (BEGALLI, 2020) (**Figura 5**).

Desde 1998, a Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte elabora um indicador composto denominado Índice de Vulnerabilidade à Saúde (IVS). O IVS é elaborado a partir de dados de censos decenais realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), de modo a identificar desigualdades entre grupos sociais distintos e as áreas com condições socioeconômicas desfavoráveis (PITCHON *et al.*, 2013).

O IVS mais atual foi elaborado em 2012 com dados do censo de 2010, considerando que esse também é o censo mais atual do país, e utilizou em sua construção os seguintes indicadores socioeconômicos e de saneamento: razão de moradores por domicílio, percentual de pessoas analfabetas, percentual de domicílios particulares com rendimento per capita até meio salário mínimo, rendimento nominal mensal médio das pessoas responsáveis pelo domicílio, percentual de pessoas de raça/cor preta, parda e indígena, percentual de domicílios particulares permanentes com abastecimento de água inadequado ou ausente, percentual de domicílios particulares permanentes com esgotamento sanitário inadequado ou ausente, percentual de domicílios particulares permanentes com destino do lixo de forma inadequada ou ausente. Esses indicadores foram padronizados e associados a pesos para o cálculo do IVS, sendo a distribuição dos valores usada para categorizar os setores em IVS Médio ($\mu \pm dp/2$), Baixo (valores inferiores ao médio), Elevado (acima de médio e $\leq \mu + dp \times 1,5$) e Muito Elevado ($> \mu + dp \times 1,5$) (PITCHON *et al.*, 2013). A distribuição espacial do IVS nos setores censitários de Belo Horizonte pode ser observada na **Figura 6**.

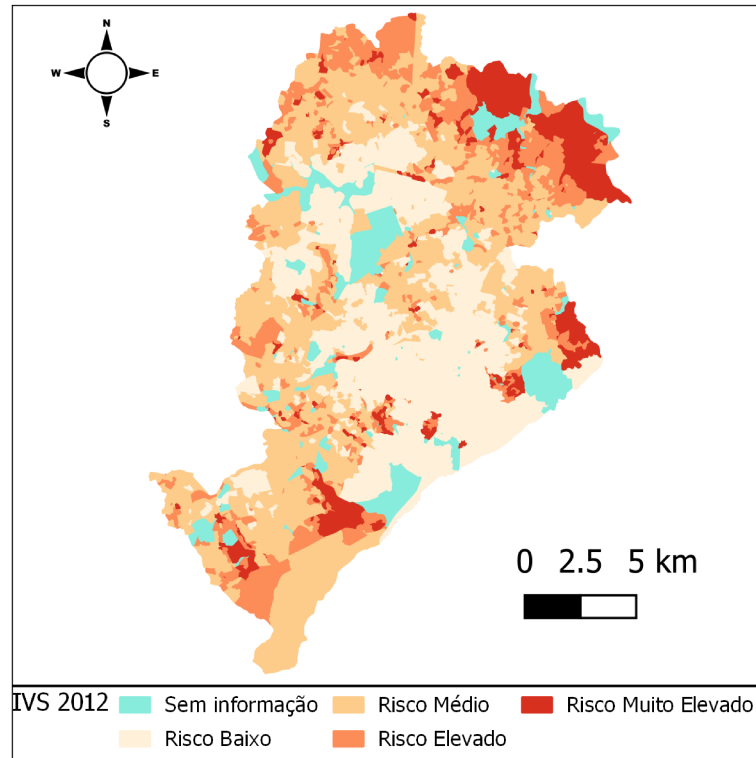


Figura 6 – Distribuição espacial do Índice de Vulnerabilidade à Saúde 2012 dos setores censitários de Belo Horizonte, Minas Gerais.

Considerando que o IVS tem norteado políticas públicas de saúde e a alocação de recursos em Belo Horizonte, é pertinente avaliar se existem desigualdades no acesso ao serviço veterinário subsidiado de castração de cães e gatos, de acordo com o IVS do indivíduo que busca esse serviço.

3.3 Fonte de dados

Dados de agendamentos de castrações ofertadas nas UFE de Belo Horizonte, no período entre 2012 e 2018, a partir do estudo inicial de Begalli (2020) foram cedidos para a realização do presente trabalho. O conjunto de dados foi descaracterizado de informações pessoais ou geográficas que permitissem a identificação de indivíduos antes do recebimento e utilização no presente estudo. As variáveis presentes no conjunto de dados podem ser observadas na **Tabela 1**.

Tabela 1 – Resumo das variáveis do banco de dados do serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.

Variável	Característica	Tipo
response	Situação do serviço agendado	0 - tutor compareceu (animal castrado) 1 - tutor não compareceu (desistência)
spec	Espécie do animal	0 - Cão 1 - Gato
gender	Sexo do animal	0 - Macho 1 - Fêmea
ufe	Unidade fixa para o qual o atendimento foi agendado	Centro de Controle de Zoonoses Oeste Noroeste Barreiro
cat_ivs	Categoria do IVS da Área de Abrangência de residência do tutor	Baixo risco Médio risco Alto risco Muito elevado risco
crt_m	Distância, em metros, da menor rota de carro da residência do tutor à UFE para o qual estava agendado o atendimento	Variável numérica contínua
wt_d	Tempo de espera em dias (período entre data de solicitação do serviço e data agendada para o atendimento)	Variável numérica discreta
y_att	Ano para o qual o atendimento do serviço agendado era previsto	Variável numérica discreta

Também foram cedidos dados da população animal estimada nos anos de 2012, 2015 e 2018, segundo a área de abrangência. Durante o último ciclo de visitas anuais às residências, os Agentes de Combate à Endemias do município registro o número de animais em cada domicílio visitado, a partir desses dados a população de cães e gatos domiciliada do município é estimada.

A partir da agregação de dados de agendamentos de castração cirúrgica ao nível de UFE foi possível estimar a oferta anual de serviço de cada unidade, necessário para a obtenção da medida de acesso espacial.

Dados espaciais dos polígonos de áreas de abrangência e setores censitários com seus valores de IVS foram obtidos no serviço BHMap de mapas da Prefeitura de Belo Horizonte (PBH, 2021). Utilizando os endereços das UFE, foram obtidas as coordenadas geográficas das unidades com uma API fornecida pela openrouteservice (HEIGIT, 2021a), os quais foram transformados em dados espaciais. Além disso, foi realizado o processamento para obtenção dos centroides espaciais das áreas de abrangências e de setores censitários. Todo o processamento espacial foi realizado no programa R (R CORE TEAM, 2021).

3.4 Acesso a nível individual

Para avaliar característica individuais da utilização do serviço de castração da prefeitura de Belo Horizonte, foi ajustado um modelo linear generalizado de regressão logística da chance de desistência em função dos seguintes preditores: dias de espera, distância entre a residência do indivíduo e a UFE, IVS da área de abrangência de residência do indivíduo, espécie e sexo do animal do indivíduo que solicitou o serviço.

O ajuste do modelo foi avaliado pelo qui-quadrado de Pearson, Teste de razão de verossimilhança e análise de resíduos. Foi realizado também o diagnóstico de dados influentes e das estatísticas de classificação (Sensibilidade: Especificidade e ROC).

3.5 Acesso a nível regional

O acesso espacial a nível de agregação comunitário ou regional foi avaliado pela aplicação do método 3SFCA (WAN; ZOU; STERNBERG, 2012). As unidades espaciais utilizadas para a análise no método 3SFCA foram os centroides das áreas de abrangência e a localização das UFE.

Considerando que Belo Horizonte é um município altamente urbanizado, foi adotado uma área de captação de 30 minutos, conforme o proposto por Luo e Wang (2003) para avaliar o acesso espacial a serviços de saúde. Assim, foram definidas subzonas de deslocamento isócrona, a partir dos centroides de cada AA e da localização das UFE, de 10, 20 e 30 minutos de carro. As subzonas

de deslocamento isócrono foram obtidas a partir de uma API fornecida pela openrouteservice (HEIGIT, 2021b).

Para a função de decaimento de distância foi adotado a função gaussiana proposta por Dai (2011).

O algoritmo no software R para obter o G_{ij} de cada AA pode ser observado no **Apêndice C**, mas, de forma geral, G_{ij} é obtido pelas seguintes etapas:

- Sejam `ufe_c` e `aa_captacao` objetos espaciais com dados dos centroides das UFE e as áreas de captação de cada AA (com suas subzonas), respectivamente;
 - Considere AA_i $i = 1, 2, \dots, n$ as observações presentes em `aa_captacao`, em que n representa o número de áreas de abrangência de saúde de Belo Horizonte em determinado ano;
 - Seja `dist_aa` um objeto com dados da distância de deslocamento (em minutos) entre os centroides das AA e os centroides de cada UFE;
1. Defina $i = 1$;
 2. Selecione a observação AA_i , de `aa_captacao`;
 3. Filtre os dados de deslocamento em `dist_aa`, a partir da AA_i ;
 4. A partir objeto filtrado de `dist_aa`, calcule o T_{ij} de cada observação em `dist_aa`, ou seja, o peso gaussiano entre a área de abrangência AA_i e cada UFE;
 5. Calcule o número de UFE, a partir `ufe_c`, em cada subzona de AA_i em `aa_captacao`;
 6. Calcule o somatório $T_i = \sum T_d \times N_d$, em que T_d são os pesos definidos para cada uma das três subzonas e N_d o número de unidades em cada subzona d ;
 7. Calcule o quociente $G_{ij} = \frac{T_{ij}}{T_i}$ para cada UFE;
 8. Se $i = n$, finalize o processo;
 9. Se $i \neq n$, defina $i = i + 1$ e retorne ao processo 2.

A obtenção de R_j pode então ser generalizada nas seguintes etapas computacionais:

- Seja aa_c um objeto espacial com dados dos centroides das AA e sua respectiva população animal estimada;
- Seja $capacidade$ o conjunto de dados do número de castrações agendadas (oferta do serviço), por ano e UFE;
- Seja G_ij o conjunto de dados dos pesos de seleções G_{ij} calculados na etapa 1;
- Seja $ufe_captacao$ um objeto espacial com dados das áreas de captação de cada UFE (com suas subzonas);
- Considere $UFE_{j,r}$ $j = 1, 2, \dots, n$ $r = 1, 2, 3$ as observações presentes em $ufe_captacao$, em que n representa o número de unidades fixas de castração animal de Belo Horizonte em determinado ano e r cada uma das subzonas;

1. Defina $j = 1$;
2. Defina $r = 1$;
3. Selecione $UFE_{j,r}$, de $ufe_captacao$;
4. Crie um filtro espacial das observações em aa_c que intersectam $UFE_{j,r}$;
5. Filtre os dados em G_ij pela $UFE_{j,r}$ e associe os dados de pesos de seleção G_{ij} ao aa_c filtrado;
6. Calcule $soma_{gpw} = \sum G_{kj} P_k W_r$ para as observações filtradas aa_c e armazene os dados em $R_j_parcial$, um conjunto de dados em que cada observação representa uma subzona de determinada UFE, composto das variáveis, nome da UFE, subzona da observação e o resultado de $soma_{gpw}$;
7. Se $r = 3$ e $j = n$, vá para o processo 10;
8. Se $r = 3$ e $j \neq n$, defina $j = j + 1$ e retorne ao processo 2;
9. Se $r < 3$, defina $r = r + 1$ e retorne ao processo 3;
10. A partir dos conjuntos de dados $capacidade$ e $R_j_parcial$, calcule o quociente $R_j = \frac{S_j}{\sum_{r=1,2,3} soma_{gpw}}$ de cada UFE.

Assim, obtidos G_{ij} e R_j nas etapas anteriores, foi calculado o índice de acesso espacial (A_i) de cada AA nos anos de 2012, 2015 e 2018.

A partir dos valores de acesso espacial foi calculado a razão de acesso espacial ($SPAR = A_i / \frac{\sum_{k=1}^n A_k}{n}$) e o acesso espacial ajustado ($ASPA$) proposto por Wan, Zou e Sternberg (2012) para identificação de áreas com escassez de oferta de um serviço, o qual apresenta a forma:

$$ASPA_i = \frac{SPAR_i \times \sum S}{\sum SPAR_k \times P_k} \quad (3.1)$$

Em que $\sum S$ representa a oferta total do serviço de castração, enquanto $\sum SPAR_k \times P_k$ é o somatório do produto da população animal e a razão de acesso espacial de cada AA. Foi definido um ponto de corte de 0,05 para identificação de AA com escassez do serviço em cada ano e elaborados mapas temáticos para visualização das áreas, o que representaria uma razão de oferta:demanda de serviços de castração mínima de 5%, a taxa mínima anual de castração animal proposta por BEGALLI (2020) para Belo Horizonte.

O IVS das AA, segundo o ano, foi calculado considerando a média dos valores de IVS dos setores censitários em intersecção com cada AA, ponderada pela área dos setores. Assim, os índices de acesso espacial das AA foram comparados, segundo as categorias de IVS pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis.

4 Resultados e discussão

No período de 2012 a 2018 foram realizados 162.831 agendamentos de castrações cirúrgica, sendo 46,14% para cães (75.133/162.831) e 53,86% para gatos (87.698/162.831). Em ambas as espécies, a proporção de agendamentos de castração para fêmeas foi superior (**Figura 7**).

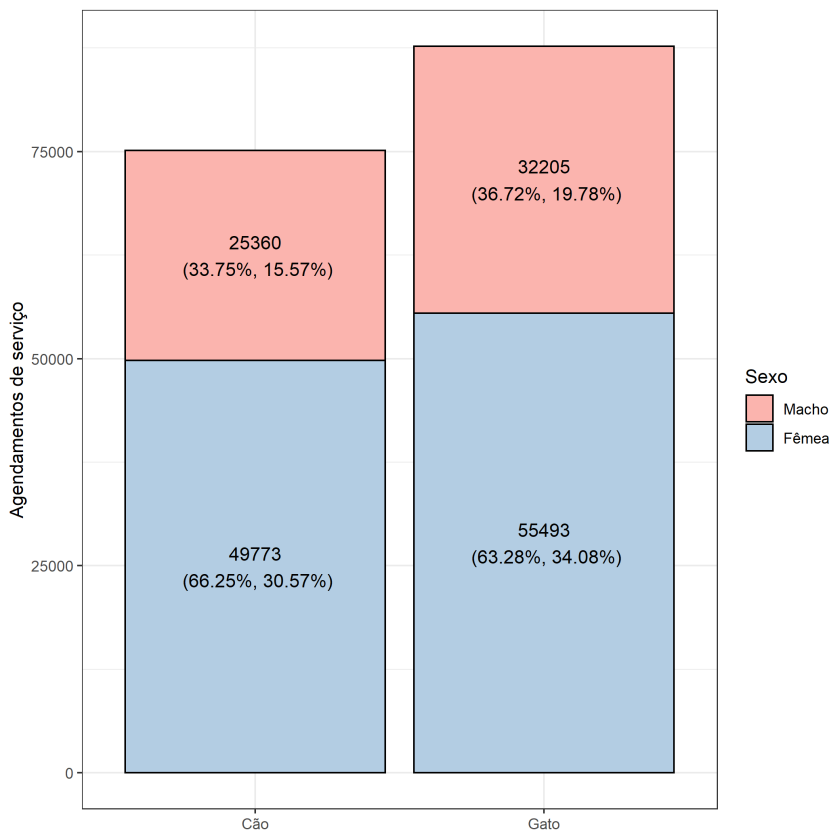


Figura 7 – Distribuição dos agendamentos, segundo a espécie e sexo, do conjunto de dados de castrações de cães e gatos realizadas no serviço veterinário subsidiado da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018. Observação: entre parênteses a proporção dentro da espécie e em relação ao total de agendamentos, respectivamente.

Quanto às taxas de castração efetivas do serviço, foi observado uma taxa geral de 55,61% (90.557/162.831), 56,35% (59.317/105.266) nas fêmeas e 54,27% (31.240/57.565) em machos, sendo que em gatos houve uma taxa de castração de 55,52% (48.690/87.698) e em cães a taxa foi de 55,73% (41.872/75.133). As taxas de desistência ao atendimento no serviço subsidiado da prefeitura de Belo Horizonte e respectivos intervalos de confiança de 95% podem ser observados na **figura 8**.

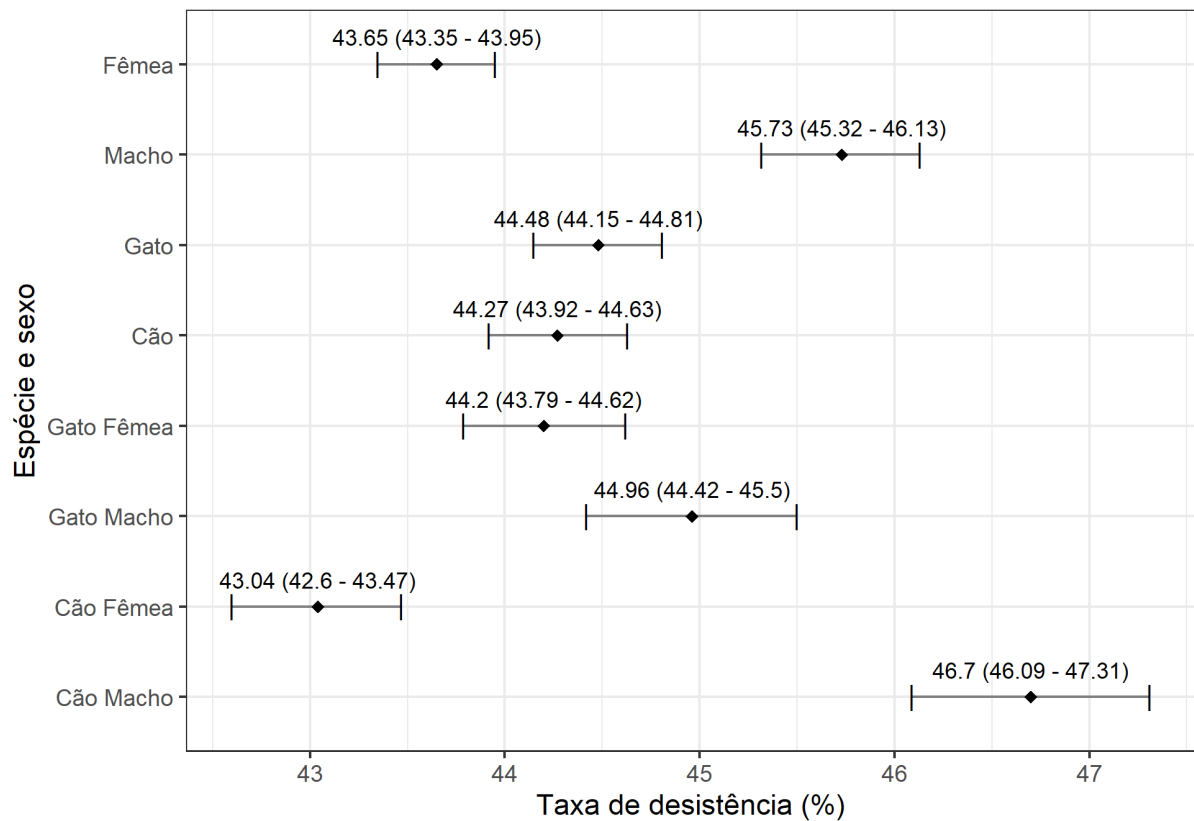


Figura 8 – Taxas de desistência, segundo a espécie e sexo, do conjunto de dados de castrações de cães e gatos realizadas no serviço veterinário subsidiado da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.

Quanto ao tempo de espera entre o agendamento e atendimento previsto, houve uma mediana de 91 dias para os atendimentos efetivos, enquanto nos agendamentos em houve desistência a mediana foi de 161 dias, com máximas de 1407 e 1610 dias, respectivamente (**Figuras 9 e 10**). Considerando que o tempo de espera superior a 18 meses representava menos de 0,05% (81/162.831) dos registros, esses casos podem representar situações muito específicas e raras ou mesmo erros nos registros, motivo pelo qual foram removidos dos dados utilizados no ajuste do modelo.

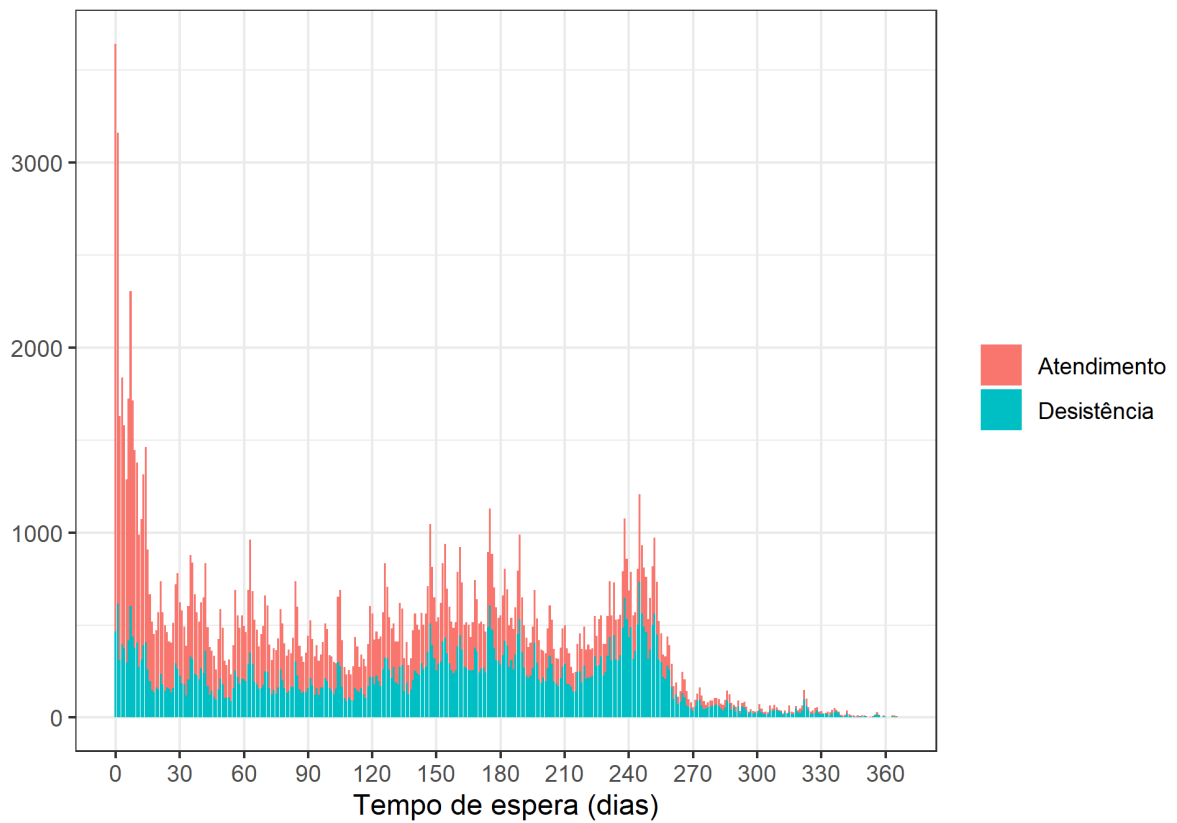


Figura 9 – Distribuição dos dias de espera entre a data de agendamento e de atendimento previsto do conjunto de dados de castrações de cães e gatos realizadas no serviço veterinário subsidiado da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018. Observações com tempo de espera superior a 365 dias não apresentadas no gráfico

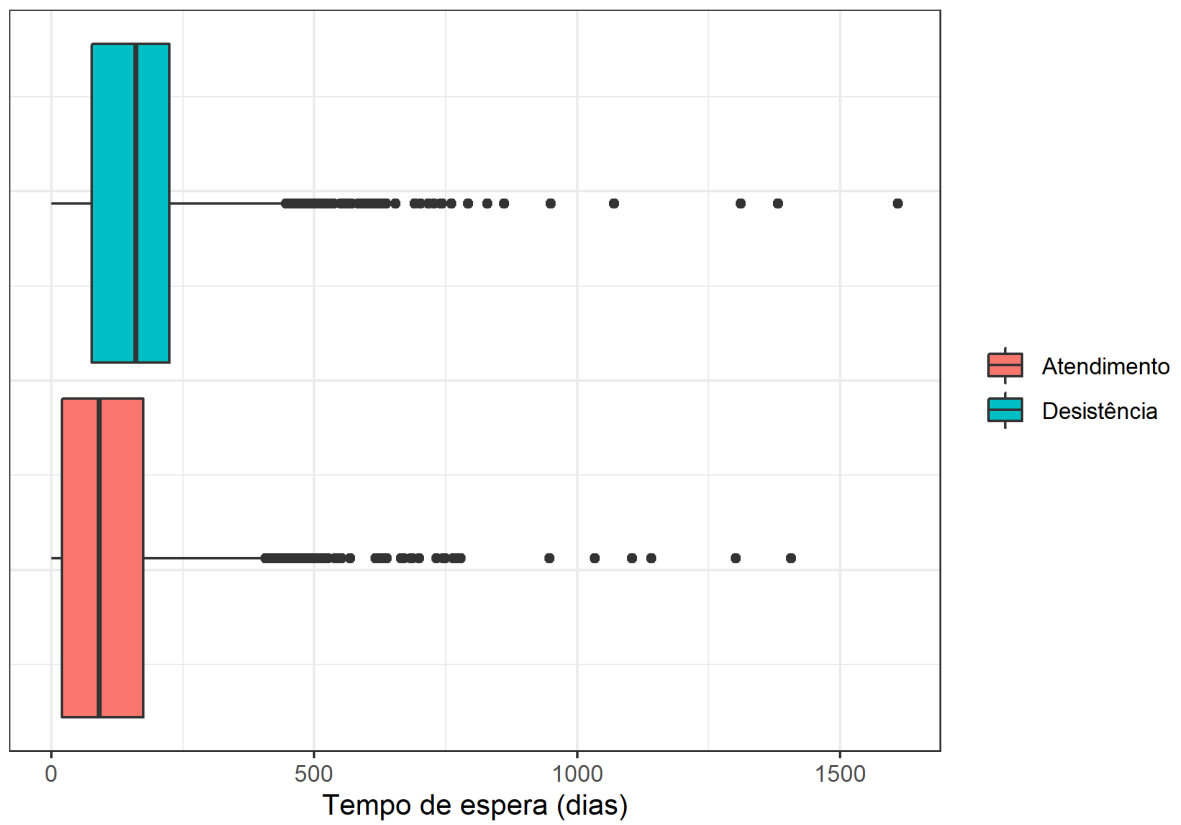


Figura 10 – Boxplot dos dias de espera entre a data de agendamento e de atendimento previsto do conjunto de dados de castrações de cães e gatos realizadas no serviço veterinário subsidiado da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.

Em relação ao IVS da área de abrangência onde o tutor do animal residia, foi observado uma maior taxa de desistência em áreas de maior vulnerabilidade, conforme pode ser observado na **figura 11**.

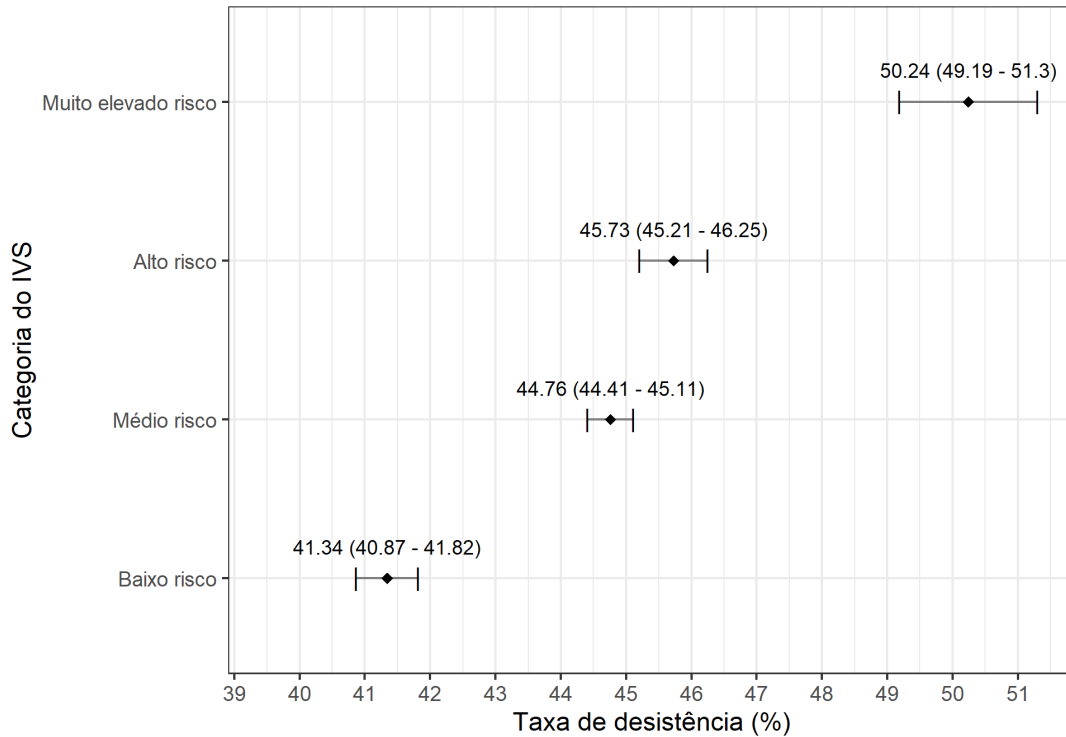


Figura 11 – Taxa de desistência, segundo o IVS, do conjunto de dados de castrações de cães e gatos realizadas no serviço veterinário subsidiado da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.

A partir dos dados de agendamentos de castrações nas UFE de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018, foi possível ajustar um modelo logístico para a log-odds de desistência em função dos preditores: espécie e sexo do animal, tempo de espera (em meses) entre agendamento e data prevista de atendimento, categoria de IVS da área de abrangência do responsável e a distância (em quilômetros) entre a residência do responsável pelo animal e a UFE em que era previsto o atendimento. Coeficientes (em odds ratio), com respectivos intervalos de confiança 95% perfilados, e estatísticas básicas do modelo estão apresentadas na **Tabela 2**.

Tabela 2 – Termos e estatísticas do modelo logístico de acesso ao serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.

	Termos	Odds ratio (IC 95%)	SE	Valor p
	Intercepto	0.27 (0.26 - 0.286)	0.007	< 0.001
Espécie e sexo	Cão Fêmea	- (-)	-	-
	Cão Macho	1.18 (1.143 - 1.226)	0.021	< 0.001
	Gato Fêmea	1.16 (1.128 - 1.194)	0.017	< 0.001
	Gato Macho	1.2 (1.163 - 1.242)	0.02	< 0.001
	Distância (km)	1.02 (1.016 - 1.023)	0.002	< 0.001
	Espera (meses)	1.2 (1.193 - 1.212)	0.005	< 0.001
IVS	Baixo	- (-)	-	-
	Médio	1.14 (1.087 - 1.2)	0.029	< 0.001
	Alto	1.19 (1.12 - 1.262)	0.036	< 0.001
	Muito elevado	1.35 (1.227 - 1.494)	0.068	< 0.001
Interação	IVS alto e Tempo	0.98 (0.969 - 0.991)	0.006	< 0.001
	IVS muito elev. e Tempo	0.98 (0.962 - 0.998)	0.009	0.026

Em relação à análise de resíduos do modelo, observa-se que o ajuste foi adequado em relação aos resíduos do desvio padronizado (r_{sd}) e resíduo de Anscombe (r_A), com 33 (0,03%) e 159 (0,12%), respectivamente, das observações do modelo com o quadrado do resíduo superior a 4 (**Figura 12**).

