



## **Contribuições ao controle e a prevenção do javali (*Sus Scrofa*) no Brasil**

### ***Contributions to the control and prevention of wild boar (*Sus Scrofa*) in Brazil***

**Autor(es):** Gustavo Dantas Lobo; Carlos Eduardo de Freitas Vian

**Filiação:** Agroicone; Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz (ESALQ)

**E-mail:** gdantas@agroicone.com.br; cefvian@usp.br

### **Grupo de Trabalho (GT): GT04. Questão ambiental, agroecologia e sustentabilidade**

#### **Resumo**

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. Para tal, duas 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. No campo da prevenção, foi construído um modelo do tipo logístico com o intuito de definir áreas prioritárias, tanto para o controle quanto para a prevenção. Partindo do pressuposto que características edafoclimáticas 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) foram classificados como prioridade para a prevenção.

**Palavras-chave:** Fauna; Exótica; Javali; Controle Populacional; Nicho Potencial

#### **Abstract**

*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 natural predators), 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 crop predation, the wild boar represents an imminent threat, both in terms of health, since it is the repository of numerous diseases, which can compromise human and herd health, and in environmental terms, since it competes for resources with wild animals, pollutes and silts up springs and preys on fauna and flora. Faced with this conflict between fauna and humans, more accentuated by the issue of the wild boar, it is essential to reflect on a fauna policy based on management. 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. In the field of prevention, a logistic-type model was built in order to define priority areas, both for control and prevention. Assuming that edaphoclimatic characteristics affect the probability of wild boar existence and that the greater this probability, the greater the chances of prosperity for the species, those municipalities with a high probability of presence and that have already registered the presence of wild boar were classified as priorities for control. Analogously, those that have not yet been registered but that have a high probability of occurrence (that is, they have the characteristics suitable for the prosperity of the species) are classified as a priority for prevention.*



**Key words:** *Fauna; Exotic; Boar; Population Control; Potential Niche*

## 1. Introdução

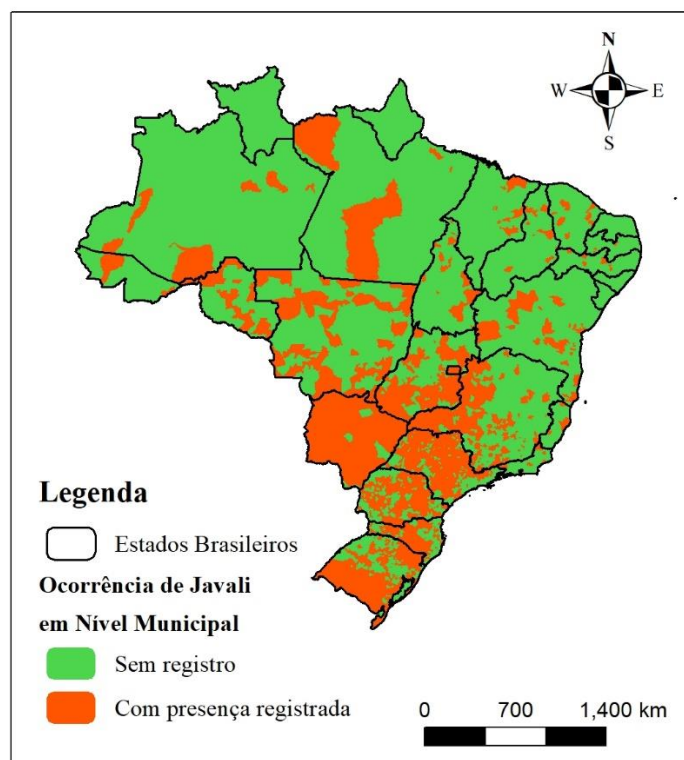
O processo de antropização de áreas silvestres tem por externalidade negativa a acentuação dos conflitos entre fauna e seres humanos. Nas últimas duas décadas, esse conflito se acentuou, especialmente devido à relação com uma espécie em particular, o javali (*Sus Scrofa*). Nativo da Eurásia (portanto, 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).

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.

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. 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.

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



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

Esse trabalho pode ser dividido em duas etapas. 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. 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. Aqueles com alta probabilidade de ocorrência do javali mas que não tem registros são, portanto, aqueles com maior prioridade de prevenção.

## 2.O controle do javali no Brasil

O comprometimento do Brasil com uma política de controle populacional 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.

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 foi o alto grau de burocracia e seu custo, muitas vezes punitivo para indivíduos menos favorecidos economicamente.

A fim de se alcançar uma política de controle populacional 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 acerca 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.

Ao inquerir 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 Moraes, 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).

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, 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.

