



UFAM

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E
AMBIENTAIS PPG-CIFA



PPGCIFA - UFAM
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS

MODELAGEM TERRITORIAL DO *SUS SCROFA*: PERSPECTIVAS PARA O
FUTURO E SUA RELAÇÃO COM USO E COBERTURA DO SOLO

SÉRGIO VIDAL RIBEIRO DE SOUZA E SILVA

MANAUS

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E
AMBIENTAIS PPG-CIFA



Sérgio Vidal Ribeiro de Souza e Silva

MODELAGEM TERRITORIAL DO *SUS SCROFA*: PERSPECTIVAS PARA O
FUTURO E SUA RELAÇÃO COM USO E COBERTURA DO SOLO

Dissertação, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre

ORIENTADOR: Rogério Fonseca.

CO-ORIENTADOR: Alberto Carlos Martins Pinto

MANAUS

2024

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

- S586m Silva, Sérgio Vidal Ribeiro de Souza e
Modelagem territorial do sus scrofa: perspectivas para o futuro e sua
relação com uso e cobertura do solo / Sérgio Vidal Ribeiro de Souza e
Silva. - 2024.
31 f. : il., color. ; 31 cm.
- Orientador(a): Rogério Fonseca.
Coorientador(a): Alberto Carlos Martins Pinto.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Programa
de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Manaus, 2024.
1. Modelagem. 2. Modelagem de Distribuição Potencial. 3. Cobertura e
uso do solo. 4. Manejo de Fauna. I. Fonseca, Rogério. II. Pinto, Alberto
Carlos Martins. III. Universidade Federal do Amazonas. Programa de Pós-
Graduação em Ciências Florestais e Ambientais. IV. Título
-

SÉRGIO VIDAL RIBEIRO DE SOUZA E SILVA

**MODELAGEM TERRITORIAL DO SUS SCROFA: PERSPECTIVAS PARA O
FUTURO E SUA RELAÇÃO COM O USO E COBERTURA DO SOLO**

Dissertação de mestrado apresentada para a obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas.

Aprovado em: *08/07/2024*

08/07/2024

Dr. Rogério Fonseca

08/07/2024

Dr. André Luiz de Alencar Mendonça

08/07/2024

Dr. Wagner Fischer

AGRADECIMENTOS

Queridos amigos, familiares e colegas,

Hoje, quero tirar um momento para expressar minha profunda gratidão a todos vocês. A vida nos presenteia com muitos momentos especiais, e este é um deles. É difícil colocar em palavras o quão agradecido estou por todo o apoio, carinho e amizade que tenho recebido ao longo dos anos. Cada um de vocês desempenha um papel importante em minha jornada, e por isso, quero expressar meu mais sincero agradecimento.

Agradeço à minha família por serem meu alicerce, meu porto seguro e minha fonte inesgotável de amor. Sem vocês, nada seria possível.

Aos meus amigos, obrigado por estarem ao meu lado nos bons e maus momentos. Sua amizade é um tesouro inestimável.

Aos meus colegas do LABORATÓRIO LAiFF UFAM, agradeço por sua colaboração e apoio. Juntos, alcançamos grandes realizações.

Quando olho para trás em minha jornada, uma coisa é certa: não teria chegado tão longe e alcançado tantas conquistas sem o incrível apoio e orientação dos meus mentores. Eles não apenas compartilharam seu vasto conhecimento e experiência comigo, mas também me inspiraram a buscar a excelência em cada passo do caminho. Com paciência e compreensão, eles me ensinaram as complexidades do meu campo de estudo e me ajudaram a desenvolver habilidades críticas.

A gratidão é um sentimento poderoso, e hoje quero expressar o meu. Saibam que cada gesto de bondade, cada palavra encorajadora e cada ato de apoio não passaram despercebidos. Em um mundo muitas vezes agitado e desafiador, é importante lembrar o valor da gratidão e da conexão humana. Espero continuar a merecer sua amizade, amor e apoio, e prometo retribuir da melhor forma possível, a minha família, amigos, mentores e colegas de trabalho.