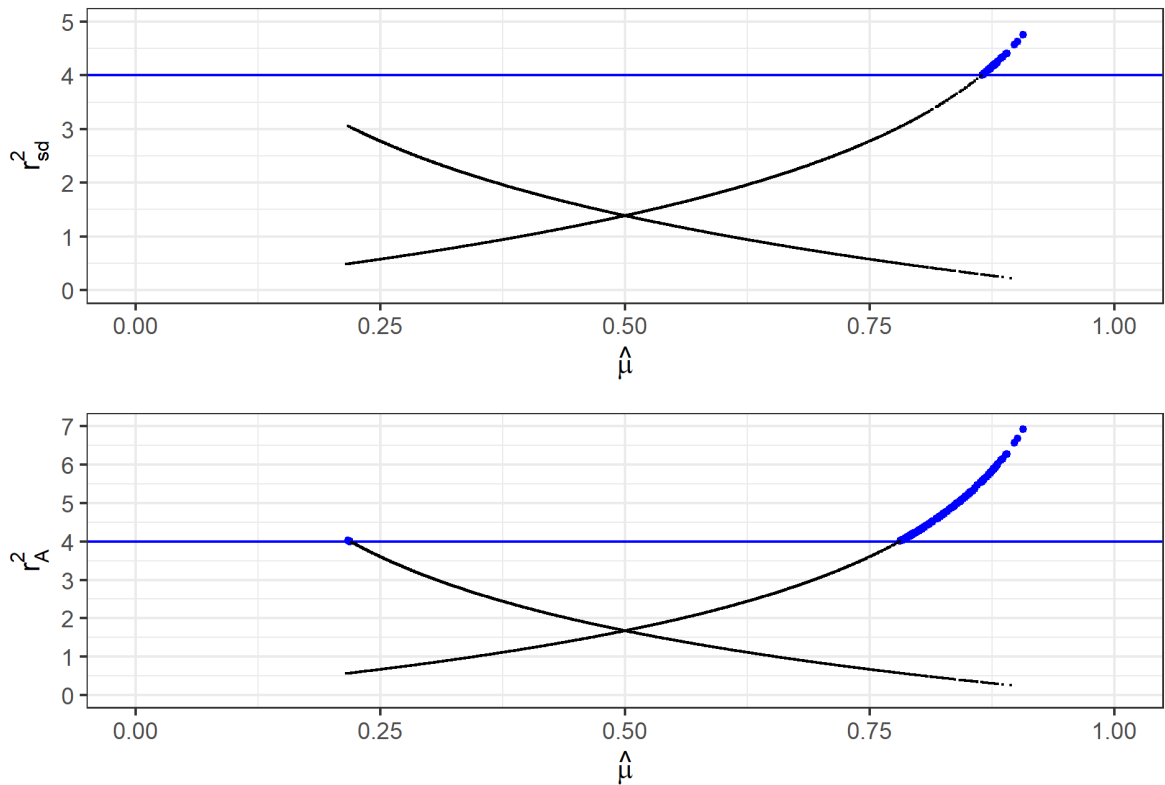


Figura 12 – Análise dos desvios residuais padronizados (painel superior) e resíduos de Anscombe (painel inferior), para o modelo logístico ajustado a partir do conjunto de dados serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.

Assim, em relação à análise de pontos influentes (**Figura 13**), pela avaliação dos elementos diagonais da matriz hat e distâncias de Cook (D_i), 6,26% e 3,31% das observações utilizadas no ajuste do modelo apresentaram valores hat superiores a $2\frac{p}{n}$ e $3\frac{p}{n}$, respectivamente, e todas as observações apresentam D_i inferior a 0,0007, valor muito abaixo dos pontos de corte normalmente recomendados de 0,5 e 1. Além disso, todas as observações do modelo apresentaram o percentil para D_i na distribuição $F(k + 1, n - k - 1)$ inferior a 1% (máximo de 4,64e-16), de modo que nenhum ponto foi considerado influente.

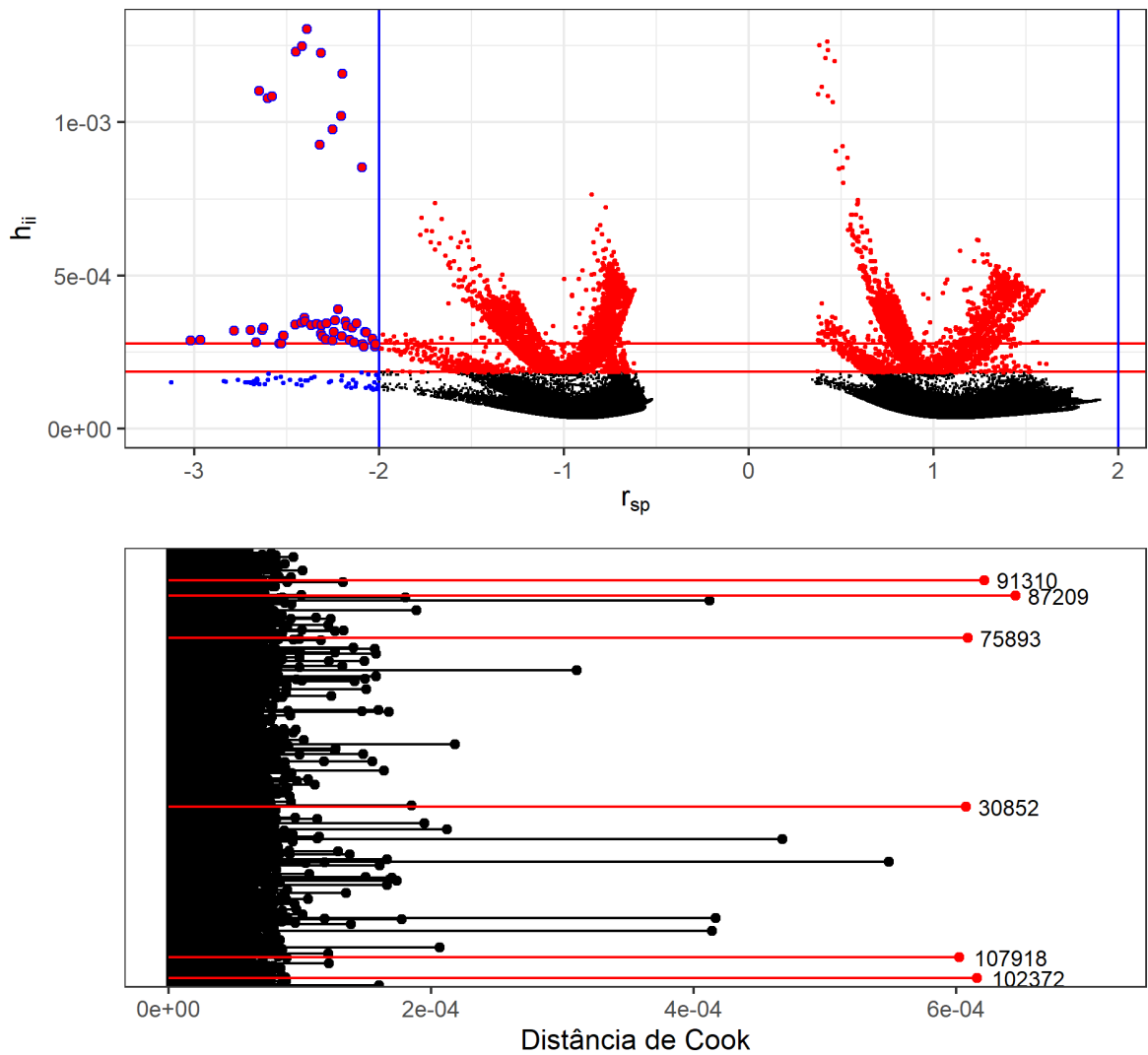


Figura 13 – Análise de pontos influentes para o modelo logístico ajustado a partir do conjunto de dados serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018. Painel superior: gráfico de dispersão dos valores hat (h_{ii}) pelos resíduos de Pearson padronizados (r_{sp}). Linhas vermelhas denotam pontos de corte de $2\frac{p}{n}$ e $3\frac{p}{n}$, respectivamente, enquanto a linha azul vertical denota o valor de $|2|$ para r_{sp} . Painel inferior: Distâncias de Cook das observações utilizadas no ajuste do modelo com as seis observações de maior D_i destacadas em vermelho.

Observa-se, a partir do modelo ajustado, que indivíduos responsáveis por cadelas apresentam a menor odds de desistência, seguido de gatas, com as maiores odds de desistência nos machos, cães e gatos, com incrementos de 16 e 20%, respectivamente, na odds em relação às cadelas.

A odds ratio de desistência superior nos machos, em relação às fêmeas, pode estar relacionado à características individuais da percepção de necessidade do procedimento nas fêmeas, devido a possibilidade de terem crias indesejadas ou para prevenir doenças reprodutivas, bem como à aspectos culturais de maior resistência de castração ao macho.

Estudos sobre percepções dos tutores sobre a castração variam com a região geográfica avaliada, entretanto, na Austrália (BLACKSHAW; DAY, 1994) foi observado que homens apresentavam crenças menos acuradas sobre a esterilização animal e maior chance de considerar que a castração removeria a “masculinidade” de seus cães, enquanto, na Nova Zelândia (MCKAY; FARNWORTH; WARAN, 2009), mulheres apresentaram maior chance de ter castrado seus animais do que homens. Resultado semelhante foi observado em um estudo no Reino Unido (WONGSAENGCHAN; MCKEEGAN, 2019), no qual, embora 80% dos tutores entrevistados fossem a favor da castração, mulheres apresentaram maiores escores de concordância com fatores favoráveis à castração, enquanto homens apresentaram maiores escores nos fatores contrários à castração, sendo o principal fator contrário à castração de gatos machos o “direito de ter experiências sexuais e parentais”. Tais estudos não diferenciam os resultados em relação ao gênero do animal, entretanto, uma pesquisa de percepção de tutores sobre a castração realizada na Romênia (COCIA; RUSU, 2010) identificou uma ausência de diferença na atitude em relação à castração de animais fêmeas, porém, quando avaliada a atitude quanto à castração de animais machos, observou-se que homens eram menos favoráveis ao procedimento. Além disso, alguns estudos identificaram a prevenção de crias indesejadas e prevenção de doenças reprodutivas como importantes razões para que tutores busquem a castração de seus animais (DA COSTA *et al.*, 2021; REBELLO, 2016; ROBBINS *et al.*, 2018; WONGSAENGCHAN; MCKEEGAN, 2019).

Tais comportamentos podem estar relacionados à maior odds de desistência dos animais machos no serviço de castração avaliado, se também forem válidos para a população de Belo Horizonte, o que demonstra a necessidade de estudos futuros sobre a percepção de tutores do município sobre a castração de animais para o planejamento das ações, bem como sugerem que campanhas de estímulo à esterilização de cães e gatos podem ser mais bem sucedidas se apresenta-

rem maior foco em benefícios individuais (prevenção de doenças ou crias indesejadas). Ademais, considerando a alta taxa de desistência do serviço em geral, priorizar a oferta de castrações para fêmeas pode ser um meio para obter maiores taxas de atendimento e, conseqüentemente, de eficiência do programa de controle populacional da prefeitura.

A distância entre a residência do solicitante e a UFE de atendimento previsto também foi considerada um fator de redução do acesso, com incremento na odds de desistência conforme aumenta a distância (**Figura 14**).

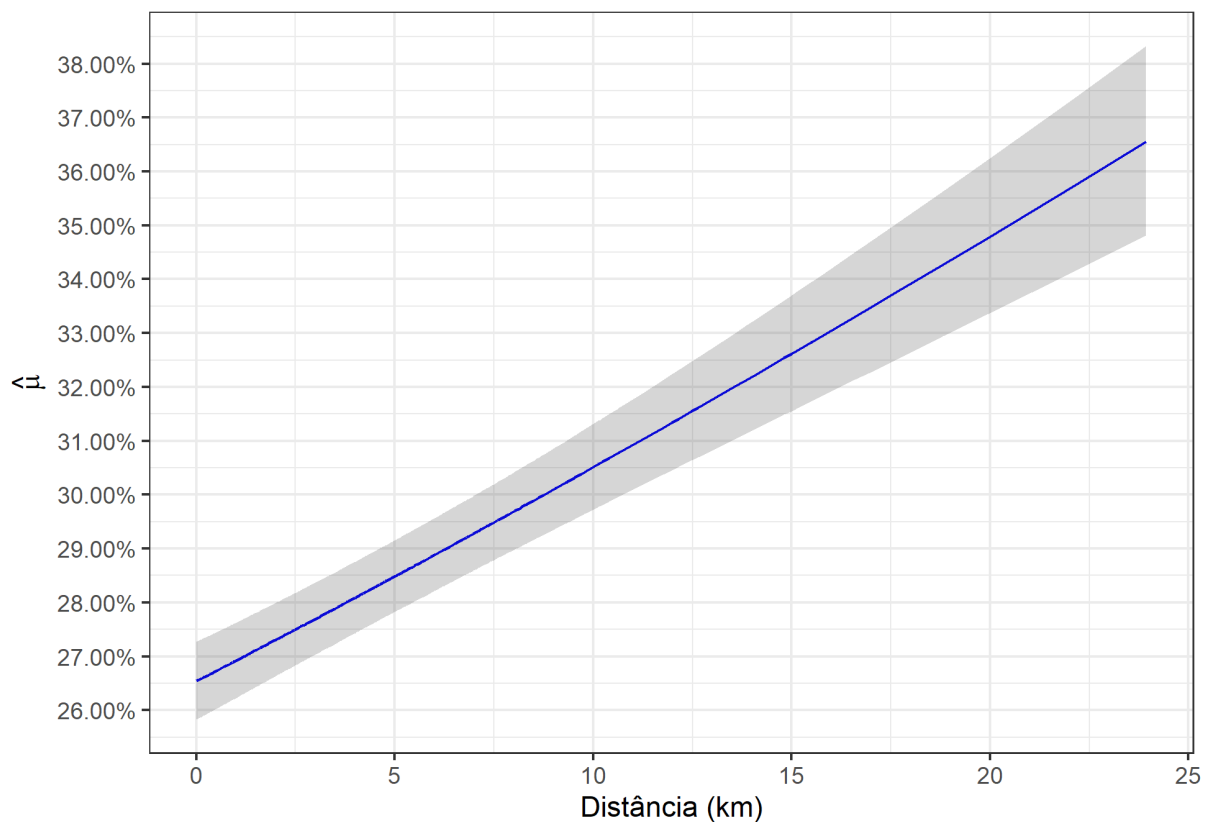


Figura 14 – Efeitos da distância entre a residência do solicitante e a UFE de atendimento previsto na probabilidade estimada de desistência, no modelo logístico ajustado a partir do conjunto de dados serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018. Dados do gráfico estão fixados em gatas, IVS médio (maiores frequências) e tempo de espera de zero meses.

É importante ressaltar que, embora a distância seja um fator de redução no acesso ao serviço, seu efeito é mais sutil quanto os demais fatores, de modo que observa-se entre 0 e 10 km de distância um incremento de aproximadamente 4% na probabilidade estimada de desistência. Considerando que 75% dos registros utilizados no modelo apresentaram distâncias de até 6,88 km entre a residência e a UFE, tal efeito pode estar relacionado à distribuição espacial das unidades no município, de modo que os municípes, em geral, buscam as unidades mais próximas, ou ainda, porque nas unidades mais distantes da suas residências normalmente eles não buscam atendimento.

Estudos sobre o acesso a serviços de saúde humanos identificaram a distância como um importante fator de resistência à utilização desses serviços, sendo considerado um fator de risco para mortalidade infantil e neonatal pela redução do acesso à unidades de saúde pediátricas ou hospitais durante o parto (ALMEIDA; SZWARCOWALD, 2012; KADOBERA *et al.*, 2012; KARRA; FINK; CANNING, 2016), de desistência do uso de contraceptivos de longa ação por mulheres (SATO *et al.*, 2021), bem como um fator de seleção da unidade de atendimento por idosos e de redução da taxa de visitas à clínicas pediátricas (FEIKIN *et al.*, 2009; FERREIRA *et al.*, 2020). Resultados de avaliações de campanhas de vacinação antirrábica de cães e gatos também demonstraram que a distância exerce um importante efeito na redução da participação e intenção de vacinar os animais pelos tutores (BEYENE *et al.*, 2018; CASTILLO-NEYRA *et al.*, 2019; MAZERI *et al.*, 2018; SÁNCHEZ-SORIANO *et al.*, 2019; YOAK *et al.*, 2021). Ainda que a distância no modelo desse estudo não apresente efeito tão pronunciado quanto os demais fatores, é importante ressaltar que tal modelo avalia tão somente o comportamento de utilização do serviço daqueles tutores no município que agendaram a castração, de modo que a distância pode estar afetando tanto a decisão por buscar o agendamento quanto, posteriormente, a efetiva castração dos animais nas unidades fixas de castração.

O tempo de espera, nesse modelo logístico, é um importante redutor do acesso ao serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos em Belo Horizonte, com incremento médio de 20% na odds de desistência com o aumento de um mês de espera. Apesar do IVS, analisado individualmente, também aumentar a odds de desistência em áreas de maior vulnerabilidade, observa-se pela interação de IVS e tempo de espera que, nas áreas de mais vulneráveis (IVS alto e muito elevado), há um decremento do efeito do tempo de espera, em relação aos indivíduos que residem em áreas de baixa vulnerabilidade, indicando que possuem maior “resistência” ou tolerância à espera entre o agendamento e efetivo atendimento.

Nesse modelo com interação, embora indivíduos em áreas de maior vulnerabilidade apresentem maior odds de desistência inicialmente, conforme o tempo de espera aumenta a probabilidade estimada de desistência aumenta em taxas maiores para os indivíduos de áreas de menor vulnerabilidade, até que se alcança um ponto de intersecção das curvas probabilidades estimadas (entre 7 e 9 meses) e indivíduos das áreas de menor vulnerabilidade passam a apresentar maior chance de desistir do atendimento do que aqueles que residem nas áreas de maior vulnerabilidade (Figuras 15 a 18).

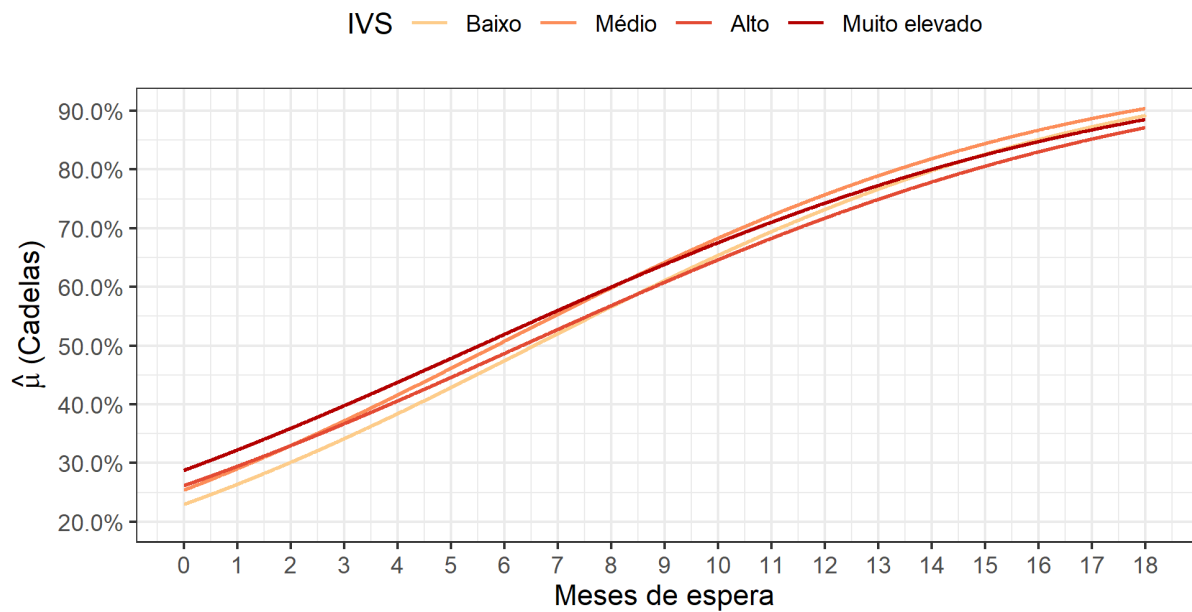


Figura 15 – Efeito do tempo de espera na probabilidade estimada de desistência (fixados a distância na média e espécie e gênero em cadelas), condicional ao IVS, para o modelo logístico ajustado a partir do conjunto de dados serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.

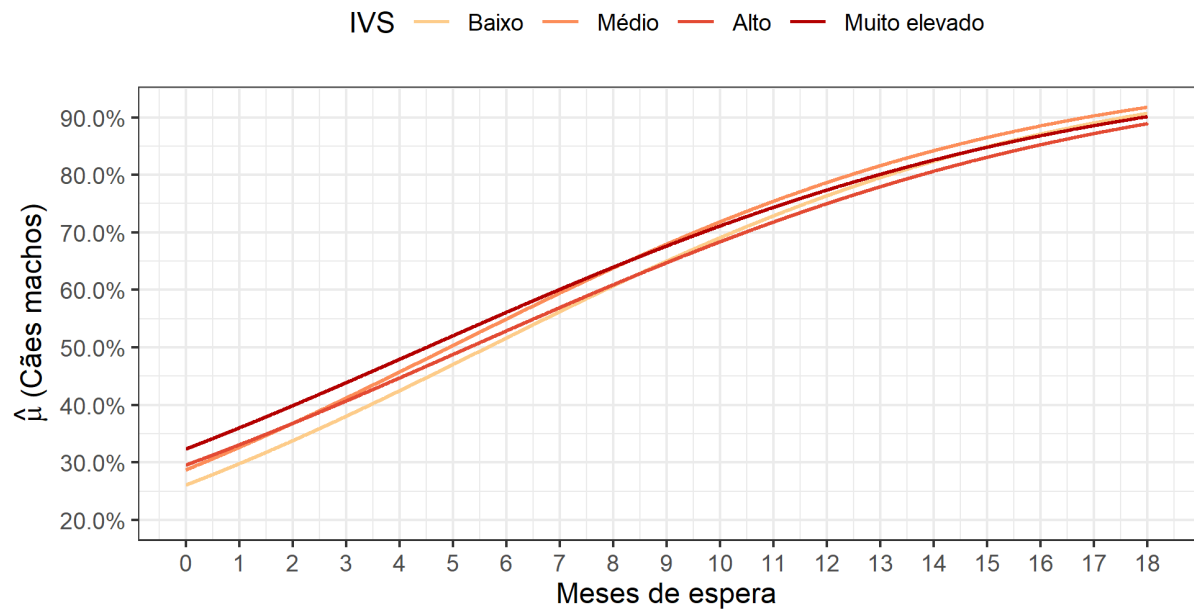


Figura 16 – Efeito do tempo de espera na probabilidade estimada de desistência (fixados a distância na média e espécie e gênero em cães machos), condicional ao IVS, para o modelo logístico ajustado a partir do conjunto de dados serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.

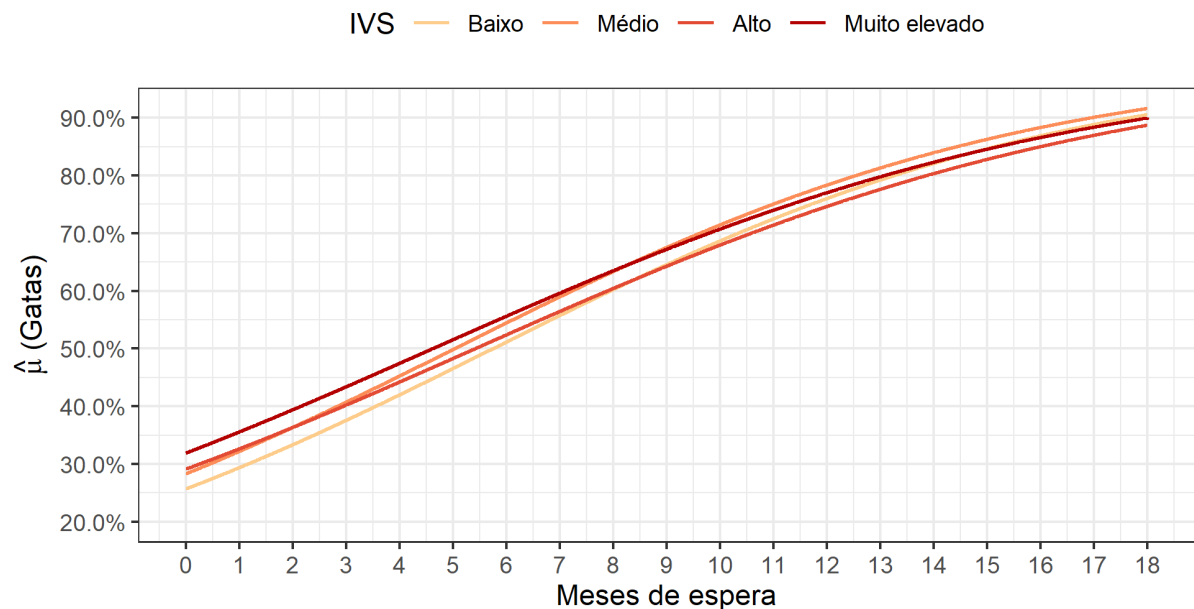


Figura 17 – Efeito do tempo de espera na probabilidade estimada de desistência (fixados a distância na média e espécie e gênero em gatas), condicional ao IVS, para o modelo logístico ajustado a partir do conjunto de dados serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.

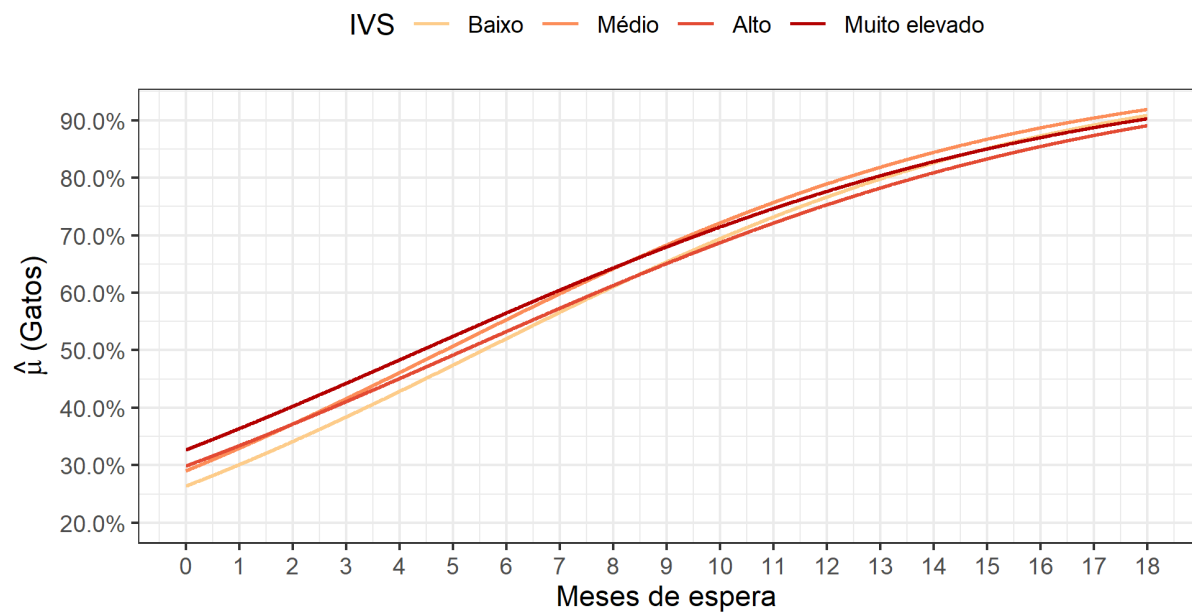


Figura 18 – Efeito do tempo de espera na probabilidade estimada de desistência (fixados a distância na média e espécie e gênero em gatos), condicional ao IVS, para o modelo logístico ajustado a partir do conjunto de dados serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.

Essa interação pode ser devido à fatores não avaliados no modelo, como a renda do indivíduo e a capacidade de acesso aos serviços veterinários particulares do município, ou seja, considerando que as áreas de menor vulnerabilidade apresentam maior renda média familiar, pode ser que conforme o tempo de espera para o serviço de castração aumenta, os indivíduos dessas áreas acabam por desistir do serviço subsidiado e buscam o atendimento pago nas clínicas e hospitais veterinários particulares da região, enquanto os tutores de áreas mais vulneráveis permanecem.

Um estudo na Nova Zelândia (GATES *et al.*, 2019) identificou como principais fatores declarados pelos tutores de cães para não castrar seus animais o custo (21; 20,0%), interesse em manter o animal para reprodução (36; 34,3%) e a percepção de que o procedimento não era necessário (29; 27,6%), enquanto para os tutores de gatos foram o custo (17; 28,0%), a percepção de necessidade (12; 20,0%) e considerar que o animal era muito novo (14; 23,0%). Outros estudos identificaram que uma menor renda do tutor e o custo da esterilização eram considerados fatores importantes à propensão dos tutores não castrarem seus animais (CHU; ANDERSON; RIESER, 2009; DOWNES *et al.*, 2015; GLASSER, 2021; NEW *et al.*, 2004). Uma pesquisa com tutores de gatos realizada por Murray *et al.* (2009) no Reino Unido não identificou tal associação, entretanto, os gatos nesse estudo eram em geral castrados (1068/1167; 91,5%). Nesse contexto, de uma população com forte percepção de necessidade de castrar seus animais, talvez a renda do tutor e

o custo do procedimento deixam de ser elementos essenciais na decisão do tutor de esterilizar seu animal. Porém, os estudos realizados em municípios brasileiros, em geral, observam que a maior parte da população de cães e gatos não são castrados (BARROS SANTOS *et al.*, 2016; DOMINGUES *et al.*, 2015; RODRIGUES; CUNHA; LUIZ, 2018; TRAPP *et al.*, 2015), de modo que é possível hipotetizar uma menor percepção da necessidade de castrar seus animais, logo, renda e custo do procedimento passam a ser importantes fatores na decisão por esterilizar ou não os cães e gatos.

Assim, considerando as variáveis do modelo logístico ajustado nesse estudo e um ponto de corte de 40% como a probabilidade máxima de desistência aceitável, a **Tabela 3** apresenta tempos de espera máximos (em dias), conforme a espécie e sexo do animal e o índice de vulnerabilidade da área em que o tutor reside (com o efeito da distância entre a residência e unidade fixa de castração fixado na mediana dessa variável, 4,72 km), como uma sugestão para o planejamento dos agendamentos do serviço castração da Prefeitura de Belo Horizonte.

Tabela 3 – Tempos de espera máximos, conforme espécie e sexo do animal e IVS da área de abrangência em que reside o tutor, propostos para o serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais.

Espécie e sexo	IVS	Tempo de espera (dias)
Cadelas	Baixo	130
	Médio	109
	Alto	115
	Muito elevado	91
Cães Machos	Baixo	103
	Médio	81
	Alto	84
	Muito elevado	60
Gatas	Baixo	106
	Médio	85
	Alto	88
	Muito elevado	64
Gatos	Baixo	100
	Médio	79
	Alto	81
	Muito elevado	58

Quanto à capacidade preditiva das variáveis utilizadas no modelo logístico, observa-se pela curva ROC (**Figura 19**) que o modelo ajustado apresentou um AUC de 0,65, considerado moderado. Tal resultado é razoável, porém, também indica que outras características dos tutores devem ser estudadas para melhor prever o comportamento individual de utilização desse serviço e planejar ações para redução da taxa de desistência, como por exemplo, a renda do requerente, seu nível de escolaridade, idade, gênero, percepção de importância do procedimento, capacidade de utilização dos serviços veterinários privados e número de animais em sua residência.

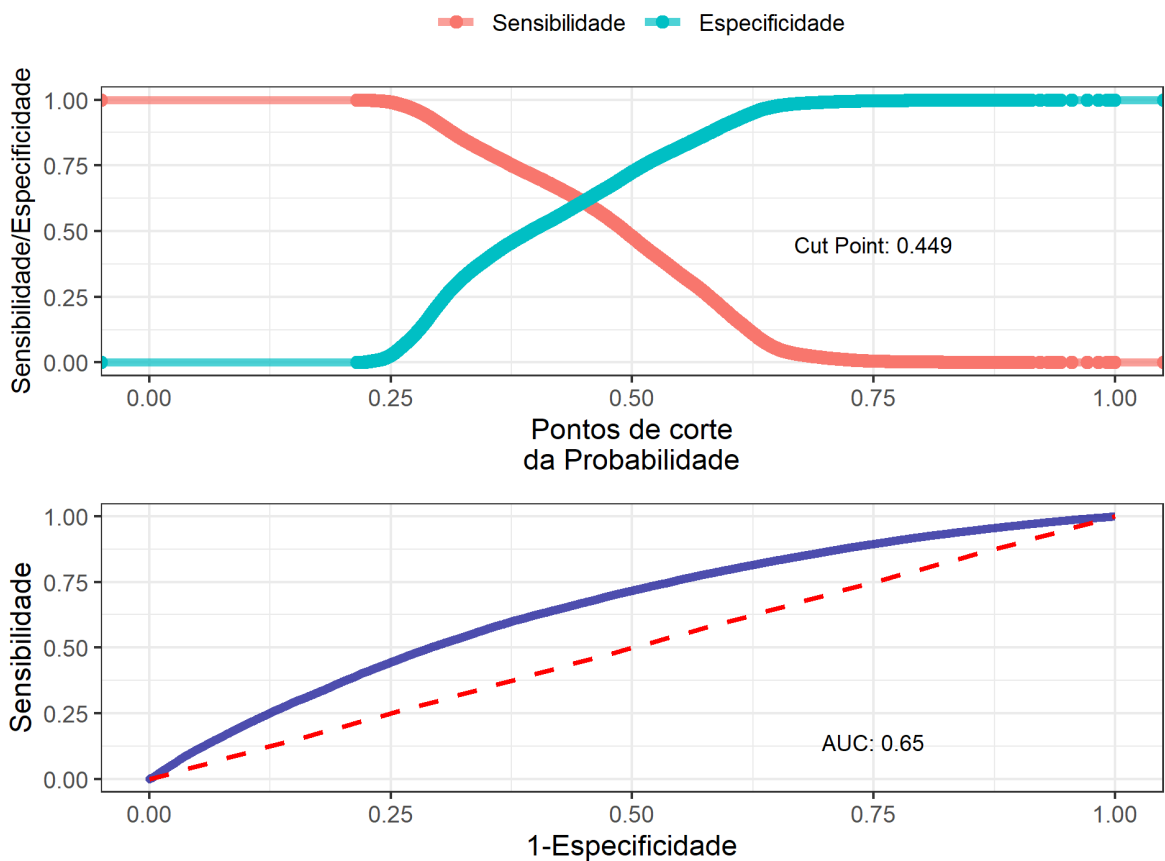


Figura 19 – Análise de capacidade preditiva para o modelo logístico ajustado a partir do conjunto de dados serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018. Painel superior: Gráfico de Sensibilidade-Especificidade. Painel inferior: Curva ROC.

