

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

O javali (*Sus scrofa*) no Brasil: controle, prevenção e impactos econômicos

Gustavo Dantas Lobo

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

Piracicaba
2022

Gustavo Dantas Lobo
Economista

O javali (*Sus scrofa*) no Brasil: controle, prevenção e impactos econômicos
versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **CARLOS EDUARDO DE FREITAS VIAN**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Economia Aplicada

Piracicaba
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Lobo, Gustavo Dantas

O javali (*Sus scrofa*) no Brasil: controle, prevenção e impactos econômicos / Gustavo Dantas Lobo. versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. -- Piracicaba, 2022.

114p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Espécie invasora 2. Javali 3. Controle 4. Prevenção 5. Impactos econômicos I. Título

AGRADECIMENTOS

Durante toda minha vida fui movido pela curiosidade. Sempre me dediquei ao intrigante, negligenciando aquilo que julgava “desinteressante”. Com essa tese não foi nada diferente. Escrever, enquanto economista, sobre um fenômeno ecológico imediatamente me seduziu, tanto pela natureza do problema quanto pela complexidade. Essas próximas linhas nada mais são do que o reflexo da coragem de encarar esse desafio. Não quero aqui passar a impressão de soberba, só a de que fico orgulhoso de mim mesmo com esse resultado final.

Todavia, essa tese nada seria sem a ajuda de pessoas e instituições que me acompanharam desde o início. A ordem citada não reflete a importância destas em minha vida e na confecção desse trabalho, porém todas tiveram papel central nessa empreitada.

Primeiramente gostaria de agradecer minha família: minha mãe Magda, que sempre me dedicou todo o amor do mundo, além de ter plena confiança em minhas escolhas e ter me dado toda a liberdade para ser eu mesmo. Ao meu irmão João Paulo, por ser simplesmente meu melhor amigo em tudo. A Letícia, minha companheira de vida, parceira dos momentos bons e ruins, que sempre confiou em mim, com toda a paciência do mundo, encarando comigo toda essa longa jornada da pós-graduação (e da vida). Sem dúvida, sem vocês nada disso teria acontecido.

Além disso, gostaria muito de agradecer à toda a minha família Dantas, em especial meu tio Ricardo, minha tia Soraia e minha avó Tereza, que tanto fazem por mim e pela minha família. Gostaria também de agradecer à toda a família Lobo, pelo amor incondicional e por ser a imagem do meu pai na terra! Merecem também menção, meus sogros Erli e Sônia, que me acolheram desde sempre como parte da família!

Meu agradecimento também às instituições que me moldaram enquanto ser pensante, minha saudosa UFV, e a Gloriosa ESALQ. Se todo brasileiro tivesse a oportunidade de se educar em instituições como estas, sem dúvida o Brasil seria um país melhor.

Aos meus amigos de PPGEA, obrigado pelos debates infundáveis e pelo companheirismo, tanto nos almoços no RUCAS da vida, quanto na vida em república. Miranda, Aduzinho, João Paraná, William's, Giovanni, Seabra, Elder, com certeza sou um melhor economista (e pessoa) graças a vocês. Não poderia esquecer também do meu irmão de vida, Victor Lana que juntamente com meu irmão de sangue me propiciaram os melhores sete anos da minha vida, com muito companheirismo, cachaçada, debate e resenha boa.

Gostaria de agradecer também ao PPGEA pela oportunidade de aprender tanto e pelo meu orientador Calor Eduardo Vian, pela parceria e apoio no trabalho. Além de instituições

como o CEPEA e a ADEALQ que auxiliaram, e muito, na divulgação dos questionários em plena pandemia. Enfim, agradeço às instituições de fomento CAPES e CNPQ pelo financiamento deste trabalho.

Por fim, mas não menos importante (exatamente o contrário), gostaria de agradecer ao meu falecido pai, Francisval de Oliveira Lobo por simplesmente tudo. Infelizmente você não está mais aqui, mas tenho a certeza de que se orgulharia. Sem sombra de dúvidas você se faz vivo em mim.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. Justificativa.....	15
1.2. Objetivos.....	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1. Teoria Econômica e espécies invasoras	17
2.2. O javali no mundo	19
2.3. Análise bibliométrica das publicações acerca do javali no Brasil.....	21
2.4. O javali no Brasil.....	24
3. A PERCEPÇÃO DE AGENTES DA AGROPECUÁRIA EM RELAÇÃO AO JAVALI...	31
3.1. Resultados gerais dos questionários	31
4. O CONTROLE DO JAVALI NO BRASIL	39
4.1. Esforço de controle e pressão de caça	42
4.2. Base de dados utilizada	42
4.3. Modelo estimado	45
4.4. Resultados.....	46
4.4.1. Análise descritiva	46
4.4.2. Resultados do modelo.....	50
4.5. Desafios para o manejo populacional do javali: uma análise de discurso.....	54
5. ONDE ESTÃO E PARA ONDE VÃO: INDICADOR DE PRIORIZAÇÃO DE CONTROLE E PREVENÇÃO NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS	59
5.1. Estratégia metodológica	67
5.2. Resultados.....	72
5.2.1. Modelo estimado	72
5.2.2. Mapa de risco de ocorrência de javalis.....	76
5.2.3. O escore de risco de ocorrência e a produção de suínos	79
6. IMPACTO ECONÔMICO DO JAVALI: PROPOSTA DE MODELO	83
6.1. Tentativa de quantificação dos impactos econômicos ocasionados pelo javali	83

6.2. Dinâmica de Sistemas no contexto do manejo de fauna.....	85
6.3. O modelo populacional base.....	87
6.4. A dinâmica populacional, do controle e do impacto econômico.....	91
6.5. Recomendações.....	99
7. ORIENTAÇÕES À POLÍTICA DE MANEJO DO JAVALI.....	103
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	105
REFERÊNCIAS.....	107
ANEXOS.....	113

RESUMO

O javali (*Sus scrofa*) no Brasil: controle, prevenção e impactos econômicos

Nas últimas três décadas o Brasil presenciou de forma quase inerte a expansão da população do javali. Espécie exótica e invasora, o javali é considerado uma das 100 piores pragas agrícolas do mundo. Dotado de características excepcionais que propiciam alta adaptabilidade à quase qualquer bioma (alta reprodução, hábitos alimentares heterogêneos e falta de predador natural), o javali vem expandindo seu território, ocupando cerca de 30% dos municípios brasileiros. Além do impacto econômico direto na forma de predação de lavouras, o javali representa uma ameaça iminente, tanto em termos sanitários, uma vez que é depósito de inúmeras doenças, podendo comprometer a sanidade humana e dos rebanhos, quanto em termos ambientais, uma vez que compete por recursos com animais silvestres, contamina e assoreia nascentes e preda fauna e flora. Diante desse conflito entre fauna e seres humanos, mais acentuado pela questão do javali, é primordial refletir acerca de uma política de fauna pautada no manejo. É exatamente nesse ponto que a presente tese procura contribuir. Através das informações (escassas) relacionadas ao javali no Brasil, a presente tese representa um esforço em avaliar três aspectos primordiais do processo de invasão de uma espécie exótica: i) controle; ii) prevenção; iii) impacto econômico. Para tal, diversas estratégias foram adotadas. Para o controle, foram utilizadas informações dos relatórios de manejo afim de se identificar quais fatores relacionados ao engajamento de caça afetam a produtividade da caça. Tais resultados são fundamentais para pautar as decisões acerca das políticas de manejo. No campo da prevenção, foi construído um modelo com o intuito de definir áreas prioritárias, tanto para o controle quanto para a prevenção. Partindo do pressuposto que características edafoclimáticas e de uso da terra afetam a probabilidade de existência do javali e que quanto maior essa probabilidade, maiores as chances de prosperidade da espécie, aqueles municípios com alta probabilidade de presença e que já registraram a presença do javali foram classificados como prioridades para o controle. De forma análoga, aqueles que ainda não tem registro, mas que possuem alta probabilidade de ocorrência (ou seja, possuem as características adequadas para a prosperidade da espécie) são classificados como prioridade para a prevenção. Por fim, no âmbito dos impactos econômicos, foi construído um modelo de dinâmica de sistemas capaz de relacionar a dinâmica populacional do javali e sua relação com os impactos econômicos e com o esforço de controle. Um modelo desse tipo possui alta adequabilidade, interatividade e simplicidade, podendo ser aplicado a qualquer município para uma aferição rápida dos impactos econômicos oriundos da presença do javali. Vale ainda ressaltar o esforço realizado para captar as percepções de agentes relacionados à agropecuária em relação ao fenômeno de invasão do javali. Para tal, foram aplicados 228 questionários online buscando evidenciar questões como os impactos relacionados ao javali e os principais desafios para o controle. Os resultados reforçam as externalidades negativas oriundas da presença do javali e a necessidade de aprimoramento da política de fauna no Brasil, em especial a exótica.

Palavras-chave: Espécie invasora, Javali, Controle, Prevenção, Impactos econômicos

ABSTRACT

The wild boar (*Sus scrofa*) in Brazil: control, prevention and economic impacts

In the last three decades, Brazil has witnessed almost inertly the expansion of the wild boar population. An exotic and invasive species, the wild boar is considered one of the 100 worst agricultural pests in the world. Endowed with exceptional characteristics that provide high adaptability to almost any biome (high reproduction, heterogeneous eating habits and lack of a natural predator), the wild boar has been expanding its territory, occupying about 30% of Brazilian municipalities. In addition to the direct economic impact in the form of predation on crops, wild boar represents an imminent threat, both in health terms, since it is the deposit of numerous diseases, which can compromise human and herd health, and in environmental terms, since competes for resources with wild animals, contaminates and silts up springs and preys on fauna and flora. Faced with this conflict between fauna and human beings, more accentuated by the wild boar issue, it is essential to reflect on a fauna policy based on management. It is precisely at this point that this thesis seeks to contribute. Through the (scarce) information related to wild boar in Brazil, this thesis represents an effort to evaluate three key aspects of the invasion process of an exotic species: i) control; ii) prevention; iii) economic impact. To this end, several strategies were adopted. For control, information from management reports was used in order to identify which factors related to hunting engagement affect hunting productivity. Such results are fundamental to guide decisions about management policies. In the field of prevention, a model was built in order to define priority areas, both for control and prevention. Assuming that edaphoclimatic and land use characteristics affect the probability of wild boar existence and that the greater this probability, the greater the chances of prosperity of the species, those municipalities with a high probability of presence and that have already recorded the presence of the wild boar were classified as priorities for control. Similarly, those that still do not have a record, but that have a high probability of occurrence (that is, have the appropriate characteristics for the prosperity of the species) are classified as a priority for prevention. Finally, within the scope of economic impacts, a system dynamics model was built, capable of relating the wild boar population dynamics and its relationship with economic impacts and control efforts. A model of this type has high suitability, interactivity and simplicity, and can be applied to any municipality for a quick assessment of the economic impacts arising from the presence of wild boar. It is also worth mentioning the effort made to capture the perceptions of civil society in relation to the phenomenon of wild boar invasion. To this end, 228 online questionnaires were applied, seeking to highlight issues such as the impacts related to wild boar and the main challenges for control. The results reinforce the negative externalities arising from the presence of wild boar and the need to improve the fauna policy in Brazil, especially the exotic.

Keywords: Invasive species, Wild boar, Control, Prevention, Economic impacts

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Distribuição dos registros de ocorrência de javalis no Brasil até 2019.	12
Figura 2: Nuvem de palavras-chave de maior frequência nas publicações sobre o javali no Brasil.	23
Figura 3: Rede de coocorrência de palavras-chave.	24
Figura 4: Porcos ferais no Brasil. A imagem A à esquerda refere-se ao Cateto (Pecari Tajacu). A imagem B refere-se ao Queixada (Tayassu Pecari) e a imagem C ao javali (Sus Scrofa)...	25
Figura 5: Rede de coocorrência de impactos do javali reconhecidos pelos respondentes.	34
Figura 6: Coocorrência de métodos de controle populacional do javali utilizados pelos produtores.	36
Figura 7: Total de abates, por UF e por tipo de manejo.	47
Figura 8: Quinze municípios com maior n° de abates, por tipo de manejo.	48
Figura 9: Distribuição percentual dos abates, por tipo de manejo.	49
Figura 10: N° de abates por método e relação entre abates, esforço e método.	50
Figura 11: Distribuição dos abates.	51
Figura 12: Exemplo de codificação de opinião.	55
Figura 13: Rede de coocorrência de sugestões. Fruchterman-Reingold e Circle.	57
Figura 14: Efeitos marginais médios sobre a probabilidade de ocorrência do javali.	74
Figura 15: Distribuição (<i>box plots</i>) dos escores estimados por categoria de aptidão agrícola.	75
Figura 16: Distribuição do escore estimado por n° de fontes de registro.	76
Figura 17: Escores estimados para os municípios COM registro de presença do javali.	77
Figura 18: Escores estimados para os municípios SEM registro de presença do javali.	78
Figura 19: Efetivo suíno e escore estimado.	80
Figura 20: Abordagem de dinâmica de sistemas.	86
Figura 21: Dinâmica populacional do javali.	88
Figura 22: Função lookup do efeito crowding.	89
Figura 23: Dinâmica populacional do javali somente com a pressão natural do carrying capacity.	90
Figura 24: Modelo populacional enriquecido.	91
Figura 25: Relação não linear da evolução temporal do n° de caçadores.	94
Figura 26: Efeito da população de javalis sobre a eficiência do esforço de caça.	95
Figura 27: dinâmica populacional do javali com e sem o esforço de caça.	96
Figura 28: evolução da população de caçadores.	97
Figura 29: evolução do esforço de caça.	98
Figura 30: evolução do impacto econômico.	98
Figura 31: Dinâmicas da população de caçadores para o cenário base (vermelho) e o cenário com taxas de entrada sustentadas ao longo do tempo (azul).	100
Figura 32: Cenários para a dinâmica populacional de javalis no cenário sem pressão de caça (verde), com pressão de caça, mas sem taxas de entrada de caçadores sustentada (vermelho) e com taxas de entrada de caçadores sustentada no tempo (azul).	100
Figura 33: dinâmicas do impacto econômico, variando a entrada de caçadores (cenário base em azul e cenário positivo em vermelho).	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estatísticas descritivas dos artigos levantados para o Brasil.....	22
Tabela 2: Sumário dos impactos socioeconômicos e ambientais registrados no Brasil.	27
Tabela 3: Resultados gerais obtidos via questionários.	32
Tabela 4: Histórico da legislação do manejo do javali no Brasil.	40
Tabela 5: Estatísticas descritivas e descrição das variáveis.....	44
Tabela 6: Resultados das três especificações do modelo de distribuição binomial negativa. ..	52
Tabela 7: Levantamento bibliográfico relacionados ao javali e o nicho potencial.	61
Tabela 8: Estatísticas descritivas, descrição e fonte das variáveis utilizadas no modelo.	69
Tabela 9: Efeitos marginais das covariáveis sobre a probabilidade de ocorrência do javali. Modelo completo e modelo da subamostra.....	73
Tabela 10: Percentual de perdas e valor das perdas registradas por cultura e região.	85
Tabela 11: Funções do modelo populacional básico, sem pressão de controle.	88
Tabela 12: Funções do modelo populacional enriquecido, sem pressão de controle e impacto econômico.	92

1. INTRODUÇÃO

O processo de antropização de áreas silvestres tem por externalidade negativa a acentuação dos conflitos entre fauna e seres humanos. Nas últimas duas décadas, esse conflito se acentuou, especialmente devido à relação com uma espécie em particular, o javali (*Sus Scrofa*). Nativo da Eurásia (portanto, espécie exótica), o javali desde o fim da década de 1980 vem aumentando seus registros e se espalhando por todo o Brasil. Em registro referente à 2014, da Rosa, et al (2016) identificaram 472 municípios invadidos. Mais tarde, em um esforço amplo do IBAMA, foram identificados 1536 municípios, quase 30% do total de municípios brasileiros (IBAMA, 2019).

Segundo Marbuah, et al (2014), o processo de invasão tem características aleatórias e estocásticas, possuindo quatro estágios observáveis: introdução, estabelecimento, multiplicação/dispersão e percepção de danos. A maioria das espécies invasoras não consegue se estabelecer em um bioma alheio ao seu, porém, aquelas que o conseguem, podem atingir o patamar de pragas por possuírem características biológicas intrínsecas. O javali, por exemplo, fatores como seu padrão alimentar e reprodutivo, resiliência aos diferentes biomas e a falta de predadores naturais, permitiram que a espécie se estabelecesse e prosperasse, aumentando em poucas décadas sua população e área invadida.

Além do conflito evidente via predação de culturas agrícolas, o javali impõe um desafio sanitário e ambiental à sociedade, uma vez que é um grande reservatório de doenças que podem comprometer tanto a saúde humana quanto dos rebanhos além de impor pressão sobre o meio ambiente na forma de predação e competição com animais e plantas silvestres e contaminação e destruição de nascentes.

A Figura 1 abaixo mostra a abrangência da invasão do javali e seus híbridos segundo o IBAMA. Foram consultadas 12 fontes distintas, em especial um levantamento do MAPA junto às secretarias de agricultura municipais para a determinação dos municípios com registro de ocorrência.

Figura 1: Distribuição dos registros de ocorrência de javalis no Brasil até 2019.

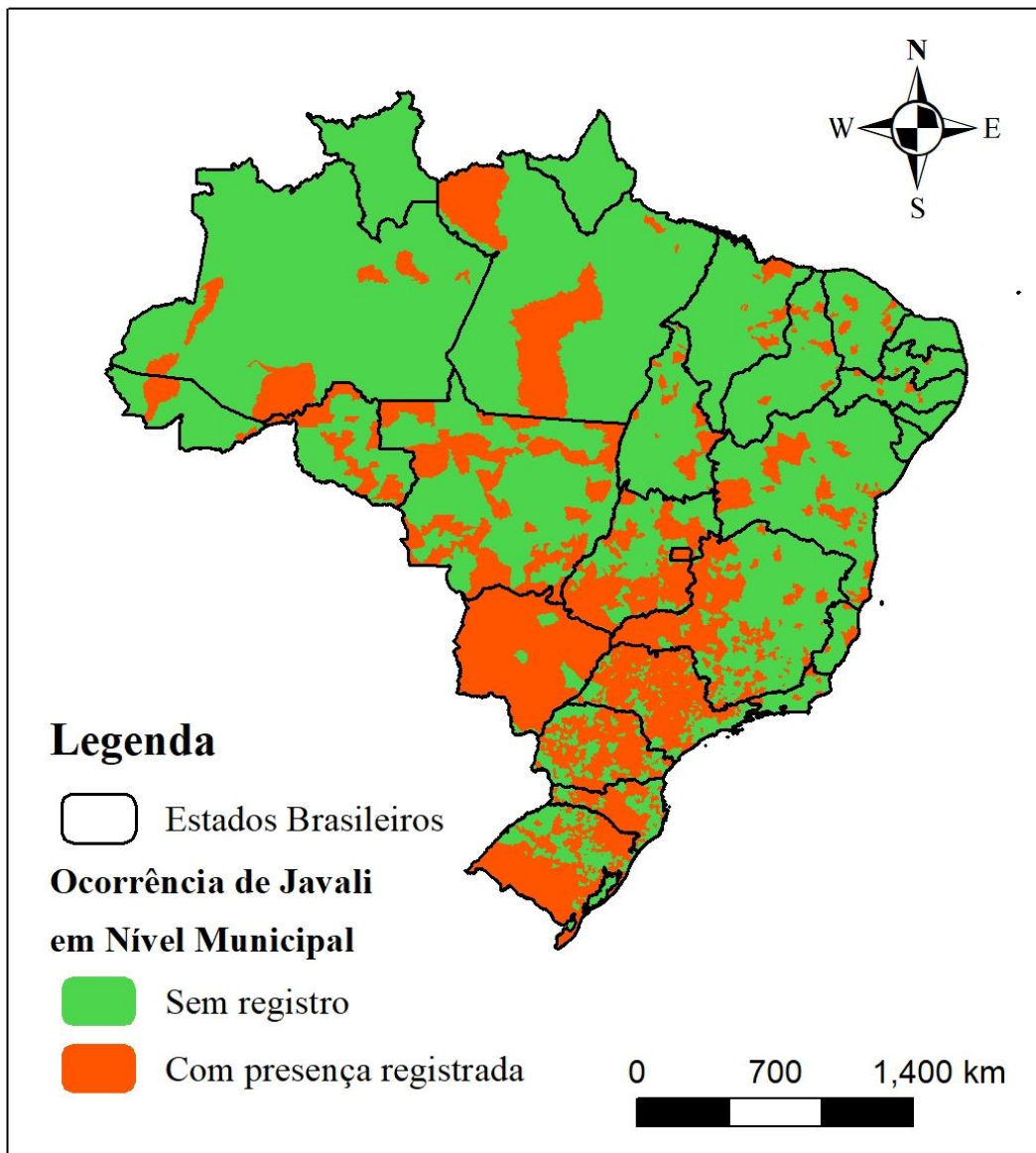


Figura 1: Distribuição dos registros de ocorrência de javalis no Brasil até 2019.

Fonte: Elaboração própria com base nos dados de ocorrência do IBAMA.

Percebe-se que, ao longo de três décadas o javali já está presente em todos os biomas brasileiros, com maior concentração nas regiões, Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Diante desse cenário, é imprescindível a adoção de uma política de fauna capaz de endereçar esse problema. Este ponto é fundamental para o entendimento da magnitude do problema e dos desdobramentos futuros. Uma vez que o controle populacional do javali é feito quase que exclusivamente via caça, uma política de fauna capaz de controlar o crescimento da invasão perpassa pelo convencimento da sociedade da importância do abate e do papel do caçador (ou

controlador) neste processo. Depois de décadas de marginalização, esse entendimento é imprescindível para a evolução da política de fauna do Brasil.

O controle do javali depende do arranjo institucional de cada país. De forma geral, o controle pode ser realizado via caça, armadilhas ou por iscas envenenadas (TISDELL, 2013). A tecnologia utilizada para cada modal de controle depende da legislação de controle, ou seja, se a espécie é tratada como animal de caça esportiva ou somente como praga a ser controlada, se é permitida o uso de cães de perseguição e de agarre, se a caça só pode ser realizada em espera em ceva, ou até mesmo a política de acesso à armamento. Todos esses fatores afetam a produtividade do controle (pressão de caça), além dos custos marginais de se controlar o javali.

No Brasil, o controle ao javali vem sendo institucionalizado desde 1995, porém, as legislações construídas foram pontuais para cada Estado. Somente em 2013 que a espécie foi declarada como nociva e considerada uma praga rural via lei federal promulgada. Em 2017, num esforço de compreender melhor a extensão da invasão e estipular normas mais claras de controle, foi realizado o Plano Javali, que estabelece as diretrizes gerais da política de controle populacional. Todavia, o controle do javali em termos legais vem sofrendo diversas críticas e ataques, principalmente por parte de ambientalistas. Por parte da comunidade rural, a crítica se pauta no excesso de regras e burocracias, que dificultam e encarecem o controle (PLANO JAVALI, 2017).

Dado o crescente impacto das pragas agrícolas, o esforço dos economistas para construir modelos capazes de compreender como a dinâmica biológica afeta o bem-estar social também vem aumentando. Desta forma, construir modelos que propõem relacionar ecologia e economia abre espaço para o trabalho multidisciplinar entre ecólogos e economistas. Drechsler, et al (2007) buscaram comparar quais as similaridades e diferenças entre trabalhos que os autores tratam como puramente econômicos, puramente ecológicos ou econômico-ecológicos. Para tal, escolheram aleatoriamente 60 artigos distribuídos em oito periódicos internacionais que tratam da temática. Os autores identificaram que os trabalhos econômicos tendem a ser menos complexos e generalistas e, em sua maioria, ignoram questões temporais e espaciais em suas análises. Em contrapartida, os trabalhos classificados como puramente ecológicos, compartilham de muitas características dos puramente econômicos, porém tratam de problemas de forma mais complexa e específica, além de consideraram questões como incerteza, tempo e espaço. Os trabalhos econômico-ecológicos se encontram em algo no meio termo, variando em termos de complexidade.

Ao revisarem a literatura a cerca da modelagem em bioeconomia focada na determinação dos impactos economicos e ambientais e na política de manejo ótima, Epanchin-Niell e Hastings (2010) consideraram três componentes na modelagem que são essenciais para determinar a política de controle ótimo, são eles: considerar a dinâmica biológica da invasão, os custos do esforço de controle e definir uma medida dos impactos econômicos. Os autores apontam que o maior desafio para a modelagem bioeconômica é considerar questões de incerteza, uma vez que o processo de invasão tem um componente estocástico considerável.

Diante da dificuldade de se contemplar as relações biológicas de uma espécie e suas implicações na economia e na sociedade, a presente tese representa esforço inédito na literatura econômica no Brasil, uma vez que busca discutir um fenômeno ecológico/biológico em termos econômicos. Através das informações (escassas) acerca da invasão do javali, o presente trabalho busca abordar três aspectos fundamentais do processo de invasão de uma espécie exótica. São eles: controle, prevenção e impactos econômicos.

Como estratégia qualitativa, um questionário online direcionado à agentes da agropecuária, em especial para produtores, foi aplicado. Esse questionário aborda tanto questões de percepção sobre a invasão do javali, quanto de impacto econômico propriamente dito. Ao todo, 228 repostas válidas foram coletadas referentes a 148 municípios distintos.

Na etapa do controle, buscou-se trazer um retrospecto da política de controle do javali no Brasil e no mundo. Além disso, através dos relatórios de manejo, buscou-se identificar quais componentes do esforço de controle são mais importantes na efetividade do manejo. Tais resultados podem ser de extrema valia se utilizados na tomada de decisão sobre a melhor política de controle a ser adotada pelos *policy makers*.

O segundo aspecto, o da prevenção, é tratado aqui através do conceito de nicho potencial. Uma vez que existe um componente determinístico no processo de invasão, é possível definir um grau de adequabilidade para a existência e prosperidade de uma espécie. Desta forma, foi construído um modelo afim de identificar quais municípios do Brasil possuem maior probabilidade de ocorrência do javali. Deste modo, partindo da hipótese de que a probabilidade de ocorrência do javali é função da propensão à prosperidade da espécie, aqueles municípios invadidos e com alta propensão à ocorrência são considerados prioritários em termos de manejo, uma vez que possuem todas as características para que aquela população invasora prospere. Aqueles com alta probabilidade de ocorrência do javali mas que não tem registros são, por consequência, aqueles com maior prioridade de prevenção.

O terceiro e último ponto é talvez o mais desafiante e complexo é a quantificação dos impactos econômicos. Uma vez que as informações são escassas, foram definidos os princípios básicos de um modelo de simulação baseado em dinâmica de sistemas (*System Dynamics*) do tipo *flight simulator*, a fim de se relacionar a dinâmica populacional do javali e sua relação com os impactos econômicos e a política de controle. O modelo tem por característica a alta simplicidade e adequabilidade para o contexto de qualquer município. A intenção com o modelo é construir uma ferramenta de aferição dos impactos econômicos que seja simples, interativa e adaptável.

Desta forma, a presente tese esta dividida da seguinte forma: (i) a presente introdução; (ii) uma revisão de literatura, apresentando aspectos biológicos da espécie, as implicações em termos econômicos de um processo de invasão biológica, o processo de invasão do javali no mundo e no Brasil; (iii) o questionário de percepção sobre a invasão; (iv) o modelo de controle do javali no Brasil; (v) o modelo de priorização de controle e prevenção através da identificação de nichos potenciais; (vi) o modelo que relaciona a dinâmica populacional do javali e os impactos econômicos; (vii) as considerações finais.

1.1. Justificativa

O javali (*Sus Scrofa*) é considerado o maior mamífero de grande porte invasor, estando presente em quase todos os continentes do mundo sendo, dentre os invasores, o que mais implica em perdas na lavoura. Seu potencial destrutivo devido ao seu padrão alimentar e a ausência de predadores naturais, além de ser um potencial vetor de doenças que poderiam comprometer a sanidade dos rebanhos além de uma importante ameaça ao meio ambiente, justificam o esforço de estimar seus impactos econômicos e a criação de modelos bioeconômicos capazes de compreender a dinâmica biológica da espécie e suas implicações no bem estar social.

1.2. Objetivos

Os objetivos do presente trabalho são: (i) identificar qual a percepção social acerca da invasão do javali; (ii) construir modelos para subsidiar a política de controle; (iii) construir modelos para subsidiar a política de prevenção; (iv) construir modelos capazes de se estimar um impacto econômico da invasão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A revisão de literatura aqui conduzida pode ser dividida em três partes. A primeira refere-se a um levantamento da literatura acerca da teoria econômica de espécies invasoras. A segunda trata do processo de invasão do javali no mundo. Por fim, um levantamento literário mais minucioso foi realizado para o Brasil utilizando-se técnicas bibliométricas.

2.1. Teoria Econômica e espécies invasoras

Definir e quantificar os danos causados por uma espécie invasora é uma tarefa complexa. Isso porque muitas vezes os danos não são facilmente quantificáveis como é o caso das perdas na agricultura, por exemplo. Perdas relacionadas à extinção de espécies nativas ou a redução do uso de uma reserva para fins de turismo apresentam difícil quantificação. O simples fato de uma floresta ou espécie existir afeta o nível de utilidade dos agentes, de forma que, quantificar os impactos sobre o bem-estar da sociedade advindos de uma espécie invasora requer uma abordagem complexa. Diante disso, é possível dividir o valor econômico total de um ecossistema em valores de uso e de não uso, sendo poucos os trabalhos que buscam esmiuçar todos os custos (BORN; RAUSCHMAYER; BRÄUER, 2005).