Gostaria de expressar meu sincero agradecimento à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelo valioso apoio e financiamento fornecidos para a realização desta pesquisa. Sua contribuição desempenhou um papel fundamental no sucesso e no avanço do conhecimento nesta área.

Com gratidão,

Sérgio Vidal Ribeiro de Souza e Silva

RESUMO

O manejo de fauna é uma metodologia de controle e gestão. Sendo a fauna como um dos recursos mais sensíveis, por estar relacionado a qualidade ambiental e flutuações da dinâmica de interações e necessidades do ser humano, além de outras espécies no mesmo meio. Espécies invasoras como *Sus scrofa* Linnaeus 1758 representam uma ameaça direta tanto para a qualidade ambiental quanto para as interações de espécies nativas em prol de suas capacidades adaptativas e em detrimento de outros recursos como agrícola econômico, sanitário e faunístico. Assim entender as capacidades e tendências de invasão pode ser fundamental para um manejo mais preciso e focado em regiões chaves. O estudo teve como objetivo compreender a distribuição espacial recente dessa espécie no Brasil avaliando fatores como heterogeneidade ambiental e classes de cobertura e uso do solo podem influenciar a presença ou ausência. O levantamento de dados ocorreu por meio de fontes oficiais do governo e seus órgãos responsáveis. Foram realizadas tratativas específicas para a diminuição de erros e duplicidades da própria base de dados em três níveis proximidade, sobreposição e abrangência, a saber: inferior a 2km², coordenadas iguais e matriz de distância maior que 500km². Primeiramente foram levantados os dados de presença pelo país e georreferenciados onde observou-se a massiva presença nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do País também se notou que as regiões com heterogeneidade maior em relação as ecorregiões brasileiras tendem a ter uma presença maior. A modelagem de Distribuição Potencial da espécie executada por meio da máxima entropia, um algoritmo de aprendizado de máquina ressaltou essa tendência com ressalvas para regiões delimitadas tanto no Norte quanto no Nordeste do país que pouco indicavam a presença. A cobertura e uso do solo associada ao comportamento da espécie revela padrões oportunistas preferindo ambientes agrícolas em sua maioria com a clara expansão e permanência em classes de cobertura florestal e água.

Palavras-chave: Distribuição Espacial, Modelagem de Distribuição Potencial, Manejo de Fauna, Máxima Entropia, Cobertura e Uso do Solo.

ABSTRACT

Wildlife management is a control and management methodology. Wildlife is one of the most sensitive resources because it is related to environmental quality and fluctuations in the dynamics of interactions and needs of humans, as well as other species in the same environment. Invasive species such as **Sus scrofa** Linnaeus 1758 pose a direct threat to both environmental quality and the interactions of native species, benefiting from their adaptive capabilities at the expense of other resources such as agriculture, economy, health, and wildlife. Thus, understanding the capacities and trends of invasion can be crucial for more precise management focused on key regions. The study aimed to understand the recent spatial distribution of this species in Brazil, evaluating how factors such as environmental heterogeneity and land cover and use classes can influence its presence or absence. Data collection was carried out through official government sources and responsible agencies. Specific procedures were conducted to reduce errors and duplicities in the database at three levels: proximity, overlap, and scope, namely: less than 2 km², identical coordinates, and a distance matrix greater than 500 km². Initially, presence data across the country was collected and georeferenced, revealing a massive presence in the South, Southeast, and Midwest regions of the country. It was also noted that regions with greater heterogeneity in relation to Brazilian ecoregions tend to have a higher presence. The Potential Distribution Modeling of the species, executed through maximum entropy, a machine learning algorithm, highlighted this trend with caveats for specific regions in the North and Northeast of the country, which indicated little presence. The land cover and use associated with the species' behavior reveals opportunistic patterns, preferring mainly agricultural environments with clear expansion and permanence in forest cover and water classes.