Pela avaliação de acesso espacial das áreas de abrangência, no método 3SFCA, foi possível identificar as áreas com escassez de oferta do serviço de castração de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte (**Tabela 4**). Em 2012, foram identificadas 5 (5/148; 3,38%) áreas com índice de acesso espacial ajustado (ASPA) inferior a 5%, em 2015 o número de áreas com escassez reduziu para 3 (3/148; 2,03%), provavelmente como resultado da criação da unidade fixa de castração da regional Barreiro, enquanto, em 2018, o número de áreas com escassez aumentou para 8 (8/152; 5,26%). Observa-se, portanto, que na maioria das áreas de abrangência, nos três períodos avaliados, o serviço de castração da prefeitura foi ofertado em taxas iguais ou superiores à proposta por BEGALLI (2020).

Tabela 4 – Áreas de Abrangência identificadas com escassez de oferta de serviço, acesso espacial ajustado (ASPA) inferior a 5%, para o serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012, 2015 e 2018.

Ano	Área de Abrangência	Regional	Pop. animal estimada	ASPA	IVS
2012	Urucuia	Barreiro	2501	0.0450	Médio
	Independencia	Barreiro	2241	0.0386	Elevado
	Pilar/Olhos D Agua	Barreiro	1833	0.0000	Muito Elev.
	Novo Horizonte	Leste	1365	0.0496	Muito Elev.
	Conjunto Paulo Vi	Nordeste	841	0.0400	Muito Elev.
2015	Urucuia	Barreiro	2608	0.0244	Médio
	Independencia	Barreiro	2410	0.0288	Elevado
	Pilar/Olhos D Agua	Barreiro	1768	0.0034	Muito Elev.
2018	Urucuia	Barreiro	3351	0.0344	Médio
	Independencia	Barreiro	4570	0.0338	Elevado
	Itaipu	Barreiro	1159	0.0455	Elevado
	Regina	Barreiro	2767	0.0394	Médio
	Pilar/Olhos D Agua	Barreiro	2260	0.0097	Muito Elev.
	Mangueiras	Barreiro	2773	0.0445	Muito Elev.
	Capitao Eduardo	Nordeste	1381	0.0465	Muito Elev.
	Conjunto Paulo Vi	Nordeste	1185	0.0445	Muito Elev.

O aumento do número de áreas com ASPA inferior a 5% entre 2015 e 2018, provavelmente, ocorreu devido a um aumento desproporcional da população animal em relação à capacidade de oferta desse serviço veterinário subsidiado ao longo dos triênios avaliados, já que entre

2012 e 2015 houve um aumento de 6,57% (347743/326314) da população animal estimada no município, enquanto entre 2015 e 2018 o aumento da população animal foi de 22,86% (427237/347743).

A distribuição espacial em Belo Horizonte do ASPA e da população animal, nos anos de 2012, 2015 e 2018, podem ser observadas nas **figuras 20, 21 e 22**.

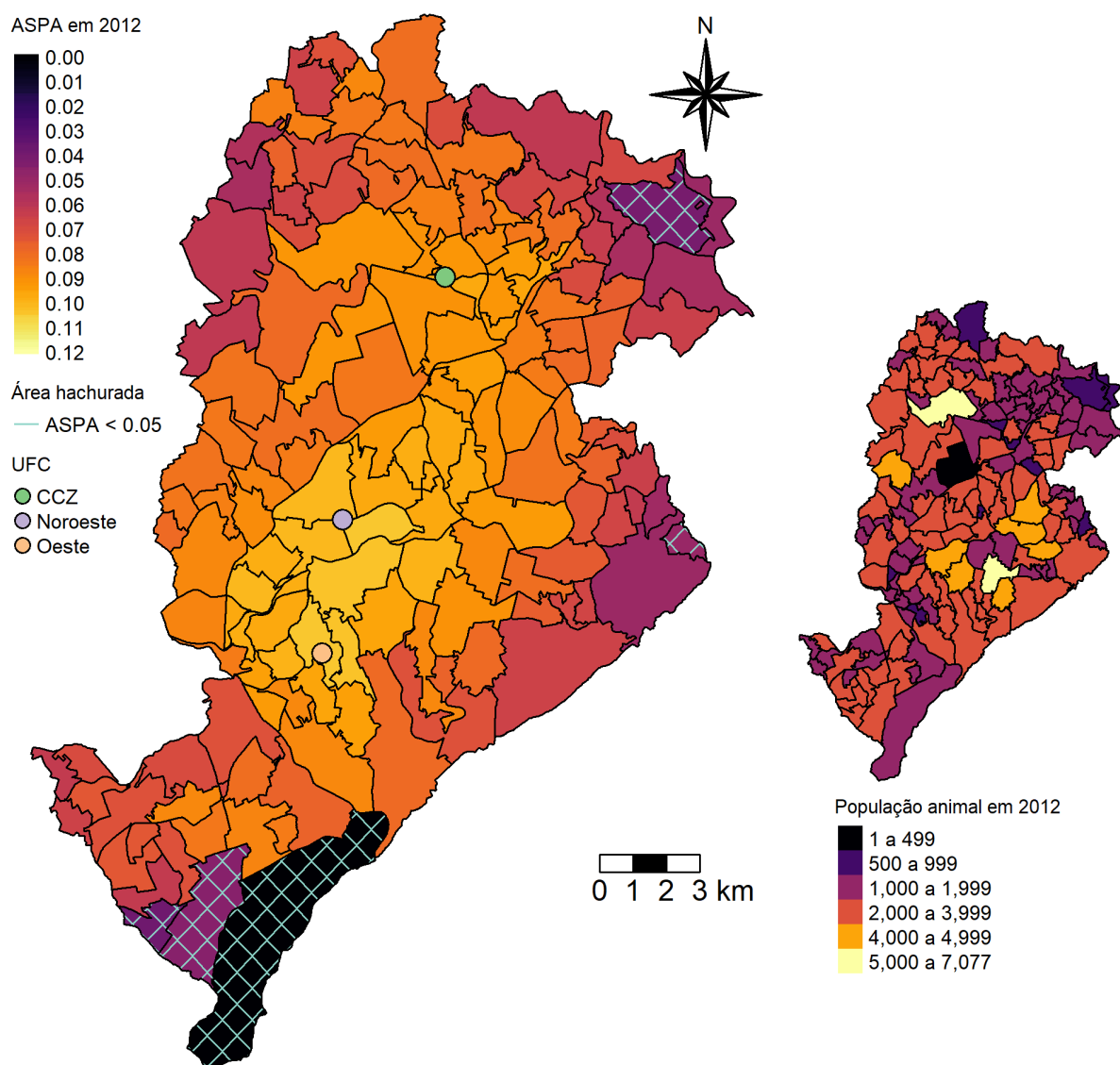


Figura 20 – Acesso espacial ajustado (ASPA) e população animal estimada (mapa à direita) das áreas de abrangência para o serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, em 2012.

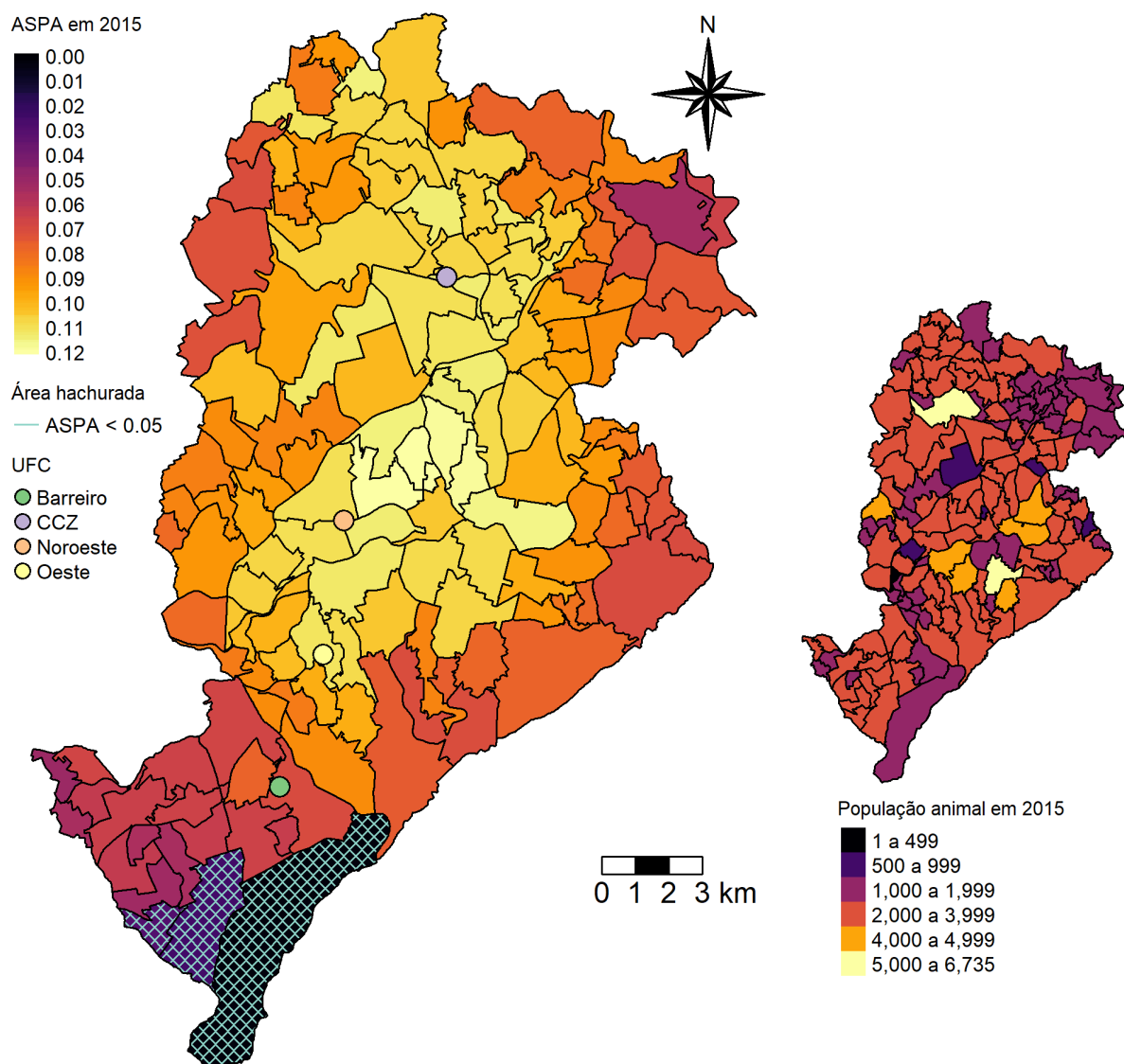


Figura 21 – Acesso espacial ajustado (ASPA) e população animal estimada (mapa à direita) das áreas de abrangência para o serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, em 2015.

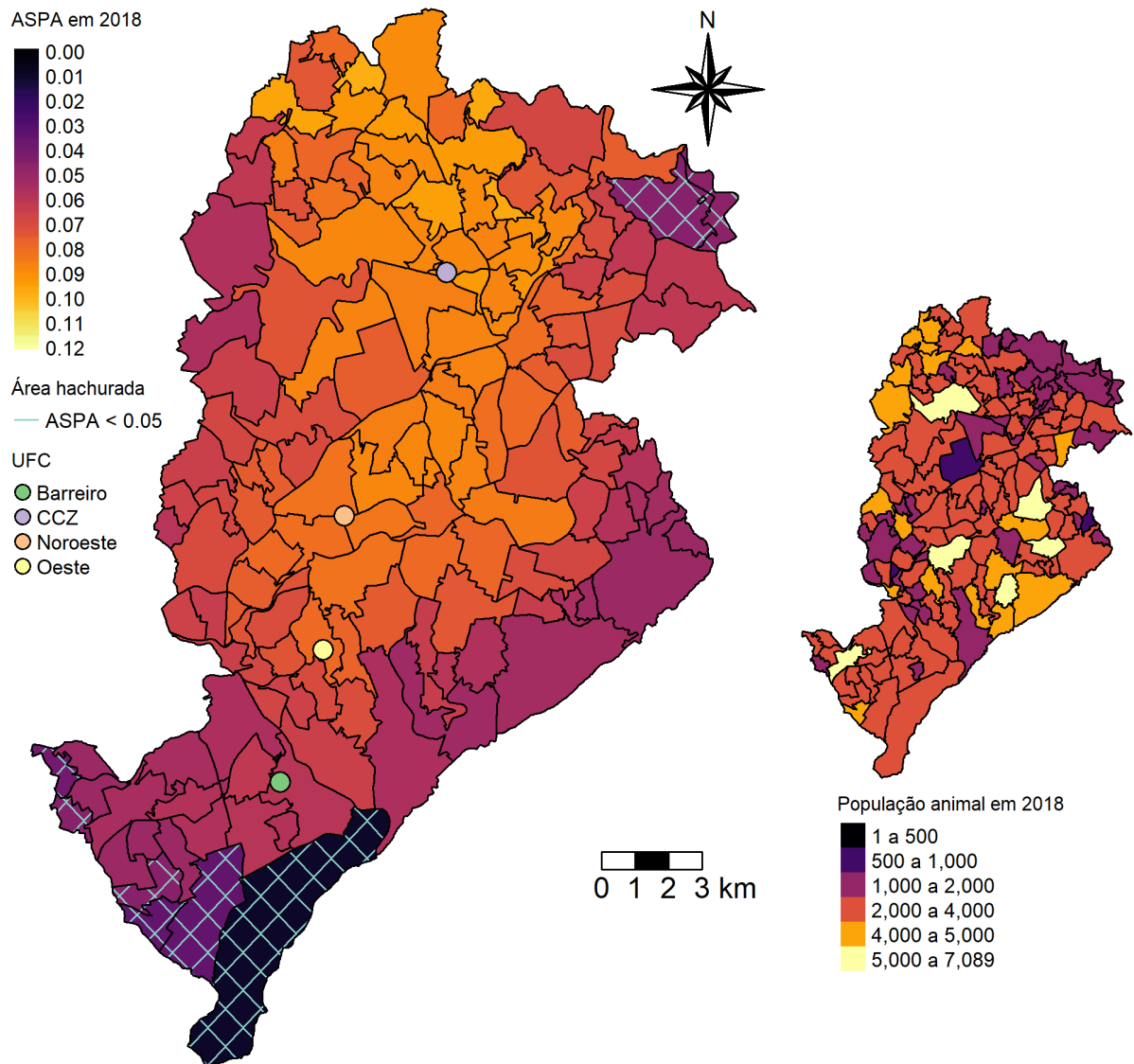


Figura 22 – Acesso espacial ajustado (ASPA) e população animal estimada (mapa à direita) das áreas de abrangência para o serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, em 2018.

Pela avaliação da distribuição espacial do ASPA nos três períodos avaliados, observa-se que acesso espacial para o serviço de castração segue um padrão geral de redução das áreas de abrangência do centro para as fronteiras municipais. Esse padrão se manteve mesmo após a criação da UFE Barreiro e aumento geral do ASPA em 2015. É interessante observar que essa redução geral do ASPA, provavelmente associada ao crescimento elevado da população animal estimada no município, coincide com os períodos de maior taxa de desistência ao atendimento do serviço subsidiado da prefeitura (**Figura 23**).

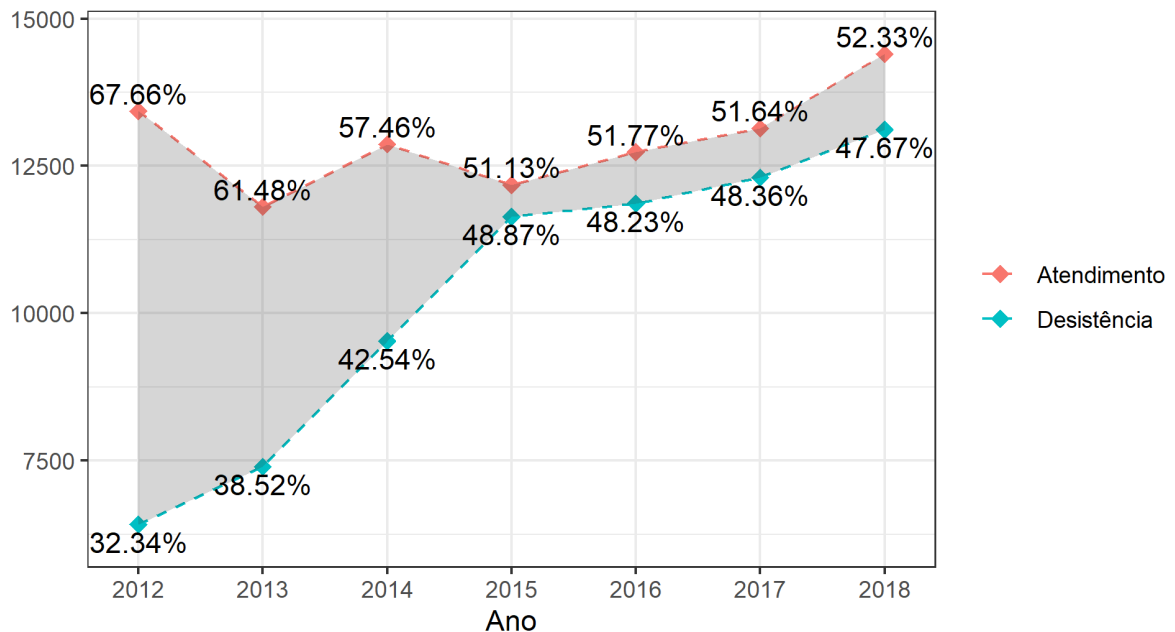


Figura 23 – Distribuição dos atendimentos e desistências, segundo o ano, do conjunto de dados de castrações de cães e gatos realizadas no serviço veterinário subsidiado da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.

A redução do índice de acesso espacial e crescimento acelerado da população animal mesmo após a criação de uma nova unidade de castração, em contraposição ao aumento da taxa de desistência do serviço de castração animal da prefeitura de Belo Horizonte, em um mesmo período, indicam a necessidade de ações para a promoção da conscientização da população para a importância desse serviço, bem como dos efeitos negativos (individuais e coletivos) de um descontrole populacional animal no município. Tais resultados também sugerem que mesmo diante de uma ampliação da capacidade de oferta do serviço de castração, tal medida pode não ser efetiva em termos de controle populacional se não for acompanhada de uma percepção de importância ou necessidade da ação pela comunidade local, ou se a taxa de renovação da população é grande o suficiente para anular os efeitos do programa de esterilização empregado.

Embora, aparentemente, o presente estudo utilize para a razão de oferta:demanda de castração um ponto de corte inferior aos propostos nas modelagens matemáticas como efetivos

no controle populacional de cães e gatos (AMAKU; DIAS; FERREIRA, 2009; DIAS *et al.*, 2015; GARCIA *et al.*, 2018; KISIEL *et al.*, 2018; LESSA; BERGALLO, 2012), alguns aspectos devem ser levados em consideração. Tais modelos simulam efeitos de diferentes taxas de esterilização constantes na população animal, ou seja, proporção daquela população que é incapaz de se reproduzir, enquanto o ponto de corte do ASPA considera a capacidade de oferta de procedimentos de esterilização cirúrgica em relação à população animal geral (estéreis e não estéreis). Assim, a não ser que a taxa de substituição da população castrada por nova população não castrada seja muito alta, a capacidade de esterilização no município foi superior ao ASPA em cada período avaliado, considerando que há complementação da oferta pelos serviços veterinários privados e que parte da população animal estimada era castrada.

É necessário avaliar os cenários simulados em tais modelagens para compreensão de sua aplicabilidade aos objetivos do programa de controle populacional do município. Estudos que consideram populações fechadas (sem imigração), sugerem taxas de esterilização de 70% de gatas ou 60% de gatos (machos e fêmeas) e de 80% dos cães domiciliados para obter uma redução populacional significativa (AMAKU; DIAS; FERREIRA, 2009; LESSA; BERGALLO, 2012). Entretanto, tais taxas foram relacionadas a cenários de extrema redução e até eliminação da população a longo prazo (décadas), de modo que taxas de esterilização menores e mais factíveis, do ponto de vista financeiro, poderiam ser aplicadas com o objetivo de estabilizar a população animal. Além disso, em simulações com populações abertas em que há alta imigração de novos animais intactos (33,81% para cães e 24,74% para gatos) e importante mortalidade animal, foi observado que mesmo em um cenário de esterilizações constantes anuais a população se estabiliza em um número superior ao inicial e a capacidade de suporte se torna o principal parâmetro de variação do tamanho da população (DIAS *et al.*, 2015).

Nesse contexto, o envelhecimento da população (com conseqüente redução de mortalidade e da remoção de animais estéreis) e introdução de novos animais já esterilizados nela são fatores essenciais para reduzir a pressão sobre a capacidade de oferta de castrações no município.

Assim, ações de promoção da saúde animal, como o Hospital Público Veterinário de Belo Horizonte inaugurado em 2021, e campanhas intensivas de conscientização para a adoção de animais recolhidos das ruas e esterilizados podem contribuir para redução de imigração de animais intactos, da mortalidade geral e dos problemas com animais errantes, e conseqüentemente, reduzir a necessidade de ampliação anual da oferta de castrações para cães e gatos. Ademais, a redução do ASPA com uma taxa superior de crescimento da população animal em 2018, mesmo

após a ampliação da oferta e do número de UFE em 2015, associado aos resultados dos estudos com simulações de impacto da esterilização contínua de cães e gatos demonstram a importância das ações integradas e da intersetorialidade, defendidas na teoria de Saúde Única (ZINSSTAG *et al.*, 2015). Um controle efetivo da população de cães e gatos, em um contexto ético, depende de esforços intersetoriais para além da oferta de serviços de castração cirúrgica, como a promoção de saúde animal para redução da mortalidade, seja por campanhas de conscientização de guarda responsável ou por subsídio à oferta de serviços veterinários às populações de menor renda via órgãos de meio ambiente, o incentivo à adoção de animais esterilizados recolhidos das ruas que depende da ação conjunta das entidades públicas e das Organizações da Sociedade Civil e o combate ostensivo aos maus-tratos animais pelos órgãos de segurança pública e Ministério Público, de modo a reduzir situações de abandono e condições que acarretam na mortalidade animal.

Portanto, para uma melhor aplicabilidade do método 3SFCA como ferramenta para o planejamento da oferta de castrações por áreas de abrangência no município recomenda-se: A) dados espaciais dos estabelecimentos médico-veterinários de Belo Horizonte (públicos e privados) e número de castrações anuais (real ou estimada) praticadas por tais estabelecimentos, de modo a estimar a oferta geral de castrações de cães e gatos; e B) dados mais detalhados da estrutura da população animal do município, como espécie, sexo e estado reprodutivo (esterilizado ou não) e de sua dinâmica (natalidade, mortalidade, imigração e emigração), para possibilitar que o índice seja baseado em uma demanda mais próxima da real e específico para as diferentes populações.

Apesar do padrão de distribuição espacial do ASPA e de sua redução geral em 2018, observou-se uma redução da desigualdade do ASPA entre áreas com diferentes índices de vulnerabilidade ao longo dos três períodos avaliados (**Figura 24 e Tabelas 5 e 6**). Assim, em 2012 somente áreas com IVS baixo e médio não apresentavam diferença significativa do ASPA, enquanto, em 2018, essa desigualdade de acesso foi reduzida ao ponto de somente áreas de IVS muito elevado apresentarem diferença significativa de ASPA em relação às demais.

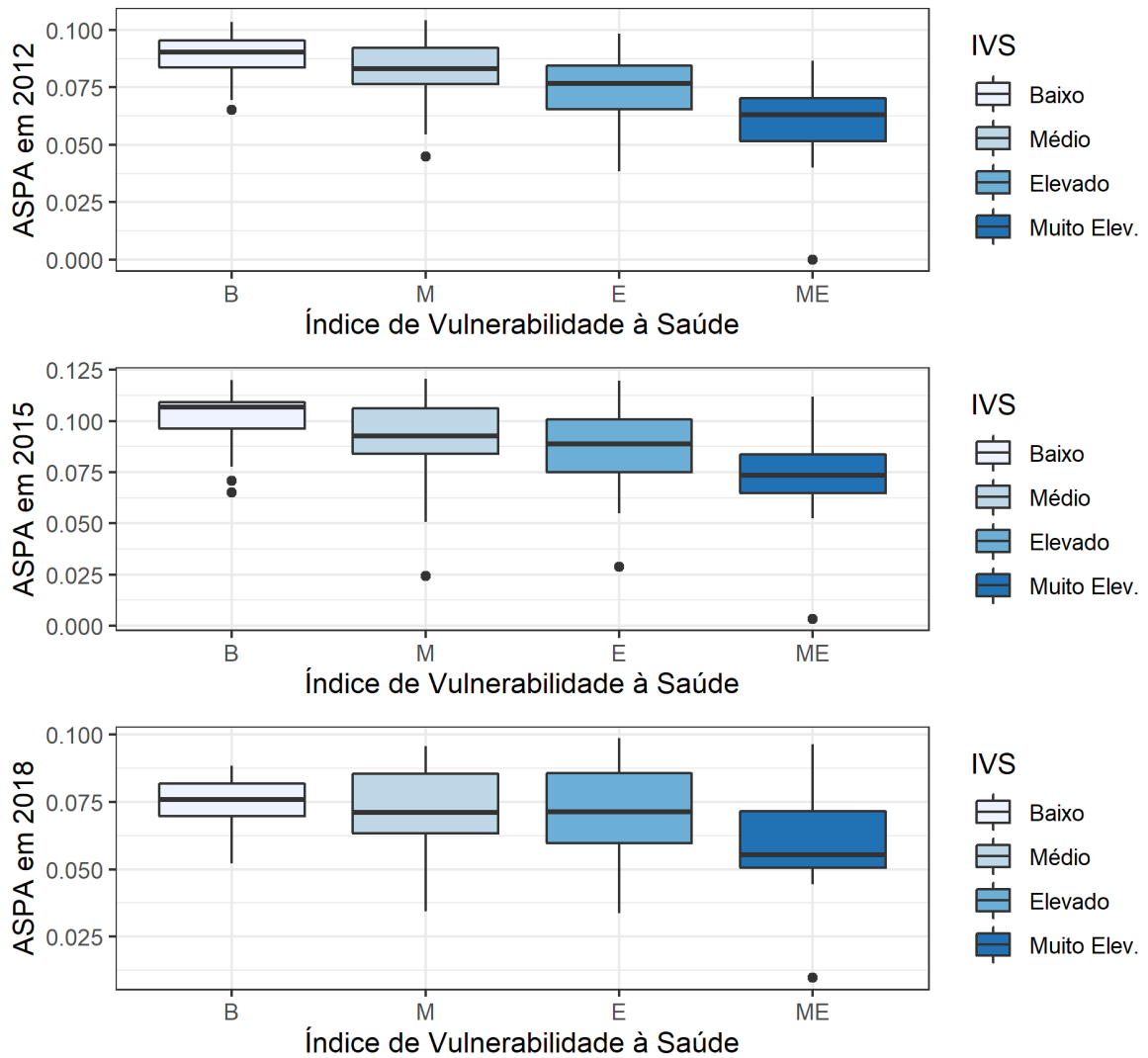


Figura 24 – Boxplot do acesso espacial ajustado (ASPA), segundo o IVS, para o serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, em 2012, 2015 e 2018.

Tabela 5 – Avaliação do acesso espacial ajustado (ASPA) para o serviço veterinário subsidiado de castrações de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, segundo o Índice de Vulnerabilidade em Saúde (IVS), no período de 2012, 2015 e 2018.

Ano	Áreas de Abrangência		ASPA		Kruskal-Wallis
	IVS	Quantidade	Mediana	IIQ	$P[\chi^2_{(k-1)} > H]$
2012	Baixo	30	0.090	0.012	< 0.001
	Médio	61	0.083	0.016	
	Elevado	38	0.077	0.019	
	Muito Elev.	19	0.063	0.019	
2015	Baixo	30	0.107	0.013	< 0.001
	Médio	61	0.093	0.022	
	Elevado	38	0.089	0.026	
	Muito Elev.	19	0.074	0.019	
2018	Baixo	31	0.076	0.012	0.005
	Médio	63	0.071	0.022	
	Elevado	38	0.071	0.026	
	Muito Elev.	20	0.055	0.021	

Tabela 6 – Análise *Post-hoc* ao Teste Kruskal-Wallis por múltiplas comparações bivariadas utilizando o Teste de Wilcoxon com correção de Bonferroni do acesso espacial ajustado (ASPA), segundo o Índice de Vulnerabilidade em Saúde (IVS), nos períodos de 2012, 2015 e 2018.

Ano		Teste de Wilcoxon		
		Baixo	Médio	Elevado
2012	Médio	0.178	-	-
	Elevado	< 0.01	< 0.05	-
	Muito elev.	< 0.01	< 0.01	< 0.05
2015	Médio	0.174	-	-
	Elevado	< 0.05	1	-
	Muito elev.	< 0.01	< 0.01	0.066
2018	Médio	1	-	-
	Elevado	1	1	-
	Muito elev.	< 0.01	< 0.05	< 0.05

O modelo utilizado nesse estudo para obter o índice de acesso espacial das áreas de abrangência considera que a oferta independe de outros fatores além da distância, ou seja, que o número de castrações ofertado é igual para todo o município (semelhante à logística do próprio serviço subsidiado de Belo Horizonte). Portanto, essa desigualdade de acesso identificado nas áreas com IVS muito elevado pode ser alterada com políticas de priorização, estabelecendo uma distribuição diferenciada da oferta de castrações conforme o IVS do local de residência do solicitante.

Outra possibilidade para a ampliação do acesso nessas áreas seria a utilização das unidades móveis de castração somente nas áreas de vulnerabilidade muito elevada, porém tal opção depende de uma análise de viabilidade detalhada, já que implica em custos adicionais para a implantação e manutenção da estrutura das unidades móveis, bem como os custos associados à contratação do pessoal dessas unidades (motoristas, auxiliares e veterinários). Assim, considerando toda a complexidade inerente ao orçamento público, a alteração da logística de oferta do serviço no município, com prioridade às áreas de maior vulnerabilidade, parece ser a opção mais viável.

5 Conclusão

O presente estudo permitiu identificar padrões na utilização do serviço subsidiado de castração de cães e gatos da Prefeitura de Belo Horizonte que reduzem o acesso. Nesse contexto, o tempo de espera apresentou-se como importante fator para redução do acesso, sendo indicado que a espera não ultrapasse os 4 meses (120 dias). Áreas mais vulneráveis apresentaram menor acesso ao serviço, entretanto, foram mais resistentes ao tempo de espera, o que pode estar relacionado à uma menor capacidade financeira de acessar os serviços privados no município. Além disso, animais machos apresentaram maior odds de desistência, o que indica a necessidade de maior detalhamento das características individuais dos tutores para identificar se tal padrão decorre de aspectos culturais e uma percepção antropomorfizada do animal ou simplesmente pela principal motivação de utilização do serviço ser impedir ninhadas indesejadas. O método 3sfca demonstra ser uma ferramenta auxiliar útil ao planejamento da oferta do serviço de castração no município, principalmente se associada à capacidade de oferta dos serviços veterinários privados e dados da dinâmica populacional animal. A redução geral do índice de acesso mesmo após o aumento da oferta com a criação de uma nova UFE, devido ao crescimento desproporcional da população animal, demonstra a urgência de uma avaliação de dinâmica populacional no município e a importância de outras ações que reduzam a imigração e taxa de renovação da população. Ademais, observou-se uma redução na desigualdade de acesso ao serviço entre áreas com diferentes IVS, ao longo do período avaliado. Porém, considerando a persistência das áreas de maior vulnerabilidade com os menores índices de acesso, é recomendável instituir uma política de priorização da oferta para tais áreas.

6 Referências

ACAR, Duygu Baki. Evaluation of dog spaying, animal welfare, and dog owner/caretaker knowledge in Afyonkarahisar Province. *Medycyna Weterynaryjna*, v. 76, n. 2, p. 98–102, 2020. Disponível em: <<http://www.medycynawet.edu.pl/archives/897/6365-summary-med-weter-76-2-98-102-2020>>. Acesso em: 24 mar. 2022.