Porém, existe um aspecto contraditório em algumas populações invasoras. Ao mesmo tempo em que se pode encará-las como pestes que causam danos à sociedade, as mesmas podem ser consideradas recursos naturais a serem explorados em atividades como a caça esportiva. Zivin, et al (2000) propuseram um modelo em que essa dualidade é tratada. Dada as oportunidades econômicas e o arranjo institucional, produtores rurais podem transformar um animal considerado uma peste em uma fonte de recursos ao se emitir direitos de caça em suas propriedades. Desta forma, o modelo pretendeu explorar dois regimes de manejo populacional: o primeiro, em que um dado controle populacional é alcançado através de um custo de controle privado do agricultor e o segundo, em que a população controlada gera lucros em forma de vendas de licença de caça. Skonhft e Olaussen (2005) propuseram um modelo semelhante para analisar a relação dual entre peste e recurso natural do alce nos países escandinavos. Para tal, os autores incluíram um componente espacial, em que no mesmo período, o alce é tratado como praga em uma localidade e como recurso de caça esportiva em outra.

Barbier e Shogren (2004) propõem um modelo de crescimento endógeno em que o risco de invasão biológica é função da acumulação de capital. Uma vez que o principal vetor

de invasões é via comércio, os autores propõem um modelo em que a invasão biológica ocorre como fruto de um efeito *spillover* da importação de bens de capital, ou seja, quanto maior o estoque de capital, maior o risco de se aumentar o estoque de espécies invasoras. Dependendo do tipo de impacto que a invasão gera e como o dano marginal se comporta em relação aos possíveis benefícios marginais que a espécie pode gerar em termos de bem-estar para a sociedade, os autores propõem diferentes conduções de políticas, como, por exemplo, o governo atuar com uma taxaço do tipo pigoviano.

O papel do comércio internacional no processo de invasão biológica é averiguado por diversos autores. Dalmazzone, et al (2014) construíram um modelo afim de identificar um padrão generalista dos fatores que afetam a quantidade de espécies invasoras em um país. Para isso, consideraram o volume de transações entre 123 países, além de características espaciais como transações de longa e curta distância. Além disso, os autores consideraram em seu modelo características bioclimáticas de cada país e similaridades entre os biomas de casa país, a fim de testar a hipótese de que biomas semelhantes entre habitat natural e invadido é um fator que afeta o estoque de espécies invasoras. Além disso, variáveis que captam pressões das atividades econômicas sobre o meio ambiente também foram incluídas.

Através da análise temporal da quantidade de descobertas de espécies invasoras e do volume de importações realizadas na Baía de São Francisco, na Califórnia, Costello, et al (2007) identificaram que a acumulação de espécies invasoras introduzidas via comércio marítimo é uma função côncava do volume de importações, e que diferentes regiões impõem riscos distintos de invasão dadas características biogeográficas de cada região. Para tal, os autores estimaram o risco marginal e acumulado para cada região para cada aumento adicional no volume de importações.

Um dos braços da política de manejo de espécies invasoras é a prevenção em relação à invasão. Poucos modelos consideram o fator prevenção na busca por uma política ótima de manejo. Epanchin-Niell e Liebhold (2015) propuseram um modelo teórico em que espécies que se instalam e se espalham rapidamente e que manifestam danos grandes e de curta duração são aquelas que apresentam um maior benefício com a prevenção do que aquelas espécies que demoram tempo para se espalhar e que apresentam danos pequenos e diluídos no tempo.

A tomada de decisão de política de manejo ótima é influenciada pela aversão ou não ao risco que o *policy maker* demonstra. Portanto, considerar o risco um elemento da modelagem de manejo ótimo é fundamental. Finnoff, et al (2005) apresentam um modelo de risco endógeno que busca compreender como mudanças nas preferências em relação ao risco

afetam o nível ótimo de controle e prevenção de uma espécie invasora. Um dos resultados identificados é que um *policy maker* avesso ao risco tende a reduzir o nível de prevenção em prol do nível de controle, reduzindo assim, o bem-estar global do sistema.

Outro fator que compromete a condução de uma política de controle ótimo é a questão da ação coletiva. Como as espécies invasoras podem se espalhar e causar danos em grandes áreas, os incentivos privados de controle se reduzem, pois assumir o custo privado implica em reduzir os danos nas demais propriedades. Epanchin-Niell, et al (2010) argumentam que, quanto mais subdividida é uma área, maiores são os custos privados de se adotar políticas de controle. Isto porque como os benefícios do controle são diluídos entre os vários produtores, muitos podem optar por não assumirem os custos do controle, aumentando assim, os custos para aqueles que optam por controlar uma espécie invasora. Além disso, a diversificação de atividades nas diversas áreas rurais também muda os incentivos em controlar dada espécie, uma vez que ela pode afetar de forma diferente as diferentes culturas. Ou seja, de forma geral, o controle populacional de uma espécie exótica perpassa pela solução de problemas de ação coletiva, necessitando de um arranjo institucional capaz de convencer as partes a adotarem o controle ótimo.

2.2. O javali no mundo

Por todo mundo, os custos, tanto de controle, quanto dos danos causados pelas espécies invasoras são reportados e estimados. Pimentel, et al (2005) estimaram um custo de \$120 bi/ano gerados pelas 50.000 espécies invasoras presentes nos Estados Unidos. As espécies vertebradas representam \$46 bi/ano do custo total anual, sendo o javali e os porcos asselvajados responsáveis por um custo de controle e dano de \$1.5 bi/ano (PIMENTEL, 2007).

Diferente de Pimentel (2005, 2007), Engeman, et al (2003) propõem um modelo em que buscam estimar o custo de uso indireto dos danos causados por javalis em parques estaduais da Florida, relacionando os danos aos custos de restauração das áreas degradadas.

Além dos inúmeros impactos diretos relacionados à predação das culturas agrícolas, o javali representa uma séria ameaça à segurança alimentar e sanitária, uma vez que é vetor de 30 vírus e bactérias diferentes (WILLIAMS; BARKER, 2008). Cozzens, et al (2010) propuseram um modelo bioeconômico em que foi simulado os impactos de um possível surto de febre aftosa em populações de porcos asselvajados e a possível contaminação de rebanhos

para o estado do Missouri, nos EUA. Para um surto de 45 dias, o rebanho contaminado e, conseqüentemente abatido, seria da ordem de 18,658 animais, representando um custo direto aos pecuaristas em torno de \$7.5 milhões e um impacto indireto gerado pela perda de receita de cerca de \$4.4 milhões, totalizando um custo potencial estimado de quase 12 milhões de dólares.

Existem muitas formas de se estruturar uma política de manejo do javali e cada forma depende diretamente de fatores como a densidade populacional, topografia, cobertura vegetal, burocracia e normas, além das pressões de diferentes estruturas da sociedade organizada (MASSEI; ROY; BUNTING, 2011). Massei, et al (2011), ao revisarem os modais de controle e suas relações de custo benefício, propuseram um *framework* de tomada de decisão acerca da melhor opção de controle e prevenção. De forma geral, deve-se levar em consideração se existe a possibilidade de se erradicar a espécie. Caso contrário, a melhor opção de controle deve ser escolhida, levando em consideração os fatores acima citados. Para que o controle seja bem-sucedido, é necessário incorrer com um custo de monitoramento para averiguar a evolução da queda populacional ou da possibilidade de reintrodução.

O esforço de prevenção, muitas vezes negligenciado pelos modelos em detrimento do esforço de controle, tem papel fundamental no manejo do javali. Ao prever a possibilidade de invasão do javali em uma determinada localidade, as autoridades competentes podem voltar atenção a esses locais para que a invasão não se estabeleça. Para tal, estudos de ecologia espacial devem ser conduzidos de forma a identificar habitats potenciais para que a espécie em questão se instale. Calckins, et al. (2009) desenvolveram um modelo indutivo que determina os habitats potenciais de porcos ferais em relação aos habitats realizados. Para tal, utilizaram-se da modelagem MaxEnt que, através de informações de presença, estima quais as localidades que possuem maior probabilidade de ocorrência de invasão dado um vetor de variáveis ecossistêmicas. Os autores analisaram o estado do Novo México nos EUA e, embora com algumas limitações, o modelo foi capaz de prever algumas possíveis localidades de invasão que poderiam ser usadas como norte na política de controle, além de sugerirem um maior apoio aos donos de terra a fim de incentivar a atividade da caça como forma de controle e fonte de recursos para os produtores.

Dependendo do arranjo institucional de cada país, espécies invasoras podem ser caracterizadas não somente como pragas, que só trazem ônus à sociedade. É possível encarar uma espécie invasora como recurso natural, que pode trazer ganhos econômicos, como por exemplo, a atividade da caça esportiva regulamentada. Seward, et al (2004), por outro lado, reflete que, dado todos os danos que os porcos asselvajados causam no que diz respeito ao

meio ambiente, à predação de animais nativos, aos danos na lavoura e na possibilidade de transmissão de doenças para o rebanho, dificilmente justificam os ganhos de alguns por meio da caça esportiva. Segundo os autores, entender que o risco potencial que o javali representa é muito maior que os possíveis ganhos de curto prazo ao considerá-lo um recurso natural é de suma importância para a eficácia das políticas de controle.

2.3. Análise bibliométrica das publicações acerca do javali no Brasil

Com a intenção de sistematizar a revisão de literatura, utilizou-se alguns conceitos e instrumentos bibliométricos. A bibliometria pode ser definida como a métrica pela qual se mede e avalia as informações e dados referentes a arquivos bibliológicos (OTLET, 1986). Em outras palavras, é a área pertencente ao estudo da informação, que utiliza de métodos quantitativos para tratar os dados referentes a bibliologia. Segundo Thelwall (2008), o escopo da bibliometria inclui desde a análise de frequência de palavras, inclusive palavras chave, análises de citações, produtividade das publicações por autor, instituição e/ou país até a interrelação entre coautorias.

Esse esforço bibliométrico foi realizado para facilitar o mapeamento da literatura brasileira relacionada ao javali. O levantamento de dados foi realizado através da plataforma Scopus¹, um dos grandes repositórios de informações bibliométricas. O algoritmo de busca utilizado como filtro foi composto pelos termos “Wild Board”, “Wild Hog”, e um filtro de país, selecionando aqueles relacionados ao Brasil. A Tabela 1 apresenta algumas estatísticas gerais dos manuscritos levantados.

¹ Para a análise dos dados extraídos, foi utilizado o pacote Bibliometrix do R, em especial o comando biblioshiny (ARIA; CUCCURULLO, 2017).

Tabela 1: Estatísticas descritivas dos artigos levantados para o Brasil.

Descrição	
Artigos	79
Período	2003-2020
Média de Citações por Documento	5.316
Autores	359
Aparições do Autor	426
Autores de Artigos de Autoria Única	1
Autores de Artigos Multiautorais	358
Artigos por Autor	0.22
Autor por Artigos	4.54
Coautores por Artigo	5.39
Índice de Colaboração	4.65

Fonte: elaboração própria com base nas informações extraídas da plataforma Scopus.

A Tabela 1 contém um resumo descritivo dos manuscritos publicados no período 2003-2020. Ao todo, 359 autores foram responsáveis por 79 trabalhos publicados, ou seja, cerca de 4.54 autores por artigo. No que diz respeito à coautoria, em média os artigos publicados possuem 5.39 colaboradores, obtendo um índice de colaboração de 4,65. Além disso, os manuscritos foram citados 5.31 vezes em média.

Para avaliar o perfil das publicações, realizou-se uma análise do padrão de frequências das 40 palavras-chave mais citadas dos diversos documentos localizados. Tal análise é interessante pois permite levantar quais são os principais temas abordados sobre a literatura da invasão do javali no Brasil. A figura 2 apresenta a nuvem de palavras-chave mais citadas nos manuscritos. Quanto maior a palavra e quanto mais ao centro ela esteja, mais vezes ela foi citada.



Figura 2: Nuvem de palavras-chave de maior frequência nas publicações sobre o javali no Brasil.

Fonte: elaboração própria com nas informações extraídas da plataforma Scopus.

Por mais que se conheça quais palavras foram mais citadas, é impossível se identificar um padrão claro acerca dos principais temas levantados pelos trabalhos analisados. Para tal, foi construído uma rede de conexões de palavras-chave. A Figura 3 apresenta a análise da rede de conexões de palavras-chave.

As palavras contidas nas maiores caixas são aquelas que foram mais citadas em conjunto com outras, ou seja, o grau de centralidade. O grau de centralidade define quais são as palavras chaves que tem mais conexões com as demais. Além disso, quanto mais larga a linha de conexão entre duas palavras, maior a frequência em que estas foram citadas em conjunto. Desta forma, é possível definir alguns clusters de grandes temas abordados pelos manuscritos analisados. Por exemplo, o cluster em roxo refere-se às questões do javali e sua relação com os demais porcos ferais identificados no Brasil. Por outro lado, o cluster em azul refere-se a questões relacionadas à invasão e os nichos em que ela se insere.



Figura 3: Rede de coocorrência de palavras-chave.

Fonte: elaboração própria com base nas informações extraídas da plataforma Scopus.

Um ponto crucial que chama a atenção é a escassez de trabalhos que tratam dos impactos econômicos do javali e seus híbridos. É sabido que o javali, quando sobre populoso, promove intensa pressão sobre a atividade agrícola. A próxima seção aborda, através dos trabalhos levantados na pesquisa bibliométrica, além da questão dos impactos econômicos, os impactos ambientais e conflitos sociais oriundos da invasão do javali no Brasil.

2.4. O javali no Brasil

O javali (*Sus Scrofa*) é considerado um dos mamíferos mais adaptáveis do mundo, estando presente em todos os continentes, com exceção da Antártida. No Brasil, o javali é uma das três espécies de porcos ferais. Pertencente à família dos *Suidae*, foi introduzido nos

anos 1980, prosperando e aumentando seu alcance e população desde então. Figurando entre as 100 espécies exóticas invasoras mais destrutivas do mundo (Lowe, et al, 2004), o javali vem aumentando vertiginosamente sua presença e seus impactos nas últimas décadas no Brasil. Dotado de características biológicas tais como altas taxas de reprodução, dieta heterogênea, alta capacidade adaptativa e resiliência a quase todo tipo de bioma, além da falta de predadores naturais, fazem da espécie um dos vertebrados terrestres mais danosos para a agricultura, meio ambiente e sociedade.



Figura 4: Porcos ferais no Brasil. A imagem A à esquerda refere-se ao Cateto (Pecari Tajacu). A imagem B refere-se ao Queixada (Tayassu Pecari) e a imagem C ao javali (Sus Scrofa).

A Figura 4 acima apresenta as três espécies de porcos do “mato” observados no Brasil. Ambos compartilham de características em comum, como dieta generalista, se agruparem em grandes varas e a capacidade de alterar ecossistemas. Porém, é possível observar algumas distinções entre as espécies. O cateto, menor, pode ser diferenciado dos demais pela faixa clara de pelagem que vai do dorso ao pescoço. O queixada, por sua vez, pode ser diferenciado pela mancha branca logo abaixo da mandíbula, além das grandes varas que podem chegar a 300 indivíduos. Ambas as espécies não possuem rabo. Por sua vez, o javali eurasiático apresenta pelagem espessa (seus híbridos podem não ter), são maiores, tendo entre 80 e 200 quilos, e se organizam em varas de até 30 indivíduos, além de possuírem presas e rabo.

Desde o primeiro registro da presença do javali no Brasil em 1989 no município de Jaguarão no Rio Grande do Sul, na fronteira com o Uruguai, o tamanho da invasão aumentou vertiginosamente, sendo identificados 472 municípios invadidos em 2014, sendo a região Sudeste a mais invadida, segundo Pedrosa, et al (2015). Atualmente, quase 30% dos municípios brasileiros reportou a presença do javali, exatamente 1536 municípios (IBAMA, 2018).

A distribuição espacial do javali no estado do Rio Grande do Sul foi descrita por Fonseca, et al (2009). Através de um questionário e pesquisas de campo, os autores identificaram que, dos 416 municípios do estado, 213, ou seja, 42% reportaram a presença do

javali. Em 1997 eram apenas 6 municípios invadidos, o que demonstra a rápida evolução das taxas de invasão da espécie.

Atuando na política de controle desde 1995, o IBAMA intensificou os esforços de controle populacional a partir de 2013, onde declarou a nocividade da espécie, autorizando a sua caça em todo território nacional. Mais tarde, em 2017, o Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do Javali (Sus Scrofa) – Plano Javali, foi instaurado com o objetivo de aprimorar a gestão e o manejo da espécie através de ações já previamente utilizadas e a criação de novas ações e diretrizes para o manejo eficiente da espécie (PLANO JAVALI, 2017).

O javali em situação exótica e sobre populoso pode trazer inúmeros impactos, tanto econômicos quanto ambientais, que vão desde competição e predação de animais nativos até conflitos entre os humanos, desde o comprometimento da sanidade de reservatórios de água, doenças e até mesmo acidentes rodoviários. A tabela 2 sumariza os impactos produzidos pela invasão do javali observados no Brasil. É importante frisar que tais impactos são observados por todo o mundo, em países em que o javali é invasor e países em que ele é nativo².

² Para uma revisão completa dos diversos impactos do javali no mundo, ver Barrios-Garcia e Ballarios (2012).

Tabela 2: Sumário dos impactos socioeconômicos e ambientais registrados no Brasil.

	Impactos	Literatura no Brasil
Impactos Ambientais	Predação e competição de animais nativos;	(BATISTA, 2015; HEGEL et al., 2019; HEGEL;
	Altera ecossistemas: flora e dispersão de daninhas;	MARINI, 2013; QUINTELA et al., 2010;
	Contaminação de nascentes e reservatórios;	ROSA; PASSAMANI; POMPEU, 2018)
Impacto Econômico	Destruição de lavouras;	(CERVO, 2017;
	Ataque a rebanhos (ovinocultura);	PADILHA; VINICIUS, 2015; PEREIRA; ROSA; ZANZINI, 2019; ROSA; WALLAU; PEDROSA, 2018)
	Reservatório e transmissor de doenças;	(KMETIUK, 2019; VICENTE, 2013; WEBER et al., 2016; WEISS;
Conflitos Sociais	Ataque à humanos;	VIANNA, 2012)
	Acidentes rodoviários.	

Fonte: Elaboração própria.

Impactos ambientais decorrentes da presença do javali foram observados no bioma mata atlântica (HEGEL; MARINI, 2013; ROSA; PASSAMANI; POMPEU, 2018) e no ecossistema da restinga do Rio Grande do Sul (QUINTELA et al., 2010). Todos os trabalhos identificaram um grande potencial de alteração dos ecossistemas, principalmente devido à característica do javali de fuçar e revirar o solo, além da dieta heterogênea.

Foram identificados também, a ameaça por parte do javali sobre espécies da fauna e da flora. Batista (2015), ao estudar a presença do javali em florestas de araucária, concluiu que o invasor representa uma ameaça para à espécie *Araucaria angustifolia*, ameaçada de extinção. Hegel, et al (2019) por sua vez, observaram como a presença do javali em áreas de mata atlântica reduzem a presença de diversos outros mamíferos, uma vez que o javali representa concorrência e até mesmo predação.

Além das perdas ambientais, a principal causa de conflito entre a espécie invasora e o ser humano são as perdas econômicas. Pedrosa, et al (PADILHA; VINICIUS, 2015)

reportaram uma perda de 340 hectares de milho somente para uma agroindústria do estado de São Paulo, equivalendo a uma perda de cerca de R\$1.25 milhões.

Pereira, et al (PEREIRA; ROSA; ZANZINI, 2019), ao inquirirem 210 residentes do entorno do Parque Nacional do Itatiaia identificaram que 96% da amostra havia reportado algum tipo de ataque à lavouras, principalmente de milho, cana-de-açúcar, cenoura, morango e abóboras, resultando em uma perda ao pequeno produtor da ordem de USD\$500,00 a USD\$3000,00.

A ovinocultura também é uma atividade afetada pelo javali, que preda os indivíduos mais novos e os mais velhos. Em Santana do Livramento, produtores reportaram perdas que vão de 10% a 50%, chegando ao extremo de 250 cordeiros predados, gerando uma perda de US\$7,600.00 (ROSA; WALLAU; PEDROSA, 2018).

Além dos danos para a agricultura, os porcos selvagens representam uma séria ameaça à sanidade humana e dos rebanhos. Weber, et al (WEBER et al., 2016) identificaram, pela primeira vez, o vírus da diarreia bovina em populações de javali. Mais recentemente, foi identificado que o javali pode ser hospedeiro de febre maculosa, doença transmitida pelo carrapato estrela e tem alto grau de letalidade (KMETIUK, 2019). Além disso, o javali pode ser hospedeiro da peste suína clássica, doença esta que atualmente é responsável por uma crise sem precedentes nos rebanhos de suínos chineses. Ou seja, o javali se configura em uma ameaça à sanidade animal e humana que pode desencadear uma grande crise para o setor da pecuária além de se tornar problema de saúde pública.

A dinâmica populacional do javali e sua relação com outras espécies foi apontada por Verdade, et al (2016). Os autores argumentam que a recente mudança do uso da terra de pecuária intensiva para monoculturas como cana de açúcar e eucalipto, além do avanço populacional do javali, podem servir como pressões positivas nas populações de onças. Isto porque, com a redução do rebanho, a pressão de caça sobre as onças se reduz, e o javali pode surgir como alternativa de predação por parte das onças, que veem suas presas mais tradicionais extintas ou em baixa população.

Em resposta ao trabalho de Verdade, et al (VERDADE et al., 2016), da Rosa, et al (2017) se apresentam céticos em relação ao javali como possível presa da onça, devido ao seu tamanho e comportamento agressivo, portanto, a onça exerce pouca pressão na população de javalis. Os autores salientam também, que a melhor estratégia para uma política eficiente de controle é a realização de estudos que demonstrem os impactos socioeconômicos do javali.

Foi identificado uma grande escassez de informações no Brasil acerca da população invasora do javali bem como seus desdobramentos para a sociedade. Isto porque, como

salientado na introdução, a coleta de dados censitários e a construção de modelos capazes de compreender as relações biológicas e econômicas é deveras complexo. Portanto, este trabalho tem por objetivo sanar, mesmo que de forma seminal, tal lacuna, construindo e propondo modelos capazes de captar, pelo menos sob a ótica econômica, os danos causados pelo javali e seus híbridos.

3. A PERCEPÇÃO DE AGENTES DA AGROPECUÁRIA EM RELAÇÃO AO JAVALI

A escassez de informações a respeito do javali no Brasil é o principal limitante para o maior engajamento de pesquisa. Diante dessa limitação, a necessidade de se coletar informações à nível de indivíduo fica explícita. Um exemplo claro da importância de se entender o fenômeno de invasão do javali no nível individual é o livro de Tisdell (2013). Nos anos 1982, o economista (metido a ecólogo, igual ao que vos fala), explorou a completa escassez de informação a respeito da invasão do javali na Austrália. Através de questionários, o autor foi capaz de realizar uma das mais completas análises a respeito dos aspectos ambientais e econômicos de uma invasão biológica, prevendo nos anos 1980, o que seria um dos principais desafios ambientais e agrícolas da Austrália.

Desta forma, optou-se pela aplicação de um questionário online³ (Google Forms) com o intuito de captar as percepções dos entrevistados em relação ao javali. Questões como o conhecimento acerca dos impactos e o status da invasão, registros de ataques e, para aqueles respondentes produtores rurais, algumas perguntas referentes à possíveis impactos econômicos foram realizadas nos moldes de Anderson, et al (2016). Para o Brasil, um esforço semelhante foi realizado por Rosa, et al (2018), porém com enfoque nos controladores. No presente caso, não foi definido um grupo prévio com o intuito de observar a percepção de diferentes grupos quanto a invasão do javali.

3.1. Resultados gerais dos questionários

O questionário online no formato *Google Forms* recebeu respostas no período de 17/09/2020 até 27/12/2020, com ampla divulgação em redes vinculadas ao Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) e da Associação de ex-Alunos da Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz (ADEALQ). No total, foram obtidas 228 respostas válidas, distribuídas em treze Unidades da Federação e 148 municípios distintos. A Tabela 3 sumariza os resultados obtidos com os questionários.

³ O questionário na íntegra se encontra no anexo. Vale ressaltar a importância do CEPEA e da ADEALQ na divulgação do questionário.

Tabela 3: Resultados gerais obtidos via questionários.

Pergunta	Nº de respondentes	Respostas
Nº de municípios.	228	148 municípios distintos. (77) SP; (16) PR; (15) MG; (14) RS; (8) GO; (7) MT; (5) MS; (3) SC; (1) PA; (1) AC; (1) TO.
Tem conhecimento sobre a ocorrência de javalis e seus híbridos (javaporcos) no município em que trabalha?	228	(89%) Sim; (11%) Não
Em que medida você concorda com a seguinte afirmativa: "O javali representa risco iminente, tanto em termos econômicos quanto em termos sanitários e ambientais".	228	(1,32%) Indiferente; (0%) Discordo totalmente; (0,88%) Discordo parcialmente; (10,09%) Concordo parcialmente; (87,72%) Concordo totalmente
Qual atividade de trabalho você exerce?	228	(55,26%) Produtor, administrador ou gerente rural; (44,74%) Outros
Na safra 2019-20, qual cultura implantada em sua propriedade obteve maior valor da produção (atividade principal)?	126	(29,92%) Soja; (24,41%) Milho; (16,54%) Outros; (13,39%) Cana; (11,81%) Pastagem; (3,94%) Silvicultura
Houve a presença de javalis ou seus híbridos em sua propriedade?	126	(80,31%) Sim; (19,69%) Não
Houve registros de ataques a animais domésticos ou pessoas?	102	(49,09%) Sim; (50,98%) Não
Há quantos anos você observa a presença do javali ou seus híbridos na	102	6,87 anos (média)

sua propriedade?		
A cultura citada foi atacada pelos javalis ou seus híbridos?	102	(89,22%) Sim; (10,78%) Não
Você (ou terceiros) empregou algum tipo de manejo para controle populacional do javali?	91	(67,03%) Sim; (32,97%) Não
Você possui licença de Colecionador, Atirador e Caçador (CAC)?	91	(35,16%) Sim; (64,84%) Não

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados dos questionários aplicados.

Dos 228 respondentes, 89% reportaram ter conhecimento da presença do javali em seu município. Esse resultado por si só já ilustra a questão do viés de seleção, uma vez que cerca de um terço dos municípios brasileiros se encontram invadidos. Todavia, os questionários foram majoritariamente respondidos por residentes das regiões Sudeste, Centro-Oeste e Sul, que são atualmente as mais invadidas.

A percepção dos entrevistados em relação ao potencial destrutivo do javali pode ser resumida na seguinte pergunta, no formato de escala Likert: Em que medida você concorda com a seguinte afirmativa: "O javali representa risco iminente, tanto em termos econômicos quanto em termos sanitários e ambientais". Dos respondentes, 87,72% declararam que concorda completamente com a afirmação, enquanto que 10,09% concorda parcialmente. Fica claro, portanto, que os respondentes conhecem e reconhecem o javali como uma grande ameaça.

Além da pergunta no formato de escala de Likert, foi questionado também quais potenciais impactos do javali eram de conhecimento do respondente, tendo a possibilidade de marcar mais de uma alternativa. Para a melhor visualização dos principais impactos apontados pelos respondentes, bem como a combinação entre esses impactos (uma vez que era permitida a seleção de mais de uma opção), foi construída uma rede de coocorrência⁴.

⁴ A rede de coocorrência informa a frequência na qual uma opção foi selecionada (tamanho do círculo em escala logarítmica), bem como as possíveis combinações entre opções. Quanto mais ao centro, maior o grau de centralidade, que nada mais é que o número de combinações com outras opções. A largura entre as conexões representa o número de vezes na qual duas opções apareceram em conjunto.

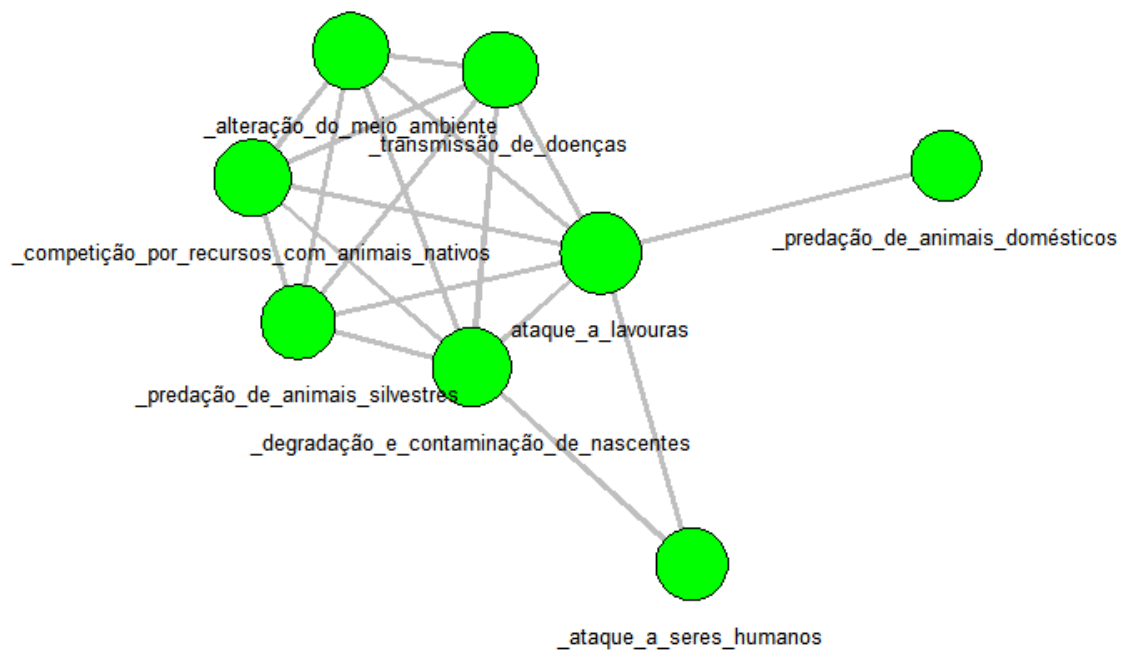


Figura 5: Rede de coocorrência de impactos do javali reconhecidos pelos respondentes.
Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do questionário.