Keywords: Spatial Distribution, Potential Distribution Modeling, Wildlife Management, Maximum Entropy, Land Cover and Use.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Adaptado do U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Vista (a) Dorsal, (b) Ventral e (c) Lateral de um crânio e mandíbula do *Sus scrofa*. Cidade de Beaufort, Carolina do Sul (USNM 256035, macho).

15

Figura 2. Variabilidade alimentar do *S. scrofa* de acordo com a estação climática, adaptado de Joice Chaves Marques, Modelos para a dispersão de Javalis (*Sus scrofa*), 2019

17

Figura 3. Posição geográfica das Regiões Políticas e Ecorregiões 20

Figura 4. Mapeamento Geográfico da Distribuição do *Sus scrofa* Linnaeus 1758 de 2016 até 2021. 27

Figura 5. Região Política, Grupos e Localidades de concentração do *S. scrofa* 29

Figura 6. Distribuição da Normalidade dos Dados de Javali por Região. 30

Figura 7. Modelo da Distribuição Potencial de Javali 32

Figura 8. Overlay Mapeamento Geográfico e Modelagem de Distribuição Potencial. 33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Tratativa dos registros de ocorrência.	22
Tabela 2. Classes de Cobertura e Uso do Solo, Adaptado de MapBiomas Coleção 7.	26
Tabela 3. Registros de presença de <i>S. scrofa</i> de acordo com os grupos	28
Tabela 4. Camadas Ambientais	30
Tabela 5. Avaliação da performance do modelo	31
Tabela 6. Área de Cobertura e Uso do Solo	36

Sumário

1. Introdução.....	1
2. Objetivos.....	4
1.1 Geral.....	4
2.2 Específicos.....	4
3. Revisão Bibliográfica.....	5
3.1 <i>Sus scrofa</i> Linnaeus 1758.....	5
3.1.2 Taxonomia.....	6
3.1.3 Comportamento Social.....	7
3.1.4 Área de Permanência.....	8
3.1.5 Hábitos Alimentares.....	9
3.1.6 Reprodução.....	9
3.2 Modelagem de Distribuição Potencial de Espécies.....	10
3.3 Cobertura e Uso do Solo.....	11
4. Metodologia.....	12
4.1 Área do Estudo.....	12
4.2 Levantamento de Registros de Presença.....	13
4.3 Análise Exploratória dos Registros.....	14
4.4 Análise Correlativa.....	14
4.5 Modelagem de Distribuição Potencial de Espécies.....	15
4.5.1 Pseudo Ausência.....	15
4.5.2 Tratamento e Escolha das Camadas Ambientais.....	16
4.5.3 Escolha do Algoritmo de Modelagem.....	16
4.6 Cobertura e Uso do Solo.....	17
5. Resultados.....	18
6. Conclusão.....	26
7. Referências.....	28

1. Introdução

Um ecossistema ou sistema ecológico, são cadeias biodiversas intimamente relacionadas que englobam todos os organismos que funcionam em conjunto em uma determinada região. Dessa maneira, todos os indivíduos interagem com o ambiente físico causando fluxo de energia, que por sua vez produzirão estruturas bióticas bem definidas e uma ciclagem de recursos entre as partes bióticas e abióticas (Odum, 1988).

A dinâmica de restauração e manutenção de um ecossistema depende das complexas interações entre os organismos que o compõem (Campos, 2012). No Brasil, apesar das medidas paliativas criadas para a mitigação de impactos, a rápida expansão geográfica de espécies invasoras, aliada à falta de controle, ineficácia na gestão dos recursos naturais e difuso interesse público, são um problema recorrente (Deberdt et al., 2005).

O local de um sistema ecológico biodiverso, denominado de ambiente físico, abrange diversos fatores que são fundamentais ao bem-estar dos organismos. Denominados de fatores ecológicos sendo alguns dos mais conhecidos a temperatura, umidade e a concentração de nutrientes (Elizete & Lima, 2007).