ADAY, L. A.; ANDERSEN, R. A framework for the study of access to medical care. *Health Services Research*, v. 9, n. 3, p. 208–220, 1974. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/4436074>>.

ALMEIDA, Wanessa da Silva de; SZWARCOWALD, Célia Landmann. Mortalidade infantil e acesso geográfico ao parto nos municípios brasileiros. *Revista de Saúde Pública*, v. 46, n. 1, p. 68–76, fev. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102012000100009&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 25 mar. 2022.

AMAKU, Marcos; DIAS, Ricardo Augusto; FERREIRA, Fernando. Dinâmica populacional canina: potenciais efeitos de campanhas de esterilização. *Revista Panamericana de Salud Pública*, v. 25, n. 4, p. 300–304, abr. 2009. Disponível em: <http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1020-49892009000400003&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 28 mar. 2022.

ANDERSEN, Ronald M. Revisiting the Behavioral Model and Access to Medical Care: Does it Matter? *Journal of Health and Social Behavior*, v. 36, n. 1, p. 1, mar. 1995. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/2137284?origin=crossref>>. Acesso em: 19 jan. 2022.

ANDERSEN, Ronald Max. National Health Surveys and the Behavioral Model of Health Services Use. *Medical Care*, v. 46, n. 7, p. 647–653, jul. 2008. Disponível em: <<https://journals.lww.com/00005650-200807000-00002>>. Acesso em: 19 jan. 2022.

ANDERSEN, Ronald; DAVIDSON, Pamela L. Improving access to care in America: individual and contextual indicators. In: ANDERSEN, RONALD; RICE, THOMAS H.; KOMINSKI, GERALD F. (Org.). *Changing the U.S. health care system: key issues in health services policy and management*. 3. ed. San Francisco: John Wiley & Sons, 2007.

ANDERSEN, Ronald; NEWMAN, John F. Societal and Individual Determinants of Medical Care Utilization in the United States. *Milbank Quarterly*, v. 83, n. 4, p. 1–28, reimpressão de The Milbank Memorial Fund Quarterly: Health and Society, Vol. 51, No. 1, 1973 (pp. 95–124), dez. 2005. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1468-0009.2005.00428.x>>. Acesso em: 19 jan. 2022.

ASSIS, Marluce Maria Araújo; JESUS, Washington Luiz Abreu de. Acesso aos serviços de saúde: abordagens, conceitos, políticas e modelo de análise. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 17, n. 11, p. 2865–2875, nov. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232012001100002&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 17 jan. 2022.

BABO MARTINS, S.; RUSHTON, J.; STÄRK, K. D. C. Economic Assessment of Zoonoses Surveillance in a ‘One Health’ Context: A Conceptual Framework. *Zoonoses and Public Health*, v. 63, n. 5, p. 386–395, ago. 2016. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/zph.12239>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

BAKER, Tessa *et al.* 11 years of regular access to subsidized veterinary services is associated with improved dog health and welfare in remote northern communities. *Preventive Veterinary Medicine*, v. 196, p. 105471, nov. 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167587721002154>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

BAKER, Tessa *et al.* Are we adequately evaluating subsidized veterinary services? A scoping review. *Preventive Veterinary Medicine*, v. 157, p. 59–69, set. 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167587717306128>>. Acesso em: 17 jan. 2022.

BARNARD, Shanis *et al.* Free-Roaming Dogs Control Activities in One Italian Province (2000–2013): Is the Implemented Approach Effective? *Macedonian Veterinary Review*, v. 38, n. 2, p. 149–158, out. 2015. Disponível em: <<https://www.sciendo.com/article/10.14432/j.macvetrev.2015.04.041>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

BARNI, Brunna S. *et al.* Responsible guardianship of dogs and cats sterilized in a public program according to the collective health perspective. *Journal of Veterinary Behavior*, v. 46, p. 1–6, nov. 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1558787821001155>>. Acesso em: 24 mar. 2022.

BARROS SANTOS, Ricardo César *et al.* Interação homem-animal de companhia no município de Paragominas, sudeste do Pará. *Acta Veterinaria Brasilica*, v. 10, n. 1, p. 55, mar. 2016.

Disponível em: <<http://periodicos.ufersa.edu.br/revistas/index.php/acta/article/view/5478>>. Acesso em: 24 mar. 2022.

BEGALLI, José Honorato. *Manejo populacional de cães e gatos: análise do controle reprodutivo em Belo Horizonte – Minas Gerais*. 2020. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

BENKA, Valerie A.; MCCOBB, Emily. Characteristics of cats sterilized through a subsidized, reduced-cost spay-neuter program in Massachusetts and of owners who had cats sterilized through this program. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v. 249, n. 5, p. 490–498, set. 2016. Disponível em: <<https://avmajournals.avma.org/doi/10.2460/javma.249.5.490>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

BEYENE, Tariku Jibat *et al.* Understanding Factors Influencing Dog Owners' Intention to Vaccinate Against Rabies Evaluated Using Health Belief Model Constructs. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 5, p. 159, jul. 2018. Disponível em: <<https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fvets.2018.00159/full>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

BLACKSHAW, Jk; DAY, C. Attitudes of dog owners to neutering pets: demographic data and effects of owner attitudes. *Australian Veterinary Journal*, v. 71, n. 4, p. 113–116, abr. 1994. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1751-0813.1994.tb03351.x>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

CASTILLO-NEYRA, Ricardo *et al.* Socio-spatial heterogeneity in participation in mass dog rabies vaccination campaigns, Arequipa, Peru. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, v. 13, n. 8, p. e0007600, ago. 2019. Disponível em: <<https://dx.plos.org/10.1371/journal.pntd.0007600>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

CHU, Karyen; ANDERSON, Wendy M.; RIESER, Micha Y. Population characteristics and neuter status of cats living in households in the United States. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v. 234, n. 8, p. 1023–1030, abr. 2009. Disponível em: <<https://avmajournals.avma.org/doi/10.2460/javma.234.8.1023>>. Acesso em: 27 mar. 2022.

COCIA, Roxana I.; RUSU, Alina S. Attitudes of Romanian Pet Caretakers towards Sterilization of Their Animals: Gender Conflict Over Male, but Not Female, Companion Animals. *Anthrozoös*, v. 23, n. 2, p. 185–191, jun. 2010. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.2752/175303710X12682332910097>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

DA COSTA, Rosa E. P. *et al.* Age of sexual maturity and factors associated with neutering dogs in the UK and the Republic of Ireland. *Veterinary Record*, dez. 2021. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/vetr.1265>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

DAI, Dajun; WANG, Fahui. Geographic disparities in accessibility to food stores in southwest Mississippi. *Environment and Planning B: Planning and Design*, v. 38, n. 4, p. 659–677, 2011. Disponível em: <<http://epb.sagepub.com/lookup/doi/10.1068/b36149>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

DIAS COSTA, Esther *et al.* Impact of a 3-year pet management program on pet population and owner's perception. *Preventive Veterinary Medicine*, v. 139, p. 33–41, abr. 2017. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167587717300016>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

DIAS, Ricardo Augusto *et al.* Dog and cat management through sterilization: Implications for population dynamics and veterinary public policies. *Preventive Veterinary Medicine*, v. 122, n. 1-2, p. 154–163, nov. 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S016758771530026X>>. Acesso em: 28 mar. 2022.

DOMINGUES, Lídice Rodrigues *et al.* Guarda responsável de animais de estimação na área urbana do município de Pelotas, RS, Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 20, n. 1, p. 185–192, jan. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232015000100185&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 27 mar. 2022.

DOWNES, Martin J. *et al.* Neutering of cats and dogs in Ireland; pet owner self-reported perceptions of enabling and disabling factors in the decision to neuter. *PeerJ*, v. 3, p. e1196, ago. 2015. Disponível em: <<https://peerj.com/articles/1196>>. Acesso em: 27 mar. 2022.

DURR, S. *et al.* Effectiveness of dog rabies vaccination programmes: comparison of owner-charged and free vaccination campaigns. *Epidemiology and Infection*, v. 137, n. 11, p. 1558–1567, nov. 2009. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0950268809002386/type/journal_article>. Acesso em: 18 jan. 2022.

EDINBORO, Charlotte H.; WATSON, Heather N.; FAIRBROTHER, Anne. Association between a shelter-neuter-return program and cat health at a large municipal animal shelter. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v. 248, n. 3, p. 298–308, fev. 2016. Disponível em: <<https://avmajournals.avma.org/doi/10.2460/javma.248.3.298>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

FEIKIN, Daniel R. *et al.* The impact of distance of residence from a peripheral health facility on

pediatric health utilisation in rural western Kenya. *Tropical Medicine & International Health*, v. 14, n. 1, p. 54–61, jan. 2009. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-3156.2008.02193.x>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

FERREIRA, Luiza Santos *et al.* Acesso à Atenção Primária à Saúde por idosos residentes em zona rural no Sul do Brasil. *Revista de Saúde Pública*, v. 54, p. 149, dez. 2020. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rsp/article/view/180909>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

FINKLER, Hilit; GUNTHER, Idit; TERKEL, Joseph. Behavioral differences between urban feeding groups of neutered and sexually intact free-roaming cats following a trap-neuter-return procedure. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v. 238, n. 9, p. 1141–1149, maio 2011. Disponível em: <<https://avmajournals.avma.org/doi/10.2460/javma.238.9.1141>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

FORTNEY, John; ROST, Kathryn; WARREN, James. Comparing Alternative Methods of Measuring Geographic Access to Health Services. *Health Services and Outcomes Research Methodology*, v. 1, n. 2, p. 173–184, 2000. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1023/A:1012545106828>>. Acesso em: 17 jan. 2022.

FRANSEN, Koos *et al.* A computer-based two-step floating catchment area method for measuring spatial accessibility of daycare centers. *Health & Place*, v. 32, p. 65–73, mar. 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1353829215000040>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

FRENK, J. Concept and measurement of accessibility. *Salud Publica De Mexico*, v. 27, n. 5, p. 438–453, out. 1985.

GARCIA, Rita C. M. *et al.* Dog and cat population dynamics in an urban area: evaluation of a birth control strategy. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 38, n. 3, p. 511–518, mar. 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-736X2018000300511&lng=en&tlng=en>. Acesso em: 29 mar. 2022.

GATES, Mc *et al.* A survey of opinions towards dog and cat management policy issues in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*, v. 67, n. 6, p. 315–322, nov. 2019. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00480169.2019.1645627>>. Acesso em: 24 mar. 2022.

GLASSER, Carol L. Attitudes Toward Spay/Neuter in the US Population: Urban/Rural, Cat/Dog, and Demographic Differences. *Anthrozoös*, v. 34, n. 1, p. 93–107, jan. 2021. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/08927936.2021.1874112>>. Acesso em: 24 mar. 2022.

GUAGLIARDO, Mark F. Spatial accessibility of primary care: concepts, methods and challenges. *International Journal of Health Geographics*, v. 3, n. 1, p. 3, 2004. Disponível em: <<http://ij-healthgeographics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-072X-3-3>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

GUTTILLA, Darcee A.; STAPP, Paul. Effects of sterilization on movements of feral cats at a wildland–urban interface. *Journal of Mammalogy*, v. 91, n. 2, p. 482–489, abr. 2010. Disponível em: <<https://academic.oup.com/jmammal/article-lookup/doi/10.1644/09-MAMM-A-111.1>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

HÄSLER, Barbara *et al.* A One Health Framework for the Evaluation of Rabies Control Programmes: A Case Study from Colombo City, Sri Lanka. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, v. 8, n. 10, p. e3270, out. 2014. Disponível em: <<https://dx.plos.org/10.1371/journal.pntd.0003270>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

HEIGIT, Heidelberg Institute for Geoinformation Technology. *Serviço de Geocodificação da openrouteservice*. Heidelberg: Heidelberg University. Disponível em: <<https://openrouteservice.org/>>., a2021

HEIGIT, Heidelberg Institute for Geoinformation Technology. *Serviço de isócronos da openrouteservice*. Heidelberg: Heidelberg University. Disponível em: <<https://openrouteservice.org/>>. Acesso em: 10 set. 2021b., 2021

HILBE, Joseph M. *Logistic regression models*. Boca Raton: CRC Press, 2009. (Chapman & Hall/CRC texts em statistical science series).

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Cidades@*: Sistema agregador de informações do IBGE sobre os municípios e estados do Brasil. 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/belo-horizonte/panorama>>.

JAMTSHO, Sonam; CORNER, Robert; DEWAN, Ashraf. Spatio-Temporal Analysis of Spatial Accessibility to Primary Health Care in Bhutan. *ISPRS International Journal of Geo-Information*,

v. 4, n. 3, p. 1584–1604, set. 2015. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2220-9964/4/3/1584>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

JOHNSON, Karen L.; CICIRELLI, Jon. Study of the effect on shelter cat intakes and euthanasia from a shelter neuter return project of 10,080 cats from March 2010 to June 2014. *PeerJ*, v. 2, p. e646, out. 2014. Disponível em: <<https://peerj.com/articles/646>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

KADOBERA, Daniel *et al.* The effect of distance to formal health facility on childhood mortality in rural Tanzania, 2005–2007. *Global Health Action*, v. 5, n. 1, p. 19099, dez. 2012. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.3402/gha.v5i0.19099>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

KARRA, Mahesh; FINK, Günther; CANNING, David. Facility distance and child mortality: a multi-country study of health facility access, service utilization, and child health outcomes. *International Journal of Epidemiology*, p. dyw062, maio 2016. Disponível em: <<https://academic.oup.com/ije/article-lookup/doi/10.1093/ije/dyw062>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

KASS, Philip H.; JOHNSON, Karen L.; WENG, Hsin-Yi. Evaluation of animal control measures on pet demographics in Santa Clara County, California, 1993–2006. *PeerJ*, v. 1, p. e18, fev. 2013. Disponível em: <<https://peerj.com/articles/18>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

KISIEL, Luz Maria *et al.* Modeling the effect of surgical sterilization on owned dog population size in Villa de Tezontepec, Hidalgo, Mexico, using an individual-based computer simulation model. *PLOS ONE*, v. 13, n. 6, p. e0198209, jun. 2018. Disponível em: <<https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0198209>>. Acesso em: 28 mar. 2022.

KOCK, Richard. Structural One Health - are we there yet? *Veterinary Record*, v. 176, n. 6, p. 140–142, fev. 2015. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1136/vr.h193>>. Acesso em: 17 jan. 2022.

LANGFORD, Mitchel; HIGGS, Gary; FRY, Richard. Multi-modal two-step floating catchment area analysis of primary health care accessibility. *Health & Place*, v. 38, p. 70–81, mar. 2016. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1353829216000022>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

LARKINS, A. J. *et al.* An economic case study of the control of dog-mediated rabies by an animal welfare organisation in Jaipur, India. *Preventive Veterinary Medicine*, v. 183, p. 105120, out. 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167587720300374>>.

Acesso em: 17 jan. 2022.

LESSA, Icm; BERGALLO, Hg. Modelling the population control of the domestic cat: an example from an island in Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, v. 72, n. 3, p. 445–452, ago. 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842012000300005&lng=en&tlng=en>. Acesso em: 28 mar. 2022.

LEVY, J. K.; ISAZA, N. M.; SCOTT, K. C. Effect of high-impact targeted trap-neuter-return and adoption of community cats on cat intake to a shelter. *The Veterinary Journal*, v. 201, n. 3, p. 269–274, set. 2014. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1090023314001841>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

LUO, Jun. Integrating the Huff Model and Floating Catchment Area Methods to Analyze Spatial Access to Healthcare Services: Analyzing Spatial Access to Healthcare Services. *Transactions in GIS*, v. 18, n. 3, p. 436–448, jun. 2014. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/tgis.12096>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

LUO, Wei; QI, Yi. An enhanced two-step floating catchment area (E2SFCA) method for measuring spatial accessibility to primary care physicians. *Health & Place*, v. 15, n. 4, p. 1100–1107, dez. 2009. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1353829209000574>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

LUO, Wei; WANG, Fahui. Measures of Spatial Accessibility to Health Care in a GIS Environment: Synthesis and a Case Study in the Chicago Region. *Environment and Planning B: Planning and Design*, v. 30, n. 6, p. 865–884, dez. 2003. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1068/b29120>>. Acesso em: 26 jan. 2022.

LUO, Wei; WHIPPO, Tara. Variable catchment sizes for the two-step floating catchment area (2SFCA) method. *Health & Place*, v. 18, n. 4, p. 789–795, jul. 2012. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1353829212000640>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

MA, Gemma C *et al.* Evaluation of a Dog Population Management Intervention: Measuring Indicators of Impact. *Animals*, v. 10, n. 6, p. 1061, jun. 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-2615/10/6/1061>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

MAO, Liang; NEKORCHUK, Dawn. Measuring spatial accessibility to healthcare for populations with multiple transportation modes. *Health & Place*, v. 24, p. 115–122, nov. 2013. Disponível

em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1353829213001135>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

MAZERI, Stella *et al.* Barriers of attendance to dog rabies static point vaccination clinics in Blantyre, Malawi. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, v. 12, n. 1, p. e0006159, jan. 2018. Disponível em: <<https://dx.plos.org/10.1371/journal.pntd.0006159>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

MCGRAIL, Matthew R.; HUMPHREYS, John S. Measuring spatial accessibility to primary health care services: Utilising dynamic catchment sizes. *Applied Geography*, v. 54, p. 182–188, out. 2014. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0143622814001787>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

MCKAY, Stacey A.; FARNWORTH, Mark J.; WARAN, Natalie K. Current Attitudes Toward, and Incidence of, Sterilization of Cats and Dogs by Caregivers (Owners) in Auckland, New Zealand. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, v. 12, n. 4, p. 331–344, set. 2009. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10888700903163617>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

MORAIS, Maria Helena Franco. *Avaliação das atividades de controle da leishmaniose visceral na Regional Noroeste de Belo Horizonte, 2006 a 2010*. 2011. Tese ({Doutorado}) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

MURRAY, J. K. *et al.* Survey of the characteristics of cats owned by households in the UK and factors affecting their neutered status. *Veterinary Record*, v. 164, n. 5, p. 137–141, jan. 2009. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1136/vr.164.5.137>>. Acesso em: 27 mar. 2022.

MURRAY, Jane K *et al.* Methods of fertility control in cats: Owner, breeder and veterinarian behavior and attitudes. *Journal of Feline Medicine and Surgery*, v. 17, n. 9, p. 790–799, set. 2015. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1098612X15594994>>. Acesso em: 24 mar. 2022.

NEW, John C., Jr. *et al.* Birth and Death Rate Estimates of Cats and Dogs in U.S. Households and Related Factors. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, v. 7, n. 4, p. 229–241, out. 2004. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15327604jaws0704_1>. Acesso em: 27 mar. 2022.

PBH, Prefeitura de Belo Horizonte. *BHMap: Serviço de mapas da Prefeitura de Belo Horizonte*.

Belo Horizonte: PRODABEL. Disponível em: <<http://bhmap.pbh.gov.br/v2/mapa/idebhgeo#zoom=4&lat=7796893.0925&lon=609250.9075&baselayer=base>>., 2021

PENCHANSKY, Roy; THOMAS, J William. The Concept of Access: Definition and Relationship to Consumer Satisfaction. *Medical Care*, v. 19, n. 2, p. 127–140, fev. 1981. Disponível em: <<http://journals.lww.com/00005650-198102000-00001>>. Acesso em: 19 jan. 2022.

PITCHON, Ana *et al.* *Índice de Vulnerabilidade de Saúde - 2012*. Belo Horizonte: Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/saude/2018/publicacoes-da-vigilancia-em-saude/indice_vulnerabilidade2012.pdf>.

R CORE TEAM, R Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>., 2021

RABINOWITZ, Peter M. *et al.* Toward Proof of Concept of a One Health Approach to Disease Prediction and Control. *Emerging Infectious Diseases*, v. 19, n. 12, dez. 2013. Disponível em: <http://wwwnc.cdc.gov/eid/article/19/12/13-0265_article.htm>. Acesso em: 17 jan. 2022.

RADKE, John; MU, Lan. Spatial Decompositions, Modeling and Mapping Service Regions to Predict Access to Social Programs. *Annals of GIS*, v. 6, n. 2, p. 105–112, dez. 2000. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10824000009480538>>. Acesso em: 26 jan. 2022.

REBELLO, Zélia Irina Lucas. *Caracterização dos comportamentos de tutores de animais de estimação numa amostra não probabilística*. 2016. Dissertação (mestrado) – Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa, 2016.

RICKETTS, Thomas C.; GOLDSMITH, Laurie J. Access in health services research: The battle of the frameworks. *Nursing Outlook*, v. 53, n. 6, p. 274–280, nov. 2005. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0029655405001211>>. Acesso em: 17 jan. 2022.

ROBBINS, Hannah J *et al.* Assessing the impact of a regional UK feline neutering campaign. *Veterinary Record*, v. 182, n. 10, p. 291–291, mar. 2018. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1136/vr.104499>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

RODRIGUES, I. M. A.; CUNHA, G. N.; LUIZ, D. P. Princípios de Guarda Responsável: perfil de conhecimento de tutores de cães e gatos no município de Patos de Minas - MG. *Ars Veterinaria*, v. 33, n. 2, p. 64, mar. 2018. Disponível em: <<http://arsveterinaria.org.br/index.php/ars/article/view/1082>>. Acesso em: 24 mar. 2022.

RUSHTON, Jonathan *et al.* Evaluation of integrated approaches to health with a focus on One Health. In: RÜEGG, SIMON R.; HÄSLER, BARBARA; ZINSSTAG, JAKOB (Org.). *Integrated approaches to health: A handbook for the evaluation of One Health*. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2018. Disponível em: <<https://www.wageningenacademic.com/doi/book/10.3920/978-90-8686-875-9>>.

RÜEGG, Simon R.; HÄSLER, Barbara; ZINSSTAG, Jakob (Org.). *Integrated approaches to health: A handbook for the evaluation of One Health*. The Netherlands: Wageningen Academic Publishers, 2018. Disponível em: <<https://www.wageningenacademic.com/doi/book/10.3920/978-90-8686-875-9>>. Acesso em: 17 jan. 2022.

SATO, Ryoko *et al.* Effect of distance to health facilities and access to contraceptive services among urban Turkish women. *The European Journal of Contraception & Reproductive Health Care*, v. 26, n. 5, p. 374–382, set. 2021. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13625187.2021.1906412>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

SÁNCHEZ-SORIANO, Carlos *et al.* Development of a high number, high coverage dog rabies vaccination programme in Sri Lanka. *BMC Infectious Diseases*, v. 19, n. 1, p. 977, dez. 2019. Disponível em: <<https://bmcinfectdis.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12879-019-4585-z>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

SCARLETT, Janet; JOHNSTON, Naomi. Impact of a Subsidized Spay Neuter Clinic on Impoundments and Euthanasia in a Community Shelter and on Service and Complaint Calls to Animal Control. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, v. 15, n. 1, p. 53–69, jan. 2012. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10888705.2012.624902>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

SMITH, Lauren M. *et al.* The Effectiveness of Dog Population Management: A Systematic Review. *Animals*, v. 9, n. 12, p. 1020, nov. 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-2615/9/12/1020>>. Acesso em: 17 jan. 2022.

SMITH, Lauren M. *et al.* The Effectiveness of Dog Population Management: A Systematic

Review. *Animals*, v. 9, n. 12, p. 1020, nov. 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-2615/9/12/1020>>. Acesso em: 28 mar. 2022.

TAO, Zhuolin *et al.* Spatial accessibility to healthcare services in Shenzhen, China: improving the multi-modal two-step floating catchment area method by estimating travel time via online map APIs. *BMC Health Services Research*, v. 18, n. 1, p. 345, dez. 2018. Disponível em: <<https://bmchealthservres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12913-018-3132-8>>. Acesso em: 26 jan. 2022.

TAO, Zhuolin; CHENG, Yang. Modelling the spatial accessibility of the elderly to healthcare services in Beijing, China. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, v. 46, n. 6, p. 1132–1147, jul. 2019. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2399808318755145>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

TAO, Zhuolin; CHENG, Yang; LIU, Jixiang. Hierarchical two-step floating catchment area (2SFCA) method: measuring the spatial accessibility to hierarchical healthcare facilities in Shenzhen, China. *International Journal for Equity in Health*, v. 19, n. 1, p. 164, dez. 2020. Disponível em: <<https://equityhealthj.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12939-020-01280-7>>. Acesso em: 25 jan. 2022.

TAYLOR, Louise H. *et al.* The Role of Dog Population Management in Rabies Elimination—A Review of Current Approaches and Future Opportunities. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 4, p. 109, jul. 2017. Disponível em: <<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fvets.2017.00109/full>>. Acesso em: 17 jan. 2022.

TENZIN, Tenzin *et al.* Comparison of mark-resight methods to estimate abundance and rabies vaccination coverage of free-roaming dogs in two urban areas of south Bhutan. *Preventive Veterinary Medicine*, v. 118, n. 4, p. 436–448, mar. 2015. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167587715000239>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

THOMAS, J William; PENCHANSKY, Roy. Relating Satisfaction With Access to Utilization of Services. *Medical Care*, v. 22, n. 6, p. 553–568, jun. 1984. Disponível em: <<http://journals.lww.com/00005650-198406000-00006>>. Acesso em: 19 jan. 2022.

TRAPP, Sílvia Manduca *et al.* Population demographic survey and ownership of pet dogs and cats from a small city of southern Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 36, n. 5, p. 3211, out. 2015. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/20995>>.

Acesso em: 24 mar. 2022.

TRAVASSOS, Claudia; MARTINS, Mônica. Uma revisão sobre os conceitos de acesso e utilização de serviços de saúde. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 20, n. suppl 2, p. S190–S198, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-311X2004000800014&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 19 jan. 2022.

WAN, Neng; ZOU, Bin; STERNBERG, Troy. A three-step floating catchment area method for analyzing spatial access to health services. *International Journal of Geographical Information Science*, v. 26, n. 6, p. 1073–1089, jun. 2012. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13658816.2011.624987>>. Acesso em: 17 jan. 2022.

WANG, Fahui. Measurement, Optimization, and Impact of Health Care Accessibility: A Methodological Review. *Annals of the Association of American Geographers*, v. 102, n. 5, p. 1104–1112, set. 2012. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00045608.2012.657146>>. Acesso em: 27 jan. 2022.

WELSH, C. P.; GRUFFYDD-JONES, T. J.; MURRAY, J. K. The neuter status of cats at four and six months of age is strongly associated with the owners' intended age of neutering. *Veterinary Record*, v. 172, n. 22, p. 578–578, jun. 2013. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1136/vr.101362>>. Acesso em: 27 mar. 2022.

WONGSAENGCHAN, Chanakarn; MCKEEGAN, Dorothy. The Views of the UK Public Towards Routine Neutering of Dogs and Cats. *Animals*, v. 9, n. 4, p. 138, abr. 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-2615/9/4/138>>. Acesso em: 24 mar. 2022.

YANG, Duck-Hye; GOERGE, Robert; MULLNER, Ross. Comparing GIS-Based Methods of Measuring Spatial Accessibility to Health Services. *Journal of Medical Systems*, v. 30, n. 1, p. 23–32, fev. 2006. Disponível em: <<http://link.springer.com/10.1007/s10916-006-7400-5>>. Acesso em: 24 jan. 2022.

YOAK, Andrew J. *et al.* Barriers and opportunities for canine rabies vaccination campaigns in Addis Ababa, Ethiopia. *Preventive Veterinary Medicine*, v. 187, p. 105256, fev. 2021. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0167587720309405>>. Acesso em: 25 mar. 2022.

ZINSSTAG, Jakob *et al.* (Org.). *One health: the theory and practice of integrated health appro-*

aches. Wallingford, Oxfordshire, UK ; Boston, MA: CABI, 2015.

Apêndices

APÊNDICE A – Ajuste do Modelo Linear Generalizado Binomial no R

```

rm(list=ls())

pacotes <- c("tidyverse", "patchwork", "MASS", "vcd", "lmtest",
            "vcdExtra", "sandwich", "effects", "car",
            "gpairs", "rms", "readxl", "ROCR", "boot",
            "pROC", "caret", "reshape",
            "kableExtra")

for (i in pacotes) {
  if(!require(i, character.only=T)) install.packages(i)
}

castracoes <- readRDS(file="data/database/castracao/castracoes.rds")

castracoes <- castracoes %>% mutate(
  gender = fct_recode(gender, "Fêmea"="Female", "Macho"="Male"),
  spec = fct_recode(spec, "Cão"="Dog", "Gato"="Cat"),
  cat_ivs = fct_recode(cat_ivs,
    "Baixo risco"="Low", "Médio risco"="Medium",
    "Alto risco"="High", "Muito elevado risco"="Very High"))

cont <- table(castracoes$spec, castracoes$gender)
CM <- cont[1, 1] # cães machos
CF <- cont[1, 2] # cães fêmeas
GM <- cont[2, 1] # gatos machos
GF <- cont[2, 2] # gatos fêmeas

p <- ggplot(data=castracoes, aes(spec, fill=gender)) +
  geom_bar(color="black") +
  annotate("text", x=1, y=(CM / 2) + CF,
         label=str_c(

```



```

    CM, "\n (",
    round(CM / (CM + CF) * 100, 2), "%, ",
    round(CM / sum(cont) * 100, 2), "%)") +
annotate("text", x=1, y=(CF / 2),
  label=str_c(
    CF, "\n (",
    round(CF / (CM + CF) * 100, 2), "%, ",
    round(CF / sum(cont) * 100, 2), "%)") +
annotate("text", x=2, y=(GM / 2) + GF,
  label=str_c(
    GM, "\n (",
    round(GM / (GM + GF) * 100, 2), "%, ",
    round(GM / sum(cont) * 100, 2), "%)") +
annotate("text", x=2, y=(GF / 2),
  label=str_c(
    GF, "\n (",
    round(GF / (GM + GF) * 100, 2), "%, ",
    round(GF / sum(cont) * 100, 2), "%)") +
scale_fill_brewer(palette="Pastel1") +
ylab("Agendamentos de serviço") +
xlab(element_blank()) +
theme_bw() +
guides(fill=guide_legend(title="Sexo"))

ggsave(plot=p, dpi=300,
  filename=paste("data/img/",
    "anx1_exploratoria_fg1", ".png", sep=""))

taxa_des_spg <- castracoes %>%
  dplyr::select(response, spec, gender) %>%
  mutate(
    response = factor(response,
      labels = c("Atendimento", "Desistência"))) %>%
  count(spec, gender, response) %>%
  pivot_wider(names_from=response, values_from=n) %>%
  mutate(tx=`Desistência` / (`Atendimento` + `Desistência`)) %>%
  mutate(
    erro=1.96 * sqrt(

```

```

      (tx * (1 - tx) / (`Atendimento` + `Desistência`)))
    ) %>%
  mutate(icmenor=tx - erro, icmaior=tx + erro) %>%
  mutate(icmenor=case_when(icmenor < 0 ~ 0, icmenor >= 0 ~ icmenor)) %>%
  mutate(icmaior=case_when(icmaior > 1 ~ 1, icmaior <= 1 ~ icmaior)) %>%
  mutate(
    tx=round(tx * 100, 2),
    icmenor=round(icmenor * 100, 2), icmaior=round(icmaior * 100, 2),
    ic=paste(icmenor, "-", icmaior),
    spg=str_c(spec, gender, sep=" ")
  )

taxa_des_spg_s <- castracoes %>% dplyr::select(response, spec) %>%
  mutate(
    response=factor(response,
      labels=c("Atendimento", "Desistência"))) %>%
  count(spec, response) %>%
  pivot_wider(names_from=response, values_from=n) %>%
  mutate(tx=`Desistência` / (`Atendimento` + `Desistência`)) %>%
  mutate(
    erro=1.96 * sqrt(
      (tx * (1 - tx) / (`Atendimento` + `Desistência`)))
  ) %>%
  mutate(icmenor=tx - erro, icmaior=tx + erro) %>%
  mutate(icmenor=case_when(icmenor < 0 ~ 0, icmenor >= 0 ~ icmenor)) %>%
  mutate(icmaior=case_when(icmaior > 1 ~ 1, icmaior <= 1 ~ icmaior)) %>%
  mutate(
    tx=round(tx * 100, 2),
    icmenor=round(icmenor * 100, 2), icmaior=round(icmaior * 100, 2),
    ic=paste(icmenor, "-", icmaior),
    spg=str_c(spec, sep=" ")
  )

taxa_des_spg_g <- castracoes %>% dplyr::select(response, gender) %>%
  mutate(
    response=factor(response,
      labels=c("Atendimento", "Desistência"))) %>%
  count(gender, response) %>%
  pivot_wider(names_from=response, values_from=n) %>%
  mutate(tx=`Desistência` / (`Atendimento` + `Desistência`)) %>%