Observa-se que o principal dano reconhecido pelos respondentes é o “ataque às lavouras” (maior círculo). Além disso, “ataque às lavouras” foi relacionado com todos os demais, ou seja, é o que possui maior grau de centralidade (maior número de conexões com os demais danos). Os danos “ataques a seres humanos” e “predação de animais domésticos” foram os danos menos reconhecidos pelos respondentes e que foram menos relacionados com os demais. Os demais danos, “alteração do meio ambiente”, transmissão de doenças”, “competição por recursos com animais nativos”, “predação de animais silvestres” e “ataque às lavouras” se relacionam diversas vezes entre si, sendo, portanto, os mais reconhecidos pelos respondentes, formando um hexágono de danos principais.

Dos 228 respondentes, mais da metade são produtores, administradores ou gerentes de propriedades rurais (55,26%). Destes, 29% são produtores de soja, 24% são produtores de milho e 13% de produtores de cana-de-açúcar. Os demais estão distribuídos em diversas outras atividades.

Entre os produtores rurais, 80% relatou a presença de javalis e seus híbridos em suas propriedades. Destes, 49% declararam relatos de ataques a seres humanos e animais de criação. Além disso, 89% registrou ataques às lavouras citadas como principais. Em média, os produtores que relataram a presença de javalis em suas propriedades observam essa presença do mesmo a 6,87 anos.

Dos produtores que registraram ataques às culturas principais, 67% empregou algum tipo de manejo populacional. Como os diferentes métodos podem ser combinados, eles foram organizados no formato de rede de coocorrência, como observado na Figura 6.

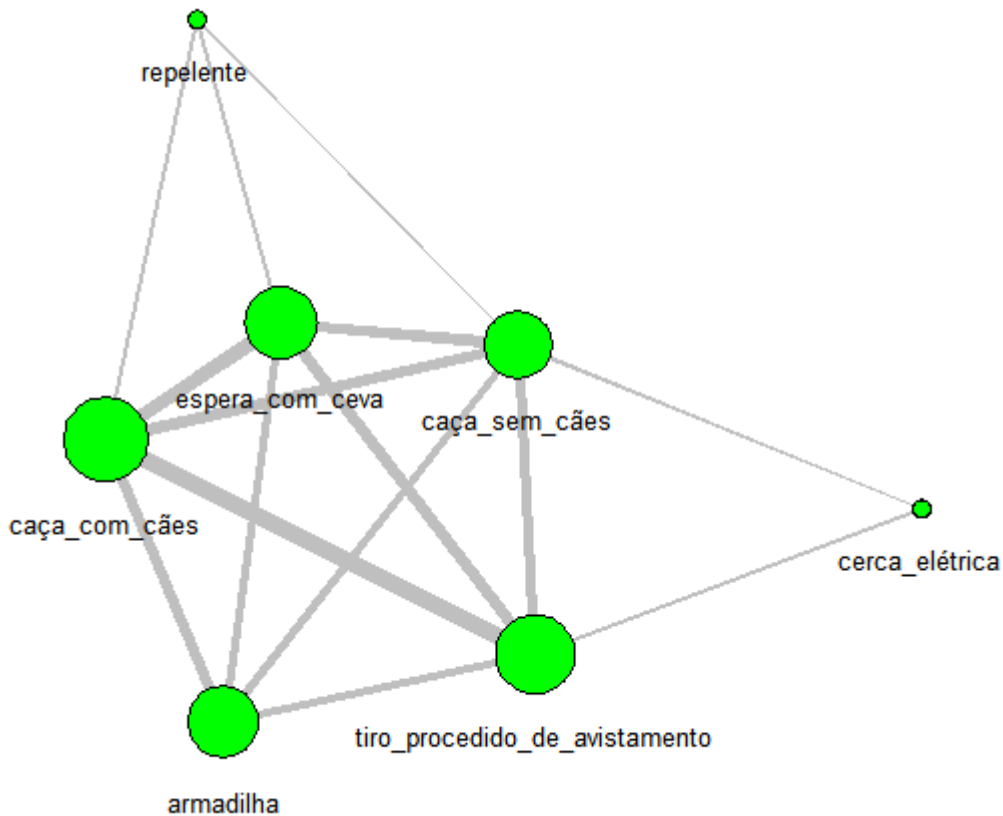


Figura 6: Coocorrência de métodos de controle populacional do javali utilizados pelos produtores.

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados dos questionários.

Observa-se que os métodos mais utilizados foram o “tiro procedido de avistamento” e o uso de cães. Inclusive, esses métodos foram os mais utilizados em conjunto (largura da conexão entre os nodos). Os cinco métodos mais utilizados foram frequentemente combinados (formato de pentagrama na rede). Os métodos “repelente” e “cerca elétrica” foram os menos utilizados e com menor número de combinações com os demais métodos. Esse resultado é curioso, pois mostra que o produtor rural utiliza uma gama de estratégias para efetuar o controle populacional do javali.

O modal utilizado para o controle populacional do javali afeta diretamente a produtividade deste. É nesse sentido que a próxima seção busca avaliar quais são os fatores determinantes da pressão de caça, ou seja, quais características do controle (nº de

controladores e dias em campo, método de controle, etc) afetam a eficiência nos abates. Além disso, realizou-se todo um levantamento institucional e legal da caça ao javali enquanto um instrumento de gestão de fauna.

4. O CONTROLE DO JAVALI NO BRASIL

O comprometimento do Brasil com uma política de controle biológico de espécies invasoras nasceu em 1994 após o decreto legislativo que aprovava o texto da Convenção sobre Diversidade Biológica, ocorrida no Brasil em 1992. Porém, mesmo com essa sinalização de “comprometimento”, o controle regulamentado do javali somente surgiu em 2013, 24 anos após a sua primeira ocorrência, deixando um *gap* temporal para que a espécie prosperasse (DA ROSA et al., 2016).

Mesmo o primeiro esforço em escala nacional ter surgido somente há alguns anos atrás, alguns esforços na escala estadual foram realizados. Por exemplo, desde 1995 o Rio Grande do Sul vem regulamentando o controle. Primeiramente em caráter experimental e por pouco tempo, depois, em 2004, estendendo para todo o território do estado. Posteriormente, os estados de Santa Catarina, Paraná e Mato Grosso do Sul tomam decisões semelhantes, ampliando gradualmente o manejo legal.

Porém, somente em 2013 com a Instrução Normativa nº3 do IBAMA que o javali foi considerado uma espécie nociva sujeita à controle populacional segundo normas definidas pela instrução. Atualmente, mesmo sofrendo resistência de uma grande parte da sociedade civil, que inclusive conseguiu por diversos momentos suspender a instrução que normatiza o controle, a Instrução Normativa nº12 do IBAMA emitida em 2019 fortaleceu o controle biológico do javali, além de atualizar alguns pontos, como por exemplo, a necessidade de uso de coletes nos cães de agarre, além da sugestão de projeto de gaiola para armadilhas. A Tabela 4 apresenta o resumo da trajetória histórica da legislação do manejo do javali no Brasil, de 1994 até os dias atuais.

Tabela 4: Histórico da legislação do manejo do javali no Brasil.

Ano	Lei ou Decreto	UF/BR	Características
1994	Decreto Legislativo	BR	Aprovado do texto da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) de 1992.
1995	Port. Ibama nº 7	RS	Autoriza o manejo em caráter amador por 3.5 meses de forma experimental.
2002	Port. Ibama nº138	RS	Autoriza o manejo em caráter experimental por 1 ano em 11 municípios gaúchos.
2004	Instru. Norm. nº25	RS	Autoriza o manejo em caráter experimental por 1 ano em todo o estado do RS.
2007	Port. SAR nº10	SC	Autoriza o manejo em caráter temporário em todo o estado de SC.
2009	IAP	PR	Instituído o plano de ação de controle do javali no estado do PR.
2010	Port. SAR nº20	SC	Autoriza o manejo por tempo indeterminado.
2010	Resol. Conj. SEMAC	MS	Regulamenta o manejo no estado por tempo indeterminado.
2010	Instru. Norm. IBAMA	RS	Revoga a instrução normativa que autorizava o controle.
2013	Instru. Norm. nº3 IBAMA	BR	Declara a nocividade e autoriza o controle populacional em todo o território nacional.
2019	Instru. Norm. IBAMA nº12	BR	Atualiza a instrução de 2013, regulamentando principalmente a caça com cães.

Fonte: Adaptado de Da Rosa, et al. (2016).

Com o intuito de determinar o perfil do controlador brasileiro, Rosa, et al (ROSA; WALLAU; PEDROSA, 2018), através de questionários (172 entrevistados) identificaram que foram abatidos 2389 porcos selvagens em 2014-2015, sendo a mesma proporção entre machos e fêmeas. Em média, foram abatidos 17,2 porcos/entrevistado/ano. Dos entrevistados, 40% dos entrevistados eram caçadores ilegais. Porém, um dos grandes limitantes da caça legal apontada na pesquisa é o alto grau de burocracia e seu custo, muitas vezes punitivo para indivíduos menos favorecidos economicamente.

Dos motivos apresentados para a realização do controle, a principal motivação apontada foi a de defesa da propriedade, seguido pela caça esportiva (troféu) e pelo caça para consumo da carne (ROSA; WALLAU; PEDROSA, 2018).

A fim de se alcançar uma política de controle biológico eficiente, se faz necessária a compreensão dos diversos atores envolvidos acerca das externalidades negativas da invasão. Desta forma, a opinião pública e principalmente dos agricultores, atores estes mais afetados pela população de javalis, devem ser ouvidos para a promoção do controle eficiente. Com a intenção de averiguar a percepção dos agricultores a cerca do problema do javali, Pereira, Rosa e Zanzini (PEREIRA; ROSA; ZANZINI, 2019) aplicaram questionários em 210 propriedades rurais da região da Serra da Mantiqueira e identificaram que, além da maioria absoluta dos entrevistados reportarem que estão conscientes da presença do javali na região, compreendem também os impactos à lavoura e ao meio ambiente, sendo a favor do controle e até colaborando com o mesmo.

Além disso, o incentivo à sinergia entre órgãos ambientais, caçadores e população rural no âmbito local é de suma importância para a definição de uma política de controle eficiente. Sugestões como a inclusão de armadilhas nas propriedades privadas, coleta de dados por parte dos caçadores a fim de acompanhar a sanidade das populações ferais e atuação conjunta entre áreas de conservação ambiental e caçadores privados deveriam ser tratados como pontos cruciais afim de tornar mais eficiente o controle biológico (ROSA, 2018).

Ao inquirir controladores, Rosa et al (DA ROSA et al., 2016) identificaram que o principal método utilizado é o da caça por perseguição, sendo a caça com cães a mais utilizada. Em seguida, a caça por espera foi a segunda mais utilizada, antecedendo o controle por armadilhas. Os autores salientam que, mesmo a caça com cães apresentar bons resultados no controle, o método da armadilha ainda é o mais eficiente, principalmente para se capturar javalis jovens. Porém, tal método não é muito difundido devido à falta de informação e assistência por parte das autoridades legais.

Outro ponto fundamental no processo de controle do javali é compreender como o esforço de controle e a pressão de caça afetam o comportamento da espécie. Ao monitorar uma área de mata Atlântica por dois anos, sem o primeiro deles sem o esforço de controle e o segundo implementando o controle populacional, de Assis Morais, et. al (2020) identificaram que a atividade das varas era uniforme ao longo de todo o dia no ano sem o engajamento de caça. No ano seguinte, já com controle efetivo, a atividade dos javalis se concentrou no período do dia e na estação úmida (potencialmente devido à alta presença de sementes de

araucária). Além disso, os autores sugerem múltiplas estratégias de manejo, concentradas no período úmido e que envolvam o uso de armamento com maior sofisticação como de silenciadores e miras telescópicas

4.1. Esforço de controle e pressão de caça

Uma vez que a caça é o principal instrumento de controle populacional do javali, compreender os fatores que elevam a eficiência do controle é fundamental para a orientação da política de fauna com o intuito de reduzir a taxa de crescimento populacional para uma de equilíbrio. Para avaliar a eficiência dos abates, é preciso compreender como os “fatores de produção” da caça, entendidos como os recursos destinados ao controle, afetam a pressão de caça, entendida como a taxa de mortalidade (VAJAS et al., 2020). Através dos relatórios de manejo, documentos preenchidos pelos controladores com informações sobre os abates, buscou-se avaliar em que medida os esforços de caça, representados pelo número de caçadores, o número de dias engajados no controle e estratégia de controle utilizada (caça com ou sem cães, espera/arma branca), afetam a pressão de caça, ou seja, o número de javalis abatidos por caçada.

4.2. Base de dados utilizada

Com a expansão do javali por todo o território nacional na última década, novos instrumentos de monitoramento foram implementados. Para tal, o IBAMA recolhe, junto aos controladores, o relatório de manejo de espécie invasora, de forma trimestral. Neste relatório, diversas informações são declaradas, desde o município onde ocorreu o controle, a quantidade abatida, o modal de controle, a destinação da carcaça, a quantidade avistada, entre outras informações. Porém, a maior dificuldade enfrentada em relação aos relatórios consiste na dificuldade de preenchimento por parte do controlador (ENGEMAN, ET EL, 2013) e da sistematização destas informações de forma a torná-las o mais precisa possível.

Segundo a instrução normativa do IBAMA nº03/2013, art 3, todos os indivíduos, sejam eles pessoas físicas ou jurídicas, que realizam o controle do javali devem estar inscritas no Cadastro Técnico Federal (CTF) na categoria “uso de recursos naturais” descrição “manejo de fauna exótica” (IBAMA, 2018). Segundo o Relatório Técnico de Gestão de Manejo de Javalis no Brasil 2013 a 2016, o número de indivíduos inscritos no CTF foi de 2575 em 2013

para 31136 em janeiro de 2018. Fica evidente, portanto, um aumento considerável do esforço de controle, muito possivelmente também, dado ao aumento da população de javalis. Os estados com o maior número de controladores inscritos são o Rio Grande do Sul e São Paulo, com mais de 6000 controladores legais.

Após a filtragem daqueles relatórios de controle⁵ deficientes⁶, ou seja, aqueles que faltavam informação ou estavam preenchidos de forma equivocada, uma amostra de 791 caçadas (representadas pelo n° de relatórios) ocorridas entre 2016 e 2017, totalizando 1919 javalis abatidos em quatro estados distintos: Goiás, Minas Gerais, Paraná e Rio Grande do Sul. Em média, 2.42 javalis foram abatidos por caçada, em 6.95 dias em campo, mobilizando cerca de 3.46 pessoas em média por caçada. Além disso, 66% das caçadas foram por busca com cães, 18% busca com armas de fogo e 14% por algum outro método (espera, ceva, armadilhas e armas brancas). A Tabela 5 abaixo apresenta as estatísticas descritivas, bem como a descrição e as fontes das mesmas.

⁵ O pedido de acesso aos relatórios de controle foi solicitado ao IBAMA no dia 05/02/2019 e respondido no dia 25/02/2019. Na época o Sistema de Informação de Manejo de Fauna (SIMAF) ainda estava em processo de construção.

⁶ Vale ressaltar o esforço de adequação das bases de dados, uma vez que cada Estado utiliza uma metodologia de preenchimento das planilhas com as informações do relatório.

Tabela 5: Estatísticas descritivas e descrição das variáveis.

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Descrição	Fonte
Abates	2.42	3.18	Número de abates por controle.	Relatórios de manejo (SIMAF)
Nº de pessoas	3.46	2.14	Número de pessoas engajadas por controle.	Relatórios de manejo (SIMAF)
Nº de dias	6.95	8.12	Número de dias empregados ao controle.	Relatórios de manejo (SIMAF)
Área plantada de lavoura temporária (1000 ha)	103.10	119.83	Área plantada de lavoura temporária em mil hectares.	MAPBIOMAS
Área de floresta (1000 ha)	46.40	48.23	Área de floresta em mil hectares.	MAPBIOMAS
Busca com cães	0.66	0.47	Categórica. Indica se o manejo foi realizado com auxílio de cães.	Relatórios de manejo (SIMAF)
Armas de fogo	0.18	0.39	Categórica. Indica se o manejo foi realizado com uso de armas de fogo.	Relatórios de manejo (SIMAF)
Ceva/espera/armadilha/armas brancas	0.14	.34	Categórica. Indica se o manejo foi realizado através de ceva, espera, armadilha ou armas brancas.	Relatórios de manejo (SIMAF)

Fonte: Elaboração própria.

Desta forma, buscou-se modelar os impactos do esforço de caça na pressão de caça (taxa de abate). A expectativa é de que as variáveis diretamente relacionadas ao engajamento do controle, número de caçadores e número de dias afetem positivamente a taxa de abates. Da mesma forma, espera-se que métodos de espera e uso de armas brancas sejam menos eficientes se comparados aos métodos com usufruto de armas de fogo e uso de cães. Além disso, introduziu-se as variáveis número de controladores e número de dias em seu formato

quadrático com o intuito de avaliar se existe algum efeito saturação desses fatores na taxa de abate (VAJAS et al., 2020). Por fim, características do município em que foi realizado o controle foram inseridas no modelo como a área de floresta e a área de lavoura temporária.

4.3. Modelo estimado

Fenômenos biológicos e ecológicos geralmente apresentam uma distribuição de ocorrência que não se enquadra no caso mais comum observado, a normal. Caracterizados por apresentarem valores não negativos, inteiros e concentrados próximos ao eixo das ordenadas (ou seja, valores baixos), além de apresentarem assimetria à direita e heterocedasticidade intrínseca (CAMERON; TRIVEDI, 2005), tais fenômenos são melhores representados por distribuições de contagem.

A distribuição mais simples, porém, menos observada e que é capaz de acomodar fenômenos de contagem é a de Poisson. Porém, tal distribuição refere-se somente a casos bem raros, uma vez que pressupõe média e variância idênticas de forma que:

$$E[Y_i|x_i] = V[Y_i|x_i] = \mu_i = \exp(x_i\beta) = \ln \mu_i = x_i\beta, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

onde μ_i é equivalente à intensidade de ocorrência ou a taxa de ocorrência do fenômeno em questão; i representa a unidade de observação. Ao se parametrizar, supõe-se que o valor esperado de Y_i (taxa de ocorrência ou média esperada) é condicionado à um vetor de regressores x_i de dimensão $1 \times m$ enquanto β é um vetor $m \times 1$ que representa os parâmetros desconhecidos a serem estimados.

Uma das implicações de se estimar um modelo de distribuição de Poisson na ausência de equidispersão (média igual à variância) é a imprecisão dos testes de hipótese para estimações de verossimilhança, uma vez que os desvios padrões se tornam inflados (WINKELMANN, 2008). Desta forma, a sobredispersão da variância (ou subdispersão) deve ser devidamente modelada de forma que:

$$E[Y_i|x_i] = \mu_i \quad (3)$$

$$V[Y_i|x_i] = \mu_i + \alpha\mu_i^2 \quad (4)$$

Para de identificar a ausência de equidispersão, primeiramente se comparam a média e a variância. Posteriormente, realiza-se um teste de razão de verossimilhança que testa a hipótese $H_0: \alpha = 0$ em detrimento de $H_1: \alpha \neq 0$. Caso exista sobredispersão, a variância pode

ser definida como uma função quadrática da média (equação 4), resultando em um modelo de distribuição Binomial Negativa.

Tais modelos podem ser estimados via Máxima Verossimilhança e corrigem o problema da sobredispersão, tornando os desvios padrões menos inflados e os testes de hipótese menos permissivos (WINKELMANN, 2008).

Segundo Winkelmann (WINKELMANN, 2008), ao se interpretar os coeficientes de um modelo do tipo contagem, muitas vezes se está interessado em conhecer qual o impacto na variável de resposta dado um aumento unitário em uma variável independente. A mudança relativa é dada por:

$$\frac{\partial E[Y_i|x_i]}{\partial x} = \exp(\beta) - 1 \quad (5)$$

ou seja, o impacto na variável dependente de uma variação unitária de x equivale ao exponencial do coeficiente estimado da variável menos 1.

4.4. Resultados

4.4.1. Análise descritiva

Dos quatro estados analisados, o estado de GO é o que concentrou maior n° de abates, totalizando 784 abates (cerca de 41%), sendo em sua maioria através do método de busca com cães. PR e RS vêm em seguida, com 711 e 337 abates (37% e 17,5%, respectivamente). MG por outro lado, concentrou apenas 4,5% dos abates registrados, totalizando 87. Vale ressaltar que esses resultados de tipo de manejo também são compatíveis com os identificados na pesquisa qualitativa, sendo o uso de cães de caça e armas de fogo os modais mais frequentes.

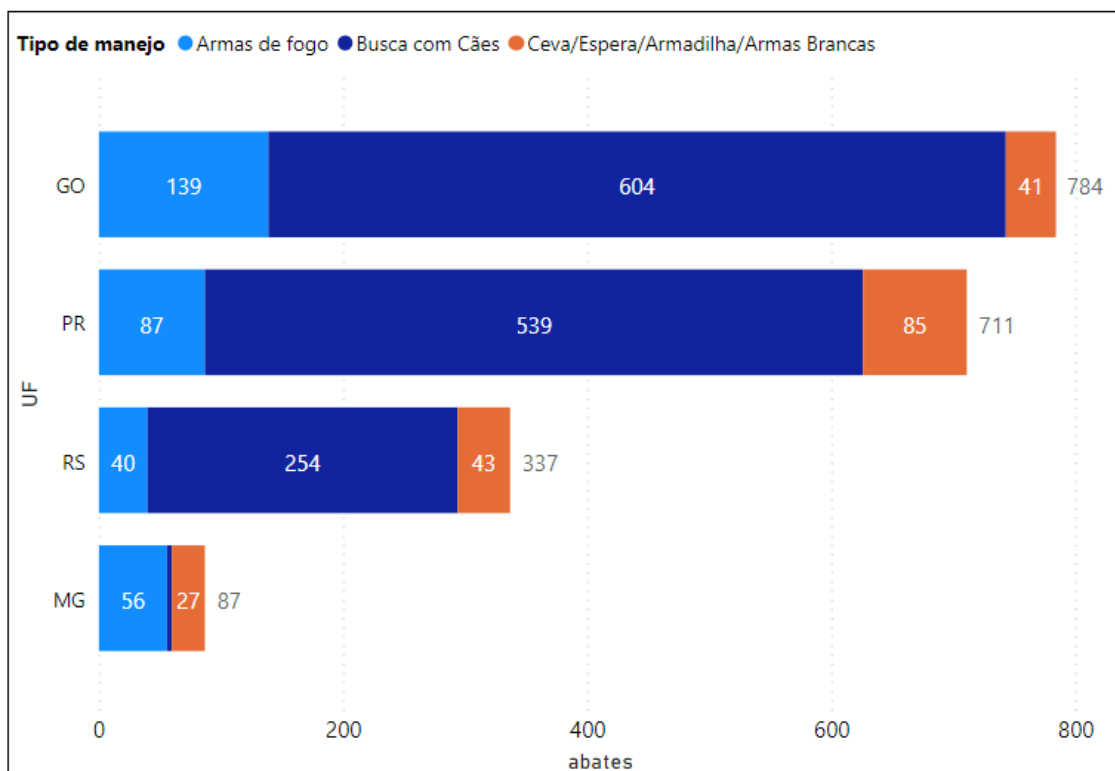


Figura 7: Total de abates, por UF e por tipo de manejo.
Fonte: elaboração própria.

Dos quinze municípios com maior nº de abates, sete são de GO (destaque para Montividiu e Paraúna e Rio Verde que concentram 48% do total dos abates realizados no estado), seis do PR e dois do RS. A Figura 8 abaixo apresenta os quinze municípios com maior número de abates, por tipo de manejo.

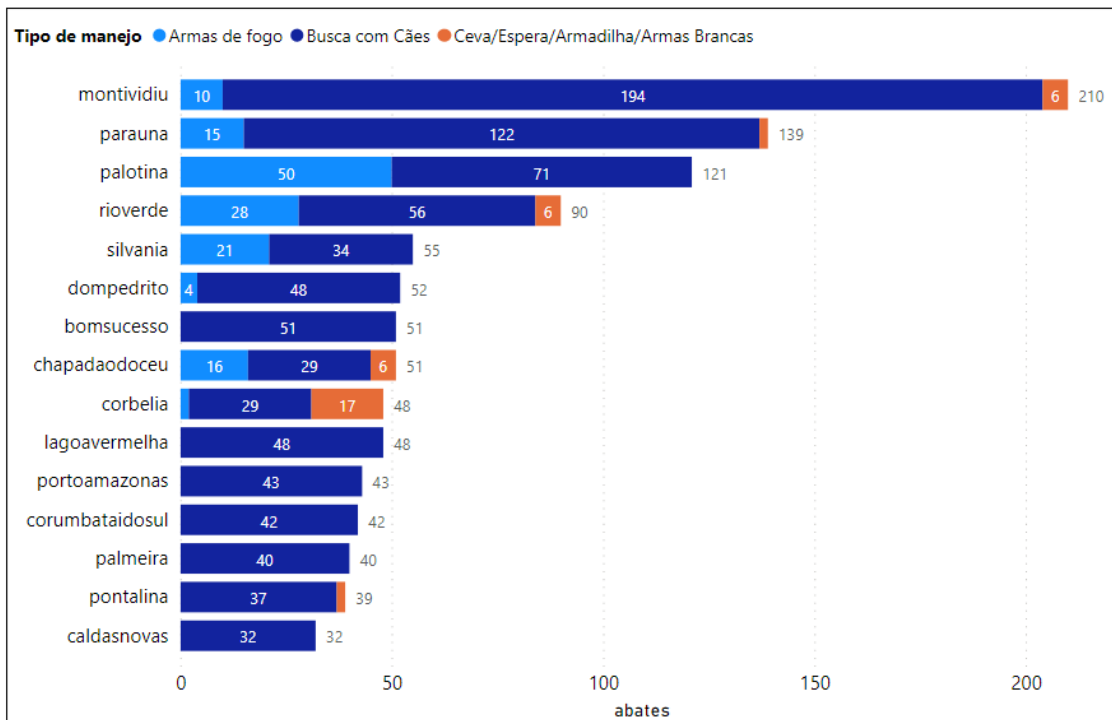


Figura 8: Quinze municípios com maior nº de abates, por tipo de manejo.
Fonte: Elaboração própria.

Além de ser o método mais frequente, a busca com cães é também o método com maior nº de abates, totalizando 73%. Busca e uso de armas de fogo representam quase 17% do total de javalis abatidos e os demais métodos, 10%.

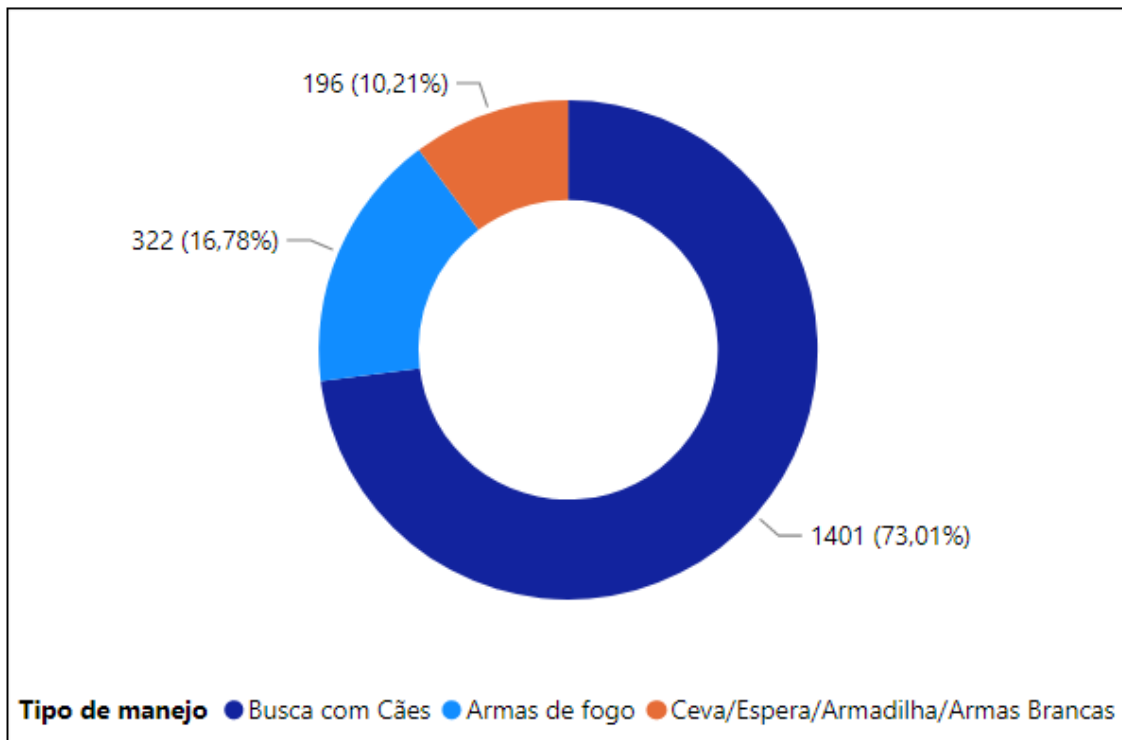


Figura 9: Distribuição percentual dos abates, por tipo de manejo.
Fonte: elaboração própria.