### **3. Esforço e pressão de controle**



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 deficientes, ou seja, aqueles que faltavam informação ou estavam preenchidos de forma equivocada, uma amostra de 791 caçadas (representadas pelo nº 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).

### 3.1 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 heterocedasticia 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 à casos bem raros, uma vez que pressupõe média e variância idênticas de forma que:

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

onde  $\mu_i$  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  $\beta$  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:

$$E[Y_i|x_i] = \mu_i \\ V[Y_i|x_i] = \mu_i + \alpha\mu_i^2$$



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:

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

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

### 3.3 Resultados do modelo

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

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, a fim 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., 2013). 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 1 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 do município) e antrópicos (área de lavoura temporária do município); 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 1: Resultados das três especificações do modelo de distribuição binomial negativa.

Abates	1º especificação	2º especificação	3º especificação
Nº dias	1.0174*** (0.0048)	1.0139*** (0.0047)	1.0325*** (0.0077)
Nº 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)
Nº dias <sup>^2</sup>			0.9996*** (0.0001)
Nº pessoas <sup>^2</sup>			0.9954 (0.0033)
Const.	1.1009 (0.1315)	1.3616** (0.1727)	1.1258 (0.1632)
Pseudo R <sup>2</sup>	0.0216	0.0280	0.0316
AIC	3166	3150	3142
BIC	3194	3187	3189

Nota: \*\*\* significativa a 1%; \*\* significativa a 5%; \* significativa 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.

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.

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. Há de se ressaltar ainda, que não se conhecem os 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. Nicho Potencial

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.

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.

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.

##### 4.1. 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 todos 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.

#### 4.2. 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 2 a seguir apresenta os efeitos marginais de cada variável sobre a probabilidade de ocorrência do javali à nível municipal.

Tabela 2: 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 (área)	-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	0.0033***	0.0013	0.0063***	0.0024
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 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.

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.

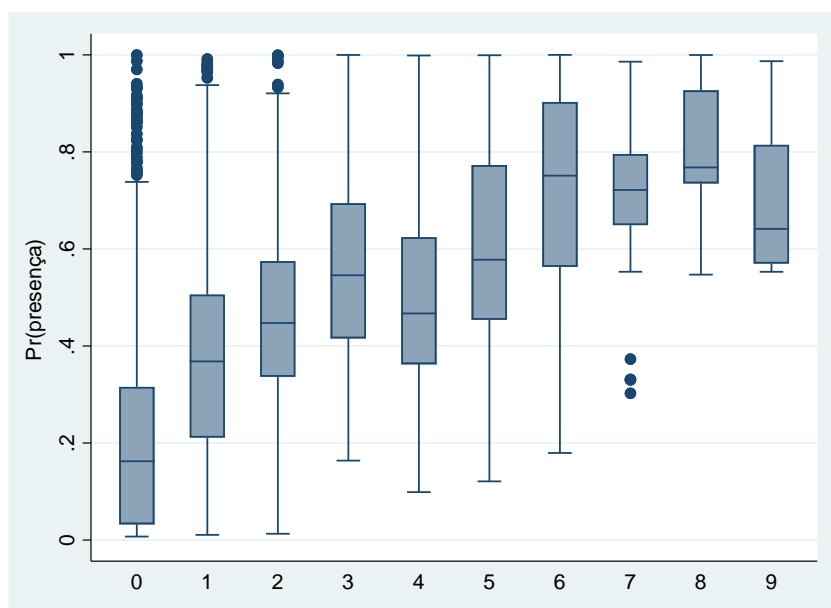
Do grupo de variáveis antrópicas de uso da terra, a variável que chama atenção é a área plantada de cana-de-açúcar. Para cada 10 mil hectares de cana-de-açúcar há um incremento de 12 p.p. na probabilidade de ocorrência do javali. Tal resultado pode sugerir uma maior preferência do javali por áreas cobertas por cana devido à proteção natural que esse cultivar fornece à espécie. Foi observado ainda na pesquisa de opinião realizada (próxima seção) 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.

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 2 apresenta as distribuições do escore por número de fontes de avistamento.



Figura 2: 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.