```

```

mutate(
  erro=1.96 * sqrt((tx * (1 - tx) / (`Atendimento` + `Desistência`)))
) %>%
mutate(icmenor=tx - erro, icmaior=tx + erro) %>%
mutate(icmenor=case_when(icmenor < 0 ~ 0, icmenor >= 0 ~ icmenor)) %>%
mutate(icmaior=case_when(icmaior > 1 ~ 1, icmaior <= 1 ~ icmaior)) %>%
mutate(
  tx=round(tx * 100, 2),
  icmenor=round(icmenor * 100, 2),
  icmaior=round(icmaior * 100, 2),
  ic=paste(icmenor, "-", icmaior),
  spg=str_c(gender, sep=" "))

taxa_des_spg <- bind_rows(taxa_des_spg, taxa_des_spg_s, taxa_des_spg_g)

p <- ggplot(data=taxa_des_spg %>% mutate(spg=factor(spg,
  levels=taxa_des_spg$spg)),
  aes(y=spg)) +
  geom_segment(aes(x=tx, yend=spg, xend=icmenor), colour="grey50") +
  geom_segment(aes(x=tx, yend=spg, xend=icmaior), colour="grey50") +
  geom_point(aes(x=tx), shape=18, size=2) +
  geom_point(aes(x=icmenor), shape="|", size=3.5) +
  geom_point(aes(x=icmaior), shape="|", size=3.5) +
  annotate('text', x=taxa_des_spg$tx, y=seq(1, 8, 1) + .3,
    label=str_c(
      taxa_des_spg$tx, " (",
      taxa_des_spg$icmenor, " - ", taxa_des_spg$icmaior, ")")
  ), size=3) +
  theme_bw() +
  labs(x='Taxa de desistência (%)', y='Espécie e sexo')

ggsave(plot=p, dpi=300,
  filename=paste("data/img/",
    "anx1_exploratoria_fg2", ".png", sep=""))

cont <- castracoes %>%
  mutate(
    response=factor(response, labels=c("Atendimento", "Desistência")),

```

```

    y_att=y_att
  ) %>%
  count(y_att, response)
cont_wider <- cont %>%
  pivot_wider(names_from=response, values_from=n) %>%
  mutate(agendamentos=`Desistência` + `Atendimento`)

p <- ggplot(data=cont) +
  geom_line(aes(x=y_att, y=n, color=response), linetype="dashed") +
  geom_point(aes(x=y_att, y=n, color=response), size=3, shape=18) +
  geom_ribbon(
    data=cont_wider,
    aes(x=y_att, ymin=`Desistência`, ymax=`Atendimento`), alpha=.2
  ) +
  annotate("text", x=cont_wider$y_att, # Atendimentos
    y=(cont_wider$Atendimento) + 300,
    label=str_c(
      round(
        cont_wider$Atendimento/cont_wider$agendamentos*100, 2),
        "%")
    )
  ) +
  annotate("text", x=cont_wider$y_att, # Atendimentos
    y=(cont_wider$`Desistência`) - 300,
    label=str_c(
      round(
        cont_wider$`Desistência`/cont_wider$agendamentos*100, 2
      ), "%")
    )
  ) +
  ylab(element_blank()) +
  xlab("Ano") +
  theme_bw() +
  scale_x_continuous(breaks=seq(2012, 2018)) +
  expand_limits(x=2012 - .099) +
  expand_limits(x=2018 + .099) +
  theme(panel.grid.minor.x=element_blank()) +
  guides(color=guide_legend(title=NULL))

```

```
ggsave(plot=p, dpi=300, width=6.5, height=3.5,
       filename=paste("data/img/",
                      "anx1_exploratoria_fg3", ".png", sep=""))
```

```
castracoes_at <- castracoes %>% filter(response == 0)
castracoes_des <- castracoes %>% filter(response == 1)
tabela_dias <- data.frame(
  label=c(
    "Mínimo", "1º quartil", "Mediana", "3º quartil",
    "Percentil 99.5%", "Máximo"
  ),
  distribuicao_at=c(
    min(castracoes_at$wt_d), quantile(castracoes_at$wt_d, .25),
    quantile(castracoes_at$wt_d, .5),
    quantile(castracoes_at$wt_d, .75),
    quantile(castracoes_at$wt_d, .995),
    max(castracoes_at$wt_d)
  ),
  distribuicao_des=c(
    min(castracoes_des$wt_d),
    quantile(castracoes_des$wt_d, .25),
    quantile(castracoes_des$wt_d, .5),
    quantile(castracoes_des$wt_d, .75),
    quantile(castracoes_des$wt_d, .995),
    max(castracoes_des$wt_d)
  )
)
```

```
kbl(tabela_dias, booktabs=T, longtable=T,
    caption="Distribuição dos dias de espera entre a data de agendamento
e de atendimento previsto do conjunto de dados de castrações de
cães e gatos realizadas no serviço veterinário subsidiado da
Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período
de 2012 a 2018.",
    col.names=c("", "Atendimentos", "Desistências")) %>%
kable_styling(full_width=F) %>%
column_spec(1, bold=T) %>%
add_header_above(c(" "=1, "Tempo de espera (dias)"=2)) %>%
```

```
kable_styling(
  latex_options=c("repeat_header"),
  repeat_header_text="(continuação)"
)
```

Tabela 7 – Apêndice A - Distribuição dos dias de espera entre a data de agendamento e de atendimento previsto do conjunto de dados de castrações de cães e gatos realizadas no serviço veterinário subsidiado da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.

	Tempo de espera (dias)	
	Atendimentos	Desistências
Mínimo	0	0
1º quartil	20	77
Mediana	91	161
3º quartil	175	224
Percentil 99.5%	330	364
Máximo	1407	1610

```
p <- ggplot(data=castracoes %>% mutate(
  response=factor(response, labels=c("Atendimento", "Desistência"))) +
  geom_boxplot(aes(wt_d, fill=response)) +
  scale_colour_brewer(palette="Pastel1") +
  theme_bw() +
  theme(axis.text.y=element_blank(), axis.ticks.y=element_blank()) +
  xlab("Tempo de espera (dias)") +
  guides(fill=guide_legend(title=NULL))

ggsave(plot=p, dpi=300,
  filename=paste("data/img/",
    "anx1_exploratoria_fg4", ".png", sep=""))
```

```
p <- ggplot(
  data=castracoes %>% filter(wt_d <= 365) %>%
  mutate(
    response=factor(response,
      labels=c("Atendimento", "Desistência"))
```

```

    )
) +
  geom_bar(aes(x=wt_d, fill=response)) +
  ylab(element_blank()) +
  xlab("Tempo de espera (dias)") +
  scale_colour_brewer(palette="Pastel1") +
  scale_x_continuous(breaks=seq(0, 360, 30)) +
  theme_bw() +
  theme(panel.grid.minor.x=element_blank()) +
  guides(fill=guide_legend(title=NULL))

ggsave(plot=p, dpi=300,
  filename=paste("data/img/",
    "anx1_exploratoria_fg5", ".png", sep=""))

```

```

p <- ggplot(
  data=castracoes %>% filter(wt_d <= 365) %>%
  mutate(
    wt_d=wt_d / 30,
    response=factor(response,
      labels=c("Atendimento", "Desistência"))
  )
) +
  geom_histogram(aes(x=wt_d, fill=response), binwidth=1, boundary=0) +
  ylab(element_blank()) +
  xlab("Tempo de espera (meses)") +
  scale_colour_brewer(palette="Pastel1") +
  scale_x_continuous(breaks=seq(0, 13)) +
  theme_bw() +
  theme(panel.grid.minor.x=element_blank()) +
  guides(fill=guide_legend(title=NULL))

ggsave(plot=p, dpi=300,
  filename=paste("data/img/",
    "anx1_exploratoria_fg6", ".png", sep=""))

```

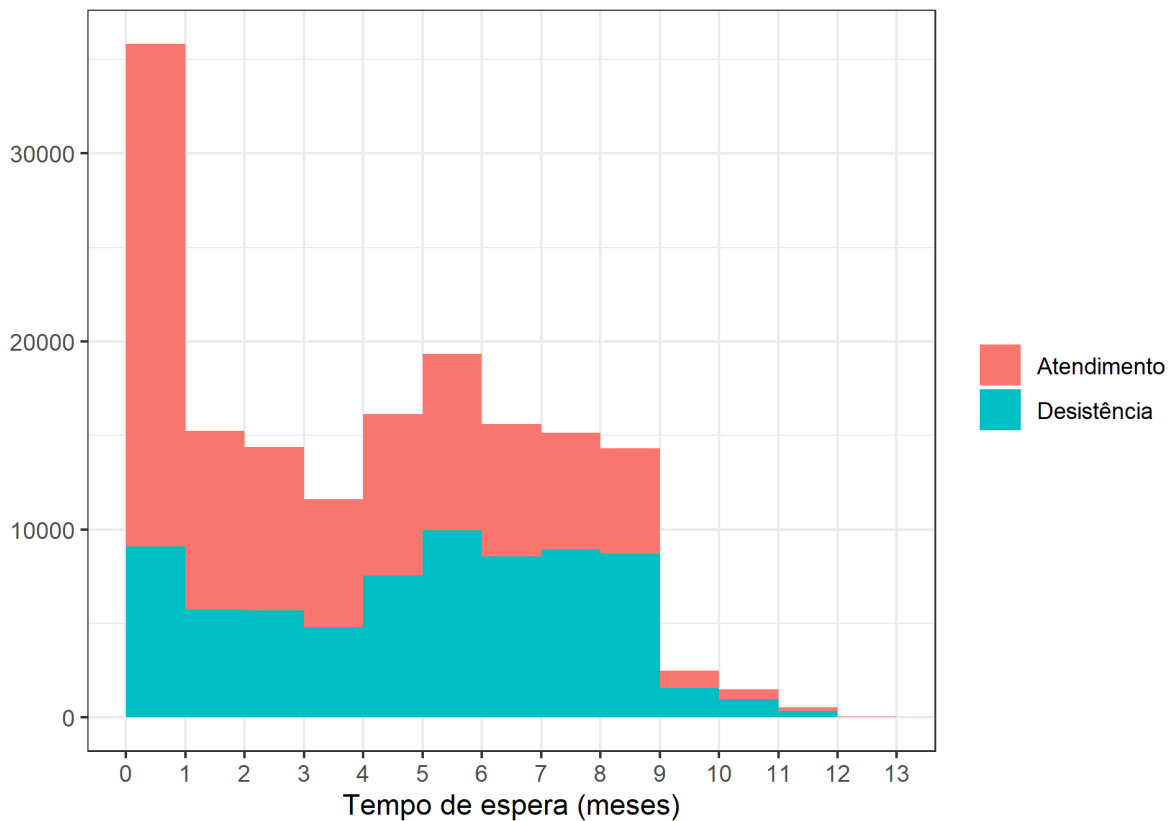


Figura 25 – Apêndice A - Distribuição do tempo de espera, aproximadamente em meses, entre a data de agendamento e de atendimento previsto do conjunto de dados de castrações de cães e gatos realizadas no serviço veterinário subsidiado da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018. Observações com tempo de espera superior a 13 meses não apresentadas no gráfico

Ao ajustar o modelo logístico, interpretar o coeficiente de tempo de espera como o incremento de um mês no tempo de espera parece mais interessante do que em relação à dias. Assim, os valores serão divididos por 30, de modo haver uma equivalência aproximada de meses de espera.

```
atendido <- ggplot(castracoes_at, aes(x=crt_m / 1000, y=..density..)) +
  geom_histogram(
    fill="#6495ED", colour="grey60", size=.2, boundary=0, binwidth=1
  ) +
  geom_density(adjust=2) +
  xlim(-1, 22) +
  labs(x="Distância até a UFC dos atendimentos (km)", y="Densidade") +
  theme_bw()

desistiu <- ggplot(castracoes_des, aes(x=crt_m / 1000, y=..density..)) +
  geom_histogram(
```



```

    fill="#CD5C5C", colour="grey60", size=.2, boundary=0, binwidth=1
  ) +
  geom_density(adjust=2) +
  xlim(-1, 22) +
  labs(x="Distância até a UFC das desistências (km)", y="Densidade") +
  theme_bw()

geral <- ggplot(castracoes, aes(x=crt_m / 1000, y=..density..)) +
  geom_histogram(
    fill="cornsilk", colour="grey60", size=.2, boundary=0, binwidth=1
  ) +
  geom_density(adjust=2) +
  xlim(-1, 22) +
  labs(x="Distância até a UFC dos agendamentos (km)", y="Densidade") +
  theme_bw() +
  guides(fill=guide_legend(title=NULL))

at_des <- ggplot(
  data=castracoes %>%
  mutate(
    response=factor(response,
    labels=c("Atendimento", "Desistência"))
  ),
  aes(x=crt_m / 1000, y=..density.., fill=response)
) +
  geom_density(adjust=2, alpha=.3) +
  xlim(-1, 22) +
  labs(x="Distância até a UFC dos agendamentos (km)", y="Densidade") +
  theme_bw()

p <- geral / (atendido | desistiu) / at_des

ggsave(plot=p, dpi=300,
  filename=paste("data/img/",
  "anx1_exploratoria_fg7", ".png", sep=""))

```

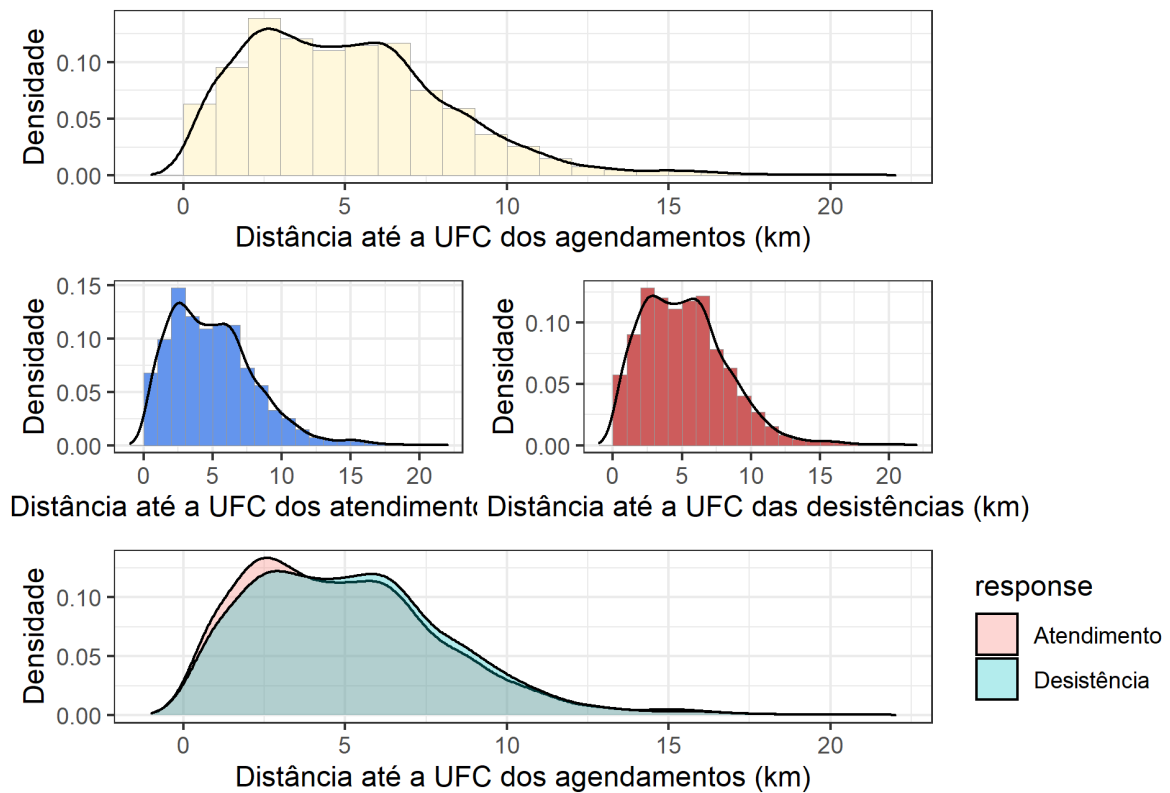


Figura 26 – Apêndice A - Distribuição de densidade estimada da distância entre residência do solicitante e UFC de atendimento previsto do conjunto de dados de castrações de cães e gatos realizadas no serviço veterinário subsidiado da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.

```

taxa_des_ivs <- castracoes %>%
  dplyr::select(response, cat_ivs) %>%
  mutate(
    response=factor(response, labels=c("Atendimento", "Desistência"))
  ) %>%
  count(cat_ivs, response) %>%
  pivot_wider(names_from=response, values_from=n) %>%
  mutate(tx=`Desistência` / (`Atendimento` + `Desistência`)) %>%
  mutate(
    erro=1.96*sqrt((tx*(1-tx)/(`Atendimento`+`Desistência`)))
  ) %>%
  mutate(icmenor=tx - erro, icmaior=tx + erro) %>%
  mutate(
    icmenor=case_when(
      icmenor < 0 ~ 0,
      icmenor >= 0 ~ icmenor)
  )

```

```

) %>%
mutate(
  icmaior=case_when(
    icmaior > 1 ~ 1,
    icmaior <= 1 ~ icmaior)
) %>%
mutate(
  tx=round(tx * 100, 2),
  icmenor=round(icmenor * 100, 2),
  icmaior=round(icmaior * 100, 2),
  ic=paste(icmenor,"-",icmaior)
)

p <- ggplot(data=taxa_des_ivs, aes(y=cat_ivs)) +
  geom_segment(aes(x=tx, yend=cat_ivs, xend=icmenor), colour="grey50") +
  geom_segment(aes(x=tx, yend=cat_ivs, xend=icmaior), colour="grey50") +
  geom_point(aes(x=tx), shape=18, size=2) +
  geom_point(aes(x=icmenor), shape="|", size=3.5) +
  geom_point(aes(x=icmaior), shape="|", size=3.5) +
  annotate('text', x=taxa_des_ivs$tx,
    y=c(1, 2, 3, 4) + .2,
    label=str_c(
      taxa_des_ivs$tx, " (",
      taxa_des_ivs$icmenor, " - ",
      taxa_des_ivs$icmaior, ")")
  ),
  size=3
) +
theme_bw() +
labs(x='Taxa de desistência (%)', y='Categoria do IVS') +
scale_x_continuous(breaks=seq(39, 52, 1)) +
expand_limits(x=39.5)

ggsave(plot=p, dpi=300,
  filename=paste("data/img/",
    "anx1_exploratoria_fg8", ".png", sep=""))

```

```

rm(list=ls()[ls() != 'castracoes'])
# criando uma variavel de especie x sexo com cadelas como referencia (0),
# transformando o tempo de espera para uma aproximacao de meses (/30) e
# crt_m para uma escala de centenas de metros (/100)

dados_modelo <- castracoes %>%
  mutate(
    esp_sex = factor(
      str_c(spec, gender, sep=" "),
      levels=c("Cão Fêmea", "Gato Fêmea", "Gato Macho", "Cão Macho")
    ),
    wt_m = wt_d / 30,
    crt_km = crt_m / 1000
  ) %>%
  mutate(
    ano = case_when(
      y_att == 2012 ~ 0,
      y_att == 2013 ~ 1,
      y_att == 2014 ~ 2,
      y_att == 2015 ~ 3,
      y_att == 2016 ~ 4,
      y_att == 2017 ~ 5,
      y_att == 2018 ~ 6
    )
  )

rm(castracoes)

# preparando dois subconjuntos dos dados para o ajuste e teste do modelo
set.seed(123)
amostra_treino <- sample(
  nrow(dados_modelo), round(nrow(dados_modelo) * .8), replace=F
)
dados_treino <- dados_modelo[amostra_treino, ] %>%
  dplyr::select(response, esp_sex, cat_ivs, wt_m, crt_km, ano)
dados_teste <- dados_modelo[-amostra_treino, ] %>%
  dplyr::select(response, esp_sex, cat_ivs, wt_m, crt_km, ano)

```

```

se_modelo <- function(model){
  pr <- resid(model, type='pearson')
  pchi <- sum(pr ^ 2)
  disp <- pchi / model$df.residual
  scse <- sqrt(diag(vcov(model))) * sqrt(disp)

  data.frame(
    coeficientes=round(model$coefficients, 4),
    se=round(sqrt(diag(vcov(model))), 4),
    scse=round(scse, 4),
    rse=round(sqrt(diag(vcovHC(model, type='HC0'))), 4)
  )
}

estadisticas_log <- function(model, termos){
  se <- sqrt(diag(vcov(model)))
  z <- model$coefficients / se
  valor_p <- 2 * pnorm(abs(z), lower.tail=F, mean=0, sd=1)
  ci_perfil <- confint(model)

  data.frame(
    termos=termos,
    coeficientes=round(model$coefficients, 3),
    ic=str_c(
      round(ci_perfil[, 1], 3), " - ", round(ci_perfil[, 2], 3)),
    se=round(se, 3),
    z=round(z, 2),
    valor_p=valor_p,
    row.names=NULL
  ) %>%
  mutate(
    valor_p=case_when(
      valor_p < 0.001 ~ "< 0.001",
      TRUE ~ as.character(round(valor_p, 3))
    )
  )
}

```

```

estatisticas_or <- function(model, termos){ # em odds ratio
  se <- sqrt(diag(vcov(model)))
  z <- model$coefficients / se
  valor_p <- 2 * pnorm(abs(z), lower.tail=F, mean=0, sd=1)
  ci_perfil <- confint(model)

  data.frame(
    termos=termos,
    coeficientes=round(exp(model$coefficients), 3),
    ic=str_c(
      round(exp(ci_perfil[ , 1]), 3), " - ",
      round(exp(ci_perfil[ , 2]), 3)
    ),
    se_delta=round(exp(model$coefficients) * se, 3), # metodo delta
    z=round(z, 2),
    valor_p=valor_p,
    row.names=NULL
  ) %>%
  mutate(
    valor_p=case_when(
      valor_p < 0.001 ~ "< 0.001",
      TRUE ~ as.character(round(valor_p, 3))
    )
  )
}

```

```

st_devr <- function(modelo){ # deviance padronizado
  mu <- modelo$fitted.values # valores estimados pelo modelo
  dr <- resid(modelo, type='deviance') # deviance residual
  hat <- hatvalues(modelo)
  stdr <- dr / sqrt(1 - hat) # deviance padronizado
  q_stdr <- stdr ^ 2

  data.frame(mu, stdr, q_stdr)
}

```

```

st_pr_leverage <- function(modelo){ # residuo de pearson padronizado
  mu <- modelo$fitted.values # valores estimados pelo modelo
  pr <- resid(modelo, type='pearson') # residuo de pearson
  hat <- hatvalues(modelo)
  stpr <- pr / sqrt(1 - hat) # deviance padronizado

  data.frame(mu, stpr, hat)
}

```

```

ansc <- function(modelo){ # residuo de anscombe
  y <- modelo$data$response
  mu <- modelo$fitted.values

  ibeta <- function(x){
    pbeta(x, 2 / 3, 2 / 3) * beta(2 / 3, 2 / 3)
  }

  A <- ibeta(y)
  B <- ibeta(mu)
  res_anscombe <- ((A - B) / ((mu * (1 - mu)) ^ (1 / 6)))

  data.frame(
    mu=mu,
    res_anscombe=res_anscombe,
    q_res_anscombe=res_anscombe ^ 2
  )
}

```

```

ROCTest <- function(model, fold=10, type="ROC", lang="pt") {
  # informacoes do conjunto de dados
  data <- model$data
  response <- as.character(model$formula[[2]])
  folds <- createFolds(as_vector(data[, response]), k=fold)
  AUC <- c()
}

```

```

ROC <- c()
cut <- c()

# k-fold e ROC
for(i in 1:fold){
  training <- data[-folds[[i]], ]
  testing <- data[folds[[i]], ]
  myroc <- glm(model$formula, family=binomial, data=training)

  ROC.b <- data.frame(
    True=as_vector(testing[ , response]),
    predicted=predict(myroc, newdata=testing, type="response")
  )

  ROC <- rbind(ROC, ROC.b)
}

myroc <- glm(model$formula, family=binomial, data=data)

ROC.b <- data.frame(
  True=as_vector(dados_teste[ , response]),
  predicted=predict(myroc, newdata=dados_teste, type="response")
)

ROC <- rbind(ROC, ROC.b)

# dados para os graficos
GROC <- roc(ROC$True, ROC$predicted, quiet=TRUE)
cut <- coords(GROC, x="best", best.method=c("closest.topleft"))[[1]]

# Curva ROC e Matriz de confusao
if(type == "ROC") {
  g1 <- data.frame(
    Sensitivity=GROC$sensitivities,
    Specificity=1-GROC$specificities
  )
}

```



```

gg <- ggplot(data=g1, aes(x=Specificity, y=Sensitivity)) +
  geom_line(size=1.5, alpha=0.7, color="blue4") +
  theme_bw() +
  annotate(
    "text", size=3, x=0.75, y=0.14, color="black",
    label=paste("AUC: ", round(GROC$auc[1], 3), sep="") +
  geom_segment(x=0, y=0, xend=1, yend=1, colour="red", size=1,
    linetype="dashed") +
  labs(
    x=ifelse(lang=="pt", "1-Especificidade", "1-Specificity"),
    y=ifelse(lang=="pt", "Sensibilidade", "Sensitivity")
  )

return(list(
  plot=gg, Observed=factor(ROC$True),
  Predicted=factor(ROC$class), cut=cut
))

}

# Grafico S-S
if(type == "Sensitivity") {
  g2 <- data.frame(
    Sensitivity=GROC$sensitivities,
    Specificity=GROC$specificities,
    probcut=GROC$thresholds
  )

  g2 <- melt(g2, id=c("probcut"))

  gg <- ggplot(
    data=g2,
    aes(x=probcut, y=value, group=variable, color=variable)
  ) +
  geom_line(size=1.5, alpha=0.7)+
  geom_point(size=2)+
  theme_bw()+
  annotate(

```

```

    "text", size=3, x=0.75, y=cut, color="black",
    label=paste("Cut Point: ", round(mean(cut), 3), sep="")
  ) +
  labs(
    x=ifelse(
      lang=="pt",
      "Pontos de corte\nda Probabilidade",
      "Probability cutoff"
    ),
    y=ifelse(
      lang=="pt",
      "Sensibilidade/Especificidade",
      "Sensitivity/Specificity"
    )
  ) +
  coord_cartesian(xlim=c(0,1), ylim=c(0,1)) +
  scale_y_continuous(breaks=c(0, 0.25, 0.5, 0.75, 1)) +
  scale_x_continuous(breaks=c(0, 0.25, 0.5, 0.75, 1)) +
  theme(
    axis.title.y=element_text(size=10),
    legend.title=element_blank()
  )

  if(lang=="pt"){
    gg <- gg +
      scale_color_discrete(
        labels=c("Sensibilidade", "Especificidade"))
  }else{
    gg <- gg +
      scale_color_discrete(labels=c("Sensitivity", "Specificity"))
  }

  return(list(
    plot=gg,
    Observed=factor(ROC$True),
    Predicted=factor(ROC$class),
    cut=cut
  ))

```

```

}

}

plot_st_devr <- function(modelo){
  stdevr <- st_devr(modelo)

  gg <- ggplot(data=stdevr) +
    annotate("segment", y=4, yend=4, x=-1, xend=2, color="blue") +
    geom_point(
      data=stdevr %>%
        filter(q_stdr > 4) %>%
        mutate(mu=round(mu, 3), q_stdr=round(q_stdr, 3)) %>%
        count(mu, q_stdr),
      aes(x=mu, y=q_stdr), size=1, color="blue"
    ) +
    geom_point(
      data=stdevr %>%
        filter(q_stdr <= 4) %>%
        mutate(mu=round(mu, 3), q_stdr=round(q_stdr, 3)) %>%
        count(mu, q_stdr),
      aes(x=mu, y=q_stdr), size=.1
    ) +
    theme_bw() +
    scale_y_continuous(breaks=seq(0, 12, 1)) +
    coord_cartesian(xlim=c(0, 1), ylim=c(0, 12)) +
    labs(x=expression(hat(mu)), y=expression(r[sd]^2))

  return(list(st_deviance=stdevr, plot=gg,
             n_maior=sum(stdevr$q_stdr > 4)))
}

plot_anscombe <- function(modelo){
  anscombe <- ansc(modelo)

  gg <- ggplot(data=anscombe) +
    annotate("segment", y=4, yend=4, x=-1, xend=2, color="blue") +

```

```

geom_point(
  data=anscombe %>%
    filter(q_res_anscombe > 4) %>%
    mutate(
      mu=round(mu, 3), q_res_anscombe=round(q_res_anscombe, 3)
    ) %>%
    count(mu, q_res_anscombe),
  aes(x=mu, y=q_res_anscombe), size=1, color="blue"
) +
geom_point(
  data=anscombe %>%
    filter(q_res_anscombe <= 4) %>%
    mutate(
      mu=round(mu, 3), q_res_anscombe=round(q_res_anscombe, 3)
    ) %>%
    count(mu, q_res_anscombe),
  aes(x=mu, y=q_res_anscombe), size=.1
) +
theme_bw() +
scale_y_continuous(breaks=seq(0, 12, 1)) +
coord_cartesian(xlim=c(0, 1), ylim=c(0, 12)) +
labs(x=expression(hat(mu)), y=expression(r[A]^2))

return(list(
  anscombe=anscombe, plot=gg, n_maior=sum(anscombe$q_res_anscombe > 4)
))
}

plot_leverage <- function(modelo, corte_2, corte_3){
  leverage <- st_pr_leverage(modelo)

  gg <- ggplot(data=leverage) +
    annotate(
      "segment", y=corte_2, yend=corte_2,
      x=min(leverage$stpr) - 3, xend=max(leverage$stpr) + 3,
      color="red"
    ) +

```

```

annotate(
  "segment", y=corte_3, yend=corte_3,
  x=min(leverage$stpr) - 3, xend=max(leverage$stpr) + 3,
  color="red"
) +
annotate(
  "segment",
  y=-0.5, yend=max(leverage$hat) + .5,
  x=-2, xend=-2,
  color="blue"
) +
annotate(
  "segment",
  y=-0.5, yend=max(leverage$hat) + .5,
  x=2, xend=2,
  color="blue"
) +
geom_point(
  data=leverage %>%
    filter(abs(stpr) <= 2 & hat <= corte_2) %>%
    mutate(stpr=round(stpr, 3), hat=round(hat, 6)) %>%
    count(stpr, hat),
  aes(y=hat, x=stpr), size=.1
) +
geom_point(
  data=leverage %>%
    filter(abs(stpr) > 2 & hat <= corte_2) %>%
    mutate(stpr=round(stpr, 3), hat=round(hat, 6)) %>%
    count(stpr, hat),
  aes(y=hat, x=stpr), size=.5, color="blue"
) +
geom_point(
  data=leverage %>%
    filter(abs(stpr) <= 2 & hat > corte_2) %>%
    mutate(stpr=round(stpr, 3), hat=round(hat, 6)) %>%
    count(stpr, hat),
  aes(y=hat, x=stpr), size=.5, color="red"
) +

```

```

geom_point(
  data=leverage %>%
    filter(abs(stpr) > 2 & hat > corte_2) %>%
    mutate(stpr=round(stpr, 3), hat=round(hat, 6)) %>%
    count(stpr, hat),
  aes(y=hat, x=stpr), size=1.5,
  color="blue", fill="red", shape=21
) +
theme_bw() +
labs(y=expression(h[ii]), x=expression(r[sp])) +
coord_cartesian(
  xlim=c(min(leverage$stpr), max(leverage$stpr)),
  ylim=c(0, max(leverage$hat))
)

return(list(leverage_data=leverage, plot=gg))
}

plot_cooks <- function(modelo){
  cooks <- data.frame(cook=cooks.distance(modelo)) %>%
    rownames_to_column() %>%
    mutate(rowname=factor(rowname))

  n_6 <- cooks %>% arrange(desc(cook))
  n_6 <- n_6[1:6, ]

  obs_6 <- modelo$data[as.numeric(n_6$rowname), ]

  gg <- ggplot(data=cooks, aes(x=cook, y=rowname)) +
    geom_segment(aes(yend=rowname), xend=0) +
    geom_point(aes(x=cook, y=rowname)) +
    geom_segment(data=n_6, aes(yend=rowname), xend=0, color="red") +
    geom_point(data=n_6, aes(x=cook, y=rowname), color="red") +
    geom_text(data=n_6, aes(label=rowname), size=3, hjust=-.2) +
    theme_bw() +
    theme(
      panel.grid=element_blank(),

```

```

        axis.ticks.y=element_blank(),
        axis.text.y=element_blank()
    ) +
    labs(x="Distância de Cook", y=element_blank()) +
    expand_limits(x=max(cooks$cook) * 1.1)

return(list(cooks_d=cooks, plot=gg, obs_6=obs_6))
}

```

```

modelo <- glm(response ~ esp_sex + cat_ivs + wt_m + crt_km,
              data=dados_treino, family='binomial'
            )

```

```

termos <- c(
  "Intercepto", "Gato Fêmea", "Gato Macho", "Cão Macho",
  "IVS médio", "IVS alto", "IVS muito elevado",
  "Espera (meses)", "Distância (km)"
)
se_modelo(modelo)

```

```

##              coeficientes      se  scse   rse
## (Intercept)      -1.2508 0.0190 0.0191 0.0191
## esp_sexGato Fêmea    0.1477 0.0145 0.0145 0.0145
## esp_sexGato Macho   0.1829 0.0167 0.0168 0.0167
## esp_sexCão Macho   0.1672 0.0180 0.0181 0.0180
## cat_ivsMédio risco  0.0993 0.0142 0.0143 0.0142
## cat_ivsAlto risco   0.0836 0.0171 0.0172 0.0171
## cat_ivsMuito elevado risco 0.2133 0.0279 0.0280 0.0280
## wt_m              0.1729 0.0020 0.0020 0.0020
## crt_km            0.0195 0.0018 0.0018 0.0018

```

```
estatisticas_log(modelo, termos)
```

```
##              termos coeficientes              ic      se      z valor_p
```

```
## 1      Intercepto      -1.251 -1.288 - -1.214 0.019 -65.85 < 0.001
## 2      Gato Fêmea      0.148  0.119 - 0.176 0.014  10.22 < 0.001
## 3      Gato Macho      0.183   0.15 - 0.216 0.017  10.95 < 0.001
## 4      Cão Macho      0.167   0.132 - 0.202 0.018   9.31 < 0.001
## 5      IVS médio      0.099   0.072 - 0.127 0.014   6.99 < 0.001
## 6      IVS alto       0.084   0.05 - 0.117 0.017   4.89 < 0.001
## 7 IVS muito elevado   0.213   0.159 - 0.268 0.028   7.65 < 0.001
## 8      Espera (meses)  0.173   0.169 - 0.177 0.002  86.91 < 0.001
## 9      Distância (km)  0.020   0.016 - 0.023 0.002  10.62 < 0.001
```

```
estatisticas_or(modelo, termos)
```

```
##          termos coeficientes          ic se_delta      z valor_p
## 1      Intercepto      0.286 0.276 - 0.297    0.005 -65.85 < 0.001
## 2      Gato Fêmea      1.159 1.127 - 1.192    0.017  10.22 < 0.001
## 3      Gato Macho      1.201 1.162 - 1.241    0.020  10.95 < 0.001
## 4      Cão Macho      1.182 1.141 - 1.224    0.021   9.31 < 0.001
## 5      IVS médio      1.104 1.074 - 1.136    0.016   6.99 < 0.001
## 6      IVS alto       1.087 1.051 - 1.124    0.019   4.89 < 0.001
## 7 IVS muito elevado   1.238 1.172 - 1.307    0.034   7.65 < 0.001
## 8      Espera (meses)  1.189 1.184 - 1.193    0.002  86.91 < 0.001
## 9      Distância (km)  1.020 1.016 - 1.023    0.002  10.62 < 0.001
```

```
drop1(modelo, test='LRT')
```

```
## Single term deletions
```

```
##
```

```
## Model:
```

```
## response ~ esp_sex + cat_ivs + wt_m + crt_km
##          Df Deviance    AIC    LRT Pr(>Chi)
## <none>      170458 170476
## esp_sex   3   170629 170641  170.8 < 2.2e-16 ***
## cat_ivs   3   170539 170551   80.6 < 2.2e-16 ***
## wt_m      1   178542 178558 8084.0 < 2.2e-16 ***
## crt_km    1   170571 170587  112.8 < 2.2e-16 ***
```



```
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

O erro padrão dos coeficientes é semelhante nos métodos tradicional (calculado na função `glm`), escalonado e robusto (*sandwich*), então é adequado avaliar o valor das estatísticas que testam $H_0 : \beta = 0$.

Todos os termos apresentam coeficientes significativamente diferentes de 0 e um intervalo de confiança perfilado a 95% adequado (não inclui 0 no formato $\ln(\frac{\mu}{1-\mu})$ ou 1 no formato de odds ratio). Entretanto, é interessante observar que indivíduos residentes em áreas de IVS médio apresentam incremento de 10,4% na odds de desistência (comparados à referência, o IVS baixo), enquanto indivíduos residentes em áreas de IVS alto apresentaram incremento de 8,7%.