Ao se plotar o número de abates e o produto entre dias e pessoas engajadas no controle (produto do esforço), percebe-se que o método que apresenta maiores valores do produto do esforço é a busca com cães, seguido de busca com armas de fogo e os demais métodos. Tal resultado reflete uma menor produtividade da busca com cães (0.25 abates por produto do esforço) se comparado à busca com armas de fogo (0.3). Os demais métodos possuem a menor taxa de produtividade por unidade de esforço (0.2).

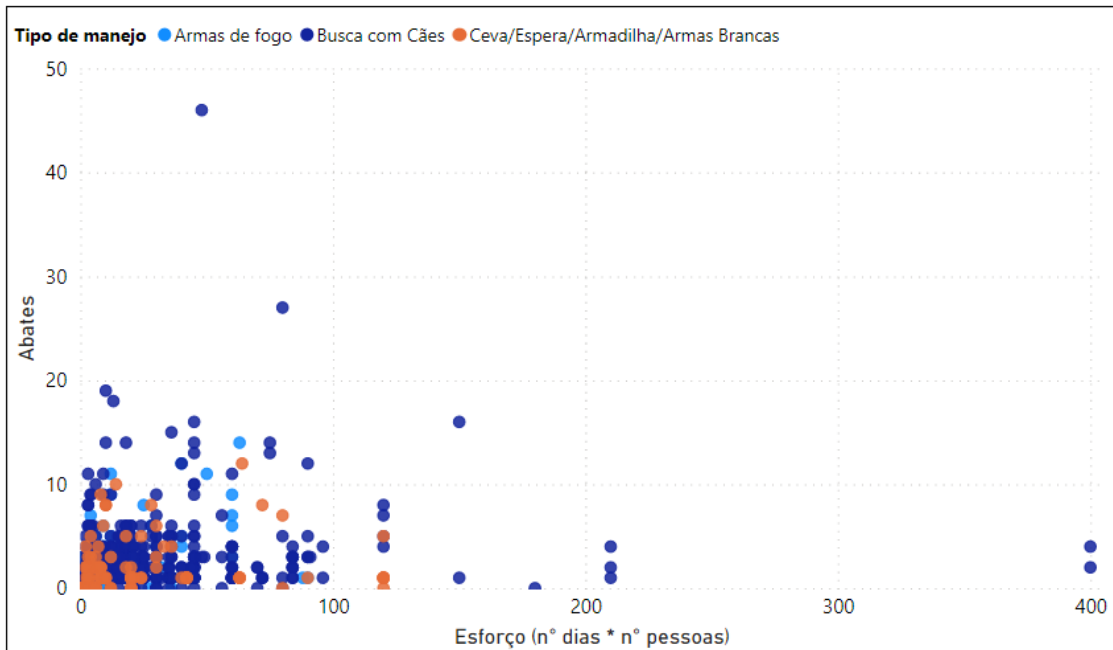


Figura 10: N° de abates por método e relação entre abates, esforço e método.
Fonte: elaboração própria.

4.4.2. Resultados do modelo

Primeiramente, ao se analisar a distribuição dos abates na Figura 11, percebe-se a semelhança com uma distribuição de fenômenos do tipo de contagem, onde as ocorrências estão concentradas em baixos valores.

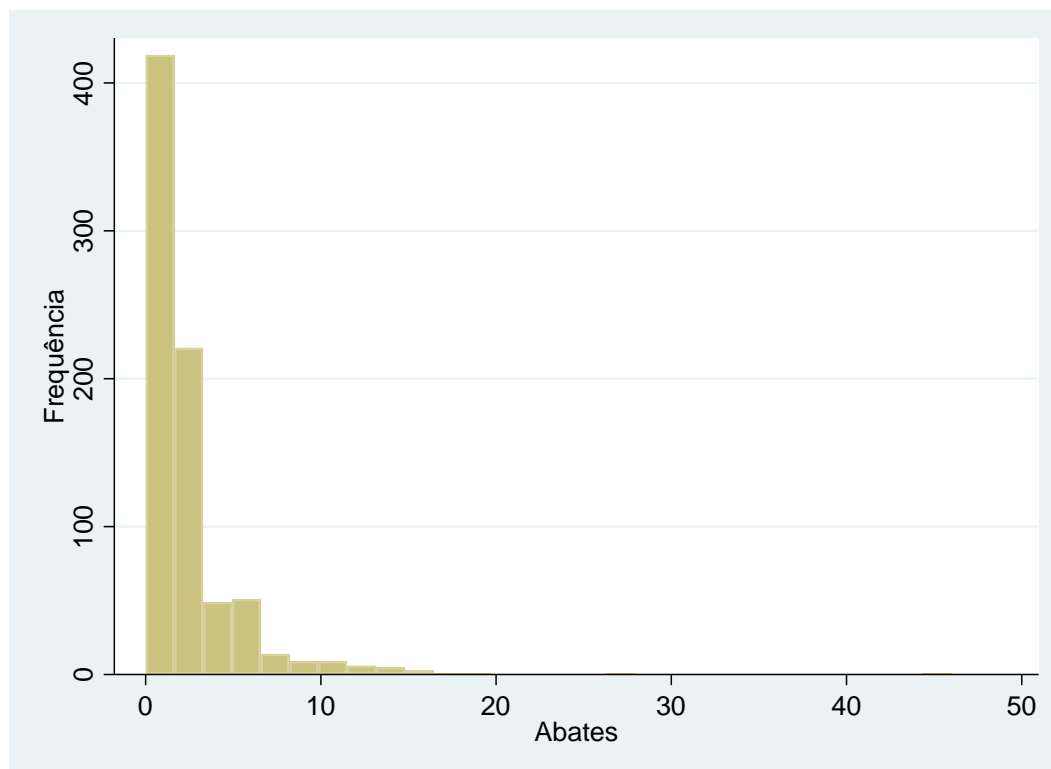


Figura 11: Distribuição dos abates.

Fonte: Elaboração própria.

Ao se observar a dispersão do fenômeno, percebe-se um indicativo de sobredispersão, uma vez que a média dos abates foi de 2.42 e a variância quatro vezes maior, 10.14. Além disso, foi realizado um teste de razão de verossimilhança, afim de testar a hipótese de presença de equidispersão, que foi veementemente rejeitado.

O esforço de caça e a pressão de caça são utilizados como métrica para avaliar e monitorar as populações de porcos ferais e a evolução destas populações (ENGEMAN et al., 2013b). Desta forma, conhecer as elasticidades das variáveis que compõem o esforço de controle em relação à pressão de caça é de extrema valia a fim de identificar quais fatores são os que mais afetam a taxa de sucesso de abate, bem como traçar políticas mais efetivas de controle. A Tabela 5 a seguir apresenta os incrementos na taxa de incidência para as variáveis de esforço de controle sobre a média de abates. Foram testadas três especificações distintas. A primeira compreendendo só as variáveis do esforço de controle e o tipo de manejo, a segunda inclui aspectos ambientais (área de floresta) e antrópicos (área de lavoura temporária); na terceira especificação, foram incluídas as variáveis relacionadas ao esforço de controle (dias e pessoas no engajamento de manejo) em sua forma quadrática com a intenção de captar um possível efeito de saturação do esforço de controle no número de abates.

Tabela 6: Resultados das três especificações do modelo de distribuição binomial negativa.

Abates	1° especificação	2° especificação	3° especificação
N° dias	1.0174*** (0.0048)	1.0139*** (0.0047)	1.0325*** (0.0077)
N° pessoas	1.1057*** (0.0175)	1.0962*** (0.0173)	1.1541*** (0.0470)
Armas de fogo	1.2882** (0.1665)	1.2484* (0.1627)	1.2690* (0.1649)
Busca com cães	1.4163*** (0.1534)	1.4003*** (0.1535)	1.3749*** (0.1506)
Área de floresta		0.9961*** (0.0010)	0.9964*** (0.0010)
Área de lav. Temp.		1.0001 (0.0004)	1.0000 (0.0004)
N° dias^2			0.9996*** (0.0001)
N° pessoas^2			0.9954 (0.0033)
Const.	1.1009 (0.1315)	1.3616** (0.1727)	1.1258 (0.1632)
Pseudo R ²	0.0216	0.0280	0.0316
AIC	3166	3150	3142
BIC	3194	3187	3189

Nota: *** significante a 1%; ** significante a 5%; * significante a 10%. Desvio padrão em parênteses.

Fonte: Elaboração própria.

O primeiro ponto que deve se levar em consideração é a interpretação dos coeficientes no formato de incremento da taxa de incidência. Para cada unidade da variável em questão há um aumento (redução) de *coeficiente* – 1 percentuais. Desta forma, coeficientes menores que 1 referem-se a impactos negativos.

O segundo ponto que merece destaque é a consistência entre as três especificações e a ligeira vantagem para a terceira (que incorpora questões ambientais e antrópicas do município

e os efeitos quadráticos), observada via Pseudo R^2 e minimização dos critérios de seleção (AIC e BIC).

Percebe-se que as variáveis que captam o esforço de controle são significativas e positivas. Para cada pessoa a mais envolvida no esforço de controle, o número médio de javalis abatidos aumenta em 15.41%. Em um cenário em que a taxa de crescimento de caçadores legais só aumenta, tal resultado indica que o fomento à novos controladores tem a capacidade de impactar de forma substancial nas populações de porcos ferais.

Cada dia a mais despendido em caçadas aumenta o número médio de javalis abatidos em 3.25%. Em relação aos métodos, tanto busca com armas de fogo (sem cães) quanto busca com cães tem um impacto positivo se comparados com os demais métodos (espera, ceva, armadilhas e armas brancas). O controle efetuado via busca com armas de fogo tem um incremento de 27% na taxa média de abates, enquanto a busca com cães aumenta a taxa de abates de javali em 37% se comparados aos demais métodos. Tal fato corrobora a política atual de controle que permite a caça com o uso de cães, principalmente em áreas de alta densidade de vegetal. Diversos trabalhos identificaram a importância dos cães como instrumento fundamental no ato do controle (BARRETT, 1978; MASSEI; ROY; BUNTING, 2011; STONE; KEITH, 1987). Porém, o uso de cães também podem trazer algumas externalidades negativas como o aumento da área invadida, fruto do processo de fuga dos porcos ferais (CALENGE et al., 2002), além do possível ataque à espécies nativas por cães mal treinados (CRUZ et al., 2005) e a questão do bem estar animal, uma vez que os cães podem se ferir ou até mesmo morrer no ato do controle.

Por fim, as variáveis de controle referente à área de floresta e área de lavoura temporária foram seguiram o esperado, uma vez que quanto maior a área de floresta do município onde o controle foi realizado, menor a taxa de abate, uma vez que o custo de procura é maior. O raciocínio inverso vale para a área de lavoura plantada. Porém, vale ressaltar que o impacto é bem marginal, uma vez que para cada incremento de 1000 hectares em área de lavoura plantada aumenta em menos de 1% a taxa de abate. Vale ressaltar que tais variáveis foram agregadas, uma vez que não se conhece a densidade vegetal do ponto exato em que o controle foi executado, e sim do município em que o controle foi realizado.

Além da ausência de informações de caráter ambiental do ponto exato em que os controles foram realizados, alguns outros aspectos limitantes tem de ser considerados. O primeiro deles é o reconhecimento da probabilidade de viés, uma vez que o preenchimento dos relatórios de controle representa um alto desestímulo ao controlador, levando-o, portanto, ao comportamento oportunista e ao preenchimento inadequado do relatório. Além disso, há de

se ressaltar que não se conhece aspectos tecnológicos relacionados ao controle como o tipo de armamento utilizado, o que pode afetar a taxa de abates. Além disso, não se conhece o número de cães utilizados nos controles. De todo modo, a presente estratégia pode ser considerada como uma primeira tentativa de evidenciar como o esforço de controle afeta a taxa de abates, podendo subsidiar a tomada de decisão no que diz respeito às políticas de fauna relacionadas ao manejo populacional do javali.

4.5. Desafios para o manejo populacional do javali: uma análise de discurso

Com o intuito de captar com maior profundidade quais são, na opinião dos respondentes, os principais entraves e dificuldades para a realização do controle populacional do javali, uma pergunta discursiva foi incluída no questionário aplicado. A pergunta realizada foi: “Discorra de forma breve quais são, em sua opinião, os principais desafios para o manejo populacional do javali e seus híbridos hoje no Brasil e suas sugestões de como mudar essa situação?” Das 228 respostas, foram selecionadas 135 respostas válidas.

Por se tratarem de informações qualitativas, a escolha adequada da forma como tratar essas informações é essencial para se capturar aspectos impossíveis de se captar num questionário múltipla escolha padrão. Um dos desafios modernos da pesquisa qualitativa é, por meio de recursos computacionais, aumentar o grau de imparcialidade e transparência no processo metodológico. Para tal, muitas ferramentas vêm surgindo a fim de preencher essa limitação, são os chamados Computer-Assisted Qualitative Research (CAQDAS7).

Estratégias de pesquisa qualitativa são muito úteis para captar com maior grau de sensibilidade, aspectos inerentes do fenômeno em estudo que muitas vezes ficam mascarados pelos dados. Um bom exemplo é uma das respostas dadas por um entrevistado. Este inclusive não respondeu à pergunta de forma adequada, portanto sua resposta foi excluída da análise. Todavia, o relato dado é de grande valia para o entendimento do problema que o javali representa. Eis o relato: “Tenho suinocultura na fazenda e eles estão tentando invadir. Após plantio de mudas de Citrus arrancaram mais de 300 mudas p comer o adubo”. O entrevistado apresenta em seu relato dois pontos cruciais no processo de invasão do javali. O primeiro é o risco eminente de transmissão de doenças para os rebanhos domésticos. O segundo é a grande heterogeneidade alimentar, que oferece risco à toda e qualquer cultura.

7 Para uma revisão completa e prática dos CAQDAS, consultar: Chandra, Y., & Shang, L. (2019). *Qualitative Research Using R: A Systematic Approach*. Springer.

Desta forma, para o devido tratamento das opiniões relatadas pelos respondentes, optou-se pela análise de discurso através do processo de codificação de opiniões. O processo de codificação⁸ é exemplificado na Figura 12 a seguir:

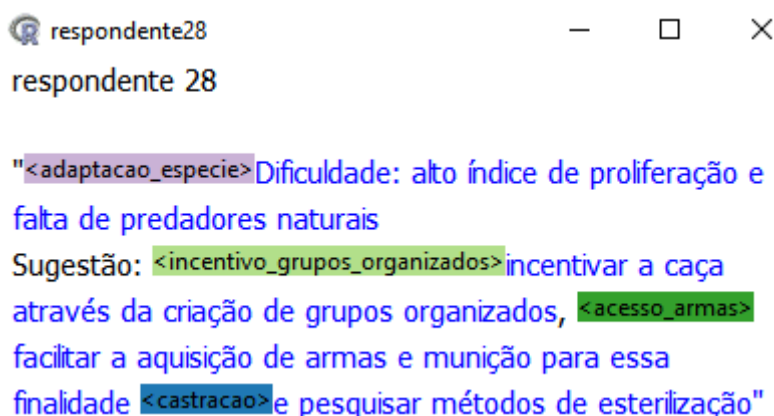


Figura 12: Exemplo de codificação de opinião.

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados dos questionários.

A Figura 12 apresenta a resposta do respondente 28 à pergunta: “Discorra de forma breve quais são, em sua opinião, os principais desafios para o manejo populacional do javali e seus híbridos hoje no Brasil e suas sugestões de como mudar essa situação?”. Em sua resposta, o entrevistado argumenta que a maior dificuldade é a alta capacidade reprodutiva e a falta de predadores naturais (codificado como “adaptação_espécie”) e que as possíveis soluções seriam o incentivo à grupos organizados (codificado como “incentivo_grupos_organizados”), uma maior facilidade ao acesso de aquisição de armas (“acesso_armas”) e a busca por métodos de esterilização (“castração”). Realizando esse exercício para todas as 135 respostas é possível captar quais são os principais desafios sob a ótica dos respondentes, bem como a interrelação entre esses desafios citados (ou seja, sua ocorrência conjunta ou coocorrência).

Vale ressaltar que todos os trechos codificados podem ser consultados em anexo. Tal ponto é importante pois permite alta transparência e possibilidade de adequação dos códigos definidos.

A figura 13 abaixo apresenta duas formas distintas de visualização das redes de coocorrência. Cada opinião é representada por um nodo (círculo). Quanto maior a frequência de uma opinião, maior o nodo. A intensidade de interrelação entre os nodos, ou seja, a

⁸ Todo o processo foi realizado utilizando o pacote RQDA. (HUANG, 2014).

frequência com que duas opiniões aparecem em conjunto, é dada pela largura das conexões. A posição dos nodos na rede é dada pelo grau de centralidade. Quanto maior a centralidade, mais conexões uma opinião faz com as demais e mais central ela é na rede. Os resultados são expostos em dois formatos de visualização distintos, porém o resultado é o mesmo.

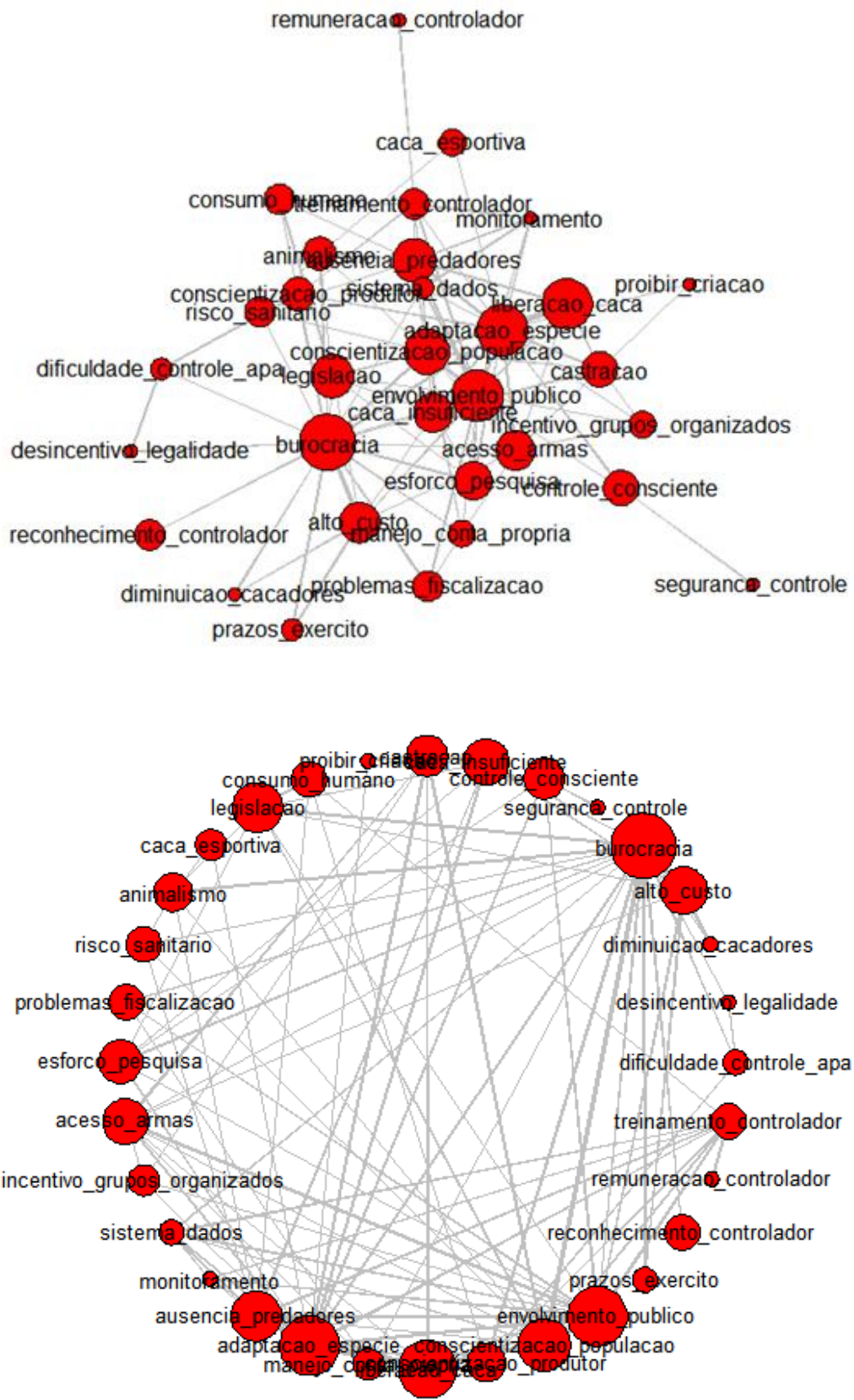


Figura 13: Rede de coocorrência de sugestões. Fruchterman-Reingold e Circle.
Fonte: Elaboração própria com base nos resultados dos questionários.

Percebe-se que para os respondentes analisados, o principal entrave é de ordem normativa. O principal entrave levantado foi a “burocracia”. Todavia vários outros desafios se enquadram na questão normativa como “problemas de fiscalização”, “desincentivo a legalidade”, “acesso a armas”, “alto custo”, “legislação” e “prazos do exército”.

Além disso, aspectos inerentes à espécie, que impõe dificuldades ao controle ótimo foram expostos diversas vezes como nos códigos: “adaptação da espécie”, “ausência de predadores”, “dificuldade de controle em APA” e “risco sanitário”.

Outros desafios interessantes e que foram elencados dizem respeito à conscientização coletiva em relação à caça. Códigos como “reconhecimento do controlador”, “conscientização da população”, “animalismo” e “conscientização do produtor” demonstram que ainda existe um tabu a ser superado em relação à política de fauna no Brasil, em especial a que envolve o controle populacional via caça. Além disso, questões de organização e treinamento dos controladores foram apontados como: “incentivo a grupos organizados”, “treinamento do controlador”, “controle consciente”.

É importante salientar que os resultados encontrados sofrem com diversos problemas estatísticos. Por se tratar de um questionário online, há naturalmente um viés de seleção amostral. Além disso, por se tratar de um questionário relacionado ao javali, é possível que a maioria dos respondentes tenham se engajado em responder por já conhecerem a natureza do problema. Por fim, a amostra é muito limitada, não permitindo, portanto, extrapolações de nenhuma natureza. Todavia, vale ressaltar que os resultados obtidos são, em algum grau, um vislumbre sobre a percepção da sociedade em relação ao javali.

5. ONDE ESTÃO E PARA ONDE VÃO: INDICADOR DE PRIORIZAÇÃO DE CONTROLE E PREVENÇÃO NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS

Espécies invasoras, ao se estabelecerem e prosperarem, podem aumentar seu alcance geográfico de forma rápida, chegando ao estágio do processo de invasão mais observável, que é o estágio dos impactos econômicos e ambientais (Marbuah, et al, 2004). Diante disso, programas de manejo de fauna, em especial a fauna exótica devem levar em consideração o padrão de distribuição geográfica da espécie e quais são as paisagens com maior risco de ocorrência, com o intuito de estabelecer um mapa de risco contendo aquelas regiões em que a presença é realizada e que possuem as características propícias para a prosperidade da espécie (nicho realizado) e aquelas cuja presença não é observada (isso não quer dizer que não seja realizada, pois na maioria das vezes não se possui os dados de presença-ausência e sim, somente presença) mas que possuem as características necessárias, constituindo portanto um nicho potencial.

Estratégias de previsão de nicho potencial pressupõem que a dispersão geográfica e o uso de diferentes paisagens como habitat são guiados por um processo determinístico explicado por variáveis ambientais e antrópicas. Desta forma é possível definir regiões prioritárias, tanto no que diz respeito ao controle quanto à prevenção.

O interesse por modelos de distribuição de nicho potencial no contexto do javali é observado para diversos países em diferentes contextos (invasoras ou nativas). Ressalta-se os trabalhos de Calckins, et al (2009) e McClure, et al (2015) que, através dos nichos realizados, ou seja, aquelas localidades já invadidas por porcos ferais, determinaram os nichos potenciais através de modelos probabilísticas de máxima entropia.

Bosch, et al (2014), avaliaram se as regiões de maior potencial de adequabilidade de habitat para o javali são exatamente aquelas que apresentam maior nº de avistamentos e população na Bulgária. Os autores identificaram que cerca de 57% da área do país possui a capacidade de ofertar recursos em abundância para o javali. Além disso, os autores identificaram forte correlação entre localidades que ofertam comida e abrigo e a população estimada de javalis. Em relação ao potencial risco sanitário internacional, os autores identificaram que a fronteira com a Macedônia é a que possui maior possibilidade de servir de travessia para javalis, sendo, portanto, uma área de priorização sanitária.

Recentemente o IBAMA (2019) realizou um esforço de definição de áreas prioritárias (em termos socioeconômicos, ambientais e sanitários) para manejo e prevenção do javali. Os pesquisadores construíram um indicador (com um sistema de pesos por conveniência) com o

intuito de elencar aqueles municípios com maior risco observado (para aqueles municípios com presença de javali) e risco potencial (para aqueles cuja a presença não é observada) com o objetivo de orientação da política de manejo e prevenção do javali.

Com o intuito de sumarizar a literatura à cerca do uso de modelos de dispersão e nicho potencial do javali em diferentes paisagens em países distintos, foi realizado um levantamento das publicações nesse sentido. Foram identificados 10 trabalhos em 8 localidades diferentes. A tabela 6 resume os principais aspectos dos artigos levantados.

Tabela 7: Levantamento bibliográfico relacionados ao javali e o nicho potencial.

País	Extensão e estratégia	Metodologia	Resultados	Fonte
Bulgária	28 regiões da Bulgária (217 dos 263 municípios). Uso das localizações georreferenciadas dos avistamentos e cruzamento com informações georreferenciadas de uso da terra para avaliar se as áreas com maior potencial de adequação para o javali são aquelas cuja presença é observada.	Correlação	57% da área do país foi considerada como habitat adequado ao javali. Forte relação entre capacidade de adequação de habitats e população. Fronteira entre Bulgária e Macedônia representa maior probabilidade de passagem de javalis.	(BOSCH et al., 2014)
Espanha	1082 pontos de ocorrência distribuídos em toda a Espanha. Além disso, variáveis georreferenciadas referentes à fatores climáticos, influência humana, topografia e vegetação foram definidas para estimar um modelo de	MaxEnt	Probabilidade de ocorrência do javali aumenta de acordo com o n° de horas de luz solar, precipitação e altitude (principais fatores).	(LÓPEZ et al., 2014)

	nicho potencial.			
Bélgica	Uso de registros de ocorrência georreferenciadas oriundas da sociedade (1383 registros de ocorrência) e de caças (1510 registros de ocorrência) na região dos Flandres. Além disso, foram levantadas características ambientais para estimar um modelo de distribuição de espécie.	MaxEnt	Principais variáveis que afetaram a probabilidade de uma localidade ser um nicho potencial do javali foram relacionadas à cobertura do solo como área de floresta de coníferas e áreas de plantio de milho.	(RUTTEN et al., 2019)
Estados Unidos	Uso de registros de ocorrência por câmeras (160) e variáveis ambientais para estimar um modelo de nicho potencial no estado do Novo México.	MaxEnt	Fatores como o bioma, a distância da água foram os que mais afetaram a probabilidade de uma localidade ser adequada para o javali. Todavia, destaca-se a limitação em termos de nº de ocorrência e concentração de ocorrências em poucas	(CALKINS; BOYKIN; ANDERSEN, 2009)

			áreas, gerando potenciais vieses.	
Estados Unidos	Registros de ocorrências de javali por todo o país no período 1982-2012. Através de variáveis edafoclimáticas foi estimado um modelo probabilístico afim de identificar as áreas com maior probabilidade de ocorrência de javalis.	Logit	Menores temperaturas e menor disponibilidade de água afetam negativamente a probabilidade de ocorrência. Altas temperaturas frequentes e heterogeneidade de habitat tem impacto positivo.	(MCCLURE et al., 2015)
Bélgica	Registros de ocorrência via informações de caça e de reportes de impacto em lavouras, totalizando 1967 ocorrências. Foi estimado um modelo para duas estações do ano (reprodução e caça) utilizando de variáveis ambientais e antrópicas.	MaxEnt	Nos períodos de reprodução, a área coberta pelo javali quase dobra devido à busca por recursos agrícolas em detrimento dos recursos florestais (mais escassos nessa época). Esse	(MORELLE; LEJEUNE, 2015)

			movimento é capaz de aumentar a área invadida em 63 até 168 km ² .	
Mundo	Foram coletados dados de ocorrência por todo o mundo através de bases de dados oficiais e informais, totalizando 2283 ocorrências. Foram estimados três diferentes modelos para averiguar o nicho potencial do javali em escala mundial. Os modelos foram calibrados por i.) ocorrências em que o javali é nativo; ii) todas as ocorrências (nativas e invasoras).	Bioclim, Mahalanobis, Support Vector Machine.	Devido à características comuns entre áreas invadidas e não invadidas sugerem que o processo de invasão é ocasionado pela ocupação de um nicho potencial e não por um processo de adaptação da espécie.	(SALES et al., 2017)
Estados Unidos	Dados de presença agregados em condados em quatro períodos: 1982-1988; 1998-2004; 2004-2009; 2009-2012. O modelo leva em consideração aspectos climáticos, de uso da terra e de biodiversidade.	Logit Bayesiano que leva em consideração questões temporais e espaciais.	Expansão se deu no início em áreas homogêneas em termos ambientais. Todavia, essa expansão vem evoluindo para o norte (potencialmente por	(SNOW; JARZYNA; VERCAUTEREN, 2017)

			conta de mudanças do clima). Esforços devem ser direcionados para as fronteiras de áreas ocupadas e no impedimento de transporte humano de javalis vivos para soltura.	
Rússia	Foram coletadas 178 ocorrências de javali (rastros, observações e caças) entre 2001-2016 na região da Sibéria. Foram utilizadas variáveis de habitat e climáticas para se estimar um modelo preditivo de nicho potencial.	MaxEnt	A probabilidade de ocorrência é afetada pelo efeito combinado entre estabilidade climática e cobertura florestal. A expansão do javali para o norte possivelmente se dá por mudanças climáticas e adaptação da espécie e não por uma mudança no uso dos recursos.	(MARKOV; PANKOVA; MORELLE, 2019)
Brasil	Foram construídos índices com o	Indicador com sistema de	Através de pesos	IBAMA (2019)

	<p>intuito de definir os municípios prioritários para controle e para prevenção considerando três aspectos: socioeconômico, sanitário e ambiental.</p>	<p>pesos por conveniência.</p>	<p>(definidos de forma arbitrária), foram definidos como prioritários para controle aqueles que registraram ocorrência e altos índices. De forma similar, foram definidos os municípios prioritários para prevenção aqueles sem registro de ocorrência, porém com altos índices.</p>	
--	--	--------------------------------	--	--

Fonte: Elaboração própria.