Tomando por base algumas características de um ambiente, aqueles indivíduos que possuam atributos que o auxiliem a se destacar, principalmente sobre a sobrevivência e sucesso reprodutivo neste ambiente serão estes que deixarão um número maior de descendentes (Odum, 1988). Dessa forma espécies introduzidas em ambientes não naturais a sua ocorrência competem com espécies nativas pelos fatores ecológicos.

Espécies introduzidas em um ambiente não natural delas, são classificadas como exóticas; variando a região geográfica de origem da espécie termos como exótico são utilizados para organismos que transpõem limites das plagas (Fuller et al., 1999). Inscritos dentro dos limites das plagas a introdução de espécie em outras regiões é denominada de espécies regionais não nativas (Gido et al., 2004). A nomenclatura para espécies não nativas, estrangeiras e exóticas são usadas para definir qualquer tipo de espécie introduzida (Espinola & Junior, 2007).

A espécie *Sus scrofa* Linnaeus 1758, constitui uma ameaça direta para o sistema ecológico biodiverso brasileiro (Desbiez et al., 2009; Oliveira, 2002; Oliveira 2012). Inicialmente, a espécie chega ao país através de introdução intencional humana (Courchamp et al., 2003 & Long, 2003). O *S. scrofa* já de imediato demonstrou a significância da distinção baseado no sucesso em superar, adaptar-se e conquistar novos ambientes.

As atividades antropogênicas sobre os javalis (*S. scrofa*) incluíram, mas não se limitaram, a translocação deliberada para novas regiões e na liberação desses indivíduos; proporcionando assim oportunidades para o estabelecimento de novas populações selvagens em regiões previamente não habitadas pela espécie. Notavelmente, as viagens do século XV para o novo mundo tiveram um impacto substancial na ampliação da distribuição global dessa espécie, abrangendo tanto as regiões do Pacífico quanto do Atlântico (Olver & Brisbin, 1993).

O *S. scrofa* possui uma das maiores distribuições globais de uma espécie de mamífero invasora, sendo responsável por diversos impactos dentro de sistemas ecológicos e agrícolas, além de elevar problemas sanitários (Barrrios-Garcia & Ballari, 2012). Nesse sentido, esses indivíduos afetam diretamente a biodiversidade que é um recurso crítico onde a perda de espécies, genomas e processos evolutivos é irreparável (Jolly et al., 2011).

A biodiversidade, conceitualmente trata da diversidade biológica termo este anterior ao próprio conceito e descrição de biodiversidade. Essas duas nomenclaturas referem-se a temas fundamentais da ecologia e da biologia evolutiva relacionados a diversidades de espécies e aos ambientes que lhes dão suporte e mutuamente suportados por elas, seguindo essa lógica determinam o processo evolutivo constante (Franco, 2013).

Estudos apontam que a biodiversidade global está fortemente relacionada a *hotspots*, geralmente estes pontos de grande diversidade de fauna e flora estão associados as florestas tropicais (Oliveira, 2012). Em virtude disso, espécies invasoras como os javalis e justificado pela sua hegemonia global, demonstraram que suas características fisiológicas e ecológicas podem transpor a maioria das barreiras bióticas e abióticas de um sistema ecológico, conseqüentemente prejudicando a biodiversidade.

Um dos métodos de justificar o prejuízo causado pela espécie é o aumento na disputa de recursos; Isso por características próprias da espécie e próprias do sistema ecológico brasileiro. O *S. scrofa* é uma espécie de ungulado nativo da Eurásia e Norte da África; e no Brasil a hegemonia da espécie se dá pela ausência de predadores naturais eficazes, a flexibilidade alimentar, a rápida adaptação e reprodução, além do auxílio humano que permitiu sua rápida disseminação (Fischer et al., 2017).

Dentre esses prejuízos, os impactos “*intra*” aos sistemas ecológicos brasileiros e agrícolas são abrangentes e bem documentados, sua interferência no funcionamento desses sistemas é amplamente reconhecida (Barrrios-Garcia & Ballar, 2012). Agravando preocupações ambientais e econômicas, principalmente sobre a perda da biodiversidade.