```
logit_dv <- plot_st_devr(modelo)
logit_ans <- plot_anscombe(modelo)

cat(
  'Nº de obs. com quadrado do desvio pad > 4: ', logit_dv$n_maior,
  '\nNº de obs. com quadrado do res. Anscombe > 4: ', logit_ans$n_maior
)

p <- logit_dv$plot / logit_ans$plot

ggsave(plot=p, dpi=300,
  filename=paste("data/img/",
    "anx1_residuos_1_fg9", ".png", sep=""))
```

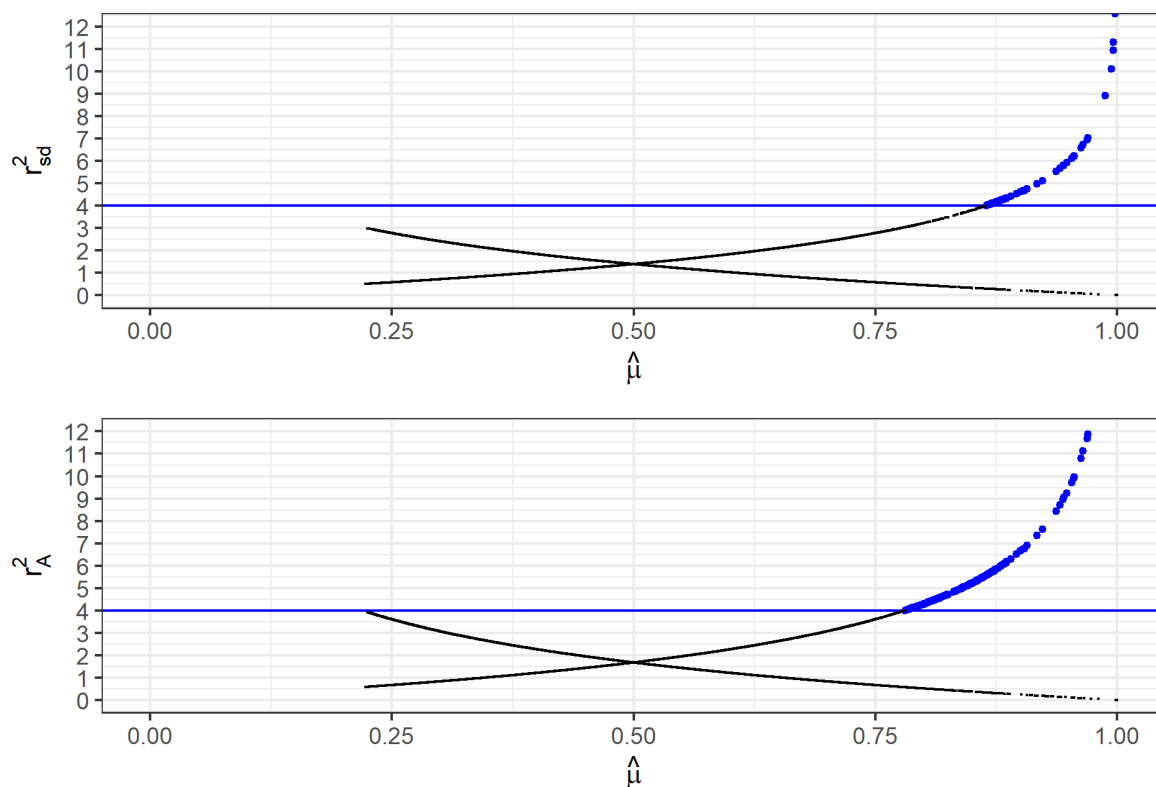


Figura 27 – Apêndice A - Análise de resíduos para o modelo ajustado. De cima para baixo, quadrado do desvio residual padronizado pela probabilidade estimada e quadrado do resíduo de Anscombe pela probabilidade estimada.

```

corte_2 <- 2 * length(modelo$coefficients) / nrow(modelo$data)
corte_3 <- 3 * length(modelo$coefficients) / nrow(modelo$data)

logit_leverage <- plot_leverage(modelo, corte_2, corte_3)
logit_cooks <- plot_cooks(modelo)

cat('6 observações de maior influência: ')
logit_cooks$obs_6
p <- logit_leverage$plot / logit_cooks$plot

ggsave(plot=p, dpi=300,
        filename=paste("data/img/",
                        "anx1_influentes_1_fg10", ".png", sep=""))

```

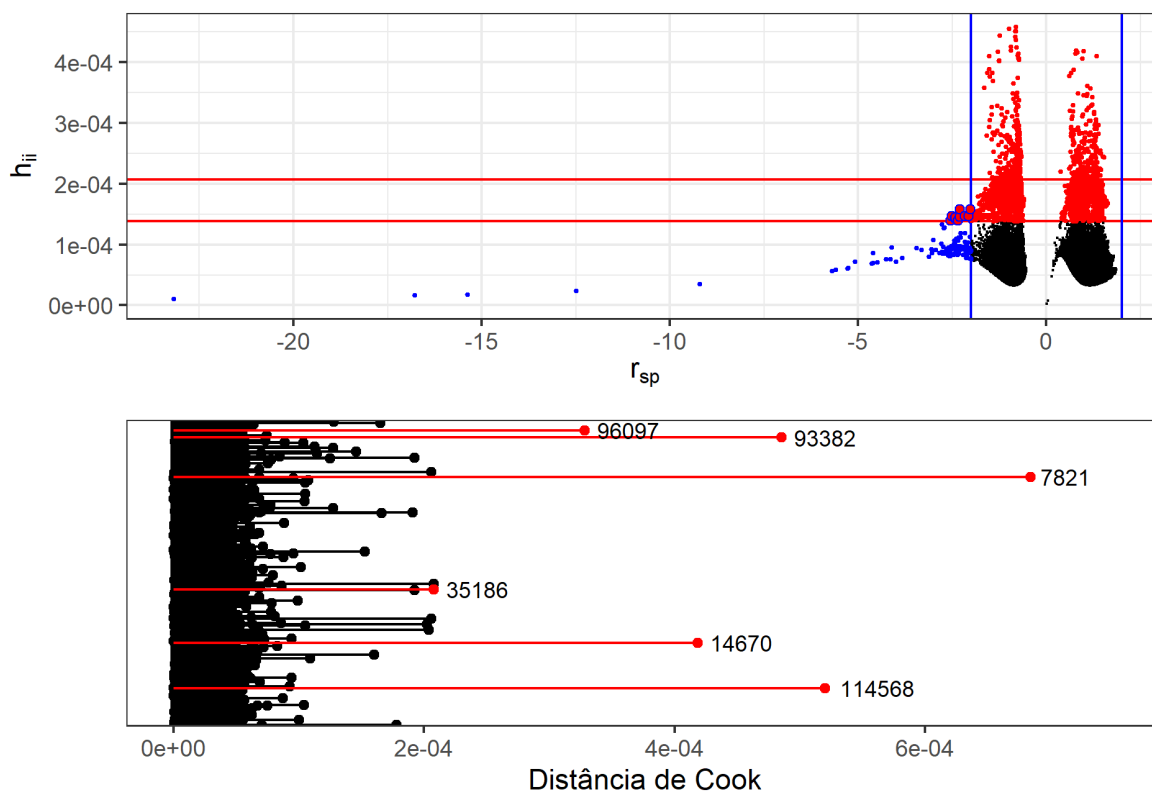


Figura 28 – Apêndice A - Análise de observações influentes para o modelo ajustado. De cima para baixo, hat pelo residuo de Pearson padronizado e Distâncias de Cook (seis observações mais influentes em vermelho).

```
set.seed(1234)
ss_modelo <- ROCtest(modelo, 10, type="Sensitivity", lang="pt")
roc_modelo <- ROCtest(modelo, 10, type="ROC", lang="pt")

p <- ss_modelo$plot / roc_modelo$plot

ggsave(plot=p, dpi=300,
        filename=paste("data/img/",
                        "anx1_classificacao_1_fg11", ".png", sep=""))
```

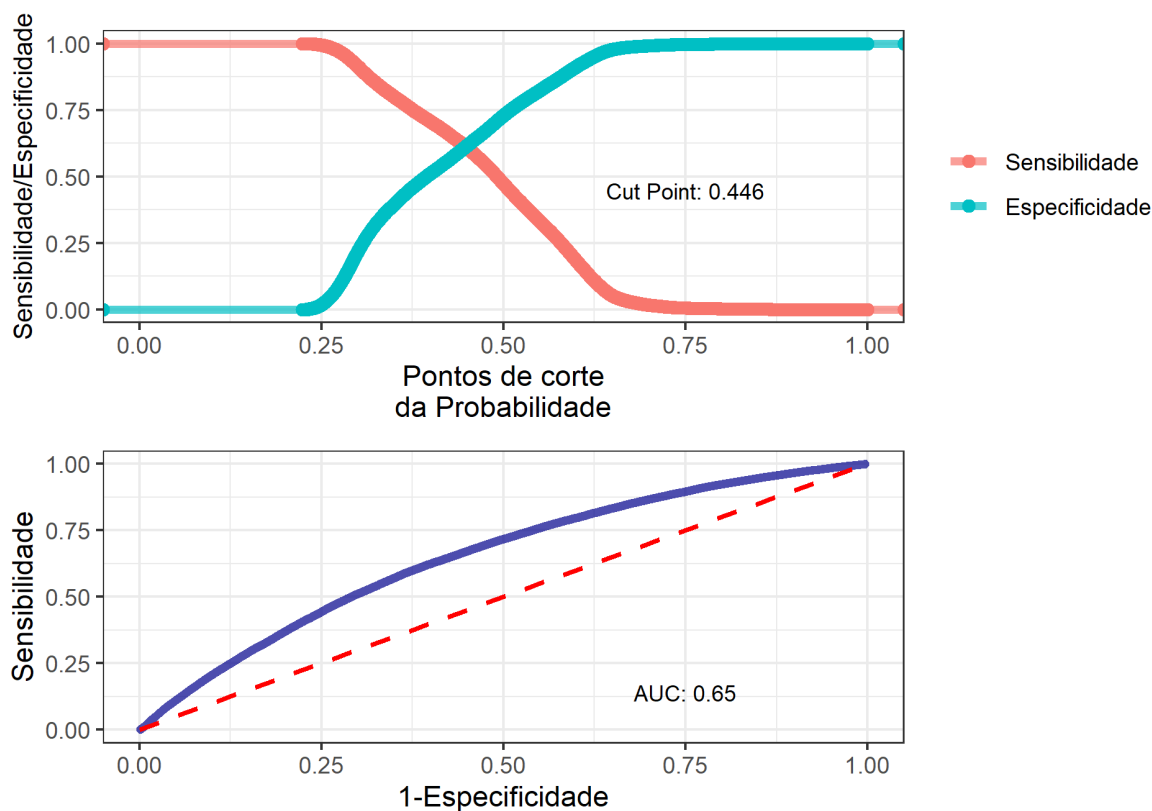


Figura 29 – Apêndice A - Análise de capacidade de classificação para o modelo ajustado. De cima para baixo, gráfico Sensibilidade-Especificidade e Curva ROC.

```
# modelo com interacao entre distancia e ivs
modelo_ivscrt <- glm(response ~ esp_sex + cat_ivs*crt_km + wt_m + crt_km,
  data=dados_treino, family='binomial')
```

```
termos <- c(
  "Intercepto", "Gato Fêmea", "Gato Macho", "Cão Macho",
  "IVS médio", "IVS alto", "IVS muito elevado",
  "Espera (meses)", "Distância (km)",
  "IVS_m*Dist.", "IVS_a*Dist.", "IVS_m_elev.*Dist.")

se_modelo(modelo_ivscrt)
```

```
##                coeficientes      se  scse   rse
## (Intercept)          -1.2767 0.0242 0.0243 0.0243
## esp_sexGato Fêmea           0.1480 0.0145 0.0145 0.0145
## esp_sexGato Macho           0.1830 0.0167 0.0168 0.0167
```

```

## esp_sexCão Macho          0.1674 0.0180 0.0181 0.0180
## cat_ivsMédio risco        0.1328 0.0257 0.0258 0.0257
## cat_ivsAlto risco         0.1140 0.0329 0.0331 0.0328
## cat_ivsMuito elevado risco 0.2983 0.0646 0.0650 0.0647
## crt_km                    0.0252 0.0037 0.0038 0.0038
## wt_m                      0.1728 0.0020 0.0020 0.0020
## cat_ivsMédio risco:crt_km -0.0073 0.0046 0.0046 0.0046
## cat_ivsAlto risco:crt_km  -0.0065 0.0053 0.0054 0.0053
## cat_ivsMuito elevado risco:crt_km -0.0139 0.0086 0.0087 0.0086

```

```
estatisticas_log(modelo_ivscrt, termos)
```

##	termos	coeficientes	ic	se	z	valor_p
## 1	Intercepto	-1.277 -1.324 -	-1.229	0.024	-52.84	< 0.001
## 2	Gato Fêmea	0.148 0.12 -	0.176	0.014	10.24	< 0.001
## 3	Gato Macho	0.183 0.15 -	0.216	0.017	10.95	< 0.001
## 4	Cão Macho	0.167 0.132 -	0.203	0.018	9.32	< 0.001
## 5	IVS médio	0.133 0.083 -	0.183	0.026	5.17	< 0.001
## 6	IVS alto	0.114 0.05 -	0.178	0.033	3.47	< 0.001
## 7	IVS muito elevado	0.298 0.172 -	0.425	0.065	4.62	< 0.001
## 8	Espera (meses)	0.025 0.018 -	0.033	0.004	6.75	< 0.001
## 9	Distância (km)	0.173 0.169 -	0.177	0.002	86.89	< 0.001
## 10	IVS_m*Dist.	-0.007 -0.016 -	0.002	0.005	-1.58	0.114
## 11	IVS_a*Dist.	-0.006 -0.017 -	0.004	0.005	-1.21	0.226
## 12	IVS_m_elev.*Dist.	-0.014 -0.031 -	0.003	0.009	-1.61	0.107

```
estatisticas_or(modelo_ivscrt, termos)
```

##	termos	coeficientes	ic	se_delta	z	valor_p
## 1	Intercepto	0.279 0.266 -	0.292	0.007	-52.84	< 0.001
## 2	Gato Fêmea	1.159 1.127 -	1.193	0.017	10.24	< 0.001
## 3	Gato Macho	1.201 1.162 -	1.241	0.020	10.95	< 0.001
## 4	Cão Macho	1.182 1.141 -	1.225	0.021	9.32	< 0.001
## 5	IVS médio	1.142 1.086 -	1.201	0.029	5.17	< 0.001
## 6	IVS alto	1.121 1.051 -	1.195	0.037	3.47	< 0.001

```
## 7 IVS muito elevado      1.348  1.187 - 1.53    0.087   4.62 < 0.001
## 8   Espera (meses)      1.026  1.018 - 1.033    0.004   6.75 < 0.001
## 9   Distância (km)     1.189  1.184 - 1.193    0.002  86.89 < 0.001
## 10      IVS_m*Dist.     0.993  0.984 - 1.002    0.005  -1.58   0.114
## 11      IVS_a*Dist.     0.994  0.983 - 1.004    0.005  -1.21   0.226
## 12 IVS_m_elev.*Dist.    0.986  0.97  - 1.003    0.008  -1.61   0.107
```

```
drop1(modelo_ivscrt, test='LRT')
```

```
## Single term deletions
```

```
##
```

```
## Model:
```

```
## response ~ esp_sex + cat_ivs * crt_km + wt_m + crt_km
```

```
##           Df Deviance   AIC   LRT Pr(>Chi)
```

```
## <none>           170454 170478
```

```
## esp_sex           3   170626 170644  171.1 <2e-16 ***
```

```
## wt_m              1   178534 178556 8079.1 <2e-16 ***
```

```
## cat_ivs:crt_km    3   170458 170476    3.8  0.2818
```

```
## ---
```

```
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
# modelo com interacao entre tempo de espera e ivs
```

```
modelo_ivswt <- glm(response ~ esp_sex + cat_ivs*wt_m + wt_m + crt_km,
  data=dados_treino, family='binomial')
```

```
termos <- c(
```

```
  "Intercepto", "Gato Fêmea", "Gato Macho", "Cão Macho",
```

```
  "IVS médio", "IVS alto", "IVS muito elevado",
```

```
  "Espera (meses)", "Distância (km)",
```

```
  "IVS_m*Espera", "IVS_a*Espera", "IVS_m_elev.*Espera")
```

```
se_modelo(modelo_ivswt)
```

```
##           coeficientes      se  scse  rse
## (Intercept)          -1.2932 0.0240 0.0241 0.0241
```

```

## esp_sexGato Fêmea          0.1477 0.0145 0.0145 0.0145
## esp_sexGato Macho         0.1827 0.0167 0.0168 0.0167
## esp_sexCão Macho          0.1672 0.0180 0.0181 0.0180
## cat_ivsMédio risco        0.1359 0.0252 0.0254 0.0253
## cat_ivsAlto risco         0.1772 0.0303 0.0305 0.0304
## cat_ivsMuito elevado risco 0.3063 0.0500 0.0504 0.0503
## wt_m                       0.1831 0.0040 0.0041 0.0041
## crt_km                     0.0195 0.0018 0.0018 0.0018
## cat_ivsMédio risco:wt_m   -0.0088 0.0050 0.0050 0.0051
## cat_ivsAlto risco:wt_m   -0.0215 0.0058 0.0058 0.0059
## cat_ivsMuito elevado risco:wt_m -0.0212 0.0092 0.0093 0.0095

```

```
estatisticas_log(modelo_ivswt, termos)
```

```

##          termos coeficientes          ic   se      z valor_p
## 1      Intercepto      -1.293 -1.34 - -1.246 0.024 -53.97 < 0.001
## 2      Gato Fêmea       0.148  0.119 - 0.176 0.014  10.22 < 0.001
## 3      Gato Macho      0.183   0.15 - 0.215 0.017  10.94 < 0.001
## 4      Cão Macho      0.167   0.132 - 0.202 0.018   9.31 < 0.001
## 5      IVS médio       0.136   0.087 - 0.185 0.025   5.39 < 0.001
## 6      IVS alto        0.177   0.118 - 0.237 0.030   5.84 < 0.001
## 7      IVS muito elevado 0.306   0.208 - 0.404 0.050   6.12 < 0.001
## 8      Espera (meses)  0.183   0.175 - 0.191 0.004  45.40 < 0.001
## 9      Distância (km)  0.019   0.016 - 0.023 0.002  10.60 < 0.001
## 10     IVS_m*Espera    -0.009 -0.019 - 0.001 0.005  -1.79  0.074
## 11     IVS_a*Espera    -0.022 -0.033 - -0.01 0.006  -3.73 < 0.001
## 12     IVS_m_elev.*Espera -0.021 -0.039 - -0.003 0.009  -2.30  0.021

```

```
estatisticas_or(modelo_ivswt, termos)
```

```

##          termos coeficientes          ic se_delta      z valor_p
## 1      Intercepto       0.274 0.262 - 0.288   0.007 -53.97 < 0.001
## 2      Gato Fêmea       1.159 1.127 - 1.193   0.017  10.22 < 0.001
## 3      Gato Macho       1.201 1.162 - 1.24   0.020  10.94 < 0.001
## 4      Cão Macho       1.182 1.141 - 1.224   0.021   9.31 < 0.001

```

```
## 5      IVS médio      1.146  1.09 - 1.204    0.029  5.39 < 0.001
## 6      IVS alto      1.194  1.125 - 1.267    0.036  5.84 < 0.001
## 7  IVS muito elevado  1.358  1.231 - 1.498    0.068  6.12 < 0.001
## 8      Espera (meses) 1.201  1.192 - 1.211    0.005  45.40 < 0.001
## 9      Distância (km) 1.020  1.016 - 1.023    0.002  10.60 < 0.001
## 10     IVS_m*Espera   0.991  0.982 - 1.001    0.005  -1.79  0.074
## 11     IVS_a*Espera   0.979  0.968 - 0.99    0.006  -3.73 < 0.001
## 12  IVS_m_elev.*Espera 0.979  0.961 - 0.997    0.009  -2.30  0.021
```

```
drop1(modelo_ivswt, test='LRT')
```

```
## Single term deletions
##
## Model:
## response ~ esp_sex + cat_ivs * wt_m + wt_m + crt_km
##           Df Deviance   AIC   LRT Pr(>Chi)
## <none>           170442 170466
## esp_sex          3   170613 170631 170.628 < 2.2e-16 ***
## crt_km           1   170555 170577 112.200 < 2.2e-16 ***
## cat_ivs:wt_m     3   170458 170476  15.911  0.001183 **
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Ao que tudo indica, seria possível aceitar um modelo com interação entre o IVS e o tempo de espera.

O gráfico de efeitos do tempo de espera desse modelo da interação $IVS \times Tempo$, condicional ao IVS (fixados a espécie/sexo e distância na referência, ou seja, cão fêmea e distância = 0) é obtido abaixo.

```
coef <- modelo_ivswt$coefficients

eff_ivs_baixo <- function(meses){
  logit <- coef[1] + coef[8] * meses
```



```

mu <- 1 / (1 + exp(-logit))
data.frame(ivs="Baixo", meses=meses, mu=as.numeric(mu))
}

eff_ivs_medio <- function(meses){
  logit <- coef[1] + coef[5] + coef[8] * meses
  mu <- 1 / (1 + exp(-logit))
  data.frame(ivs="Médio", meses=meses, mu=as.numeric(mu))
}

eff_ivs_alto <- function(meses){
  logit <- coef[1] + coef[6] + coef[8] * meses + coef[11] * meses
  mu <- 1 / (1 + exp(-logit))
  data.frame(ivs="Alto", meses=meses, mu=as.numeric(mu))
}

eff_ivs_melevado <- function(meses){
  logit <- coef[1] + coef[7] + coef[8] * meses + coef[12] * meses
  mu <- 1 / (1 + exp(-logit))
  data.frame(ivs="Muito elevado", meses=meses, mu=as.numeric(mu))
}

mu_ivs <- bind_rows(
  eff_ivs_baixo(seq(0, 15, .1)), eff_ivs_medio(seq(0, 15, .1)),
  eff_ivs_alto(seq(0, 15, .1)), eff_ivs_melevado(seq(0, 15, .1))
)

```

```

eff_total <- ggplot(data=mu_ivs %>% mutate(
  ivs=factor(ivs,
    levels=c("Baixo", "Médio", "Alto", "Muito elevado"))) +
  geom_line(aes(x=meses, y=mu, color=ivs), size=.6) +
  scale_color_brewer(palette='GnBu') +
  theme_bw() +
  labs(y=expression(hat(mu)), x="Meses de espera") +
  scale_x_continuous(breaks=seq(0, 15, 1)) +
  guides(color=guide_legend(title="IVS"))

eff_b <- ggplot(data=mu_ivs %>% dplyr::filter(ivs == "Baixo")) +

```

```

geom_line(aes(x=meses, y=mu), size=1, color="#f0f9e8") +
theme_bw() +
labs(y=expression(
  paste(hat(mu), " (IVS Baixo)")), x="Meses de espera")

eff_md <- ggplot(data=mu_ivs %>% dplyr::filter(ivs == "Médio")) +
  geom_line(aes(x=meses, y=mu), size=1, color="#bae4bc") +
  theme_bw() +
  labs(y=expression(
    paste(hat(mu), " (IVS Médio)")), x="Meses de espera")

eff_a <- ggplot(data=mu_ivs %>% dplyr::filter(ivs == "Alto")) +
  geom_line(aes(x=meses, y=mu), size=1, color="#7bccc4") +
  theme_bw() +
  labs(y=expression(
    paste(hat(mu), " (IVS Alto)")), x="Meses de espera")

eff_me <- ggplot(data=mu_ivs %>% dplyr::filter(ivs == "Muito elevado")) +
  geom_line(aes(x=meses, y=mu), size=1, color="#2b8cbe") +
  theme_bw() +
  labs(
    y=expression(paste(hat(mu), " (IVS Muito elevado)")),
    x="Meses de espera")

p <- eff_total / (eff_b + eff_md) / (eff_a + eff_me) +
  plot_layout(heights=c(2, 1, 1))

ggsave(plot=p, dpi=300,
  filename=paste("data/img/",
    "anx1_eff_ivswt_fg12", ".png", sep=""))

```

Nesse modelo de interação, embora, exista um incremento da odds de desistência conforme aumenta a vulnerabilidade da área de abrangência de residência do solicitante e o tempo de espera, observa-se que a “resistência” a essa espera varia conforme o IVS, de modo que nas áreas de maior vulnerabilidade há menor incremento na odds de desistência conforme o tempo de espera aumenta.