De forma geral é possível elencar alguns fatores edafoclimáticos e antrópicos comuns aos diversos modelos de nicho potencial. A oferta de alimento, em especial oriunda de atividade agrícola é um dos fatores importantes para a ocorrência de javali numa determinada área. Além disso, a oferta de água também se demonstrou importante em diversos trabalhos. O tipo de cobertura do solo também é importante, uma vez que facilita o abrigo e reduz a pressão de caça. Por fim, questões climáticas como a temperatura também se mostraram fundamentais indicando, inclusive, o potencial do efeito estufa na dispersão do javali, uma vez que áreas antes muito frias acabam se tornando um habitat plausível devido ao aumento paulatino da temperatura.

Este trabalho buscou, através de um indicador de risco de ocorrência de javalis, contribuir com a condução da política de manejo de fauna exótica, orientando, através do indicador construído, municípios que deveriam ser considerados prioritários, tanto no que diz respeito ao controle populacional, quanto à prevenção. O princípio adotado diverge da metodologia apresentada pelo IBAMA (2019), sendo mais simples, pois se define somente um indicador, e mais robusto, pois não utiliza de sistemas de pesos subjetivos e sim, um escore estimado através das probabilidades de ocorrência de javalis nos municípios do Brasil. A seção apresenta a estratégia metodológica adotada.

5.1. Estratégia metodológica

Existem diversas estratégias para a estimação de modelos de distribuição de nicho potencial (GUISAN; ZIMMERMANN, 2000), porém todas compartilham com o princípio básico de que a probabilidade de presença de uma espécie é determinada por características ambientais, climáticas e antrópicas. As abordagens variam de acordo com a distribuição do fenômeno, a qualidade das informações de presença, o nível de agregação e o tipo de dado (somente presença ou presença-ausência) (PEARCE; BOYCE, 2006).

No presente caso foram utilizados dados no nível de município, ou seja, tem-se conhecimento sobre aqueles municípios que tem algum registro de presença. Além disso, as informações são somente de presença, uma vez que não se tem garantias de que aqueles municípios que não registraram presença não têm, de fato, a existência de javalis em seus domínios. Segundo Pearce & Boyce, (2006), existem diversos modelos estatísticos capazes de tratar informações de presença. Para este trabalho, foi adotado um modelo linear generalizado de distribuição logística (Logit).

A regressão logística pressupõe a observância entre os eventos, ou seja, a existência da presença do javali ($y = 1$), ou a ausência ($y = 0$). A probabilidade de ocorrência de presença ($P(y = 1)$) é dada por um conjunto de variáveis ambientais (X_1), climáticas (X_2) e antrópicas (X_3), de forma que:

$$P(y = 1|X) = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3)}$$

Daí, é possível estimar um indicador de probabilidade de ocorrência para cada observação, o escore de propensão. Quanto maior o escore, maior a probabilidade de um município ter registro de presença de javali.

Todavia, como a característica dos dados é de somente presença, não se conhece a proporção de falsos ausentes. Deste modo, com caráter de validação da estimação, foi estimado um modelo do tipo pseudo ausência, que nada mais é do que a reestimação do modelo utilizando uma subamostra aleatória da amostra original (STOCKWELL; PETERSON, 2002).

Desta forma, estimou-se um modelo de regressão logística para todo os 5.572 municípios do Brasil (sendo 27% com registro de presença, ou seja, 1.536 municípios) e um modelo logístico com pseudo ausência para uma subamostra aleatória contendo 30% da população total (461 municípios com registros de presença e 1210 sem registro). A segunda regressão foi realizada somente a título de checagem de robustez, sendo os escores estimados para todos os municípios oriundos da primeira regressão.

As variáveis utilizadas para a estimação do modelo, suas descrições, estatísticas descritivas, sinal esperado e fonte se encontram na Tabela 7 a seguir.

Tabela 8: Estatísticas descritivas, descrição e fonte das variáveis utilizadas no modelo.

Categoria	Variáveis	Média	D.P.	Descrição	Expectativa de sinal	Fonte
Dependente	Presença ⁹	0.27	0.45	Variável binária que indica se o município tem registro de presença do javali e seus híbridos.		IBAMA
Ambiental	Nascentes (n°)	276.55	375.28	N° de estabelecimentos agropecuários com nascentes.	+	Censo agropecuário
Ambiental	Corpos d'água (dez mil ha)	0.304	2.12	Área (10000 ha) de rios, lagos e mares.	+	MAPBIOMAS
Climática	Altitude (m)	407.71	294.71	Altitude do município.		IPEADATA
Climática	Amplitude térmica (°C)	4.21	2.71	Diferença entre as temperaturas médias observadas no verão e no inverno.	-	IPEADATA
Geográfica Climática	Latitude (m)	-16.44	8.29	Latitude do município.	-	IPEADATA
Climática	Aptidão agrícola (índice)	0.29	0.14	Índice de aptidão agrícola que leva em considerações aspectos de clima, solo e relevo. 5 faixas de aptidão (muito baixa, baixa, média, alta e muito alta).	+	FAO/MDR/FEALQ
Ambiental	Área natural sem floresta	0.912	7.32	Área (10000 ha) de formações não	+	MAPBIOMAS

⁹ O pedido de acesso à informação de registro de presença foi realizado no dia 05/10/2020 ao IBAMA e respondido no dia 28/10/2020.

	(dez mil ha)			florestais como áreas rochosas, alagadas, pastagens naturais e outras formações.		
Ambiental	Área de floresta (dez mil ha)	9.32	50.25	Área (10000 ha) de floresta natural.	+	MAPBIOMAS
Antrópica Uso da terra	Área de cana-de-açúcar (dez mil ha)	0.18	0.69	Área (mil ha) plantada de cana-de-açúcar.	+	MAPBIOMAS
Antrópica Uso da terra	Área de soja (dez mil ha)	0.65	2.75	Área (10000 ha) plantada de soja.	+	MAPBIOMAS
Antrópica Uso da terra	Área de lavoura temporária (dez mil ha)	0.28	1.07	Área (10000 ha) plantada de outras culturas temporárias.	+	MAPBIOMAS
Antrópica Uso da terra	Área de lavoura e pastagem (dez mil ha)	0.43	0.69	Área (10000 ha) de mosaico entre lavoura e pastagem.	+	MAPBIOMAS
Antrópica Uso da terra	Área de pastagem (dez mil ha)	3.00	6.87	Área (10000 ha) de pastagem.	-	MAPBIOMAS
Antrópica Uso da terra	Área de floresta plantada (dez mil ha)	0.14	0.69	Área (10000 ha) de floresta plantada.	+	MAPBIOMAS
Antrópica	Área de infraestrutura (dez mil ha)	0.62	2.37	Área (10000 ha) com infraestrutura urbana.	-	MAPBIOMAS
Antrópica	Distância média de	17.64	19.39	Distância (km) média das propriedades	+	FAO/MDR/FEALQ

rodovias (km)

da rodovia mais próxima.

Fonte: Elaboração própria. D.P.: Desvio padrão.

Avaliar quais variáveis de uso da terra, ambientais, climáticas e antrópicas sobre a probabilidade de ocorrência do javali em nível municipal tem importância no contexto de planejamento de política de fauna, uma vez que, além de conhecer quais características dos municípios são mais propícias à ocorrência do javali, é possível, através dos modelos probabilísticos, construir um indicador único de risco em que: i) municípios com registro de presença e com maior índice de risco são aqueles prioritários em termos de controle, uma vez que (por hipótese), quanto maior o índice maiores são as condições para que a espécie prospere e; ii) municípios sem registro de presença mas com maiores índices de risco são aqueles considerados como nichos de maior potencial de invasão, portanto, devem ser considerados áreas prioritárias para a prevenção.

5.2. Resultados

5.2.1. Modelo estimado

Primeiramente, vale salientar a consistência do modelo estimado, uma vez que os coeficientes estimados são, em sua maioria, muito similares tanto em termos de magnitude quanto em termos de sinal. Deste modo, acredita-se que o modelo considerando todos os municípios com fins de estimação do escore de propensão à ocorrência do javali tem, em certo grau, baixa influência das informações de “falso positivo” (aqueles que não possuem registro de ocorrência, mas que são habitats realizados do javali). A Tabela 8 a seguir apresenta os efeitos marginais de cada variável sobre a probabilidade de ocorrência do javali à nível municipal.

Tabela 9: Efeitos marginais das covariáveis sobre a probabilidade de ocorrência do javali. Modelo completo e modelo da subamostra.

Variáveis	Modelo completo		Subamostra (30%)	
	E.M.	D.P.	E.M.	D.P.
Nascentes	0.0000*	0.0000	0.0000	0.0000
Corpos d'água	-0.0007	0.0065	0.0000	0.0134
Altitude	0.0001***	0.0000	0.0000***	0.0000
Amplitude térmica	-0.0411***	0.0060	-0.0387***	0.0109
Latitude	-0.0301***	0.0023	-0.0292***	0.0042
Aptidão agrícola				
Baixa aptidão	-0.0037	0.0171	-0.0243	0.0307
Média aptidão	0.0404**	0.0174	0.0346	0.0313
Alta aptidão	0.0900***	0.0173	0.0874***	0.0315
Muito alta aptidão	0.1280***	0.0188	0.1233***	0.0338
Área natural sem floresta				
Área de floresta	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002
Área de cana	0.1199***	0.0118	0.1123***	0.0206
Área de soja	0.0016	0.0019	0.0016	0.0030
Área de outras lavouras temporárias	0.0241***	0.0064	0.0312***	0.0116
Área de lavoura e pastagem	0.0328***	0.0080	0.0315**	0.0159
Área de pastagem	0.0023**	0.0009	0.0007	0.0015
Área de floresta plantada	0.0427***	0.0088	0.0431**	0.0176
Área de infraestrutura urbana	0.0070	0.0189	0.0768	0.0397
Distância de rodovias	0.0007**	0.0003	0.0012**	0.0005

Fonte: Elaboração própria. E.M.: Efeito marginal. D.P.: Erro Padrão. *** significante a 1%; ** significante a 5%; * significante a 10%.

A Figura 14 ilustra melhor os efeitos marginais (incrementos, em pontos percentuais na probabilidade de ocorrência do javali para uma variação unitária da variável explicativa). A principal variável que afeta a propensão de um município a ter registro de javali é a aptidão agrícola. Quanto maior a categoria do índice, maiores são as probabilidades de ocorrência se comparados com o índice de aptidão muito baixa. Municípios com alta aptidão tem um

incremento marginal de 9 p.p. na probabilidade de ocorrência, enquanto aqueles com aptidão muito alta tem 12.18 p.p. a mais de chances de serem habitats do javali. Essa relação é melhor ilustrada na figura 15, que mostra as distribuições (por *box plots*) dos escores estimados e das categorias de aptidão. Percebe-se que quanto maior a aptidão, maior a mediana (marca central dos *box plots*) dos valores dos escores estimados. Além disso, quanto maior a aptidão, maiores são os quartis centrais (a “caixa” em si, onde metade dos valores se distribuem).

Além disso, características climáticas também afetaram a probabilidade de ocorrência do javali. Quanto maior a amplitude térmica (diferença entre a temperatura média no verão e no inverno), menores são as probabilidades de um município ser um habitat em potencial (-4.11 p.p.), sugerindo que o javali prefere localidades com menor variação climática. Além disso, quanto mais ao norte do país (refletido pela latitude), menores as chances de ocorrência (3 p.p.). Esse resultado, todavia, pode refletir o próprio processo de invasão do javali, que começou na região sul e foi se espalhando pelo território. Ou seja, o fato de se encontrar mais ao norte do país não inviabiliza o município de se tornar um nicho potencial para o javali.

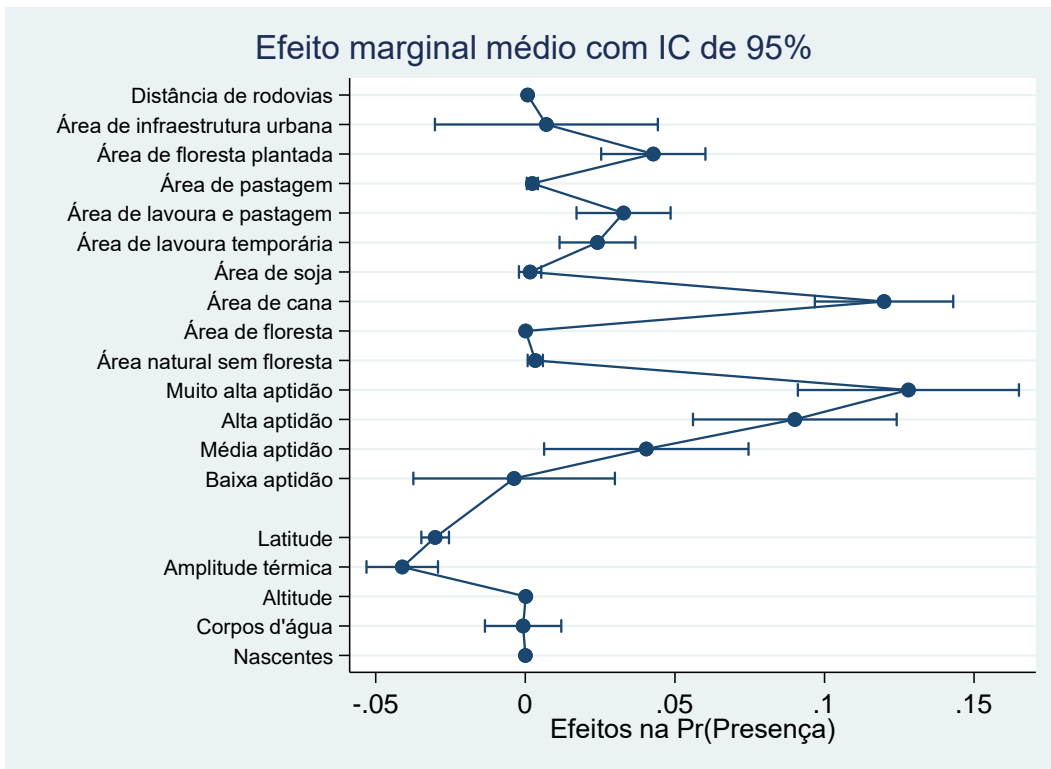


Figura 14: Efeitos marginais médios sobre a probabilidade de ocorrência do javali.
Fonte: Elaboração própria.

Do grupo de variáveis antrópicas de uso da terra, a variável que chama atenção é a área plantada de cana-de-açúcar. Para cada 10 mil hectares de cana-de-açúcar há um incremento de 12 p.p. na probabilidade de ocorrência do javali. Tal resultado pode sugerir uma maior preferência do javali por áreas cobertas por cana devido à proteção natural que esse cultivar fornece à espécie. Foi observado ainda na pesquisa de opinião realizada relatos de que áreas de cana-de-açúcar representam uma barreira à realização do manejo, uma vez que são áreas densas e de difícil acesso dependendo do nível de maturidade da cultura. O raciocínio pode ser o mesmo para as áreas de floresta plantada (4.27 p.p.).

Além disso, quanto maior a área de lavoura temporária e de lavoura e pastagem, maiores são as chances do município registrar ocorrências de javali (2.4 p.p. e 3.3 p.p. respectivamente). Esse resultado sugere uma preferência dos javalis por essas paisagens devido à alta oferta de alimento durante todo o ano.

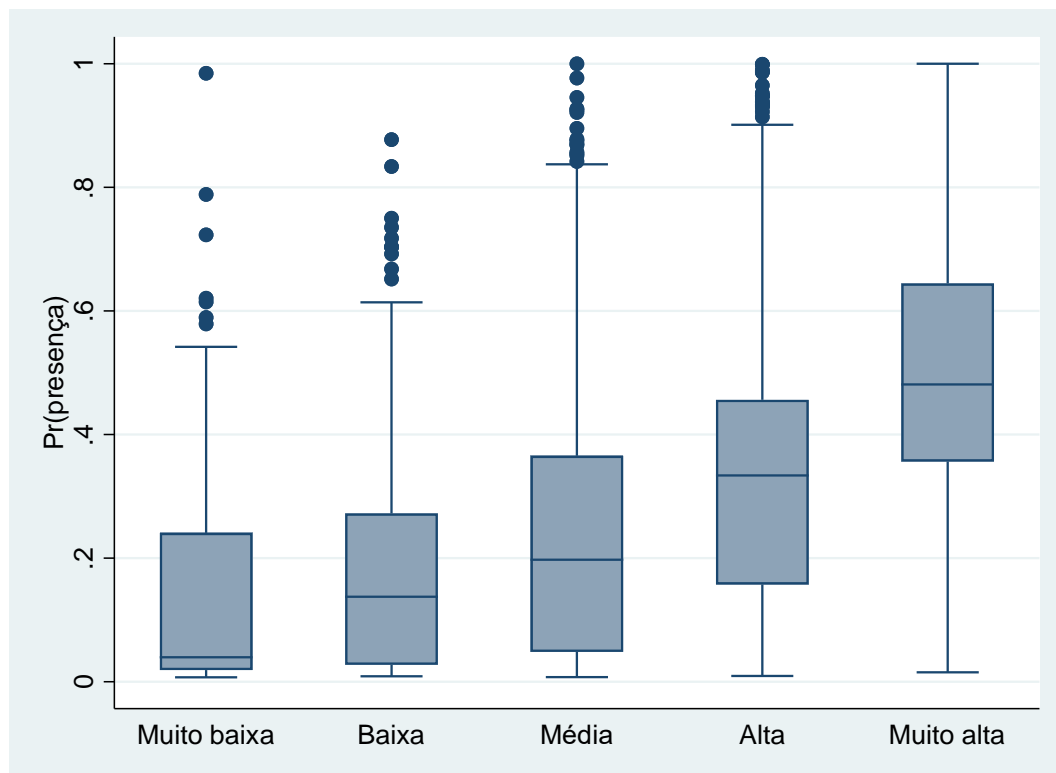


Figura 15: Distribuição (*box plots*) dos escores estimados por categoria de aptidão agrícola. Fonte: Elaboração própria.

Uma das hipóteses definidas é a de que quanto maior o escore estimado, maiores são as condições para que o javali prospere, aumentando, portanto, sua população. Para avaliar essa hipótese, plotou-se a distribuição do escore estimado e o n° de fontes de registro por

município (IBAMA, 2019). Sugere-se que o n° de fontes de registro é uma boa *proxy* para população, uma vez que, quanto maior a população, maior a percepção humana sobre a presença do javali e maiores são os casos de conflito entre homem-fauna. A figura 16 apresenta as distribuições do escore por número de fontes de avistamento.

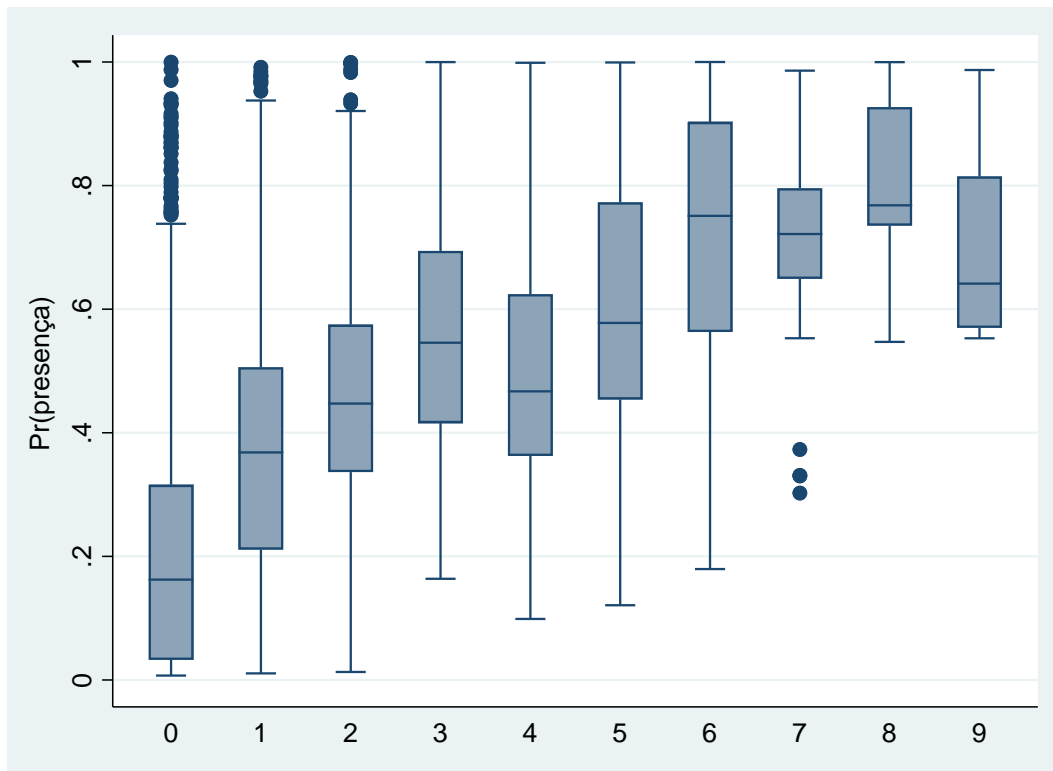


Figura 16: Distribuição do escore estimado por n° de fontes de registro.
Fonte: elaboração própria.

Os resultados sugerem uma relação positiva entre a probabilidade de ocorrência do javali e o n° de fontes de registro, indicando que o escore estimado pode sim ser considerado uma medida de potencial de prosperidade do javali. Desta forma, reforça-se a ideia que municípios que possuem alto escore devem ser considerados como prioritários, tanto em termos de controle quanto de prevenção.

5.2.2. Mapa de risco de ocorrência de javalis

Em posse dos escores estimados para cada município brasileiro, é possível construir um mapa de risco que evidencie, tanto as prioridades para o controle, representada por aqueles municípios com registro de ocorrência e com alto escore estimado, quanto as

prioridades para a prevenção, que são aqueles municípios que não possuem registro de ocorrência mas que são dotadas das características necessárias para a presença do javali (portanto, maior escore).

As Figuras 17 e 18 apresentam os escores estimados para aqueles municípios com e sem registro de ocorrência, respectivamente.

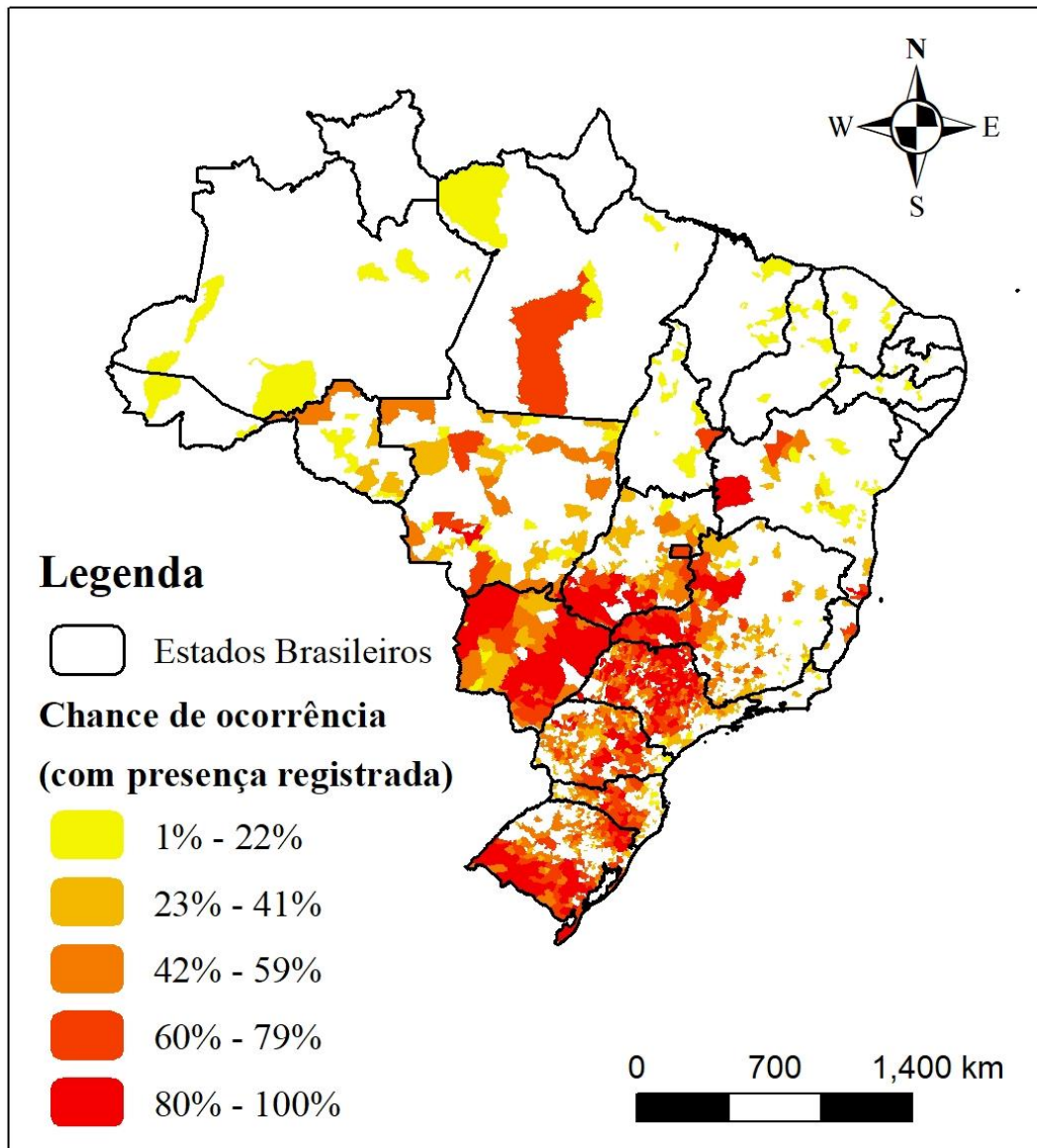


Figura 17: Escores estimados para os municípios COM registro de presença do javali.
Fonte: Elaboração própria com base nos escores estimados.

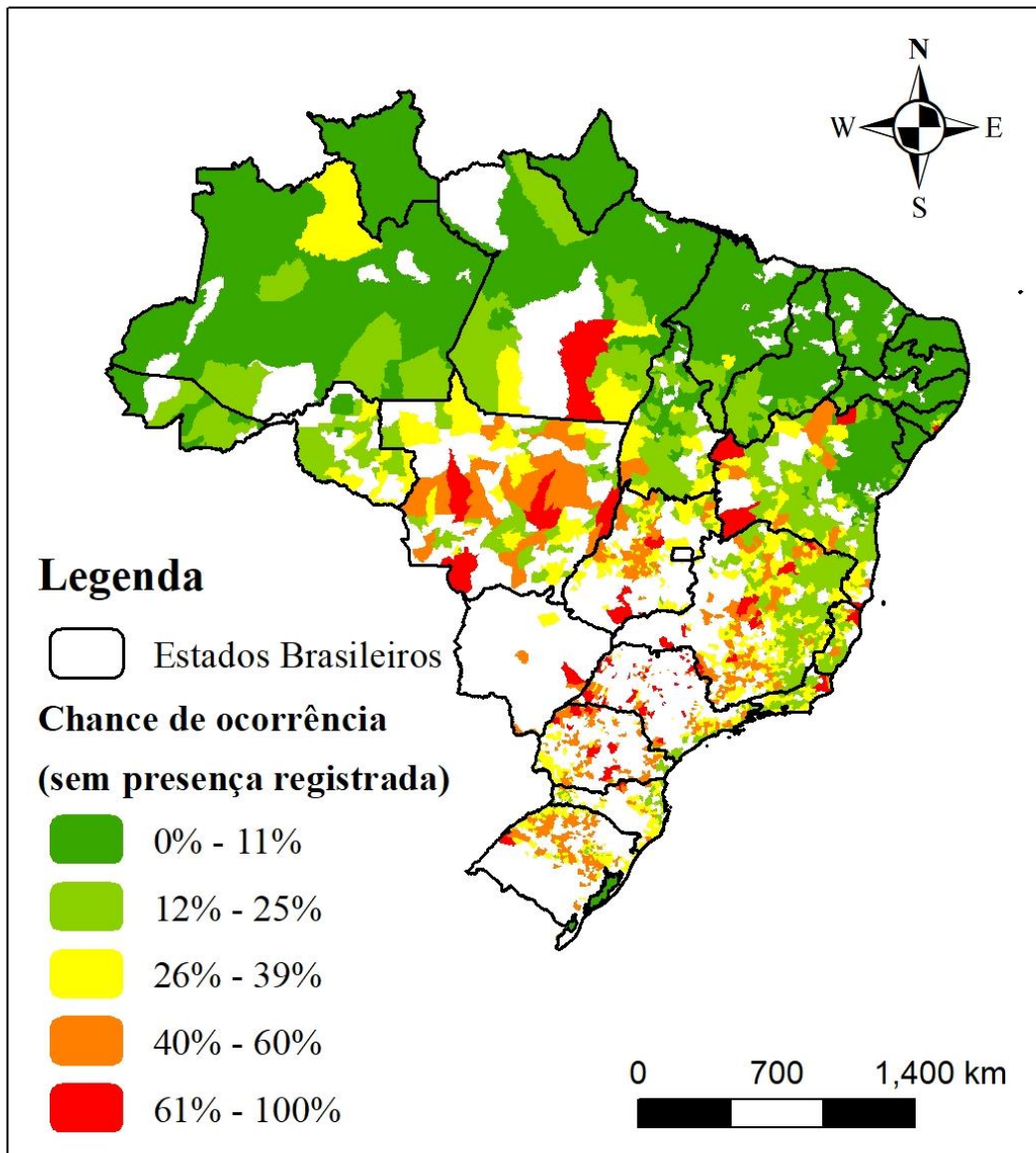


Figura 18: Escores estimados para os municípios SEM registro de presença do javali.