Na economia mundial o javali possui forte implicação, é estimado que esses indivíduos foram responsáveis pelo prejuízo de 19 milhões de euros em 2006 na França e 7 milhões de euros na Itália em 2004 (Servanty et al., 2011); no continente Norte Americano, o dano a agropecuária causado pela espécie é estimado em aproximadamente 800 milhões de dólares por ano; na Austrália são perdidos anualmente 20 mil toneladas de cana de açúcar por ano pela avanço da espécie nos campos (Passani & Puertas, 2006).

Para abordar essa invasão e seus impactos associados no território brasileiro, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) instituiu a Instrução Normativa nº 03/2013, que classifica o *S. scrofa* e suas formas selvagens como prejudiciais aos ecossistemas brasileiros; autorizando seu controle populacional em todo o território nacional, sem limitações sazonais, de número de abates, sexo ou faixa etária dos animais, colocando a população como corresponsáveis pelo controle da espécie.

Todavia, recentemente órgãos públicos promoveram discussões a respeito de ações viáveis que controlem o crescimento dessa espécie no Brasil. No mês de agosto de 2016 um seminário (*S. scrofa* no Território Nacional) na capital do país, Brasília, promovido pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e o Instituto Chico Mendes de Conservação e Biodiversidade (ICMBio) onde foram compartilhadas informações sobre invasões do *S. scrofa* e o uso de armadilhas e armas para o controle.

Atualmente, no Brasil, críticas quanto ao uso da caça, especialmente em relação ao emprego de cães para busca e perseguição de *S. scrofa*, alegando maus-tratos a ambas as espécies vem aumentando (Massei et al., 2011). Tais argumentos refletem o antagonismo das políticas públicas que promovem a produção e uso da terra em detrimento da importância da ecologia para a gestão ambiental (Fischer, 2018).

A partir de tal discussão, o uso da geotecnologia, que envolva os sistemas de informações geográficas (SIG), desempenha um papel fundamental na pesquisa e no planejamento ambiental. Os SIG permitem a manipulação de dados georreferenciados e a análise de relações espaciais entre objetos geográficos (Ortiz, 1993). Um aspecto-chave dos SIG é sua capacidade de armazenar, adquirir e recuperar informações georreferenciadas, proporcionando uma visão detalhada do mundo real em relação às coordenadas espaciais (Burrough, 1986).

O uso de SIG é decisivo em estudos relacionados ao uso e cobertura do solo, fornecendo suporte para mapeamento, obtenção de informações sistematizadas e análises de mudanças nas paisagens (Santos, 2010). A análise de uso e cobertura do solo é uma técnica valiosa para o planejamento e administração de uma região, além de permitir a avaliação e o monitoramento de áreas (Rodriguez, 2000). Essa análise auxilia na compreensão das complexas interações entre forças socioeconômicas e biofísicas que moldam o padrão espacial das mudanças na cobertura do solo, bem como na estimativa de impactos futuros sob diferentes cenários (Verburg et al., 2004).

A modelagem Potencial de distribuição de espécies são ferramentas de alta qualidade para a aferição e dedução para a ocorrência espécies de interesse (Barreto, 2008). A compreensão de fatores que limitam a distribuição de determinadas espécies são focos de grandes áreas como a ecologia, biologia, biogeografia e florestal (Brow & Gibson, 1983; MacArthur & Wilson, 1967).

Os recursos como a modelagem da estimativa de distribuição de espécies, aplicados em países megadiversos como o Brasil, supri com informações sobre a presença, evolução, ecologia das paisagens, filogenética, genética e fisiologia comparada quando são relacionadas e contrapostas a informações de limites geográficos e variáveis ambientais; é ascendido níveis de detalhes sobre as espécies de interesse seja econômico, ecológico e de saúde pública (Bar & Schmid-Hempel, 2000; Drake & Boosenbroek, 2004; Arim et al., 2006).

Sendo assim, este trabalho objetivou determinar a Potencial Presença do *Sus scrofa* Linnaeus 1758 pelos diversos sistemas ecológicos do Brasil em relação a variáveis ambientais pré-selecionadas por um método estatístico e confrontá-los ao mosaico temporal da cobertura e uso do solo.