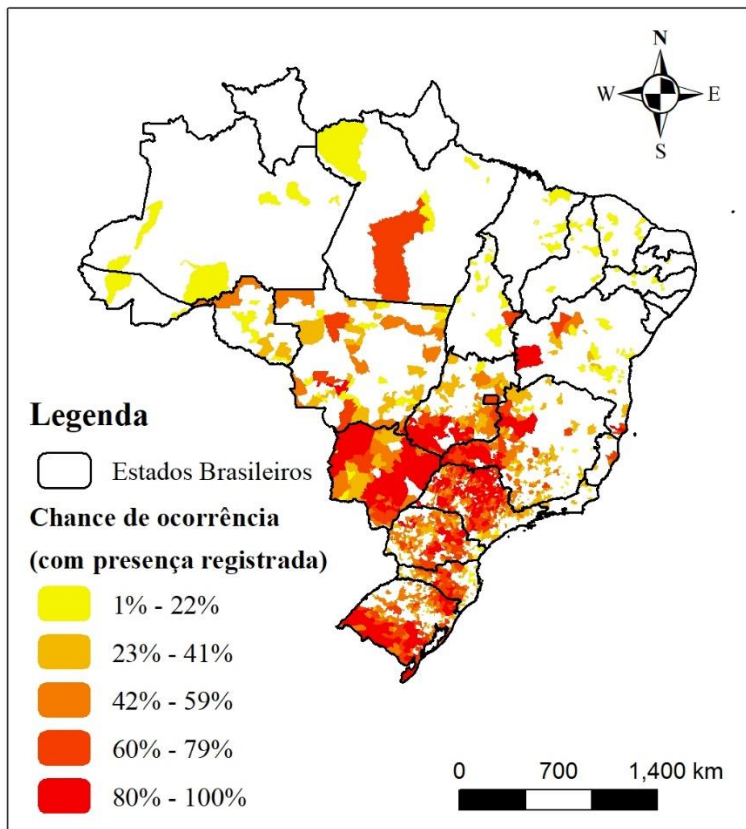
## Mapa de risco de ocorrência de javalis

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 3 e 4 apresentam os escores estimados para aqueles municípios com e sem registro de ocorrência, respectivamente.



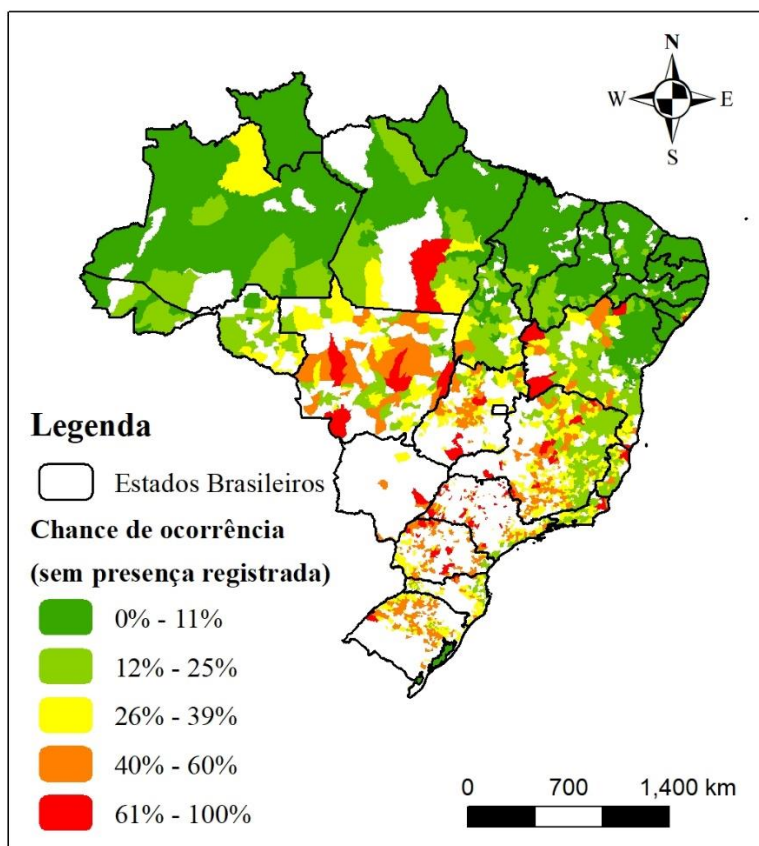
Figura 2: Escores estimados para os municípios SEM registro de presença do javali.



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 fronteiriça 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.

Figura 3: Escores estimados para os municípios SEM registro de presença do javali.



Fonte: Elaboração própria com base nos escores estimados.

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. 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. O presente trabalho buscou contribuir para o preenchimento dessa lacuna, ao construir indicadores com o intuito de orientar a política de controle populacional do javali.

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 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 torná-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.

## 6. Referências Bibliográficas

- BARRETT, R. The feral hog at Dye Creek ranch, California. **Hilgardia**, v. 46, n. 9, p. 283–355, 1978.
- 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.
- 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**
- 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.

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, 2013.

MARBUAH, G.; GREN, I.-M.; MCKIE, B. Economics of harmful invasive species: a review.

**Diversity**, v. 6, n. 3, p. 500–523, 2014.

GUISAN, A.; ZIMMERMANN, N. E. Predictive habitat distribution models in ecology.

**Ecological modelling**, v. 135, n. 2–3, p. 147–186, 2000.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

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