Fonte: Elaboração própria com base nos escores estimados.

Através dos mapas, é possível identificar que grande parte dos municípios da região sul, além de já se encontrarem invadidos, uma vez que apresentam registros de ocorrência da espécie, possuem alto grau de priorização no que diz respeito ao controle, uma vez que são habitats propícios para a prosperidade da espécie. No que diz respeito à prevenção, percebe-se uma maior necessidade de esforço no estado do Paraná. Destaque ainda para a faixa fronteira à oeste dos três estados, que possuem escores intermediários, mas que se

avizinham de áreas já invadidas. Áreas de fronteira devem ser monitoradas com atenção devido à possibilidade de invasão entre países.

A região Sudeste, por sua vez, tem uma maior concentração de municípios invadidos e com alto grau de priorização de controle nos estados de São Paulo, já quase completamente invadido, e o estado de Minas Gerais, em especial a região oeste do estado. Toda a faixa sul e central do estado de Minas Gerais, além da região costeira do estado de São Paulo, em especial na fronteira com o Rio de Janeiro, deve ser monitorada com atenção e esforços de prevenção devem ser feitos, uma vez que os municípios que não apresentaram registro de ocorrência nessas regiões possuem escores intermediários ou altos.

A região Centro-Oeste, em especial o estado do Mato Grosso do Sul e o sul do estado de Goiás, representam um ponto crítico de necessidade de esforço de controle. Tal necessidade se acentua ainda mais devido à alta sensibilidade dos biomas cerrado e pantanal. Mais ainda, percebe-se que o estado do Mato Grosso, transição de cerrado e Amazônia, se encontra em processo de invasão, além de possuir um alto grau de priorização de prevenção. Ou seja, é preciso concentrar esforços de controle nas fronteiras entre os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do sul, além dos próprios municípios já invadidos do estado do Mato Grosso, com o intuito de impedir o processo de invasão no bioma Amazônia, processo esse ainda pouco observado e com impactos ainda pouco conhecidos.

Por fim, as regiões Norte e Nordeste não apresentam uma alta exposição ao risco de invasão e, por consequência, não devem ser focos de política de controle e prevenção. Todavia, algumas regiões merecem atenção, como é o caso da região de MATOPIBA, região de fronteira agrícola que já vem registrando presença no oeste da Bahia e no sudeste do Tocantins, além de possuírem municípios com um certo grau de alerta para prevenção e controle.

5.2.3. O escore de risco de ocorrência e a produção de suínos

Para ilustrar o potencial analítico do escore de risco, aplicou-se o exercício para o contexto da suinocultura. O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de carne suína do mundo. Diante desse fato, a invasão biológica do javali impõe um sério risco à sanidade dos rebanhos, uma vez que o contato das populações de porcos domésticos com as de asselvajados pode gerar uma crise sanitária sem precedentes como ocorreu na China em períodos recentes. Portanto, o instrumento aqui proposto para ranquear áreas prioritárias para

controle e prevenção pode ser utilizado no contexto de defesa sanitária, mapeando aqueles municípios com alto escore (e, portanto, alto potencial de habitat, tanto realizado quanto potencial) e que possuem grandes efetivos de suínos. A figura 19 apresenta os 30 municípios com maior efetivo suíno no Brasil, bem como seus escores estimados e se há registro ou não de presença do javali.

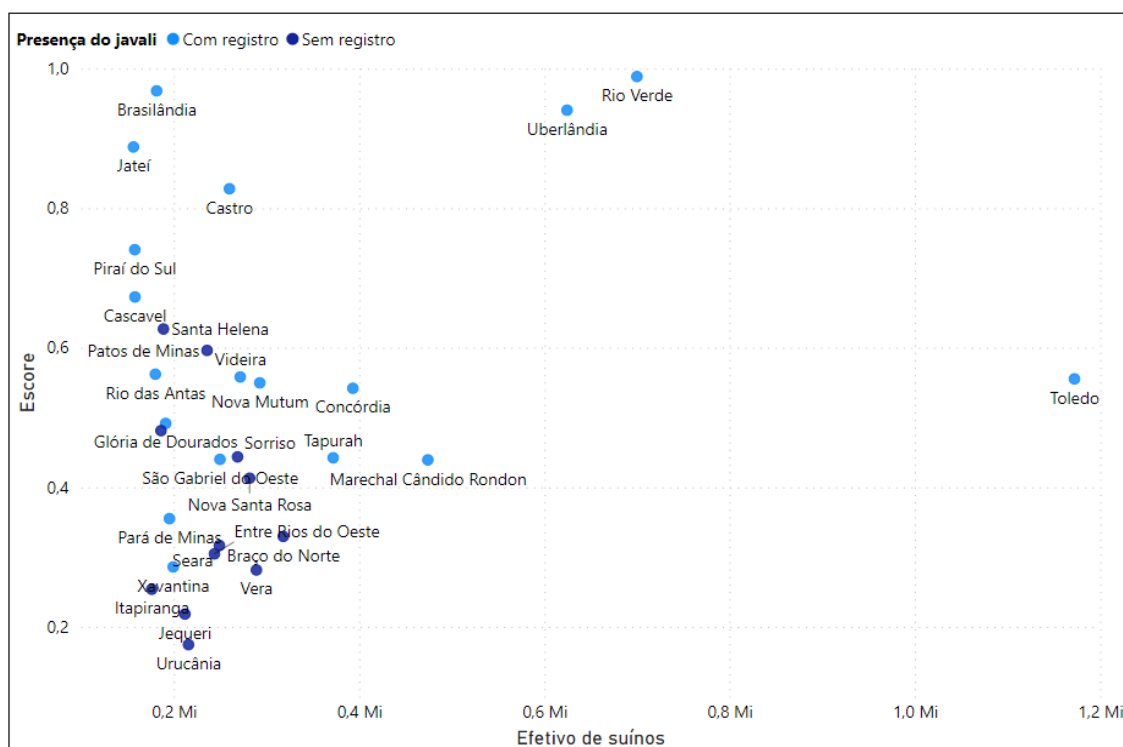


Figura 19: Efetivo suíno e escore estimado.

Fonte: Elaboração própria.

Percebe-se que a maioria dos principais municípios produtores de suínos já possuem registro de presença do javali. Além disso, mais de 20% deles possuem alto escore e, portanto, são considerados como locais de alto grau de adaptabilidade do javali, facilitando, portanto, o aumento de sua população. Destaque para os municípios de Rio Verde, Uberlândia, Brasilândia, Jateí e Castro. O maior produtor de suínos do Brasil (Toledo), com quase 1.2 bilhões de cabeças, além de ter registro de ocorrência, possui um alto escore, quase 0.6. O surgimento de algum caso positivo para peste suína, por exemplo, teria o potencial de impacto econômico¹⁰ de R\$1.18 bilhões de reais. Vale ressaltar ainda, aqueles municípios que não possuem registro, mas que possuem escore ente 0.4 e 0.6 e figuram na lista dos 30 principais

¹⁰ Pressupondo um peso médio de abate de 100 kg e um preço de R\$10,10/kg.

produtores. Estes seriam aqueles municípios cujo os esforços de prevenção devem ser priorizados.

6. IMPACTO ECONÔMICO DO JAVALI: PROPOSTA DE MODELO

Até aqui, foram endereçados diversos aspectos inerentes ao processo de invasão biológica do javali. Todavia, um dos principais desafios quando se trata de grandes mamíferos exóticos que causam impactos econômicos é a própria quantificação desses impactos. Sabe-se que o impacto econômico é função da população da espécie. Todavia, estudos populacionais de espécies invasoras são escassos e complexos, ainda mais considerando a escala nacional.

Diante da inexistência de estudos populacionais em relação ao javali, inexistem também iniciativas de pesquisa que buscam estimar seus impactos econômicos. Alguns trabalhos investigativos levantaram alguns números referente aos danos causados, porém todos a nível local (ROSA; WALLAU; PEDROSA, 2018).

O presente exercício buscou, portanto, um primeiro esforço de se construir um modelo replicável e adaptável a todo e qualquer município do Brasil. Utilizando a dinâmica de sistemas como ferramenta metodológica, buscou-se modelar a dinâmica populacional do javali e sua interação com o controle populacional e o impacto econômico. Vale ressaltar que o modelo é deficiente e exposto à diversas hipóteses. Todavia, uma das grandes vantagens de um modelo como esse é a alta adaptabilidade e interatividade. Dessa forma, é possível utilizar as bases aqui expostas para a replicação em casos reais, reduzindo assim a exposição às hipóteses devido à ausência de informações.

Todavia, antes de se apresentar o modelo de dinâmica de sistema proposto, cabe o destaque para a tentativa de quantificação dos impactos econômicos através do questionário aplicado e apresentado em seção passada nesse mesmo manuscrito. Dos 228 respondentes, 126 eram produtores rurais. Estes responderam perguntas específicas em relação à presença do javali em sua lavoura e os respectivos impactos econômicos registrados. A estratégia metodológica utilizada se mostrou infrutífera, todavia, espera-se que com a divulgação desse esforço outros pesquisadores possam aprimorá-la.

6.1. Tentativa de quantificação dos impactos econômicos ocasionados pelo javali

Uma das grandes dificuldades em relação à invasão do javali é a adequada quantificação dos impactos infligidos às lavouras. Com um padrão quase que aleatório, o javali abre verdadeira clareiras nas áreas plantadas, dificultando a observância e quantificação adequada dos impactos. Todavia, uma das estratégias disponíveis é a verificação via declaração do produtor do montante perdido. Desta forma, para aqueles produtores rurais que

reportaram ataques às lavouras principais foi questionado um conjunto de perguntas com o intuito de avaliar o impacto econômico do javali. Vale ressaltar mais uma vez a incapacidade de extrapolação desses resultados. Além disso, há de se avaliar a estratégia utilizada, uma vez que se observou um alto grau de respostas incompatíveis ou respondidas de forma equivocada.

A estratégia utilizada se baseou na abordagem de Anderson, et al (2016). Os autores optaram por estimar as perdas via produto potencial. Em linhas gerais, se dá por perdas a razão entre as perdas ocorridas e um produto potencial, que é a soma entre o produto realizado e o factível caso o dano não tivesse ocorrido. O produtor reporta a produtividade média por hectare colhido bem como a área total colhida e daí calcula-se a produção como em (1):

$$Produção_{ij} = (Hectares\ Colhidos_{ij}) \times (Prod.\ Média\ por\ hectare_{ij}) \quad (1)$$

Em casos em que o produtor reporta danos causados por porcos asselvajados, são coletadas informações sobre o número de hectares que apresentaram danos, a produtividade média por hectare de área danificada e a produtividade média esperada desta área atacada caso ela não tivesse apresentado danos por porcos. O cálculo das perdas é definido em (2):

$$Perdas_{ij} = (Hectares\ atacados_{ij})(Prod.\ Média\ área\ atacada_{ij} - Prod.\ Média\ área\ não\ atacada_{ij}) \quad (2)$$

Uma vez que as perdas realizadas estão computadas na produção calculada em (1), o produto potencial hipotético, caso não houvessem danos causados por porcos, se dá pela soma de (1) e (2). A perda percentual é definida pela razão das perdas calculada e do produto potencial hipotético.

$$Perda\ Percentual_{ij} = 100 \times \frac{Perdas_{ij}}{Produção_{ij} + Perdas_{ij}} \quad (3)$$

A Tabela 10 apresenta os resultados do percentual médio de perdas e o valor total das perdas para as culturas do milho, soja e cana-de-açúcar por região do Brasil.

Tabela 10: Percentual de perdas e valor das perdas registradas por cultura e região.

Cultura	Milho		Soja		Cana	
	% perdas	R\$ perdas	% perdas	R\$ perdas	% perdas	R\$ perdas
Sudeste	8,7%	R\$2.438.298	4%	R\$2.072.620	4,2%	R\$1.603.425
Centro-Oeste	5,9%	R\$2.903.316	1,8%	R\$3.801.958	N.A.	N.A.
Sul	8,8%	R\$1.955	1,7%	R\$276.939	0.6%	R\$15.829

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados dos questionários.

Em termos de percentual da produção potencial, o milho foi o que mais sofreu ataques com perdas médias de 8,7% e 8,8% para as regiões Sudeste e Sul e 5,9% na região Centro-Oeste (todavia a região Sul registrou somente um produtor com perdas, por isso o valor baixo das perdas). Percebe-se ainda que, para todas as três culturas registrou-se impactos na casa dos milhões de reais. Esses resultados deixam claro o potencial destrutivo do javali (apesar da incapacidade de extrapolação desses resultados, como citado anteriormente).

6.2. Dinâmica de Sistemas no contexto do manejo de fauna

A abordagem de Dinâmica de Sistemas (System Dynamics) possibilita o rastreamento dos impactos entre variáveis interligadas por malhas de retroalimentação, em que as relações de causa e consequência estão dispersas no tempo. A Figura 20 ilustra bem as relações dinâmicas e como elas se relacionam com as defasagens temporais. Novas informações serão processadas e se materializarão em ações após certa defasagem de tempo (representada pelas barras paralelas). Tais ações irão mudar o estado inicial, ou nível do sistema, que será retroalimentado após um intervalo de tempo por novas informações (BUENO, 2010).

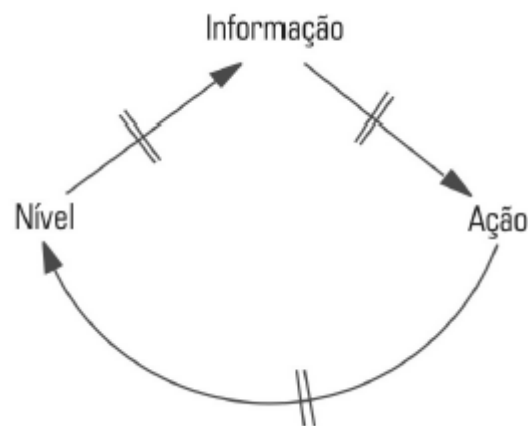


Figura 20: Abordagem de dinâmica de sistemas.
 Fonte: Bueno (2010), apud Coyle (1996).

O uso de modelos ecológicos dinâmicos vem crescendo ao longo do tempo, uma vez que cresce a preocupação com os impactos da invasão biológica e a importância do manejo de espécies (BUHADAS et al., 2017). Um trabalho que representa este esforço é o de Faust, et al (2004). Os autores buscaram construir um modelo capaz de compreender a evolução de uma população de ursos pardos tanto em zoológicos quanto no parque Yellowstone. Vale ressaltar que o modelo para a população em cativeiro é consideravelmente mais simples, uma vez que o manejo da espécie é completamente controlado pelo zoológico, enquanto a população nativa de ursos do parque nacional do Yellowstone está sujeita a uma diversidade de fatores não controlados pelo homem. Uma característica interessante do modelo apresentado pelos autores é a de que o mesmo é o *flight simulator*, termo utilizado para aqueles modelos que evoluem de forma orgânica entre pesquisadores e manejadores, uma vez que permite alta interatividade entre as partes, testando e aprimorando o modelo enquanto o mesmo é aplicado.

Muitas vezes uma espécie invasora, além de trazer externalidades negativas, pode também servir de recurso natural, o que torna difícil a mensuração do custo benefício do controle biológico, além de produzir um conflito social evidente entre aqueles que buscam pelo controle e aqueles que seriam prejudicados, uma vez que usam a espécie como recurso natural. Higgins, et al (1997) propuseram um modelo dinâmico que engloba o aspecto biológico de uma espécie de árvore invasora na África do Sul, sua exploração para fins econômicos e o custo do controle. Como sugestão de solução do conflito, os autores propuseram a mudança do uso da terra de extrativista para a produção de flores nativas. Desta forma, o custo do controle biológico que era imposto àquelas comunidades que exploravam

aquele recurso reduziria bastante, sendo capaz até de ser mais rentável se caso o uso da terra se alterasse.

O uso de conceitos dinâmicos para o controle biológico do javali foi explorado por Bieber e Ruf (2005). Diante de vários cenários de oferta de recursos os autores sugerem que, em períodos de abundância de recursos, a melhor estratégia é reduzir a taxa de sobrevivência dos filhotes enquanto que, em períodos de escassez de recursos, aumentar a pressão de caça nas fêmeas adultas é a melhor estratégia para reduzir a população de javalis.

A análise da interação entre a dinâmica populacional de uma espécie invasora e o esforço de controle pode oferecer instrumentos capazes de orientar a tomada de decisão na política de fauna e aumentar a compreensão dos potenciais impactos econômicos gerados pela espécie. É pensando nisso que foi desenvolvido um modelo simples de dinâmica de sistemas, ajustável para diversos contextos (*flight simulator*) e capaz de oferecer insights sobre a dinâmica da população de javalis em uma região e como o esforço de caça altera essa dinâmica. Por ter alta capacidade de personalização, os resultados aqui expostos são hipotéticos, porém dão um vislumbre da dinâmica geral.

6.3. O modelo populacional base

Suponha que um município hipotético e recém invadido pelo javali, busca alternativas para incentivar um maior número de abates, bem como conhecer quais são os impactos econômicos gerados pela população de javalis no presente e como se comportarão no futuro.

Conversando com alguns agricultores, identificou-se que os primeiros registros da espécie na região datam de 2010, período este em que o controle populacional do javali não era legalizado em boa parte do Brasil. Suponha que os primeiros invasores compunham uma vara de 10 porcos, sendo metade fêmeas e metade machos. Além disso, suponha que essas 5 fêmeas terão um parto por ano, gerando cada uma, 5 leitões. A taxa de natalidade é, portanto, 2,5 javalis por ano. Suponha ainda uma expectativa de vida de 5 anos.

Caso não houvesse alguma restrição de espaço ou recursos, a população de javalis cresceria de forma exponencial. Todavia, todo processo populacional é regido por uma função logística, isto é, com taxas de evolução crescentes nos primeiros períodos, passando para crescimentos decrescentes, até uma estabilização. Neste exemplo hipotético, considera-se que quando a população de javalis alcança 1000 indivíduos, há uma maior dificuldade de

sobrevivência de leitões, pressionando a população. Deste modo, o modelo populacional do javali pode ser transcrito na linguagem de dinâmica de sistemas dessa forma:

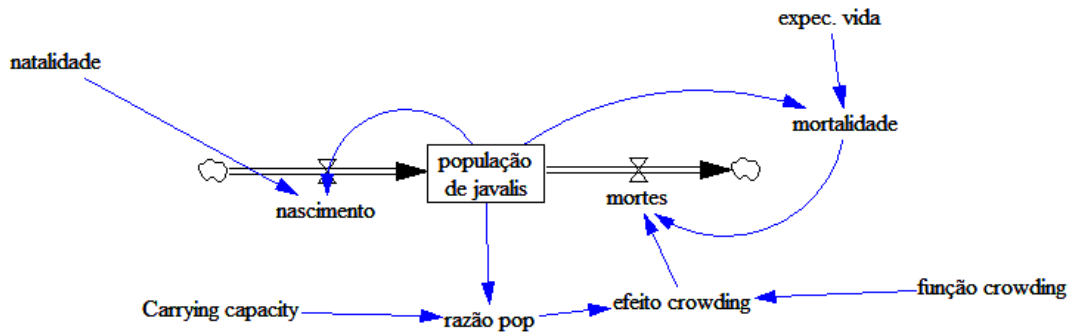


Figura 21: Dinâmica populacional do javali.

Fonte: elaboração própria.

Em que a relação de estoque e fluxo é dada pelo estoque de javalis, representado pela caixa de nome “população de javalis” e os fluxos de nascimentos e mortes (setas duplas). De forma mais específica, as funções do modelo são:

Tabela 11: Funções do modelo populacional básico, sem pressão de controle.

Variável	Tipo	Valor
Nascimentos	Fluxo	População de javalis*natalidade
Mortalidade	Fluxo	População de javalis/expec.vida
População de javalis	Estoque	Nascimentos-mortes
Natalidade	Constante	2,5 javalis/ano
Expec. vida	Constante	5 anos
Carrying capacity	Constante	1000 javalis
Razão pop.	Auxiliar	População de javalis/carrying capacity
Efeito crowding	Lookup	Função crowding (razão pop.)

Fonte: Elaboração própria.

Nestes termos expostos, a população de javalis ficaria estável quando o número de nascimentos fosse exatamente igual ao número de mortes, coisa que não acontece. Para que a taxa de mortos seja igual a de nascidos, seria preciso um aumento na taxa de mortes de 12,5 vezes.

A variável “função crowding” é uma variável do tipo lookup. Essas variáveis nada mais são que efeitos não lineares impostos no modelo e que são definidas a critério do pesquisador. Essas variáveis são interessantes no sentido de permitir uma alta interatividade nos modelos, podendo ser ajustada de acordo com o cenário em estudo. A visualização gráfica dessa variável facilita seu entendimento.

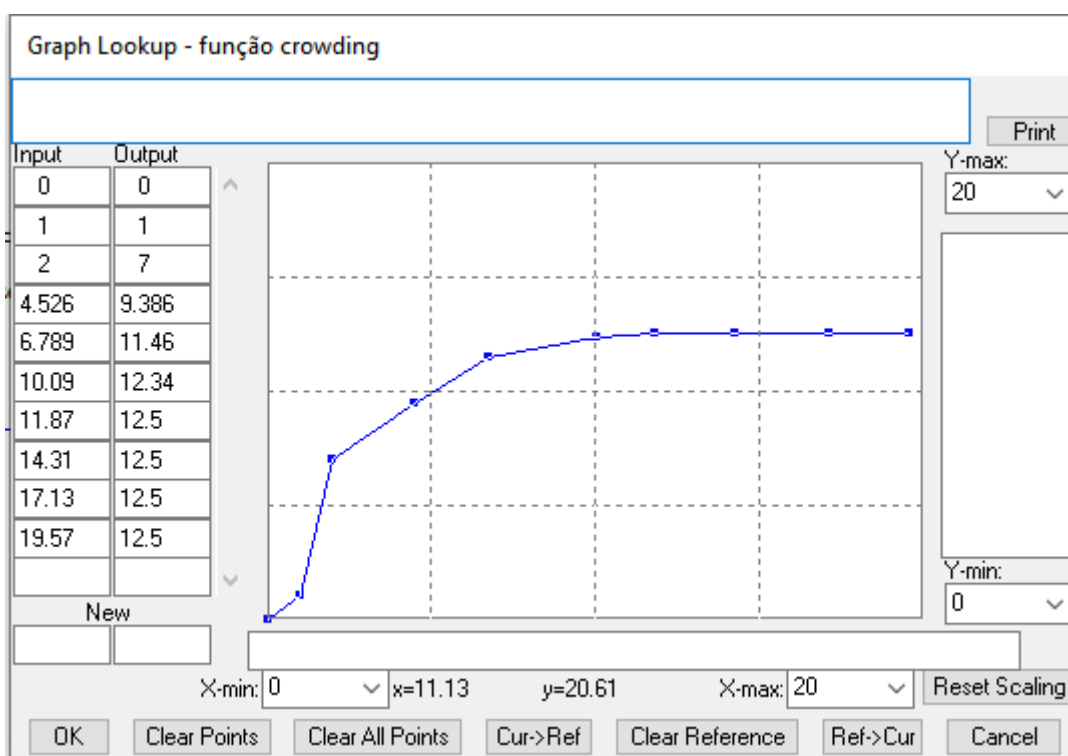


Figura 22: Função lookup do efeito crowding.

Fonte: Elaboração própria.

A “função crowding” relaciona a “razão pop.”, que é a razão entre a população de javalis e o carrying capacity, que é a população mínima para que ocorram pressões populacionais, com o fluxo de mortes de javali. Como se percebe no gráfico, a relação é não linear. Na medida que a variável “razão pop.” é igual a 1, a taxa de mortes será multiplicada por 1, ou seja, ainda não existe efeito crowding sobre a taxa de mortes. A partir do momento que a população de javalis dobra em relação à carrying capacity (“razão pop.”=2), a taxa de mortes é multiplicada por 7. A partir daí, o efeito cresce à taxas decrescentes, indicando que a

mortalidade converge para a natalidade na escala de 12,5 vezes (para que a natalidade seja igual a mortalidade e a população entre em equilíbrio). É importante salientar que neste modelo, a carrying capacity não é um limite populacional máximo, portanto, não há a derrocada da população por falta de recursos, por exemplo. A população se estabiliza por que, ao chegar num “limite”, há a potencial migração de indivíduos para outras localidades.

Nestes termos, é possível portanto, analisar a dinâmica populacional do javali neste município, que é apresentada na Figura 23 a seguir:

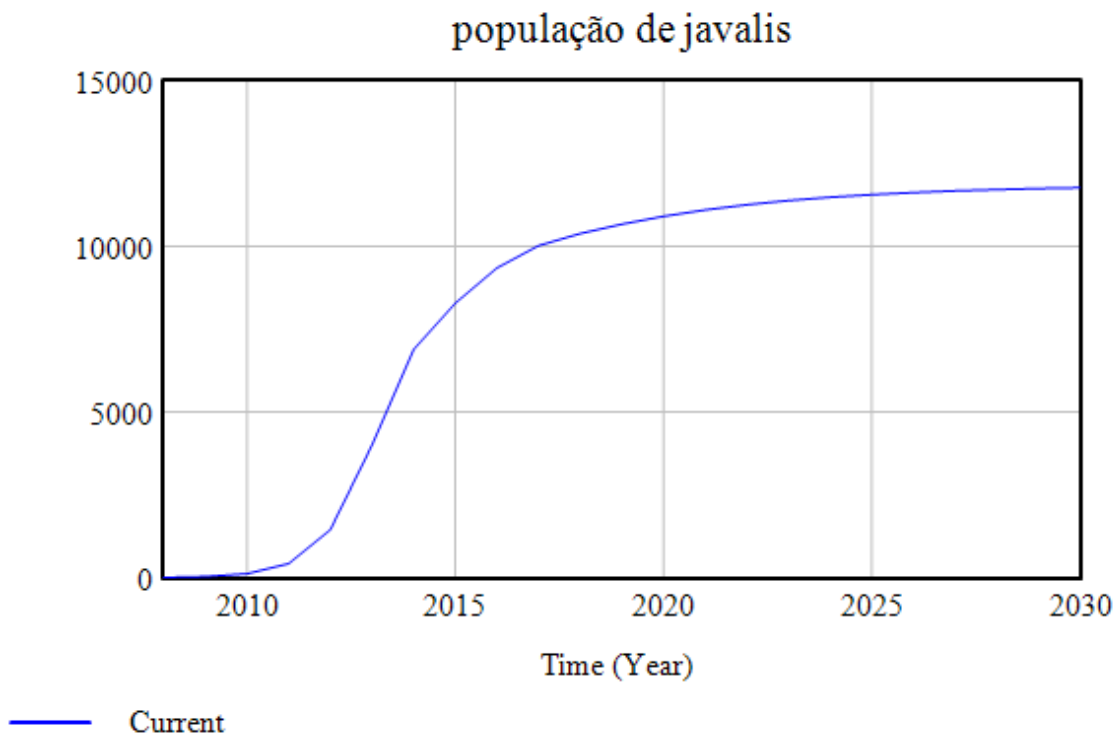


Figura 23: Dinâmica populacional do javali somente com a pressão natural do carrying capacity.

Fonte: Elaboração própria.

Caso o modelo seja capaz de reproduzir a dinâmica populacional o javali, isso significa que em 10 anos, a população terá saltado de 10 indivíduos para mais de 10 mil, se estabilizando na casa dos 12 mil indivíduos. Essa dinâmica explosiva é alarmante e expõe a grande necessidade de controle populacional da espécie.

6.4. A dinâmica populacional, do controle e do impacto econômico

O interesse do município em questão não é somente identificar a dinâmica populacional do javali, é identificar quais os resultados da política de fauna e quais os impactos econômicos ocasionados pela população de javalis. Deste modo, o modelo é enriquecido por essas duas novas dinâmicas. A Figura 24 apresenta o modelo enriquecido.