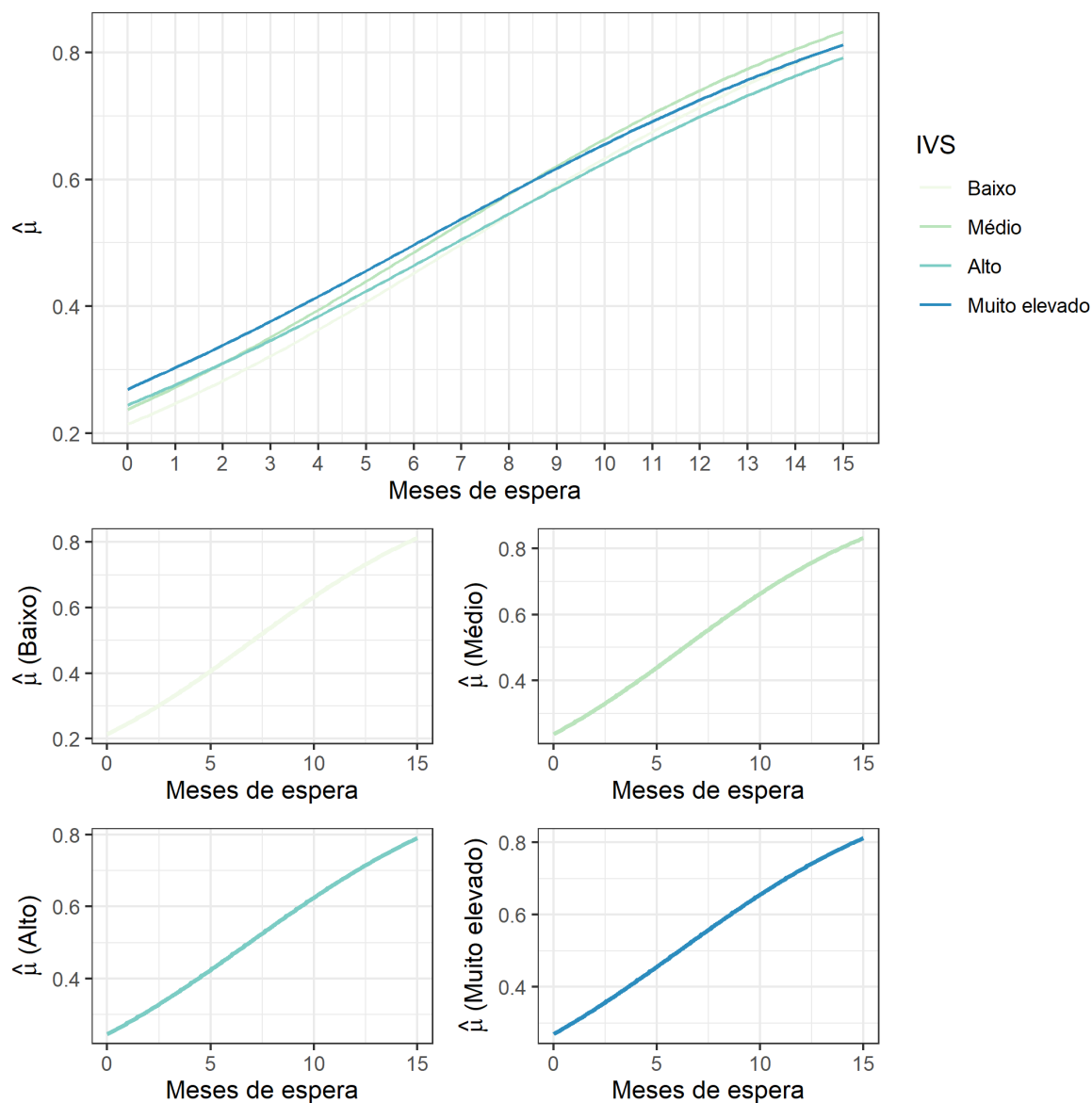


Figura 30 – Apêndice A - Efeito do tempo de espera na probabilidade estimada de desistência, condicional ao IVS, para o modelo ajustado com a interação IVS*T.

```
logit_dv <- plot_st_devr(modelo_ivswt)
logit_ans <- plot_anscombe(modelo_ivswt)

cat(
  'Nº de obs. com quadrado do desvio pad > 4: ', logit_dv$n_maior,
  '\nNº de obs. com quadrado do res. Anscombe > 4: ', logit_ans$n_maior
)

p <- logit_dv$plot / logit_ans$plot
```

```
ggsave(plot=p, dpi=300,
  filename=paste("data/img/",
    "anx1_residuos_3_fg13", ".png", sep=""))
```

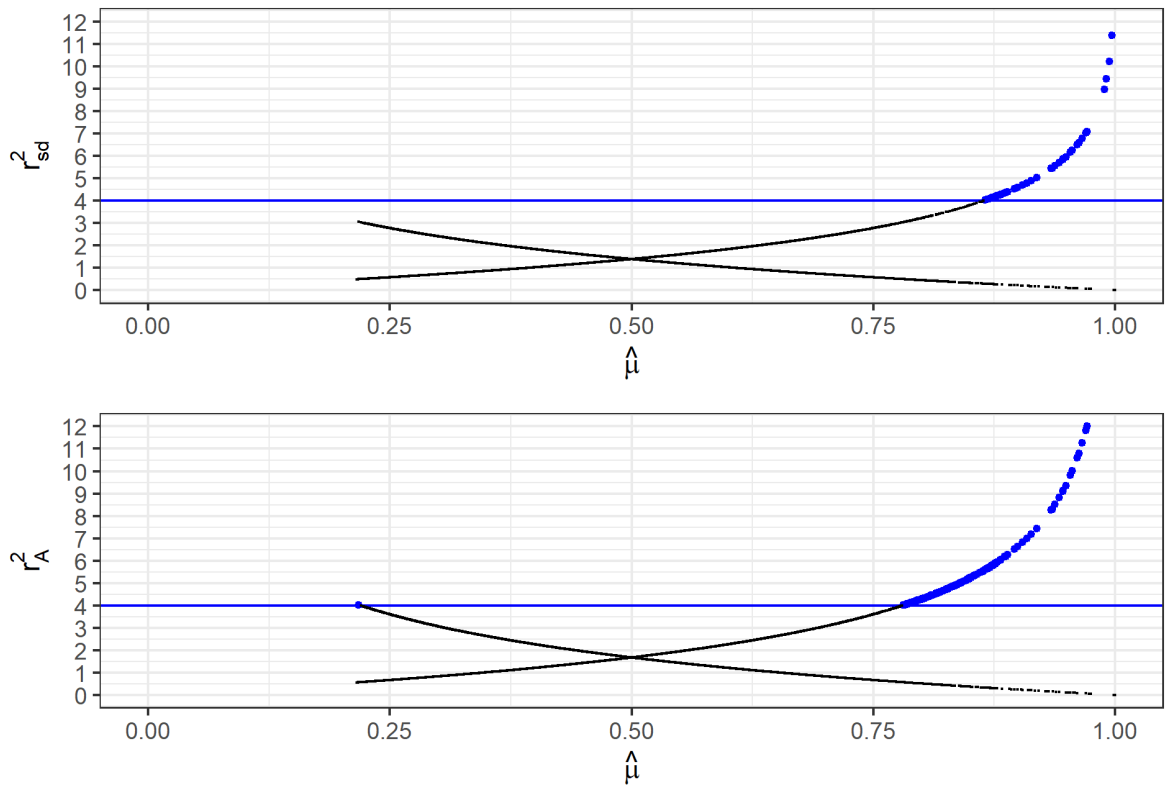


Figura 31 – Apêndice A - Análise de resíduos para o modelo ajustado com a interação IVS*T. De cima para baixo, quadrado do desvio residual padronizado pela probabilidade estimada e quadrado do resíduo de Anscombe pela probabilidade estimada.

```

corte_2 <- 2 * length(modelo_ivswt$coefficients) / nrow(modelo_ivswt$data)
corte_3 <- 3 * length(modelo_ivswt$coefficients) / nrow(modelo_ivswt$data)

logit_leverage <- plot_leverage(modelo_ivswt, corte_2, corte_3)
logit_cooks <- plot_cooks(modelo_ivswt)

cat('6 observações de maior influência: ')
logit_cooks$obs_6
p <- logit_leverage$plot / logit_cooks$plot

ggsave(plot=p, dpi=300,
        filename=paste("data/img/",
                        "anx1_influentes_3_fg14", ".png", sep=""))

```

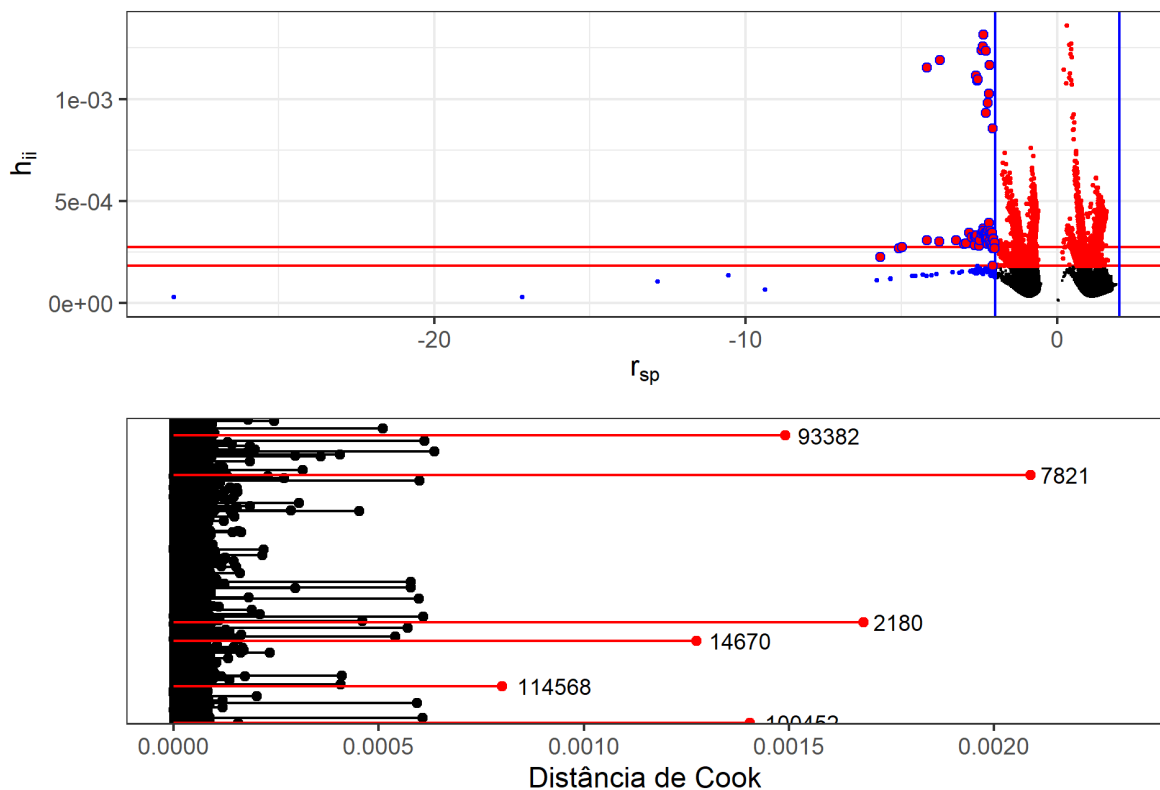


Figura 32 – Apêndice A - Análise de observações influentes para o modelo ajustado com a interação IVS*T. De cima para baixo, hat pelo resíduo de Pearson padronizado e Distâncias de Cook (seis observações mais influentes em vermelho).

```

set.seed(1234)
ss_modelo_ivswt <- ROCtest(
  modelo_ivswt, 10, type="Sensitivity", lang="pt")
roc_modelo_ivswt <- ROCtest(modelo_ivswt, 10, type="ROC", lang="pt")

p <- ss_modelo_ivswt$plot / roc_modelo_ivswt$plot

ggsave(plot=p, dpi=300,
  filename=paste("data/img/",
    "anx1_classificacao_3_fg15", ".png", sep=""))

```

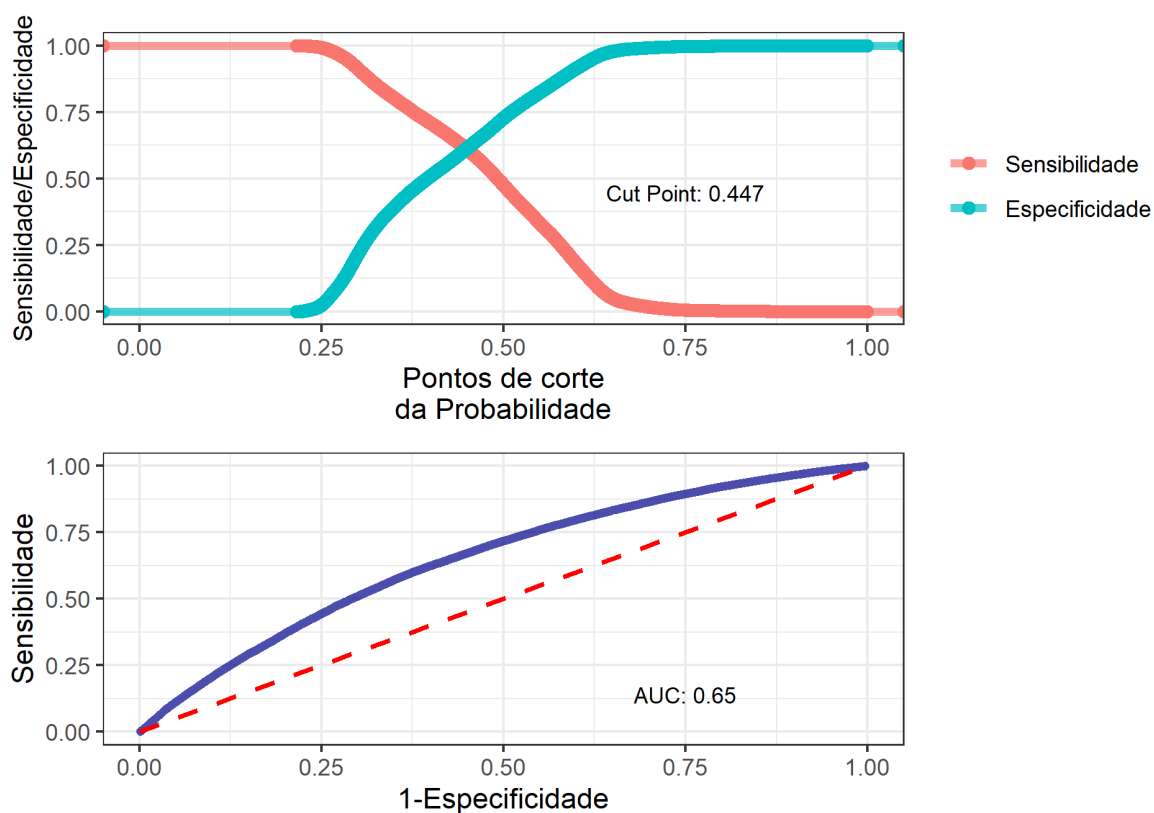


Figura 33 – Apêndice A - Análise de capacidade de classificação para o modelo ajustado com a interação IVS*T. De cima para baixo, gráfico Sensibilidade-Especificidade e Curva ROC.

```

plot_ivscrt <- ggplot(data=dados_modelo,
  aes(x=cat_ivs, y=crt_km, fill=cat_ivs)) +
  geom_boxplot() +
  theme_bw() +
  scale_fill_brewer(palette='YlOrBr') +
  labs(x='Índice de Vulnerabilidade à Saúde', y='Distância (km)') +
  guides(fill=guide_legend(title="IVS"))

plot_ivswt <- ggplot(data=dados_modelo,
  aes(x=cat_ivs, y=wt_m, fill=cat_ivs)) +
  geom_boxplot() +
  theme_bw() +
  scale_fill_brewer(palette='YlOrBr') +
  labs(x='Índice de Vulnerabilidade à Saúde',
    y='Tempo de espera (meses)') +
  guides(fill=guide_legend(title="IVS"))

p <- plot_ivscrt / plot_ivswt

ggsave(plot=p, dpi=300,
  filename=paste("data/img/",
    "anx1_exploratoria_fg16", ".png", sep=""))

```

Como observado anteriormente, o tempo de espera superior a um ano representa menos de 0,5% dos dados, sendo que apenas 81 (0,05%) registros apresentam tempo de espera superior a 18 meses. Assim, esses casos podem representar situações muito específicas e raras ou mesmo erros nos registros, motivo pelo qual serão removidos dos dados utilizados no ajuste do modelo.

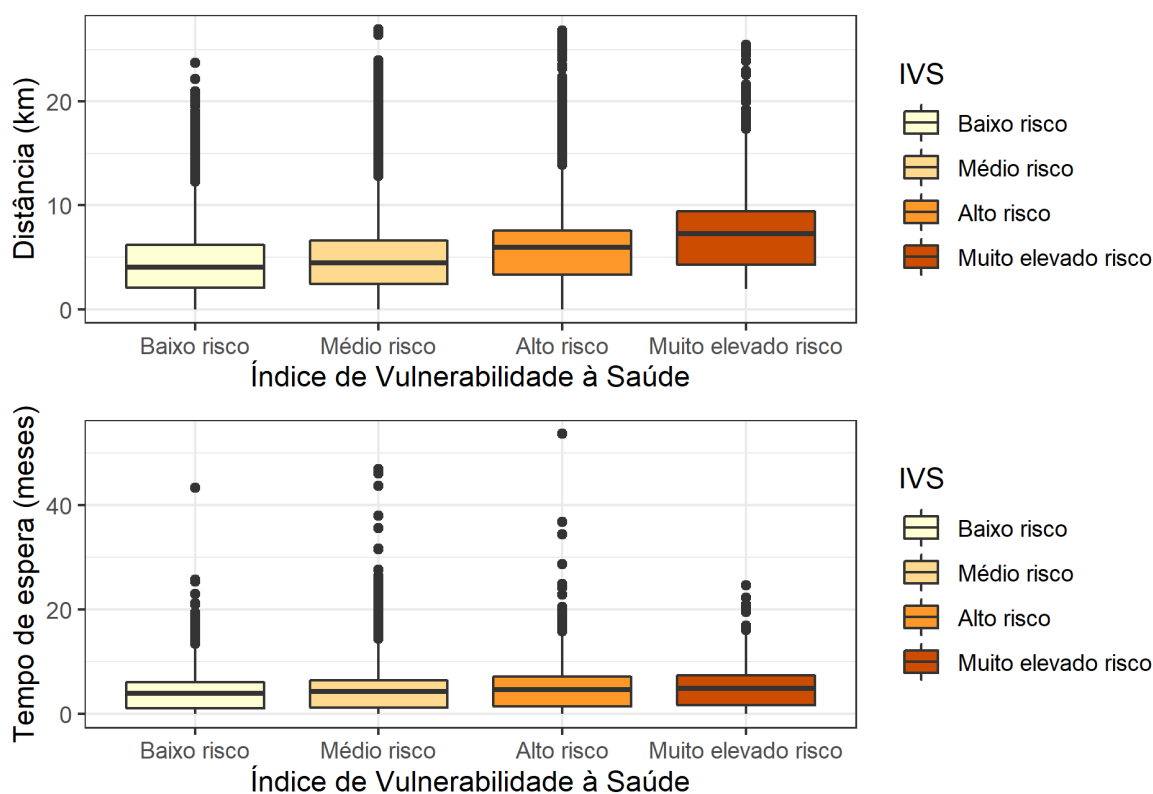


Figura 34 – Apêndice A - Boxplots da distância entre a residência do solicitante e UFC de atendimento previsto e do tempo de espera, segundo o IVS, do conjunto de dados de castrações de cães e gatos realizadas no serviço veterinário subsidiado da Prefeitura de Belo Horizonte, Minas Gerais, no período de 2012 a 2018.

```
dados_treino_1 <- dados_treino %>% filter(wt_m <= 18)
```

```
modelo_ivswt <- glm(response ~ esp_sex + cat_ivs*wt_m + wt_m + crt_km,
  data=dados_treino_1, family='binomial')
```

```
termos <- c(
  "Intercepto", "Gato Fêmea", "Gato Macho", "Cão Macho",
  "IVS médio", "IVS alto", "IVS muito elevado",
  "Espera (meses)", "Distância (km)",
  "IVS_m*Espera", "IVS_a*Espera", "IVS_m_elev.*Espera")
```

```
se_modelo(modelo_ivswt)
```

```
##
```

```
coeficientes      se      scse      rse
```



```
## (Intercept) -1.2997 0.0240 0.0240 0.0240
## esp_sexGato Fêmea 0.1490 0.0145 0.0145 0.0145
## esp_sexGato Macho 0.1840 0.0167 0.0167 0.0167
## esp_sexCão Macho 0.1685 0.0180 0.0180 0.0180
## cat_ivsMédio risco 0.1325 0.0253 0.0253 0.0251
## cat_ivsAlto risco 0.1728 0.0304 0.0304 0.0301
## cat_ivsMuito elevado risco 0.3033 0.0502 0.0502 0.0500
## wt_m 0.1845 0.0040 0.0040 0.0041
## crt_km 0.0195 0.0018 0.0018 0.0018
## cat_ivsMédio risco:wt_m -0.0080 0.0050 0.0050 0.0050
## cat_ivsAlto risco:wt_m -0.0206 0.0058 0.0058 0.0058
## cat_ivsMuito elevado risco:wt_m -0.0206 0.0093 0.0093 0.0094
```

```
estatisticas_log(modelo_ivswt, termos)
```

```
##          termos coeficientes          ic   se      z valor_p
## 1      Intercepto      -1.300 -1.347 - -1.253 0.024 -54.17 < 0.001
## 2          Gato Fêmea       0.149  0.121 - 0.177 0.014  10.30 < 0.001
## 3          Gato Macho       0.184  0.151 - 0.217 0.017  11.01 < 0.001
## 4          Cão Macho       0.168  0.133 - 0.204 0.018   9.37 < 0.001
## 5          IVS médio       0.132  0.083 - 0.182 0.025   5.25 < 0.001
## 6          IVS alto       0.173  0.113 - 0.232 0.030   5.69 < 0.001
## 7  IVS muito elevado     0.303  0.205 - 0.401 0.050   6.05 < 0.001
## 8      Espera (meses)     0.185  0.177 - 0.192 0.004  45.65 < 0.001
## 9      Distância (km)     0.020  0.016 - 0.023 0.002  10.62 < 0.001
## 10     IVS_m*Espera     -0.008 -0.018 - 0.002 0.005  -1.61  0.107
## 11     IVS_a*Espera     -0.021 -0.032 - -0.009 0.006  -3.56 < 0.001
## 12  IVS_m_elev.*Espera  -0.021 -0.039 - -0.002 0.009  -2.22  0.026
```

```
or <- estatisticas_or(modelo_ivswt, termos)
```

```
drop1(modelo_ivswt, test='LRT')
```

```
## Single term deletions
```

```
##
```

```
## Model:
```

```
## response ~ esp_sex + cat_ivs * wt_m + wt_m + crt_km
##           Df Deviance   AIC   LRT Pr(>Chi)
## <none>           170246 170270
## esp_sex         3   170419 170437 173.010 < 2.2e-16 ***
## crt_km          1   170359 170381 112.608 < 2.2e-16 ***
## cat_ivs:wt_m    3   170261 170279  14.724  0.002068 **
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
logit_dv <- plot_st_devr(modelo_ivswt)
logit_ans <- plot_anscombe(modelo_ivswt)

cat(
  'Nº de obs. com quadrado do desvio pad > 4: ', logit_dv$n_maior,
  '\nNº de obs. com quadrado do res. Anscombe > 4: ', logit_ans$n_maior
)

p <- logit_dv$plot / logit_ans$plot

ggsave(plot=p, dpi=300,
  filename=paste("data/img/",
    "anx1_residuos_4_fg17", ".png", sep=""))
```

```
knitr::include_graphics(paste("data/img/",
  "anx1_residuos_4_fg17", ".png", sep=""))
# ja apresentado na secao resultados
```

```
corte_2 <- 2 * length(modelo_ivswt$coefficients) / nrow(modelo_ivswt$data)
corte_3 <- 3 * length(modelo_ivswt$coefficients) / nrow(modelo_ivswt$data)

logit_leverage <- plot_leverage(modelo_ivswt, corte_2, corte_3)
logit_cooks <- plot_cooks(modelo_ivswt)

cat('6 observações de maior influência: ')
logit_cooks$obs_6
p <- logit_leverage$plot / logit_cooks$plot

ggsave(plot=p, dpi=300,
```

```
filename=paste("data/img/",
               "anx1_influentes_4_fg18", ".png", sep=""))
```

```
knitr::include_graphics(paste("data/img/",
                              "anx1_influentes_4_fg18", ".png", sep=""))
# ja apresentado na secao resultados
```

```
set.seed(1234)
ss_modelo_ivswt <- ROCtest(modelo_ivswt,10, type="Sensitivity",lang="pt")
roc_modelo_ivswt <- ROCtest(modelo_ivswt, 10, type="ROC", lang="pt")

p <- ss_modelo_ivswt$plot / roc_modelo_ivswt$plot

ggsave(plot=p, dpi=300,
        filename=paste("data/img/",
                       "anx1_classificacao_4_fg19", ".png", sep=""))
```

```
knitr::include_graphics(paste("data/img/",
                              "anx1_classificacao_4_fg19", ".png", sep=""))
# ja apresentado na secao resultados
```

Avaliando a possível influência do ano:

```
modelo_ivswt_ano <- glm(
  response ~ esp_sex + cat_ivs*wt_m + wt_m + crt_km + ano,
  data=dados_treino_1, family='binomial')
```

```
termos_ano <- c(
  "Intercepto", "Gato Fêmea", "Gato Macho", "Cão Macho",
  "IVS médio", "IVS alto", "IVS muito elevado",
  "Espera (meses)", "Distância (km)", "Ano",
  "IVS_m*Espera", "IVS_a*Espera", "IVS_m_elev.*Espera")
```

```
se_modelo(modelo_ivswt_ano)
```

```

##                                coeficientes      se   scse   rse
## (Intercept)                    -1.2263 0.0248 0.0248 0.0249
## esp_sexGato Fêmea                0.1548 0.0145 0.0145 0.0145
## esp_sexGato Macho                0.1896 0.0167 0.0167 0.0167
## esp_sexCão Macho                0.1702 0.0180 0.0180 0.0180
## cat_ivsMédio risco              0.1245 0.0253 0.0253 0.0252
## cat_ivsAlto risco               0.1635 0.0305 0.0305 0.0303
## cat_ivsMuito elevado risco      0.2893 0.0503 0.0503 0.0503
## wt_m                            0.1965 0.0042 0.0042 0.0042
## crt_km                          0.0195 0.0018 0.0018 0.0018
## ano                             -0.0393 0.0034 0.0034 0.0035
## cat_ivsMédio risco:wt_m        -0.0062 0.0050 0.0050 0.0050
## cat_ivsAlto risco:wt_m        -0.0184 0.0058 0.0058 0.0059
## cat_ivsMuito elevado risco:wt_m -0.0175 0.0093 0.0093 0.0094

```

```
estatisticas_log(modelo_ivswt_ano, termos_ano)
```

```

##          termos coeficientes          ic   se      z valor_p
## 1      Intercepto      -1.226 -1.275 - -1.178 0.025 -49.41 < 0.001
## 2      Gato Fêmea       0.155  0.126 - 0.183 0.014  10.69 < 0.001
## 3      Gato Macho      0.190  0.157 - 0.222 0.017  11.33 < 0.001
## 4      Cão Macho      0.170  0.135 - 0.205 0.018   9.47 < 0.001
## 5      IVS médio       0.125  0.075 - 0.174 0.025   4.92 < 0.001
## 6      IVS alto        0.164  0.104 - 0.223 0.030   5.37 < 0.001
## 7      IVS muito elevado 0.289   0.19 - 0.388 0.050   5.75 < 0.001
## 8      Espera (meses)  0.196  0.188 - 0.205 0.004  46.85 < 0.001
## 9      Distância (km)  0.020  0.016 - 0.023 0.002  10.62 < 0.001
## 10     Ano            -0.039 -0.046 - -0.033 0.003 -11.46 < 0.001
## 11     IVS_m*Espera   -0.006 -0.016 - 0.004 0.005  -1.25   0.21
## 12     IVS_a*Espera   -0.018 -0.03 - -0.007 0.006  -3.16  0.002
## 13     IVS_m_elev.*Espera -0.017 -0.036 - 0.001 0.009  -1.88  0.06

```

```
estatisticas_or(modelo_ivswt_ano, termos_ano)
```

```

##          termos coeficientes          ic se_delta      z valor_p

```

```
## 1      Intercepto      0.293 0.279 - 0.308      0.007 -49.41 < 0.001
## 2      Gato Fêmea      1.167 1.135 - 1.201      0.017  10.69 < 0.001
## 3      Gato Macho      1.209  1.17 - 1.249      0.020  11.33 < 0.001
## 4      Cão Macho      1.186 1.145 - 1.228      0.021   9.47 < 0.001
## 5      IVS médio      1.133  1.078 - 1.19      0.029   4.92 < 0.001
## 6      IVS alto      1.178  1.109 - 1.25      0.036   5.37 < 0.001
## 7  IVS muito elevado  1.335  1.21 - 1.473      0.067   5.75 < 0.001
## 8      Espera (meses)  1.217 1.207 - 1.227      0.005  46.85 < 0.001
## 9      Distância (km)  1.020 1.016 - 1.023      0.002  10.62 < 0.001
## 10     Ano            0.961 0.955 - 0.968      0.003 -11.46 < 0.001
## 11     IVS_m*Espera    0.994 0.984 - 1.004      0.005  -1.25   0.21
## 12     IVS_a*Espera    0.982 0.971 - 0.993      0.006  -3.16   0.002
## 13  IVS_m_elev.*Espera  0.983 0.965 - 1.001      0.009  -1.88   0.06
```

```
drop1(modelo_ivswt_ano, test='LRT')
```

```
## Single term deletions
##
## Model:
## response ~ esp_sex + cat_ivs * wt_m + wt_m + crt_km + ano
##           Df Deviance   AIC   LRT Pr(>Chi)
## <none>           170114 170140
## esp_sex      3   170297 170317 182.596 < 2.2e-16 ***
## crt_km       1   170227 170251 112.553 < 2.2e-16 ***
## ano          1   170246 170270 132.139 < 2.2e-16 ***
## cat_ivs:wt_m 3   170126 170146  11.731  0.008364 **
## ---
## Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
logit_dv <- plot_st_devr(modelo_ivswt_ano)
logit_ans <- plot_anscombe(modelo_ivswt_ano)

cat(
  'Nº de obs. com quadrado do desvio pad > 4: ', logit_dv$n_maior,
  '\nNº de obs. com quadrado do res. Anscombe > 4: ', logit_ans$n_maior
)

p <- logit_dv$plot / logit_ans$plot
```

```
ggsave(plot=p, dpi=300,
        filename=paste("data/img/",
                        "anx1_residuos_5_fg20", ".png", sep=""))
```

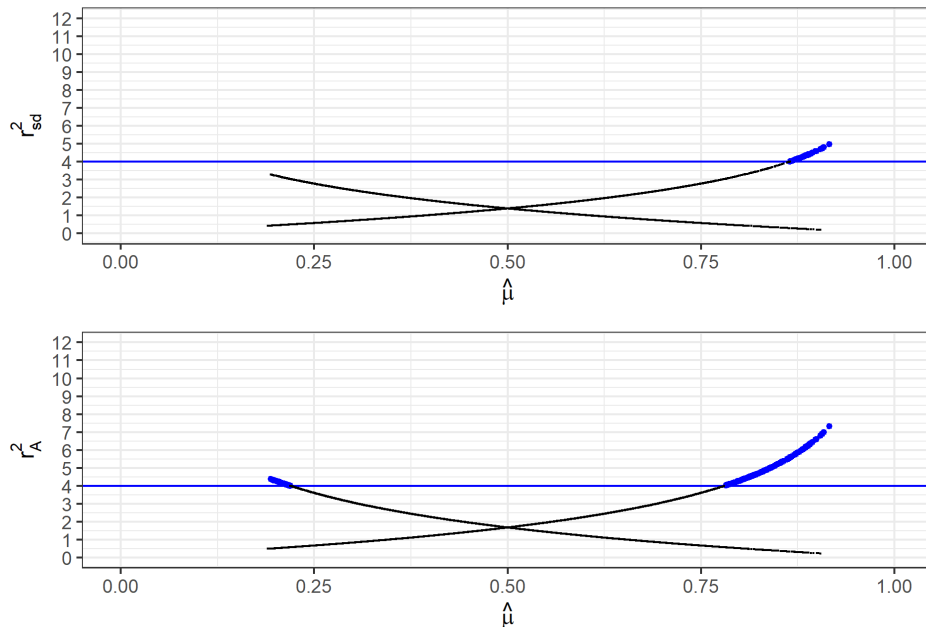


Figura 35 – Apêndice A - Análise de resíduos para o modelo ajustado com a interação IVS*T e inclusão do Ano de atendimento previsto como preditor, após a remoção de observações com tempo de espera superior a 18 meses. De cima para baixo, quadrado do desvio residual padronizado pela probabilidade estimada e quadrado do resíduo de Anscombe pela probabilidade estimada.

```
corde_2 <- 2 *
  length(modelo_ivswt_ano$coefficients) / nrow(modelo_ivswt_ano$data)
corde_3 <- 3 *
  length(modelo_ivswt_ano$coefficients) / nrow(modelo_ivswt_ano$data)

logit_leverage <- plot_leverage(modelo_ivswt_ano, corde_2, corde_3)
logit_cooks <- plot_cooks(modelo_ivswt_ano)

cat('6 observações de maior influência: ')
logit_cooks$obs_6
p <- logit_leverage$plot / logit_cooks$plot

ggsave(plot=p, dpi=300,
        filename=paste("data/img/",
                        "anx1_influentes_5_fg21", ".png", sep=""))
```

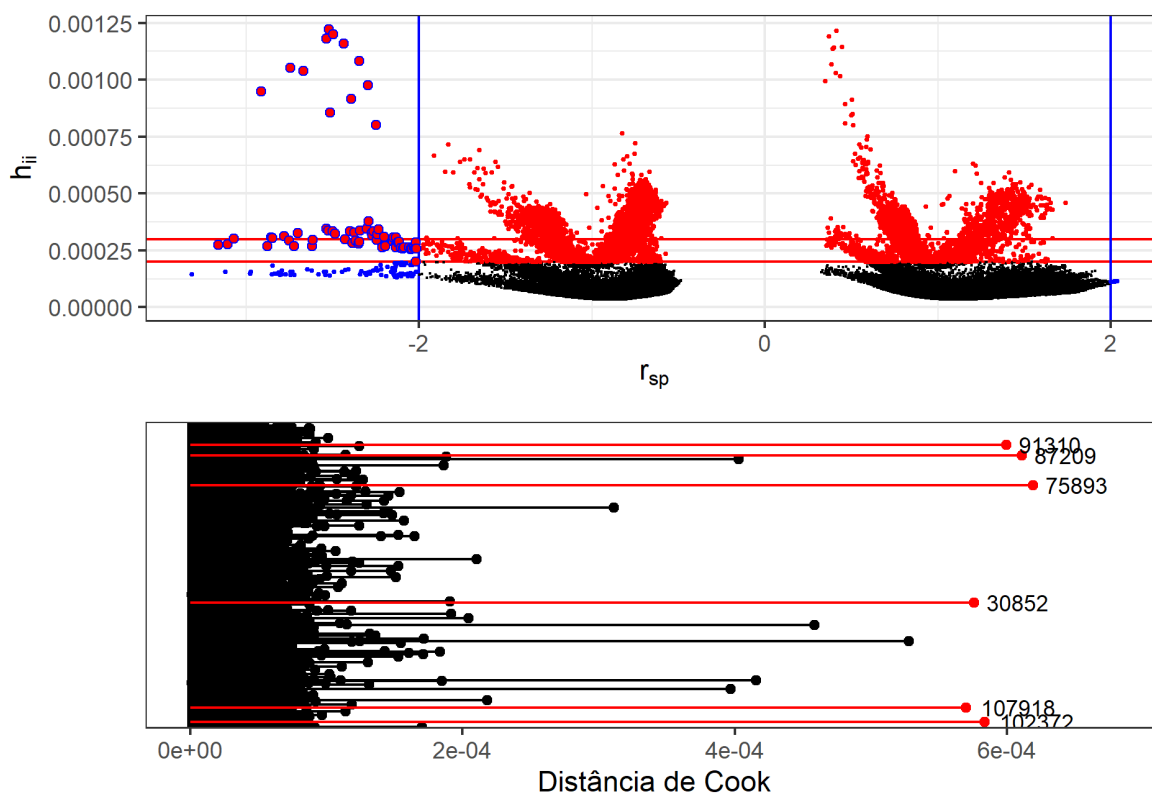


Figura 36 – Apêndice A - Análise de observações influentes para o modelo ajustado com a interação IVS*T e inclusão do Ano de atendimento previsto como preditor, após a remoção de observações com tempo de espera superior a 18 meses. De cima para baixo, hat pelo resíduo de Pearson padronizado e Distâncias de Cook (seis observações mais influentes em vermelho).

```
set.seed(1234)
ss_modelo_ivswt_ano <- ROCtest(
  modelo_ivswt_ano, 10, type="Sensitivity", lang="pt")
roc_modelo_ivswt_ano <- ROCtest(
  modelo_ivswt_ano, 10, type="ROC", lang="pt")

p <- ss_modelo_ivswt_ano$plot / roc_modelo_ivswt_ano$plot

ggsave(plot=p, dpi=300,
  filename=paste("data/img/",
    "anx1_classificacao_5_fg22", ".png", sep=""))
```

Embora *Ano* seja um preditor significativo no modelo, considerando que o objetivo é avaliar características individuais do acesso ao serviço e *Ano* relaciona-se muito mais a uma

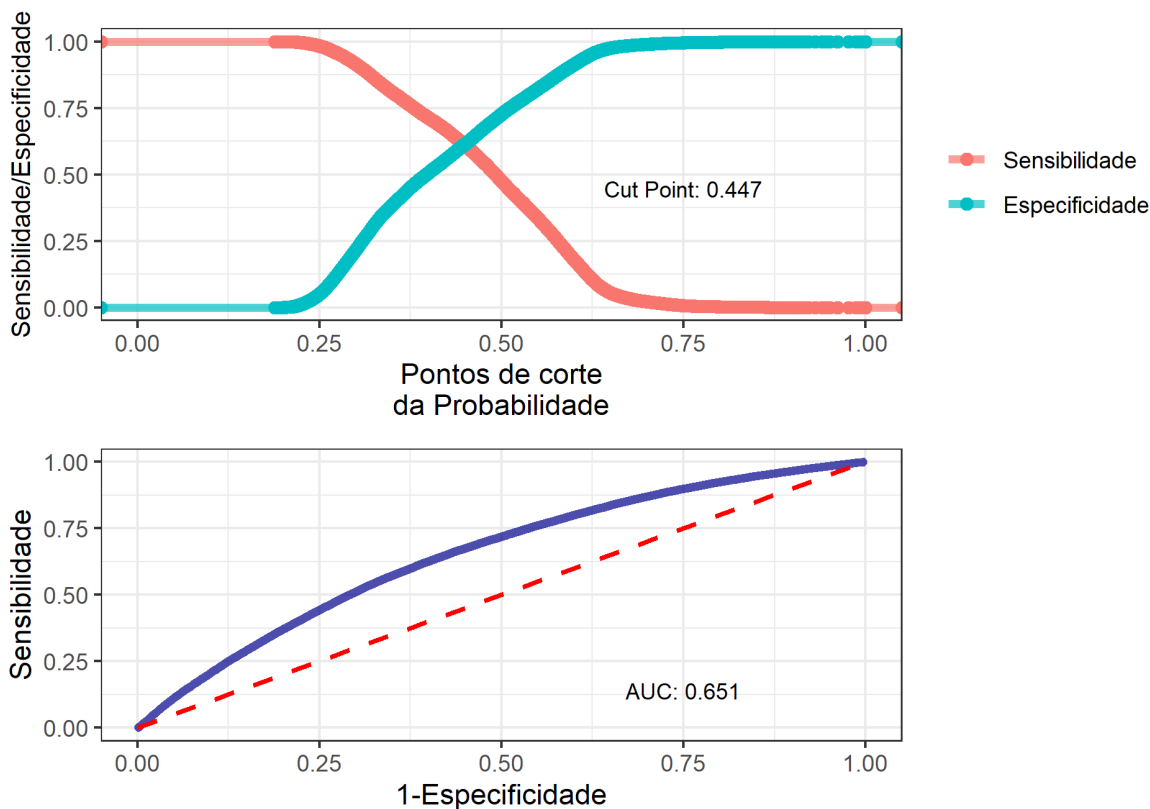


Figura 37 – Apêndice A - Análise de observações influentes para o modelo ajustado com a interação IVS*T e inclusão do Ano de atendimento previsto como preditor, após a remoção de observações com tempo de espera superior a 18 meses. De cima para baixo, hat pelo resíduo de Pearson padronizado e Distâncias de Cook (seis observações mais influentes em vermelho).

característica global, relativo ao próprio serviço de castração, será selecionado o modelo sem tal preditor, ou seja, o modelo com somente preditores relacionados a características individuais (espécie e sexo do animal, tempo de espera, categoria do IVS da área de abrangência onde o solicitante reside, a interação entre IVS e tempo de espera e a distância entre a residência do solicitante e a UFC prevista de atendimento).