2. Objetivos

1.1 Geral

Compreender distribuição espacial atual de javalis no território brasileiro através de SIG.

2.2 Específicos

- a) Mapear a distribuição do *Sus scrofa* entre os anos de 2016 a 2021 no Brasil;
- b) Modelar a distribuição Potencial do *Sus scrofa* pelo território do Brasil;
- c) Identificar áreas de Cobertura e Uso do Solo suscetíveis a expansão e presença do *Sus scrofa*.

3. Revisão Bibliográfica

3.1 *Sus scrofa* Linnaeus 1758

O *Sus scrofa*, conhecido popularmente como Javali, é uma espécie originária da Eurásia, mas com distribuição por todos os continentes, com exceção unicamente da Antártida; tornando-o um dos mamíferos com a distribuição mais ampla do mundo (Massei e Genov, 2004). A expansão global desses animais é resultado tanto de introduções deliberadas, como a criação de *S. scrofa* para caça esportiva; quanto de dispersões naturais, aproveitando sua capacidade de adaptação a diferentes ambientes (Fischer 2018; Giovanotto et al., 2021).

A espécie exibe uma notável variedade de formas e tamanhos, refletindo sua plasticidade fenotípica. Denominações como javaporcos, porcos-monteiros, porcos asselvajados e porcos alçados são algumas das usadas para se referir ao mesmo animal, refletindo sua adaptação a ambientes variados e graus de aparência selvagem ou doméstica (Freitas & Bignelli, 2020). Essa diversidade fenotípica também é influenciada pela hibridização com porcos domésticos (Giovanotto et al., 2021).

No Brasil, o javali possui a maior distribuição entre os mamíferos exóticos (Oliveira, 2012). As estimativas populacionais variam amplamente, de 0,22 indivíduos por km² em algumas regiões (Rosa et al., 2017) a uma densidade significativamente maior, como 22,3 indivíduos por km² em outras regiões (Puertas, 2015). Essa expansão populacional não se limita às formas asselvajadas, inclui também porcos domésticos que vivem em estado selvagem, como é observado na região sul da Amazônia, onde a espécie é conhecida como "porco-alongado", com suas populações têm avançado na região (Fernandes-Ferreira, 2014; Pedrosa et al., 2015).

Os *S. scrofa*, por sua capacidade de adaptabilidade, possuem uma ampla preferência de habitat, podendo ser encontrados em uma variedade de ecossistemas, incluindo florestas, campos abertos e áreas agrícolas (Keuling et al., 2013). São animais onívoros e se alimentam de uma variedade de recursos, incluindo raízes, insetos, frutas, pequenos vertebrados e até mesmo carcaças de animais mortos (Leal et al., 2020). Essa dieta diversificada pode causar danos significativos a plantações agrícolas e florestas, além de competir com as espécies nativas por recursos (Keuling et al., 2013).

Além dos impactos ecológicos e econômicos, esses indivíduos também podem servir como hospedeiro para doenças zoonóticas, representando um risco para a saúde pública (Keuling et al., 2013). Portanto, a gestão populacional de *S. scrofa* é um desafio

complexo que envolve diversos componentes como, a caça esportiva, armadilhas e programas de controle de fertilidade (Keuling et al., 2013).

3.1.2 Taxonomia

Ao modelo do ocorrido nas hibridizações do *S. scrofa* nos Estados Unidos, entre 1493 e 1593 as populações presentes no continente Norte Americano de *Sus scrofa scrofa* (porco Europeu selvagem) cruzaram com espécies de *Sus scrofa domesticus* (porco doméstico), dando início a novas populações de híbridos conhecidos popularmente como javalis (Groves, 1981; De Soto, 1593; Gipson et al., 1998; Rary et al., 1968; Wood & Lynn, 1977).