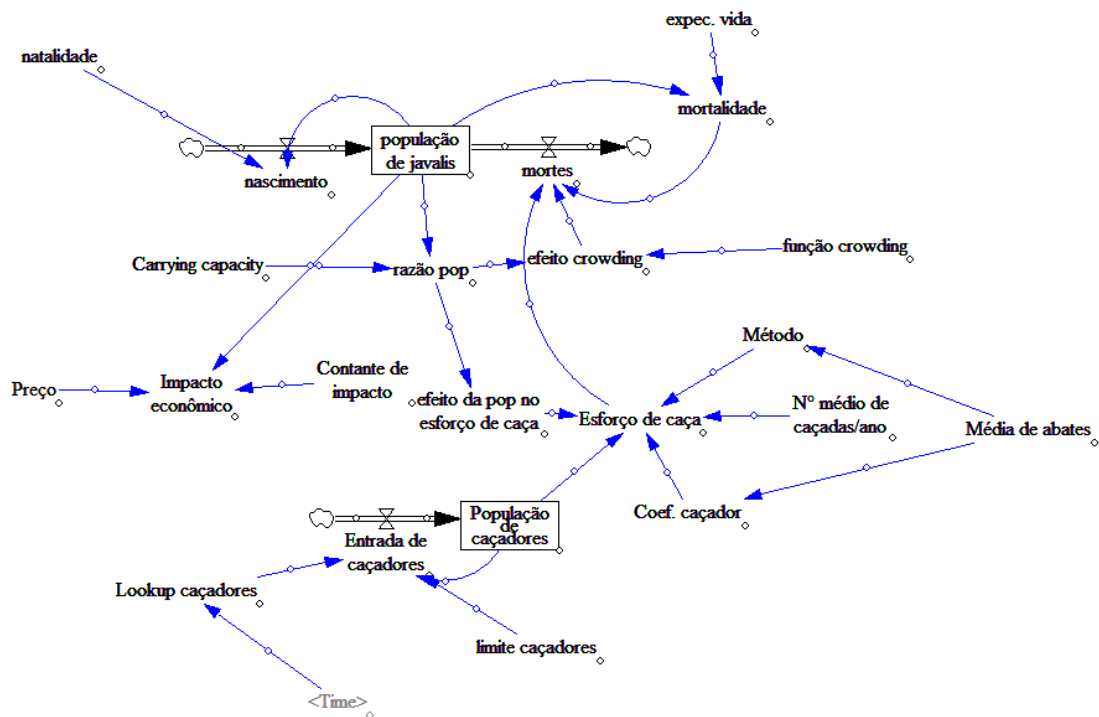


Figura 24: Modelo populacional enriquecido.
Fonte: elaboração própria.

As funções do modelo enriquecido permanecem as mesmas para a dinâmica populacional do modelo básico. Todavia, algumas novas funções, como as que representam a dinâmica da entrada de caçadores foram incluídas e expostas na Tabela 12.

Tabela 12: Funções do modelo populacional enriquecido, sem pressão de controle e impacto econômico.

Variável	Tipo	Valor
Limite de caçadores	Constante	5000 caçadores
População de caçadores	Estoque	Entrada de caçadores+população inicial
População inicial de caçadores	Constante	10 caçadores
Entrada de caçadores	Fluxo	Lookup caçadores*((Limite de caçadores-População de caçadores)/Limite de caçadores)
Lookup caçadores	Lookup	Varia com o tempo. Extraída da taxa de variação de caçadores observada.
Média de abates	Constante (estimado no modelo de esforço de controle)	0,7 javalis por caçada
Nº médio de caçadas/ano	Constante	12 caçadas
Coef. caçador	Auxiliar (estimado no modelo de esforço de controle)	Média de abates * 1,15 (incremento de 15% na média de abates para cada caçador a mais)
Método	Auxiliar (estimado no modelo de esforço de controle)	Média de abates * 1,37 (incremento de 37% na média de abates se o controle foi efetuado com armas de fogo e cães de caça.)
Esforço de caça	Auxiliar	efeito da pop no esforço de caça*(((População de

		caçadores*"Coef. caçador")+(População de caçadores*Método))*"Nº médio de caçadas/ano")
Efeito da pop. No esforço de caça	Lookup	Efeito não linear da população no esforço de caça. Quanto menor a população, menor a eficiência do controle por conta do maior custo de busca.
Constante de impacto	Constante	27 sacas de milho/ano
Preço	Constante	R\$88,00/saca
Impacto econômico		população de javalis*Constante de impacto*Preço

Fonte: Elaboração própria.

A população de caçadores (estoque) é dada pelo fluxo de entrada de caçadores. Essa entrada é limitada por uma constante, o “limite caçadores”. Esse limite é importante para que a população de caçadores não cresça de forma exponencial e pode ser definida de acordo com a população do município. Suponha que o limite de caçadores para esse município é 5 mil e que existe uma população inicial de 10 caçadores. Caçadores estes que, até 2013 operavam de forma ilegal, uma vez que o controle populacional foi regulamentado neste ano. A variável “Lookup caçadores” é o componente não linear que define a dinâmica de entrada de caçadores. Essa dinâmica pode ser conhecida desde que consultada no SIMAF a taxa de evolução do nº de caçadores no dado município.

A variável lookup que dá a dinâmica não linear da evolução da entrada de caçadores é determinada pelo tempo, ou seja, é uma variação temporal. A representação gráfica da função é apresentada a seguir:

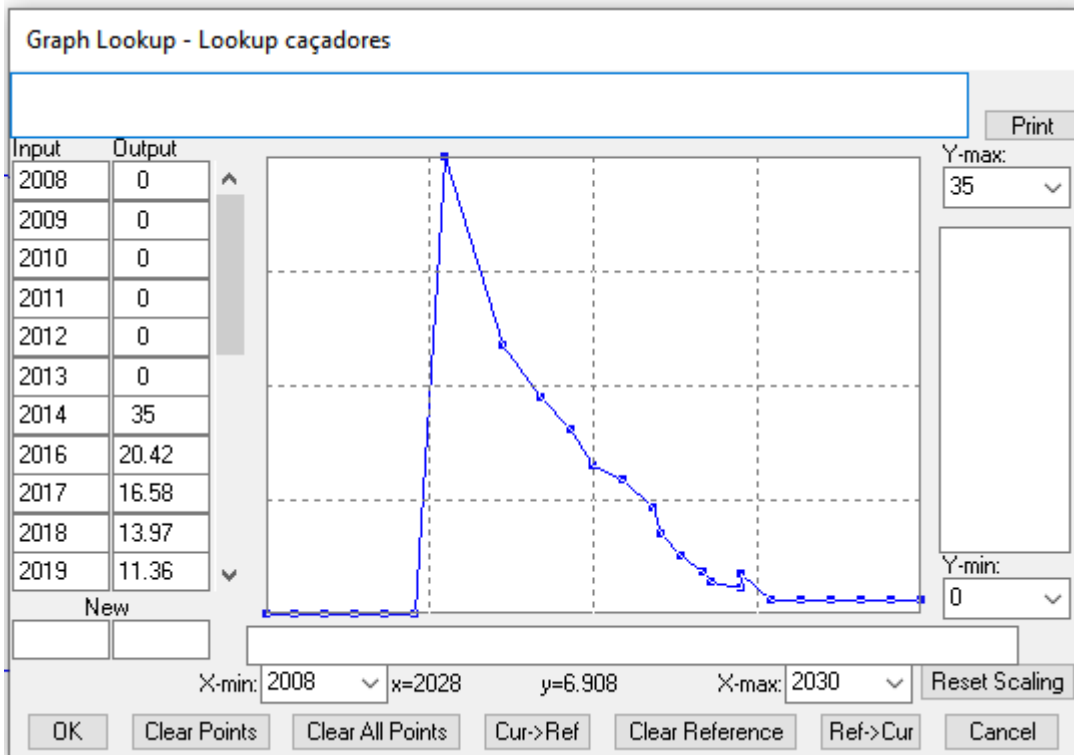


Figura 25: Relação não linear da evolução temporal do nº de caçadores.
Fonte: Elaboração própria.

Percebe-se que de 2008 até 2013, não existe variação na entrada de caçadores pelo simples fato de a caça ainda ser ilegal. A partir de 2014, todavia, há um incremento de 350%, que vai se reduzindo ao longo do tempo até se estabilizar.

O esforço de caça é uma variável que depende da população de caçadores e de um conjunto de constantes. No capítulo x, foram estimados alguns coeficientes de variáveis que afetam a produtividade do controle populacional. Para cada controlador a mais, há um incremento de 15% na média de abates, que é de 2,42 abates por caça. Como o nº médio de caçadores por caçada foi de 3,46, foi definido um nº médio de 0,7 abates por caçador. Além disso, foram estimados no capítulo x os coeficientes dos métodos de abates. Vamos considerar o coeficiente do método de uso de armas de fogo e cães de caça (maior efetividade). O controle realizado por este método aumenta em 37% o nº médio de abates. Vamos pressupor ainda que cada caçador faz em média 12 caçadas por ano.

Outro ponto importante e que tem que ser levado em consideração é o efeito da população sobre a eficiência do esforço de caça. Sabe-se que, quanto menor a população maior o custo marginal de abate, uma vez que o custo de busca é mais alto. Diante disso, foi definido uma variável do tipo lookup (relação não linear) entre a população de javalis e o esforço de caça, que pode ser visualizada de forma gráfica a seguir:

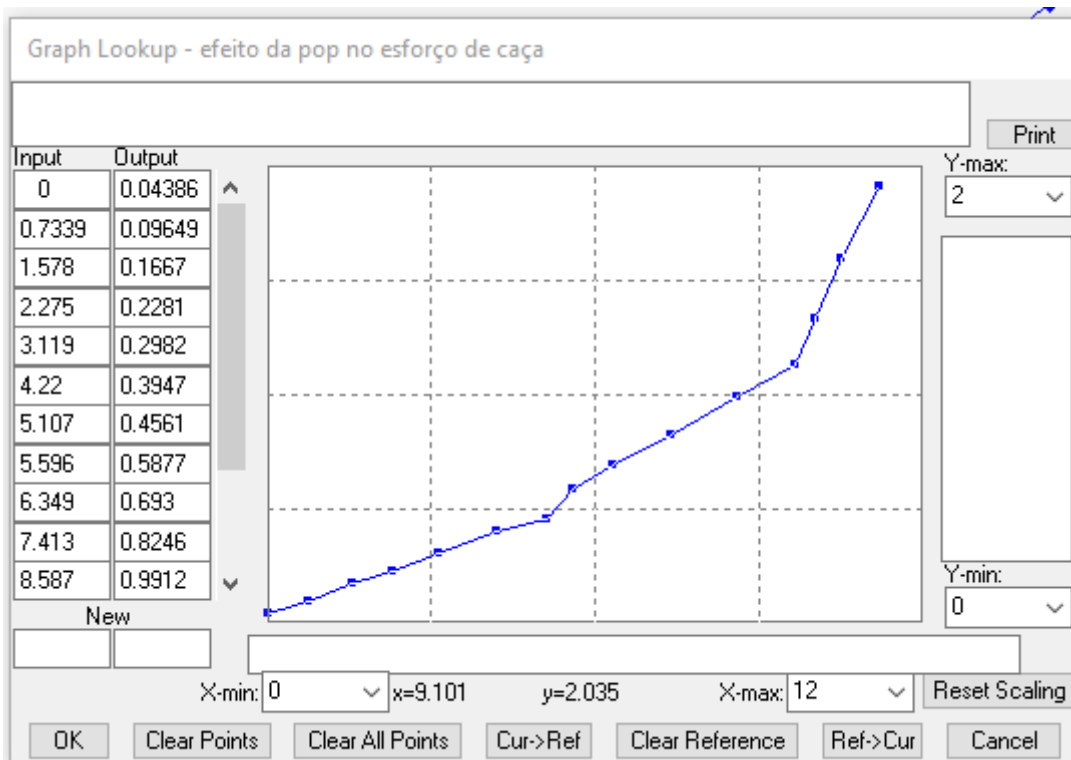


Figura 26: Efeito da população de javalis sobre a eficiência do esforço de caça.
Fonte: Elaboração própria.

Percebe-se que, quanto maior a razão da população de javalis e a carrying capacity, maiores são as taxas de crescimento do esforço de caça. O esforço de caça é multiplicado por um valor menor que 1 até o ponto em que a razão entre população e carrying capacity é 9. Por exemplo, quando a população de javalis é cerca de 2 vezes maior que a carrying capacity, o esforço de caça tem eficiência de cerca de 23% aproximadamente. O esforço de caça, portanto, se relaciona de forma aditiva ao fluxo de mortes, representando o montante de javalis abatidos por ano e exercendo mais uma pressão populacional no estoque de javalis.

Por fim, existe o efeito da população de javalis sobre o impacto econômico. Supondo que no Brasil, do total consumido de alimento por um javali, cerca de 50% seja composto por grãos (CERVO; GUADAGNIN, 2020) e supondo que a capacidade do estômago do javali seja cerca de 4 litros (o volume do estômago de um javali adulto varia entre 5 e 8 litros (MAYER; BRISBIN, 2009), porém considera-se uma capacidade menor por conta dos infantes). Considerando que metade do volume de alimento consumido seja grãos (para simplificação, considerou-se que todos os grãos sejam milho) e que um litro de milho equivale à 772 gramas, um javali come por dia cerca de 1,5 kg de milho/dia, ou seja, 547 kg/ano ou cerca de 9 sacas de milho/ano. Todavia, sabe-se que o principal problema nas lavouras é a baixa eficiência da alimentação e a derrubada do milho, portanto, pressupõe-se

que o javali destrói três vezes mais que isso, ou seja, 27 sacas de milho/ano (é possível que essa conta ainda esteja subestimada). Desta forma, multiplicando-se a população de javalis pela constante do impacto e por um preço (R\$88,00/saca), tem-se o impacto econômico do javali.

Definido os termos do modelo, é possível avaliar a dinâmica populacional do javali com o efeito do esforço de caça e como é a evolução do impacto econômico.

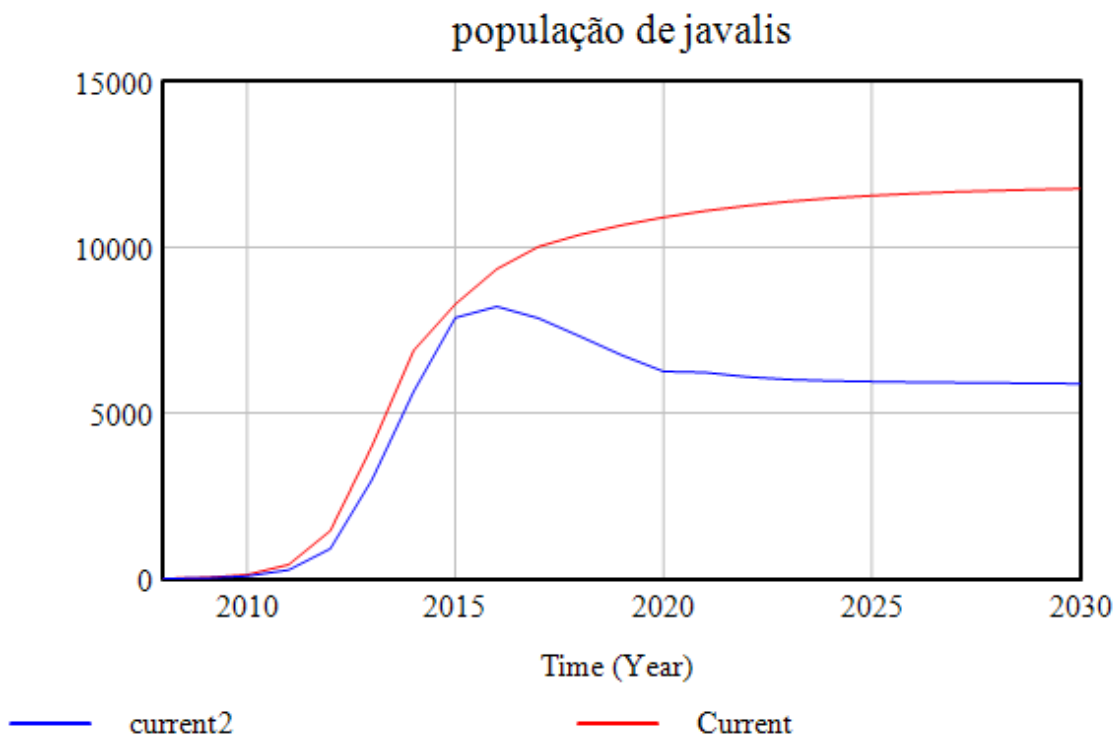


Figura 27: dinâmica populacional do javali com e sem o esforço de caça.
Fonte: Elaboração própria.

A figura 27 apresenta a dinâmica populacional sem a pressão de caça (vermelho) e com a pressão de caça. Com o esforço de caça, percebe-se que a população máxima alcançada gira em torno dos 8 mil indivíduos, passando em 2016 a decrescer. Todavia, a população se estagna na casa dos 6 mil indivíduos.

A dinâmica da população de caçadores, definida pelos termos da relação não linear da taxa de crescimento ao longo do tempo do nº de caçadores, começa a se estabilizar em 2022, chegando em 165 indivíduos em 2030. Percebe-se que, por conta da proibição do controle, a população de javalis pôde crescer sem a pressão de caça até 2013, como evidenciado no não crescimento até esse período, da população de caçadores.

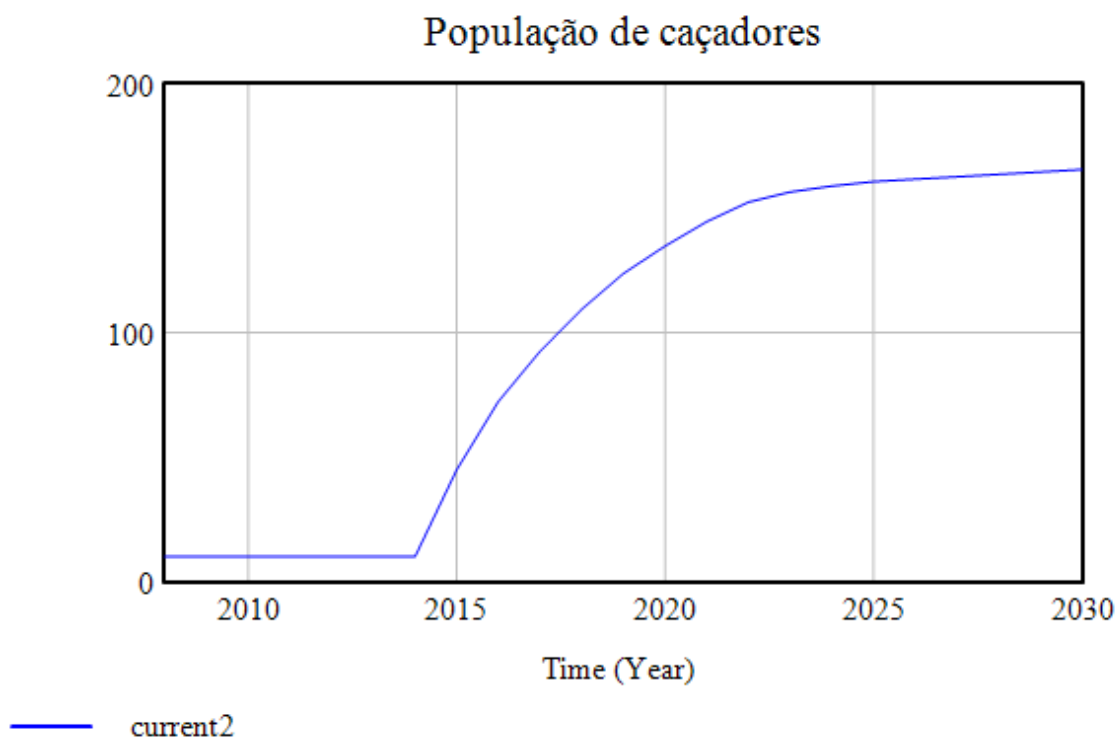


Figura 28: evolução da população de caçadores.
Fonte: Elaboração própria.

A quantidade de javalis abatidos passa a se estabilizar a partir de 2016, terminando 2030 com cerca de 2100 javalis por ano (Figura 29). Enquanto isso, o impacto econômico (Figura 30) chega, em 2016 à quase R\$20 milhões, se estabilizando, a partir de 2020, em R\$14 milhões.

Ou seja, com o município hipotético em questão, utilizando os parâmetros supracitados, percebe-se o grande potencial destrutivo da espécie. Além disso, fica evidente que o desafio para a manutenção da população em níveis menores é enorme, uma vez que precisa mobilizar um grande número de pessoas para a realização do manejo.

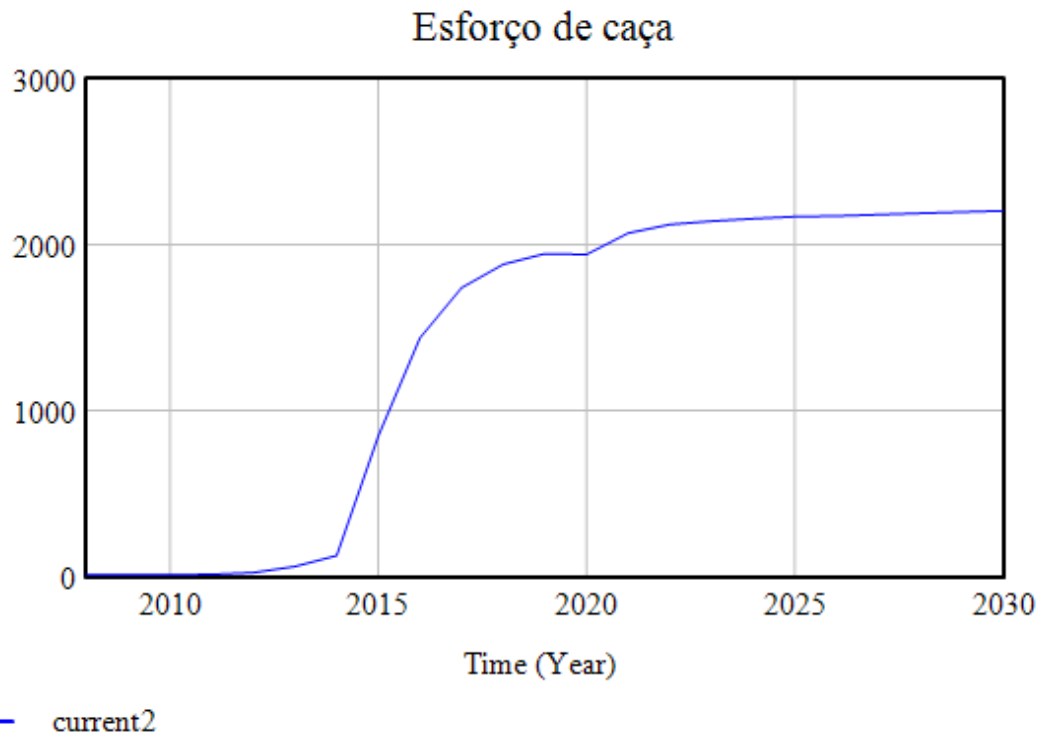


Figura 29: evolução do esforço de caça
 Fonte: Elaboração própria.

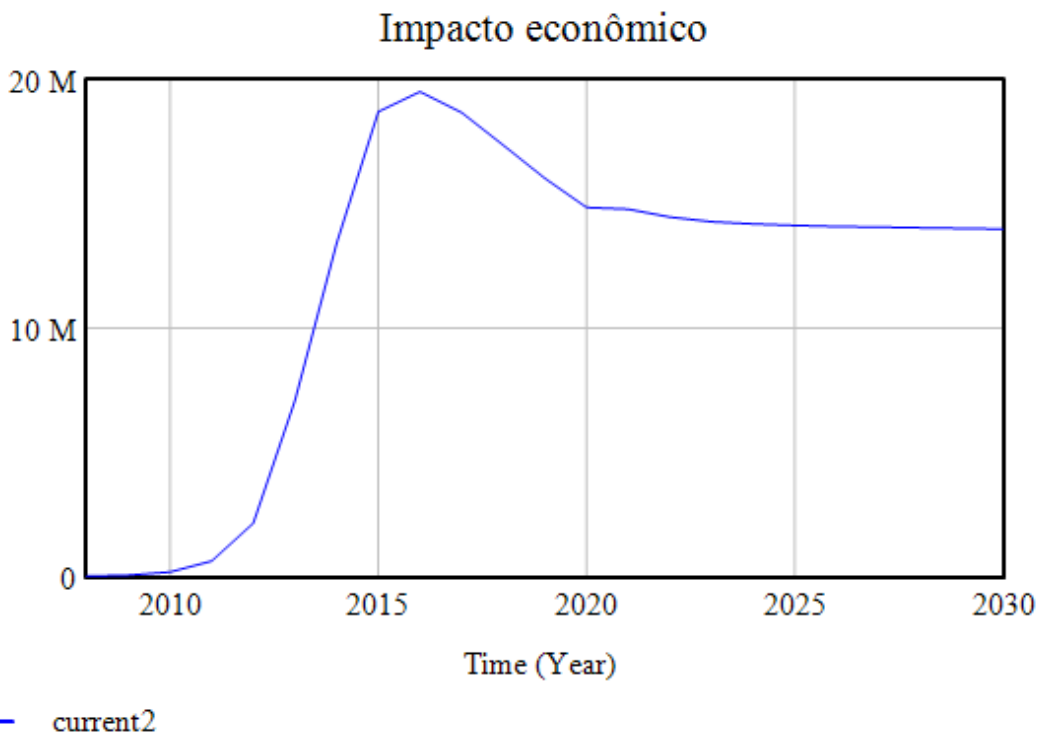


Figura 30: evolução do impacto econômico.
 Fonte: Elaboração própria.

6.5. Recomendações

O modelo proposto carece de complexidade. É evidente que diversos pontos podem ser melhorados, como a alteração da dinâmica populacional, dividindo-a por extratos de idade, por gênero e até mesmo por hibridéz. Além disso, as relações não lineares (lookups) são hipotéticas (apesar de contemplarem o movimento geral do fenômeno) e a carrying capacity é desconhecida, ponto este fundamental para o modelo. Por fim, o custo do manejo é negligenciado, o que afeta diretamente no esforço de controle. Todavia, há de se ressaltar que o grande trunfo de um modelo como esse é exatamente a simplicidade. A capacidade de interatividade e de personalização, permitindo que o modelo se adeque à diferentes contextos, o torna um poderoso instrumento de condução de política pública de fauna e subsidia o argumento de que o javali traz inúmeros impactos econômicos.

Através do modelo proposto, a principal opção de ação do *policy maker* é o incentivo ao aumento do número de novos caçadores. Alterando-se o efeito não linear da entrada de novos caçadores ao longo do tempo e permitindo que as taxas de crescimento se sustentem por mais tempo, percebe-se que há um aumento expressivo no nº de caçadores e, por consequência, uma redução nas populações de javali e nos impactos econômicos, como se pode observar nas figuras a seguir.

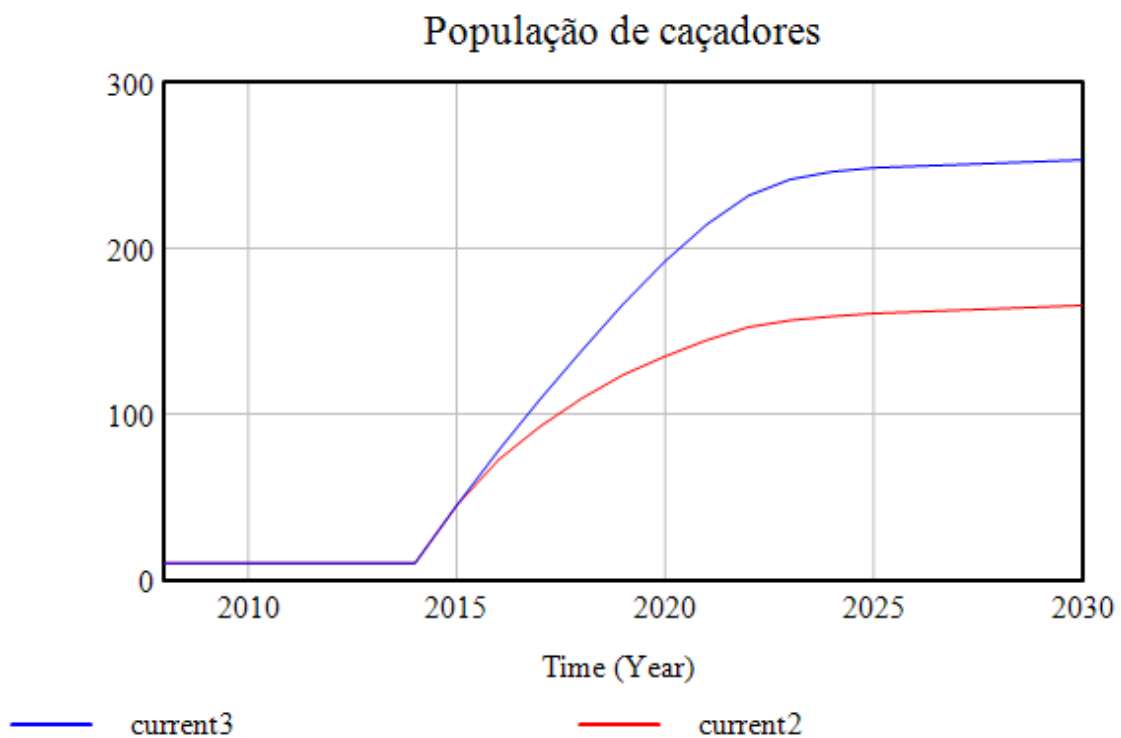


Figura 31: Dinâmicas da população de caçadores para o cenário base (vermelho) e o cenário com taxas de entrada sustentadas ao longo do tempo (azul).

Fonte: Elaboração própria.