APÊNDICE B – Fórmulas matemáticas dos resíduos do modelo logístico

O desvio calculado para o modelo linear generalizado binomial é definido como:

$$\begin{aligned}
 D(y, \mu) &= 2 [l(\mathbf{y}|\mathbf{y}) - l(\mathbf{y}|(\alpha, \beta))] \\
 &= 2 \left[\sum_{i=1}^n y_i \ln(y_i) + (1 - y_i) \ln(1 - y_i) - \sum_{i=1}^n y_i \ln(\mu_i) + (1 - y_i) \ln(1 - \mu_i) \right] \\
 &= 2 \left[\sum_{i=1}^n y_i \ln \left(\frac{y_i}{\mu_i} \right) + (1 - y_i) \ln \left(\frac{1 - y_i}{1 - \mu_i} \right) \right]
 \end{aligned}$$

Assim, o desvio residual de uma observação i assume a forma:

$$r_{d_i} = \begin{cases} 2 \times \ln \left(\frac{1}{\mu_i} \right), & y_i = 1 \\ 2 \times \ln \left(\frac{1}{1 - \mu_i} \right), & y_i = 0 \end{cases}$$

e o desvio residual padronizado, conforme descrito por Hilbe (2009), é dado por

$$r_{sd_i} = \frac{r_{d_i}}{\sqrt{1 - h}}$$

em que h , ou h_{ii} , é o elemento diagonal da matriz hat referente à observação i .

Para uma distribuição de resposta não normal em modelos lineares generalizados, a distribuição dos resíduos de Pearson é frequentemente distorcida. Assim, Anscombe propôs um resíduo usando uma função $A(y)$ escolhida para tornar a distribuição de $A(y)$ o mais normal possível, a qual é apresentada como:

$$A(\mu) = \int_{-\infty}^{\mu} V^{-1/3}(t) dt$$

em que $V(t)$ é a função variância, assim, o resíduo de Anscombe assume a forma:

$$r_A = \int_y^{\mu} \frac{d\mu}{V^{1/3}(\mu)}$$

cuja solução para a distribuição Bernoulli é (HILBE, 2009):

$$r_A = \frac{A(y) - A(\mu)}{[\mu(1 - \mu)]^{1/6}}$$

com $A(z) = 2.05339 \times B(z, 2/3, 2/3)$, em que $B(z, 2/3, 2/3)$ é a função beta incompleta.

APÊNDICE C – Índice de Acesso Espacial pelo método 3FSCA no R

```

pacotes <- c("tidyverse", "patchwork", "readxl",
            "sf", "lubridate", "tmap",
            "cartography")

for (i in pacotes) {
  if(!require(i, character.only = T)) install.packages(i)
}
rm(list=ls())

peso_dai <- function(distancia, area){
  nep <- exp(-1 / 2)
  ifelse(distancia >= area, 0,
         (exp(-0.5 * ((distancia / area) ^ 2)) - nep) / (1 - nep))
} # pesos, proposto por Dai

calc_Gij <- function(captacao, distancias, ufc) {
  G_ij <- tibble(
    AA = character(),
    unidade = character(),
    duracao = double(),
    Tij = double(),
    Ti = double(),
    Gij = double())

  for (i in 1:length(captacao)) {
    G_i <- distancias %>%
      filter(AA %in% captacao[[i]]$DSAREA[1]) %>%
      mutate(Tij=peso_dai(duracao, 30)) %>%
      dplyr::select(AA, unidade, duracao, Tij)
  }
}

```

```

captacao[[i]]$contagem <- lengths(
  st_intersects(captacao[[i]], ufc))

captacao[[i]]$Td <- c(peso_dai(5, 30), peso_dai(15, 30),
  peso_dai(25, 30))

T_i <- captacao[[i]] %>% st_drop_geometry() %>%
  dplyr::summarise(Ti=sum(contagem * Td, na.rm=T))

G_i <- G_i %>% mutate(Ti=T_i$Ti) %>% mutate(Gij=Tij / Ti)
G_ij <- bind_rows(G_ij, G_i)
}
return(G_ij)
}

calc_Rj <- function(captacao, area_abrangencia, G_ij, impedancia, oferta){
  R_j_parcial <- tibble(
    unidade = character(),
    subzona = integer(),
    soma_gpw = double(),
    pop_z = integer(),
    num_aa = integer())

  for (j in 1:length(captacao)) {
    for (r in 1:3) {
      parcial_R_j <- left_join(
        area_abrangencia[captacao[[j]][r,], , op=st_intersects],
        G_ij %>% filter(unidade %in% captacao[[j]][r,]$nome),
        by=c("DSAREA"="AA"))
      parcial_R_j <- parcial_R_j %>% st_drop_geometry() %>%
        mutate(W=impedancia[r]) %>%
        mutate(gpw=animais * Gij * W) %>%
        dplyr::summarise(soma_gpw=sum(gpw, na.rm=T),
          pop_z=sum(animais)) %>%
        mutate(unidade=captacao[[j]][r,]$nome, subzona=r) %>%
        dplyr::select(unidade, subzona, soma_gpw, pop_z)
      parcial_R_j$num_aa <- lengths(
        st_intersects(captacao[[j]][r,], area_abrangencia))
    }
  }
}

```

```

        R_j_parcial <- bind_rows(R_j_parcial, parcial_R_j)
    }
}

R_j <- R_j_parcial %>% group_by(unidade) %>%
  dplyr::summarise(
    ss_gpw=sum(soma_gpw, na.rm=T),
    ss_pop_z=sum(pop_z, na.rm=T),
    ss_num_aa=sum(num_aa, na.rm=T)) %>%
  left_join(oferta, by=c("unidade"="Uni_real")) %>%
  mutate(Rj=n / ss_gpw)

return(R_j)
}

calc_acesso <- function(captacao, ufc, G_ij, R_j, impedancia, poligono) {
  GRW <- tibble(
    AA=character(),
    unidade=character(),
    subzona=double(),
    Gij=double(),
    Rj=double(),
    W=double(),
    GRW=double())

  for (i in 1:length(captacao)) {
    for (r in 1:3) {
      #message("i =", i, " r = ", r)
      ufc_j <- ufc[captacao[[i]][r,], , op=st_intersects]$nome

      GRW_i <- left_join(
        G_ij %>%
          filter(AA == captacao[[i]][r,]$DSAREA) %>%
          filter(unidade %in% ufc_j),
        R_j %>% filter(unidade %in% ufc_j),
        by=c("unidade")) %>%

```

```

mutate(W=impedancia[r], subzona=r, GRW=Gij * Rj * W) %>%
  dplyr::select(AA, unidade, subzona, Gij, Rj, W, GRW)

  GRW <- bind_rows(GRW, GRW_i)
}
}

# SPAI (soma dos GRW das subzonas) (indice de acesso espacial)
A_i <- GRW %>% count(AA, wt=GRW)
# Associar SPAI ao objeto espacial de poligonos das AA
A_i <- left_join(poligono, A_i, by=c("DSAREA"="AA")) %>%
  dplyr::rename(SPAI=n)
# Calculo de SPAR (razão de SPAI_local/media(SPAI))
A_i <- A_i %>% mutate(SPAR=SPAI / mean(A_i$SPAI, na.rm=T)) %>%
  dplyr::select(
    DSAREA:CDSMSA, DISTRITO, SPAI, SPAR, IVS.pond.A, cat_ivs_20)

return(A_i)
}

# impedancia W_r
impedancia <- c(peso_dai(5, 30), peso_dai(15, 30), peso_dai(25, 30))

path <- c(
  "data/gis_files/areas_abrangencia/wgs84/centroide_",
  "data/gis_files/unidades_fixas_castracao.shp",
  "data/rds/ufc_captacao.rds",
  "data/rds/aa_captacao_",
  "data/rds/dist_aa_",
  "data/database/populacao_animal/",
  "data/gis_files/areas_abrangencia/wgs84/pol_",
  "data/database/castracao/oferta.rds")

# conjunto de dados de 2012
ano <- 2012

```

```

aa_c_2012 <- read_sf(str_c(path[1], ano, ".shp")) # centroides de AA
ufc_c <- read_sf(path[2]) # centroides de UFC
ufc_captacao <- readRDS(path[3]) # zonas das UFC
aa_captacao_2012 <- readRDS(str_c(path[4], ano, ".rds")) # zonas das AA
dist_aa_2012 <- readRDS(str_c(path[5], ano, ".rds"))
pop_2012 <- read.csv(str_c(path[6], ano, ".csv"), header=T,
  sep=";") # populacao animal estimada
aa_pol_2012 <- read_sf(str_c(path[7], ano, ".shp")) # poligonos das AA
capacidade_2012 <- readRDS(path[8]) %>%
  filter(AnoAtent == 2012) # oferta por UFC

# Em 2012 nao havia a unidade barreiro
ufc_captacao_2012 <- ufc_captacao[2:4]
ufc_c_2012 <- ufc_c[2:4,]

G_ij <- calc_Gij(aa_captacao_2012, dist_aa_2012, ufc_c_2012)

# populacao animal por AA
pop_2012 <- as_tibble(pop_2012)
pop_2012 <- pop_2012 %>%
  mutate(animais=c_2012 + g_2012, aa=as.character(aa))
aa_c_2012 <- left_join(
  aa_c_2012 %>% dplyr::select(DSAREA, CDSMSA), pop_2012,
  by=c("CDSMSA"="aa"))

R_j <- calc_Rj(
  ufc_captacao_2012, aa_c_2012, G_ij, impedancia, capacidade_2012)

A_i <- calc_acesso(aa_captacao_2012, ufc_c_2012, G_ij,
  R_j, impedancia, aa_pol_2012)

# ASPA (acesso espacial ajustado)
ASPA_2012 <- left_join(A_i,
  aa_c_2012 %>% st_drop_geometry() %>%
  dplyr::select(-CDSMSA), by=c("DSAREA")) %>%

```

```

mutate(oferta=sum(capacidade_2012$n, na.rm=T)) %>%
mutate(SPAR_S=SPAR * oferta, SPAR_P=SPAR * animais) %>%
mutate(ASPA=SPAR_S / sum(SPAR_P, na.rm=T)) %>%
dplyr::select(DSAREA, DISTRITO, animais, oferta, SPAI, SPAR, ASPA,
              IVS.pond.A, cat_ivs_20)

patterns <- c("diamond","grid","hexagon","horizontal", "vertical",
             "zigzag","left2right","right2left","circle")

hachuras <- ASPA_2012 %>% filter(ASPA < .05) %>%
  hatchedLayer(mode="sfc", pattern=patterns[1], density=2)

hachuras_padroes <- st_sf(geometry=hachuras, ASPA="ASPA < 0.05")

p <- tm_shape(ASPA_2012) +
  tm_fill(col="ASPA", style="cont", palette="inferno", #n=10,
         title="ASPA em 2012", breaks=seq(0,.12,.01)) +
  tm_compass(type="8star", position=c("RIGHT", "top")) +
  tm_scale_bar(
    breaks=c(0, 1, 2, 3), text.size=1, position=c("right", .15)) +
  tm_shape(hachuras_padroes) +
  tm_lines(col="ASPA", lwd=1, lwd.legend=1,
          legend.lwd.show=T, title.col="Área hachurada") +
  tm_shape(ASPA_2012) +
  tm_borders(col = "black") +
  tm_shape(ufc_c[2:4,] %>%
    mutate(UFC=case_when(
      nome == "ccz" ~ "CCZ", TRUE ~ str_to_title(nome)))) +
  tm_symbols(col="UFC", size=.6,
            palette="Accent", border.col="black",
            border.lwd=1) +
  tm_legend(legend.position=c("LEFT", "top"), legend.title.size=.8) +
  tm_layout(frame=F)
p <- tmap_arrange(p,
  tm_shape(ASPA_2012) +

```



```

    tm_fill(col="animais", title="População animal em 2012",
           palette="inferno",
           breaks=c(
             1, 500, 1000, 2000,
             4000, 5000, max(ASPA_2012$animais))) +
  tm_shape(ASPA_2012) +
  tm_borders(col = "black") +
  tm_layout(frame=F, asp=.75, outer.margins=c(0, 0, 0, 0.2),
           inner.margins=c(0, 0, 0, 0)) +
  tm_legend(legend.width=1, legend.format=list(text.separator="a"),
           legend.position=c(.1, .10), legend.title.size=.8,
           widths=c(.7, .3))

tmap_save(p, height=6.5, width=6.5, units="in", dpi=300,
         filename="data/img/anx2_spai_fg1.png")

f_var <- c("impedancia", "peso_dai", "calc_acesso",
         "calc_Gij", "calc_Rj", "f_var", "ASPA_2012", "ASPA_2015", "ASPA_2018")
rm(list=ls()[!ls() %in% f_var])

path <- c(
  "data/gis_files/areas_abrangencia/wgs84/centroide_",
  "data/gis_files/unidades_fixas_castracao.shp",
  "data/rds/ufc_captacao.rds",
  "data/rds/aa_captacao_",
  "data/rds/dist_aa_",
  "data/database/populacao_animal/",
  "data/gis_files/areas_abrangencia/wgs84/pol_",
  "data/database/castracao/oferta.rds")

# conjunto de dados de 2015
ano <- 2015
aa_c_2015 <- read_sf(str_c(path[1], ano, ".shp")) # centroides de AA
ufc_c <- read_sf(path[2]) # centroides de UFC
ufc_captacao <- readRDS(path[3]) # zonas das UFC
aa_captacao_2015 <- readRDS(str_c(path[4], ano, ".rds")) # zonas das AA
dist_aa_2015 <- readRDS(str_c(path[5], ano, ".rds"))

```

```

pop_2015 <- read.csv(str_c(path[6], ano, ".csv"), header=T,
  sep=";") # populacao animal estimada
aa_pol_2015 <- read_sf(str_c(path[7], ano, ".shp")) # poligonos das AA
capacidade_2015 <- readRDS(path[8]) %>%
  filter(AnoAtent == 2015) # oferta por UFC

ufc_captacao_2015 <- ufc_captacao
ufc_c_2015 <- ufc_c

names(pop_2015) <- c("aa", "c_2015", "g_2015")

G_ij <- calc_Gij(aa_captacao_2015, dist_aa_2015, ufc_c_2015)

# populacao animal por AA
pop_2015 <- as_tibble(pop_2015)
pop_2015 <- pop_2015 %>%
  mutate(animais=c_2015 + g_2015, aa=as.character(aa))
aa_c_2015 <- left_join(
  aa_c_2015 %>% dplyr::select(DSAREA, CDSMSA), pop_2015,
  by=c("CDSMSA"="aa"))

R_j <- calc_Rj(
  ufc_captacao_2015, aa_c_2015, G_ij, impedancia, capacidade_2015)

A_i <- calc_acesso(aa_captacao_2015, ufc_c_2015, G_ij,
  R_j, impedancia, aa_pol_2015)

# ASPA (acesso espacial ajustado)
ASPA_2015 <- left_join(A_i,
  aa_c_2015 %>% st_drop_geometry() %>%
  dplyr::select(-CDSMSA, by=c("DSAREA"))) %>%
  mutate(oferta=sum(capacidade_2015$n, na.rm=T)) %>%
  mutate(SPAR_S=SPAR * oferta, SPAR_P=SPAR * animais) %>%
  mutate(ASPA=SPAR_S / sum(SPAR_P, na.rm=T)) %>%

```

```

dplyr::select(DSAREA, DISTRITO, animais, oferta, SPAI, SPAR, ASPA,
              IVS.pond.A, cat_ivs_20)

patterns <- c("diamond","grid","hexagon","horizontal", "vertical",
             "zigzag","left2right","right2left","circle")

hachuras <- ASPA_2015 %>% filter(ASPA < .05) %>%
  hatchedLayer(mode="sfc", pattern=patterns[1], density=2)

hachuras_padroes <- st_sf(geometry=hachuras, ASPA="ASPA < 0.05")

p <- tm_shape(ASPA_2015) +
  tm_fill(col="ASPA", style="cont", palette="inferno", #n=10,
         title="ASPA em 2015", breaks=seq(0,.12,.01)) +
  tm_compass(type="8star", position=c("RIGHT", "top")) +
  tm_scale_bar(
    breaks=c(0, 1, 2, 3), text.size=1, position=c("right", .15)) +
  tm_shape(hachuras_padroes) +
  tm_lines(col="ASPA", lwd=1, lwd.legend=1,
          legend.lwd.show=T, title.col="Área hachurada") +
  tm_shape(ASPA_2015) +
  tm_borders(col = "black") +
  tm_shape(ufc_c %>%
    mutate(UFC=case_when(
      nome == "ccz" ~ "CCZ", TRUE ~ str_to_title(nome)))) +
  tm_symbols(col="UFC", size=.6,
            palette="Accent", border.col="black",
            border.lwd=1) +
  tm_legend(legend.position=c("LEFT", "top"), legend.title.size=.8) +
  tm_layout(frame=F)
p <- tmap_arrange(p,
  tm_shape(ASPA_2015) +
  tm_fill(col="animais", title="População animal em 2015",
         palette="inferno",
         breaks=c(

```

```

        1, 500, 1000, 2000,
        4000, 5000, max(ASPA_2015$animais))) +
tm_shape(ASPA_2015) +
  tm_borders(col = "black") +
tm_layout(frame=F, asp=.75, outer.margins=c(0, 0, 0, 0.2),
  inner.margins=c(0, 0, 0, 0)) +
tm_legend(legend.width=1, legend.format=list(text.separator="a"),
  legend.position=c(.1, .10), legend.title.size=.8,
widths=c(.7, .3))

tmap_save(p, height=6.5, width=6.5, units="in", dpi=300,
  filename="data/img/anx2_spai_fg2.png")

rm(list=ls()[!ls() %in% f_var])

path <- c(
  "data/gis_files/areas_abrangencia/wgs84/centroide_",
  "data/gis_files/unidades_fixas_castracao.shp",
  "data/rds/ufc_captacao.rds",
  "data/rds/aa_captacao_",
  "data/rds/dist_aa_",
  "data/database/populacao_animal/",
  "data/gis_files/areas_abrangencia/wgs84/pol_",
  "data/database/castracao/oferta.rds")

# conjunto de dados de 2018
ano <- 2018
aa_c_2018 <- read_sf(str_c(path[1], ano, ".shp")) # centroides de AA
ufc_c <- read_sf(path[2]) # centroides de UFC
ufc_captacao <- readRDS(path[3]) # zonas das UFC
aa_captacao_2018 <- readRDS(str_c(path[4], ano, ".rds")) # zonas das AA
dist_aa_2018 <- readRDS(str_c(path[5], ano, ".rds"))
pop_2018 <- read.csv(str_c(path[6], ano, ".csv"), header=T,
  sep=";") # populacao animal estimada
aa_pol_2018 <- read_sf(str_c(path[7], ano, ".shp")) # poligonos das AA
capacidade_2018 <- readRDS(path[8]) %>%
  filter(AnoAtent == 2018) # oferta por UFC

```

```

ufc_captacao_2018 <- ufc_captacao
ufc_c_2018 <- ufc_c

aa_c_2018 <- aa_c_2018 %>%
  dplyr::select(-c(names(aa_c_2018)[c(1, 5:43)])) %>%
  dplyr::rename(DSAREA=NOME_AREA_, CDSMSA=COD_SMSA, CODAREA=COD_AREA_A,
               CDDIST=ID_DISTRIT) %>%
  mutate(DISTRITO=case_when(
    CDDIST == 1 ~ "BARREIRO", CDDIST == 2 ~ "CENTRO-SUL",
    CDDIST == 3 ~ "LESTE", CDDIST == 4 ~ "NORDESTE",
    CDDIST == 5 ~ "NOROESTE", CDDIST == 6 ~ "NORTE",
    CDDIST == 7 ~ "OESTE",
    CDDIST == 8 ~ "PAMPULHA", CDDIST == 9 ~ "VENDA NOVA"))

aa_pol_2018 <- aa_pol_2018 %>%
  dplyr::select(-c(names(aa_pol_2018)[c(1, 5:43)])) %>%
  dplyr::rename(DSAREA=NOME_AREA_, CDSMSA=COD_SMSA, CODAREA=COD_AREA_A,
               CDDIST=ID_DISTRIT) %>%
  mutate(DISTRITO=case_when(
    CDDIST == 1 ~ "BARREIRO", CDDIST == 2 ~ "CENTRO-SUL",
    CDDIST == 3 ~ "LESTE", CDDIST == 4 ~ "NORDESTE",
    CDDIST == 5 ~ "NOROESTE", CDDIST == 6 ~ "NORTE",
    CDDIST == 7 ~ "OESTE",
    CDDIST == 8 ~ "PAMPULHA", CDDIST == 9 ~ "VENDA NOVA"))

G_ij <- calc_Gij(aa_captacao_2018, dist_aa_2018, ufc_c_2018)

# populacao animal por AA
pop_2018 <- as_tibble(pop_2018)
pop_2018 <- pop_2018 %>%
  mutate(animais=c_2018 + g_2018, aa=as.character(aa))

# em 2018 ha 3 areas sem populacao animal,
# provavelmente por erro de registro
# ja que em 2012 e 2015 nao ocorre isso nessas areas
pop_2018 %>% filter(animais == 0)

```

```

pop_2012 <- read.csv(str_c(path[6], 2012, ".csv"), header=T,
  sep=";") # populacao animal estimada em 2012
pop_2015 <- read.csv(str_c(path[6], 2015, ".csv"), header=T,
  sep=";") # populacao animal estimada em 2015

pop_2012 <- pop_2012 %>%
  mutate(animais=c_2012 + g_2012, aa=as.character(aa))
pop_2015 <- pop_2015 %>%
  mutate(animais=C_2015 + G_2015, aa=as.character(aa))

pop_2012 %>% filter(animais == 0)
pop_2015 %>% filter(animais == 0)

# assim os dados de populacao nessas areas serao estimadas como a media
# da populacao (da area) nos anos de 2012 e 2015, acrescido da taxa media
# crescimento da populacao animal entre 2015 e 2018 na Regional da area
# desconsideradas as populacoes das areas com erro em 2018

media <- bind_rows(
  pop_2012 %>% filter(aa %in% c("1330", "7270", "9240")) %>%
    dplyr::select(aa, animais),
  pop_2015 %>% filter(aa %in% c("1330", "7270", "9240")) %>%
    dplyr::select(aa, animais)
) %>% group_by(aa) %>% dplyr::summarise(animais=mean(animais))

taxa <- left_join(
  pop_2015 %>% mutate(distrito=str_sub(aa, 1, 1)) %>%
    filter(distrito %in% c("1", "7", "9")) %>%
    dplyr::select(distrito, aa, animais) %>%
    dplyr::rename(animais15=animais),
  pop_2018 %>% mutate(distrito=str_sub(aa, 1, 1)) %>%
    filter(!aa %in% c("1330", "7270", "9240")) %>%
    filter(distrito %in% c("1", "7", "9")) %>%
    dplyr::select(distrito, aa, animais), by=c("aa")) %>%
  filter(!aa %in% c("1330", "7270", "9240")) %>%
  mutate(tx=animais/animais15) %>%
  group_by(distrito.x) %>% dplyr::summarise(tx=mean(tx))

```

```

pop_2018$animais[pop_2018$animais==0] <- round(media$animais * taxa$tx)

aa_c_2018 <- left_join(
  aa_c_2018 %>% dplyr::select(DSAREA, CDSMSA), pop_2018,
  by=c("CDSMSA"="aa"))

R_j <- calc_Rj(
  ufc_captacao_2018, aa_c_2018, G_ij, impedancia, capacidade_2018)

A_i <- calc_acesso(aa_captacao_2018, ufc_c_2018, G_ij,
  R_j, impedancia, aa_pol_2018)

# ASPA (acesso espacial ajustado)
ASPA_2018 <- left_join(A_i,
  aa_c_2018 %>% st_drop_geometry() %>%
  dplyr::select(-CDSMSA), by=c("DSAREA")) %>%
  mutate(oferta=sum(capacidade_2018$n, na.rm=T)) %>%
  mutate(SPAR_S=SPAR * oferta, SPAR_P=SPAR * animais) %>%
  mutate(ASPA=SPAR_S / sum(SPAR_P, na.rm=T)) %>%
  dplyr::select(DSAREA, DISTRITO, animais, oferta, SPAI, SPAR, ASPA,
    IVS.pond.A, cat_ivs_20)

patterns <- c("diamond","grid","hexagon","horizontal", "vertical",
  "zigzag","left2right","right2left","circle")

hachuras <- ASPA_2018 %>% filter(ASPA < .05) %>%
  hatchedLayer(mode="sfc", pattern=patterns[1], density=2)

hachuras_padroes <- st_sf(geometry=hachuras, ASPA="ASPA < 0.05")

p <- tm_shape(ASPA_2018) +
  tm_fill(col="ASPA", style="cont", palette="inferno", #n=10,
    title="ASPA em 2018", breaks=seq(0,.12,.01)) +

```

```

tm_compass(type="8star", position=c("RIGHT", "top")) +
tm_scale_bar(
  breaks=c(0, 1, 2, 3), text.size=1, position=c("right", .15)) +
tm_shape(hachuras_padroes) +
  tm_lines(col="ASPA", lwd=1, lwd.legend=1,
    legend.lwd.show=T, title.col="Área hachurada") +
tm_shape(ASPA_2018) +
  tm_borders(col = "black") +
tm_shape(ufc_c %>%
  mutate(UFC=case_when(
    nome == "ccz" ~ "CCZ", TRUE ~ str_to_title(nome)))) +
  tm_symbols(col="UFC", size=.6, palette="Accent",
    border.col="black",
    border.lwd=1) +
tm_legend(legend.position=c("LEFT", "top"), legend.title.size=.8) +
tm_layout(frame=F)
p <- tmap_arrange(p,
  tm_shape(ASPA_2018) +
    tm_fill(col="animais", title="População animal em 2018",
      palette="inferno",
      breaks=c(1, 500, 1000, 2000, 4000, 5000,
        max(ASPA_2018$animais))) +
tm_shape(ASPA_2018) +
  tm_borders(col = "black") +
tm_layout(frame=F, asp=.75, outer.margins=c(0, 0, 0, 0.2),
  inner.margins=c(0, 0, 0, 0)) +
tm_legend(legend.width=1, legend.format=list(text.separator="a"),
  legend.position=c(.1, .10), legend.title.size=.8,
  widths=c(.7, .3))

tmap_save(p, height=6.5, width=6.5, units="in", dpi=300,
  filename="data/img/anx2_spai_fg3.png")

rm(list=ls()[!ls() %in% f_var])

ivs_aspa_plot <- function(aspera_obj, ano){
  aspera_obj %>%

```



```

mutate(cat_ivs_20=factor(cat_ivs_20, levels=c("B","M","E",
      "ME"))) %>%
ggplot() +
geom_boxplot(aes(y=ASPA, fill=cat_ivs_20, x=cat_ivs_20)) +
scale_fill_brewer(palette="Blues",
      labels=c("Baixo","Médio","Elevado","Muito Elev.)) +
theme_bw() +
labs(y=paste("ASPA em", ano), fill="IVS",
      x="Índice de Vulnerabilidade à Saúde")
}

p <- ivs_aspa_plot(ASPA_2012, 2012) / ivs_aspa_plot(ASPA_2015, 2015) /
ivs_aspa_plot(ASPA_2018, 2018)

ggsave(plot=p, dpi=300, width=6.5, height=6,
      filename=paste("data/img/",
      "anx2_spai_fg4", ".png", sep=""))

ASPA_2012<-ASPA_2012%>%
  mutate(cat_ivs_20=factor(cat_ivs_20, levels=c("B","M","E","ME")))
ASPA_2015 <- ASPA_2015 %>%
  mutate(cat_ivs_20=factor(cat_ivs_20, levels=c("B","M","E","ME")))
ASPA_2018 <- ASPA_2018 %>%
  mutate(cat_ivs_20=factor(cat_ivs_20, levels=c("B","M","E","ME")))

sfca_resultados <- list(aspera=list(ASPA_2012, ASPA_2015, ASPA_2018),
  kw=list(
    kw12=kruskal.test(ASPA ~ cat_ivs_20, data=ASPA_2012),
    kw15=kruskal.test(ASPA ~ cat_ivs_20, data=ASPA_2015),
    kw18=kruskal.test(ASPA ~ cat_ivs_20, data=ASPA_2018)),
  wilc=list(
    wilc12=pairwise.wilcox.test(ASPA_2012$ASPA, ASPA_2012$cat_ivs_20,
      p.adjust.method="bonferroni"),
    wilc15=pairwise.wilcox.test(ASPA_2015$ASPA, ASPA_2015$cat_ivs_20,
      p.adjust.method="bonferroni"),
    wilc18=pairwise.wilcox.test(ASPA_2018$ASPA, ASPA_2018$cat_ivs_20,
      p.adjust.method="bonferroni")))

```

```
saveRDS(sfca_resultados, "data/rds/sfca_resultados.rds")
```