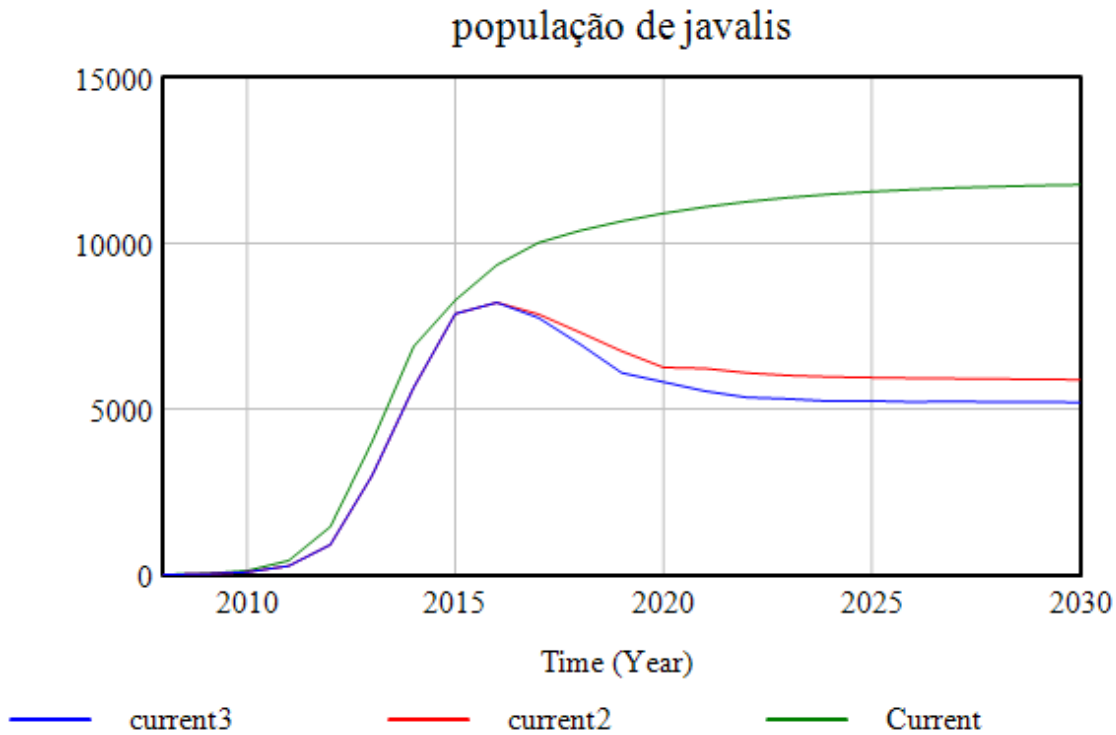


Figura 32: Cenários para a dinâmica populacional de javalis no cenário sem pressão de caça (verde), com pressão de caça, mas sem taxas de entrada de caçadores sustentada (vermelho) e com taxas de entrada de caçadores sustentada no tempo (azul).

Fonte: Elaboração própria.

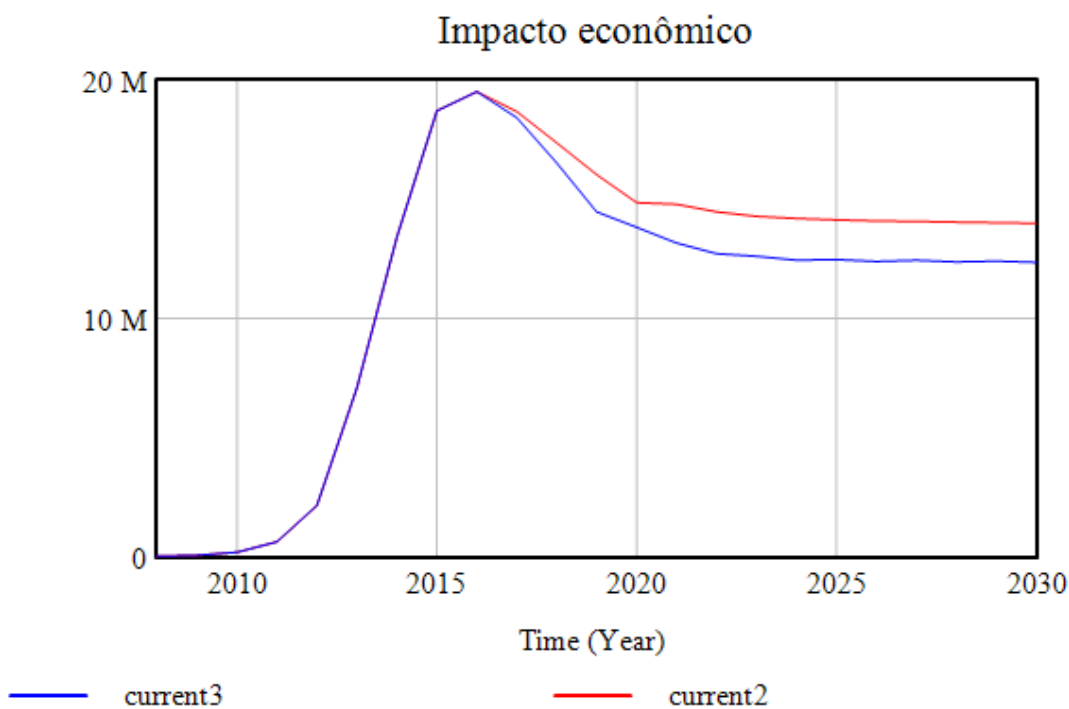


Figura 33: dinâmicas do impacto econômico, variando a entrada de caçadores (cenário base em azul e cenário positivo em vermelho).

Fonte: Elaboração própria.

Percebe-se que, ao fomentar a entrada de novos caçadores, 165 caçadores para cerca de 250. Esse incremento é capaz de produzir uma redução da população de 6 mil indivíduos para pouco mais de 5 mil. Além disso, há uma redução no impacto econômico de R\$14 milhões para cerca de R\$12 milhões.

7. ORIENTAÇÕES À POLÍTICA DE MANEJO DO JAVALI

A questão do javali no Brasil impõe aos brasileiros um desafio nunca antes visto. Além das questões de primeira ordem como os impactos econômicos, ambientais e de saúde pública, a política de manejo do javali carece de informações e de capacidade de comunicação com a sociedade, que desconhece ou minimiza o potencial destrutivo desse conflito entre seres humanos e fauna. Deste modo, a política de gestão de fauna exótica como um todo deve estar amparada no conhecimento científico e orientada ao pragmatismo.

O presente estudo buscou analisar o fenômeno na invasão do javali no Brasil de forma ampla e holística, tratando de diversos aspectos da invasão. Os resultados aqui apresentados podem servir de orientação para a política de manejo, subsidiando a tomada de decisão de gestores ambientais, órgãos de governo e sociedade civil. Algumas orientações gerais podem ser extraídas através das análises aqui propostas. Essas orientações podem ser sumarizadas da seguinte forma:

- Apesar da alta proporção de respondentes do questionário aplicado que declararam ter conhecimento da presença do javali em seus municípios bem como do alto potencial destrutivo destes, acredita-se que esse resultado seja fruto do viés de seleção. Os respondentes são, em sua maioria, ligados ao agro, portanto, possuem maior conhecimento sobre o assunto. Portanto, entende-se que o javali ainda é um tema desconhecido para a maioria da população, requerendo assim, um maior engajamento dos órgãos ambientais na disseminação de informação;
- Os modais de manejo afetam diretamente na eficiência da pressão de caça. Todavia, a caça com cães impõe outro desafio à sociedade que é a questão do bem-estar animal. Além disso, não deve se ignorar o potencial dos cães no processo de propagação do javali, incentivando o processo migratório. Ainda assim, percebe-se que a estratégia do manejo influi diretamente no número de animais abatidos. Sugere-se, portanto, um maior aprofundamento em termos de pesquisa no sentido de avaliar quais são os incrementos na produtividade do controle oriundos de mudanças no padrão tecnológico e nos insumos utilizados na caça;
- Como observado no modelo de pressão e esforço de caça, bem como no modelo de dinâmica de sistemas, o número de controladores engajados no controle afeta diretamente no estoque populacional do javali. Portanto, recomenda-se o fomento de novos caçadores bem como o empoderamento de produtores rurais, para que possam ser capazes de eles mesmos efetuarem o controle populacional;

- O número de controladores engajados no processo de manejo de fauna influi diretamente sobre a política de armamento da sociedade civil. Este debate é extenso e complexo, e vem sendo tratado no Brasil com pouco pragmatismo e muita ideologia. É preciso refletir sobre a política de acesso às armas, levando em conta as nuances do controle populacional do javali e outras espécies exóticas. Ao mesmo tempo, essa necessidade não pode servir de subterfúgio para acesso facilitado às armas;
- Apesar de não tratado nos modelos, a possibilidade de uso econômico de espécies invasoras também deveria ser considerada. Esse valor econômico pode se dar na forma de tratamento adequado e imediato de carcaças para consumo humano, por exemplo;
- Aspectos ecológicos e antrópicos afetam diretamente a propensão de um município registrar a incidência de javalis. Dito isto, o modelo de nicho potencial aqui proposto pode vir a ser uma ferramenta muito útil, especialmente se tratando de estratégias de prevenção e de priorização de controle;
- É preciso salientar a necessidade de estudos populacionais e levantamentos por amostragem de forma a avaliar a capacidade de suporte do javali por bioma. Essa informação é de suma importância para se compreender a dinâmica populacional da espécie bem como traçar um plano de controle de seja mais eficiente. Talvez a taxa de abates pode ser utilizada como uma métrica para a população, todavia, a coleta desta deve ser livre de vieses;
- Por fim, avaliar a capacidade de monitoramento de fauna, tanto nativa quanto exótica, atrelado a um sistema amplo de amparo à política de fauna. Somente assim a sociedade será capaz de lidar com o conflito ser humano x fauna, bem como traçar estratégias, tanto de proteção de fauna nativa, quanto de controle da exótica.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da resposta tardia à questão da política de fauna, em especial para espécies invasoras, observa-se no Brasil um volume ainda incipiente de trabalhos científicos. A presente tese, portanto, busca contribuir para o preenchimento dessa lacuna, ao construir indicadores com o intuito de orientar a política de controle populacional do javali.

Essa tese, portanto, se orientou em três aspectos inerentes ao processo de invasão biológica do javali: o controle, a prevenção e as externalidades negativas oriundas da presença do javali, em especial os impactos econômicos. Em relação ao controle, dois pontos fundamentais foram endereçados: o esforço e pressão de caça e a definição de áreas prioritárias. Em relação a prevenção, também foi possível elencar aqueles municípios com maior prioridade de orientação de políticas preventivas. Por fim, as externalidades negativas foram captadas através de um questionário e pela construção de um modelo que relaciona a dinâmica populacional do javali, a dinâmica da caça e os impactos econômicos produzidos pela população de porcos asselvajados.

Identificou-se, através de uma análise dos relatórios trimestrais de manejo, quais componentes do esforço de caça afetam a produtividade do controle. Para cada caçador a mais engajado no controle há um incremento de 15% da taxa média de abate, enquanto que o incremento marginal de um dia a mais de controle tem impacto de 3% na taxa média de abate. Além disso, se comparados os métodos de controle, a caça com cães tem um impacto de 37% da taxa média de abates se comparada com o controle efetuado por arma branca/ceva ou espera/armadilha. Por fim, identificou-se um efeito saturação no número de dias destinados ao controle, sugerindo que o javali se adapta à pressão de caça, mudando seu padrão de comportamento ou até mesmo, migrando. Esses resultados (apesar de potencialmente viesados) podem contribuir para um direcionamento mais claro da política de manejo, com o intuito de torna-lo o mais efetivo possível.

Com o mesmo objetivo de orientar a política de manejo de fauna exótica, elencou-se aqueles municípios por graus de priorização, tanto para controle, quanto para prevenção. Partindo do pressuposto que o escore estimado reflete as condições ideais para a prosperidade da espécie, municípios com alto escore estimado foram considerados ou prioritários ao controle ou a prevenção. Entende-se como aqueles prioritários para o controle, os municípios que apresentaram um maior escore de propensão à ocorrência do javali e que possuem registro de presença. De forma análoga, são considerados os prioritários a prevenção aqueles que não possuem registro de presença, mas possuem os condicionantes para que ela ocorra,

sendo, portanto, considerados nichos em potencial. Desta forma, foi possível a construção de um mapa de risco evidenciando quais regiões deveriam ser prioritárias para a orientação dos esforços relacionados ao javali. Esse modelo, mais simples e mais robusto, tem claras vantagens em relação ao proposto pelo IBAMA, que é composto por múltiplos indicadores com um sistema de pesos por conveniência.

Em relação às externalidades negativas produzidas pelo javali, foram aplicados questionários online, totalizando 228 respostas, com o intuito de captar a percepção dos entrevistados em relação à invasão do javali. Aspectos como os principais danos observados, registro de ataques à humanos, animais de criação e lavouras, bem como aspectos do controle (para aqueles respondentes produtores rurais) foram levantados. No geral, fica clara a percepção dos respondentes em relação ao conflito homem x fauna, com a maioria tendo plena consciência dos impactos negativos do javali. Além disso, através de uma análise de discurso das respostas referentes aos principais desafios para um controle populacional efetivo no Brasil, a principal resposta foi de origem normativa, sendo a burocracia o principal ponto levantado pelos respondentes.

Por fim, mas não menos importante, as bases de um modelo de dinâmica de sistemas do tipo *flight simulator* foi proposto. O modelo, cuja principal característica é a adaptabilidade e interatividade, busca simular a relação da dinâmica populacional do javali e a dinâmica de controle, e como o produto dessas dinâmicas afetam o impacto econômico produzido pela espécie. Os resultados apontam para o potencial impacto do aumento do número de controladores sobre a dinâmica da população do javali e, por consequência, dos impactos econômicos. Esse modelo, apesar de seminal e hipotético, pode vir a ser um potencial instrumento de gestão de fauna, uma vez que pode se adaptar a qualquer contexto municipal.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, A. et al. Economic estimates of feral swine damage and control in 11 US states. **Crop Protection**, v. 89, p. 89–94, 2016.
- ARIA, M.; CUCCURULLO, C. bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. **Journal of informetrics**, v. 11, n. 4, p. 959–975, 2017.
- BARBIER, E. B.; SHOGREN, J. F. Growth with endogenous risk of biological invasion. **Economic Inquiry**, v. 42, n. 4, p. 587–601, 2004.
- BARRETT, R. The feral hog at Dye Creek ranch, California. **Hilgardia**, v. 46, n. 9, p. 283–355, 1978.
- BARRIOS-GARCIA, M. N.; BALLARI, S. A. Impact of wild boar (*Sus scrofa*) in its introduced and native range: a review. **Biological Invasions**, v. 14, n. 11, p. 2283–2300, 2012.
- BATISTA, G. O. O javali (*Sus scrofa linnaeus*, 1758) na região do Parque Nacional das Araucárias: percepções humanas e relação com regeneração da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. 2015.
- BORN, W.; RAUSCHMAYER, F.; BRÄUER, I. Economic evaluation of biological invasions - A survey. **Ecological Economics**, v. 55, n. 3, p. 321–336, 2005.
- BOSCH, J. et al. Can habitat suitability predict the presence of wild boar? Suitable land uses vs. georeferenced data in Bulgaria. **Journal of Vertebrate Biology**, v. 63, n. 3, p. 194–205, 2014.
- CALENGE, C. et al. Summer and hunting season home ranges of wild boar (*Sus scrofa*) in two habitats in France. **Game and Wildlife Science (France)**, 2002.
- CALKINS, M. T.; BOYKIN, K. G.; ANDERSEN, M. C. INVASIVE POTENTIAL OF FERAL PIGS IN NEW MEXICO: PRELIMINARY ASSESSMENT AND FUTURE DIRECTIONS. 2009.
- CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. **Microeconometrics: methods and applications**. [s.l.] Cambridge university press, 2005.
- CERVO, I. B. Dieta de *Sus scrofa* e suas implicações na agropecuária e na biodiversidade no Brasil. 2017.
- CERVO, I. B.; GUADAGNIN, D. L. Wild boar diet and its implications on agriculture and biodiversity in Brazilian forest–grassland ecoregions. **Animal Biodiversity and Conservation**, v. 43, n. 1, p. 123–136, 2020.
- COSTELLO, C. et al. Unintended biological invasions: Does risk vary by trading partner? **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 54, n. 3, p. 262–276, 2007.

COZZENS, T. et al. Modeling the economic impact of feral swine-transmitted foot-and-mouth disease: a case study from Missouri. 2010.

CRUZ, F. et al. Conservation action in the Galapagos: feral pig (*Sus scrofa*) eradication from Santiago Island. **Biological Conservation**, v. 121, n. 3, p. 473–478, 2005.

DA ROSA, C. A. et al. **An overview on feral hog management in Brazil after three years of control regulation**. Proceedings of the Vertebrate Pest Conference. **Anais...**2016

DA ROSA, C. A.; PUERTAS, F.; GALETTI, M. The feral pig as prey for jaguars: A reply to the ‘Letter from the Conservation Front Line’ by Verdade et al. **Animal Conservation**, v. 20, n. 2, p. 111–112, 2017.

DALMAZZONE, S.; GIACCARIA, S. Economic drivers of biological invasions: A worldwide, bio-geographic analysis. **Ecological economics**, v. 105, p. 154–165, 2014.

DE ASSIS MORAIS, T. et al. The influence of population-control methods and seasonality on the activity pattern of wild boars (*Sus scrofa*) in high-altitude forests. **Mammalian Biology**, v. 100, n. 1, p. 101–106, 2020.

DRECHSLER, M. et al. Differences and similarities between ecological and economic models for biodiversity conservation. **Ecological Economics**, v. 62, n. 2, p. 232–241, 2007.

ENGEMAN, R. M. et al. Prevalence and economic value of feral swine damage to native habitat in three Florida state parks. **Environmental Conservation**, v. 30, n. 4, p. 319–324, 2003.

ENGEMAN, R. M. et al. Monitoring wild pig populations: A review of methods. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 20, n. 11, p. 8077–8091, 2013a.

ENGEMAN, R. M. et al. Monitoring wild pig populations: a review of methods. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 20, n. 11, p. 8077–8091, 2013b.

EPANCHIN-NIELL, R. S. et al. Controlling invasive species in complex social landscapes. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 8, n. 4, p. 210–216, 2010.

EPANCHIN-NIELL, R. S.; LIEBHOLD, A. M. Benefits of invasion prevention: effect of time lags, spread rates, and damage persistence. **Ecological Economics**, v. 116, p. 146–153, 2015.

EPANCHIN-NIELL, R. S.; HASTINGS, A. Controlling established invaders: integrating economics and spread dynamics to determine optimal management. **Ecology letters**, v. 13, n. 4, p. 528–541, 2010.

FINNOFF, D. et al. Risk and nonindigenous species management. **Review of Agricultural Economics**, v. 27, n. 3, p. 475–482, 2005.

FONSECA, C. et al. **Status and distribution of wild boar in Rio Grande do Sul, Southern Brazil**. Proceedings of the 7th International Symposium on Wild Boar. **Anais...**2009

GUISAN, A.; ZIMMERMANN, N. E. Predictive habitat distribution models in ecology. **Ecological modelling**, v. 135, n. 2–3, p. 147–186, 2000.

HEGEL, C. G. Z. et al. Is the wild pig the real “big bad wolf”? Negative effects of wild pig on Atlantic Forest mammals. **Biological Invasions**, v. 21, n. 12, p. 3561–3574, 2019.

HEGEL, C. G. Z.; MARINI, M. Â. Impact of the wild boar, *Sus scrofa*, on a fragment of Brazilian Atlantic Forest. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 8, n. 1, p. 17–24, 2013.

HUANG, R. RQDA: R-based qualitative data analysis. **R package version 0.2–7**, 2014.

KMETIUK, L. B. Pesquisa de infecção por *Rickettsia* spp. em javalis (*Sus scrofa*), cães de caça e seres humanos controladores de javalis no bioma Mata Atlântica, região dos Campos Gerais-Paraná, Brasil. 2019.

LÓPEZ, J. B. et al. A maximum entropy model for predicting wild boar distribution in Spain. **Spanish Journal of Agricultural Research**, n. 4, p. 984–999, 2014.

MARBUAH, G.; GREN, I.-M.; MCKIE, B. Economics of harmful invasive species: a review. **Diversity**, v. 6, n. 3, p. 500–523, 2014.

MARKOV, N.; PANKOVA, N.; MORELLE, K. Where winter rules: Modeling wild boar distribution in its north-eastern range. **Science of the total environment**, v. 687, p. 1055–1064, 2019.

MASSEI, G.; ROY, S.; BUNTING, R. Too many hogs? A review of methods to mitigate impact by wild boar and feral hogs. **Human–Wildlife Interactions**, v. 5, n. 1, p. 10, 2011.

MAYER, J.; BRISBIN, I. L. **Wild pigs: biology, damage, control techniques and management**. [s.l.] Savannah River Site (SRS), Aiken, SC (United States), 2009.

MCCLURE, M. L. et al. Modeling and mapping the probability of occurrence of invasive wild pigs across the contiguous United States. **PloS one**, v. 10, n. 8, p. e0133771, 2015.

MORELLE, K.; LEJEUNE, P. Seasonal variations of wild boar *Sus scrofa* distribution in agricultural landscapes: a species distribution modelling approach. **European Journal of Wildlife Research**, v. 61, n. 1, p. 45–56, 2015.

OTLET, P. O livro e a medida: bibliometria. **BIBLIOMETRIA: teoria e prática**. São Paulo: Cultrix, p. 19–34, 1986.

PADILHA, B.; VINICIUS, F. **Current distribution of invasive feral pigs in Brazil: economic impacts and ecological uncertainty** ASSOC BRASILEIRA CIENCIA ECOLOGICA E CONSERVACAO, , 2015.

PEARCE, J. L.; BOYCE, M. S. Modelling distribution and abundance with presence-only data. **Journal of applied ecology**, v. 43, n. 3, p. 405–412, 2006.

PEREIRA, C. Z.; ROSA, C. A.; ZANZINI, A. C. Perception of the presence, impacts and control of the invasive species *Sus scrofa* in the local community living near the Itatiaia National Park, Brazil. **Ethnobiology and Conservation**, v. 8, 2019.

PIMENTEL, D. Environmental and Economic Costs of Vertebrate Species Invasions Into the United States. **Managing Vertebrate Invasive Species**, n. August, p. 1–8, 2007.

PIMENTEL, D.; ZUNIGA, R.; MORRISON, D. Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. **Ecological Economics**, v. 52, n. 3 SPEC. ISS., p. 273–288, 2005.

QUINTELA, F. M. et al. Javalis e porcos ferais (*Suidae*, *Sus scrofa*) na Restinga de Rio Grande, RS, Brasil: ecossistemas de ocorrência e dados preliminares sobre impactos ambientais. **Neotropical Biology & Conservation**, v. 5, n. 3, 2010.

ROSA, C. **Wild Pigs in an Irreplaceable Area for Biodiversity Conservation: Current Situation and Importance of the Local Community in the Population Control**. Modern Management Forum. **Anais...**2018

ROSA, C.; PASSAMANI, M.; POMPEU, P. **Differential effects of exotic Eurasian wild pigs and native peccaries on physical integrity of streams in the Brazilian Atlantic Forest**. [s.l.] PeerJ Preprints, 2018.

ROSA, C. A. DA; WALLAU, M. O.; PEDROSA, F. Hunting as the main technique used to control wild pigs in Brazil. **Wildlife Society Bulletin**, v. 42, n. 1, p. 111–118, 2018.

RUTTEN, A. et al. Future distribution of wild boar in a highly anthropogenic landscape: Models combining hunting bag and citizen science data. **Ecological Modelling**, v. 411, p. 108804, 2019.

SALES, L. P. et al. Niche conservatism and the invasive potential of the wild boar. **Journal of Animal Ecology**, v. 86, n. 5, p. 1214–1223, 2017.

SEWARD, N. W. et al. Feral swine impacts on agriculture and the environment. **Sheep & Goat Research Journal**, p. 12, 2004.

SKONHOFT, A.; OLAUSSEN, J. O. Managing a migratory species that is both a value and a pest. **Land Economics**, v. 81, n. 1, p. 34–50, 2005.

SNOW, N. P.; JARZYNA, M. A.; VERCAUTEREN, K. C. Interpreting and predicting the spread of invasive wild pigs. **Journal of Applied Ecology**, v. 54, n. 6, p. 2022–2032, 2017.

STOCKWELL, D. R. B.; PETERSON, A. T. Controlling bias in biodiversity data. **Predicting species occurrences: issues of scale and accuracy**. Island Press, Washington, DC, p. 537–546, 2002.

STONE, C. P.; KEITH, J. O. Control of feral ungulates and small mammals in Hawaii's National Parks: research and management strategies. **Control of mammal pests/edited by CGJ Richards and TY Ku**, 1987.

THELWALL, M. Bibliometrics to webometrics. **Journal of information science**, v. 34, n. 4, p. 605–621, 2008.

TISDELL, C. A. **Wild pigs: environmental pest or economic resource?** [s.l.] Elsevier, 2013.

VAJAS, P. et al. Many, large and early: Hunting pressure on wild boar relates to simple metrics of hunting effort. **Science of the Total Environment**, v. 698, p. 134251, 2020.

VERDADE, L. M. et al. Recent land-use changes and the expansion of an exotic potential prey: a possible redemption for Atlantic forest jaguars? **Animal Conservation**, v. 19, n. 3, p. 209–211, 2016.

VICENTE, A. F. Pesquisa de Brucella spp. em linfonodos de suínos e javalis com linfadenite. 2013.

WEBER, M. N. et al. Primeira evidência da infecção pelo vírus da diarreia viral bovina em javalis. **Acta Scientiae Veterinariae**, v. 44, p. 1–5, 2016.

WEISS, L. P.; VIANNA, V. O. Levantamento do impacto das rodovias BR-376, BR-373 e BR-277, trecho de Apucarana a Curitiba, Paraná, no atropelamento de animais silvestres. **Publicatio UEPG: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 18, n. 2, p. 121–133, 2012.

WILLIAMS, E. S.; BARKER, I. K. **Infectious diseases of wild mammals**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2008.

WINKELMANN, R. **Econometric analysis of count data**. [s.l.] Springer Science & Business Media, 2008.

ZIVIN, J.; HUETH, B. M.; ZILBERMAN, D. Managing a multiple-use resource: the case of feral pig management in California rangeland. **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 39, n. 2, p. 189–204, 2000.

ANEXO

Questionário aplicado

Impactos econômicos do javali e seus híbridos

Este questionário é parte integrante da tese de doutorado "O Javali (*Sus Scrofa*) no Brasil: Controle, Prevenção e Impactos Econômicos", vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada (PPGEA) do Departamento de Economia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ-USP) sob responsabilidade de Gustavo Dantas Lobo e orientação de Dr. Carlos Eduardo de Freitas Vian. O objetivo com este questionário é aumentar a compreensão acerca da invasão biológica do javali no Brasil, seus desdobramentos e possíveis impactos. O preenchimento desse formulário leva cerca de 5-7 minutos. É importante frisar que as informações aqui coletadas têm caráter estritamente sigiloso, preservando, portanto, a identidade do respondente.

1. Município (e UF) em que exerce a atividade de trabalho:
2. Tem conhecimento sobre a ocorrência de javalis e seus híbridos (javaporcos) no município em que exerce atividade de trabalho? () Sim () Não
3. Em que medida você concorda com a seguinte afirmativa: "O javali representa risco iminente, tanto em termos econômicos quanto em termos sanitários e ambientais". () Discordo totalmente () Discordo parcialmente () Indiferente () Concordo parcialmente () Concordo totalmente.
4. Marque quais opções você identifica como sendo potenciais danos causados pelo javali e seus híbridos: () Não conheço os danos relacionados à presença do javali () Ataque a lavouras () Predação de animais domésticos () Transmissão de doenças (vetor de doenças) () Degradação e contaminação de nascentes () Competição por recursos com animais nativos () Ataque a seres humanos () Alteração do meio ambiente () Outro.
5. Qual atividade de trabalho você exerce? () Produtor, administrador ou gerente rural () Outro. Qual?

Perguntas destinadas para os que assinalaram Produtor, administrador ou gerente rural na questão anterior.

6. Na safra 2019-20, qual cultura implantada em sua propriedade obteve maior valor da produção (atividade principal)? () Soja () Milho () Cana () Sorgo () Arroz () Feijão () Hortaliças () Mandioca () Pastagem () Silvicultura () Outro
7. Quantos hectares desta cultura foram plantados?
8. Quantos hectares desta cultura foram colhidos?
9. Qual a unidade de medida de referência da produção da cultura citada? () Sacas () Quilos () Toneladas () Outro
10. Qual foi a produtividade média por hectare desta cultura citada?
11. Houve a presença de javalis ou seus híbridos em sua propriedade? () Sim () Não
12. Há quantos anos você observa a presença do javali ou seus híbridos na sua propriedade?
13. Houveram registros de ataques a animais domésticos ou pessoas?
14. A cultura citada foi atacada pelos javalis ou seus híbridos () Sim () Não

Impactos econômicos – cultura principal (respondente que marcou a opção não na pergunta anterior é orientado para o final do questionário)

15. Quantos hectares da cultura citada (estimativa) foram atacados pelos javalis ou seus híbridos?
16. Qual foi a produtividade média por hectare da área atacada?
17. Qual teria sido a produtividade média da área caso ela não tivesse sido atacada pelos javalis ou seus híbridos?
18. Você (ou terceiros) empregou algum tipo de manejo para controle populacional do javali? () Sim () Não
19. Qual (quais) método(s) utilizou? (pode marcar mais de uma opção): () Tiro precedido de avistamento () Caça com cães () Caça sem cães () Espera (ceva) () Armadilha () Outro. Quais?
20. Qual o grau de eficiência do método empregado ? (sendo 1 nada eficiente e 5 sendo completamente eficiente).
21. Você possui licença de Colecionador, Atirador e Caçador (CAC)? () Sim () Não
22. Discorra de forma breve quais são, em sua opinião, os principais desafios para o manejo populacional do javali e seus híbridos hoje no Brasil e suas sugestões de como mudar essa situação?