A presença e a invasão de espécimes de *S. scrofa* na América do Sul não são fenômenos recentes, uma vez que a espécie foi introduzida em várias ocasiões ao longo da história do continente sul-americano (Oliveira, 2012). Historicamente, a introdução de indivíduos desses animais no Brasil ocorreu como parte de iniciativas agropecuárias, no entanto, a consolidação de populações ferais no centro-oeste brasileiro ocorreu em um momento posterior, resultando da liberação desses indivíduos na natureza (Fischer 2018, Rosa 2018, Dezbies et al., 2018). Invasões induzidas por eventos ambientais adversos, como a seca de 1989 na região fronteira do Brasil com Uruguai, conduziram a uma expansão gradual, inicialmente restrita aos municípios sulistas do Brasil (Salvador, 2012). No entanto, registros de liberações anteriores datam de meados da década de 60 (Rosa, 2018; Dezbies et al., 2011). As populações asselvajadas de javalis que se estabeleceram no centro-oeste brasileiro foram denominadas de "porco-monteiro" (Rosa, 2018; Dezbies et al., 2011). Além disso, é importante observar que fazendas voltadas para a criação comercial contribuíram para a formação de um terceiro morfotipo, resultado do cruzamento entre *S. scrofa* e porcos domésticos, denominado de "javaporco".

O *Sus scrofa scrofa* (*S. s. scrofa*) é um mamífero grande e ungulado com focinho achatado. As medidas variam em comprimento total de 153 até 240 centímetros, uma cauda entre 21 e 38 centímetros, um par de orelhas variando entre 24 e 26 centímetros cada. Com relação a seu peso, este varia de 66 até 272 quilos. Os machos são levemente maiores que as fêmeas sendo mais claramente perceptíveis a partir dos 15 meses e aumentado de acordo com a idade (Dickson et al., 2001).

A sua coloração e pelagem são mais comumente escuras tendendo ao preto; entre tanto existe uma variabilidade passando pelo marrom, marrom avermelhado até com

presença de manchas marrons, pretas e brancas. A pelagem geralmente é áspera e densa (Brian R et al., 2007).

O seu focinho alongado e móvel tem uma superfície terminal achatada pontuda por narinas terminais. Os pés têm quatro dedos terminando em cascos, no entanto o peso é suportado pelos dois dedos maiores e centrais. Os caninos (Figura 1) superiores são triangulares em seção transversal, recurvados e visíveis como presas sendo maiores que os caninos inferiores (Brian R et al., 2007).

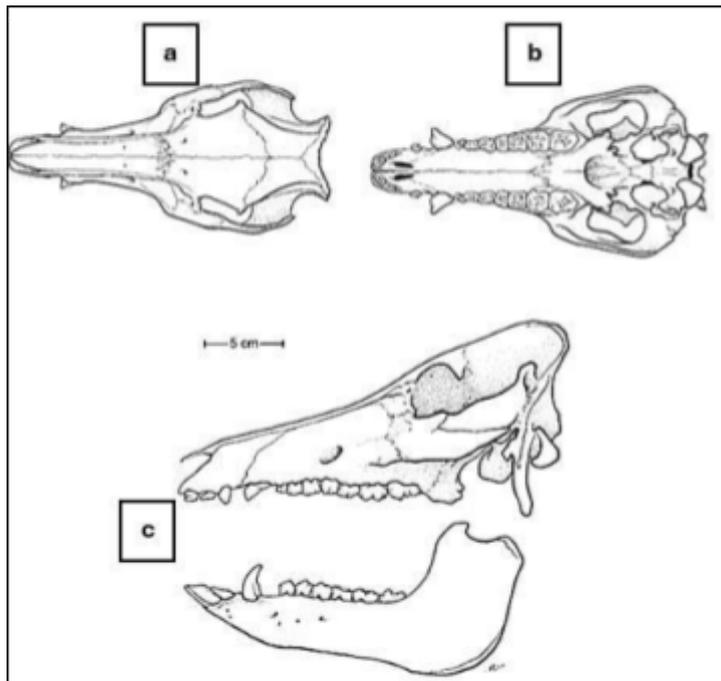


Figura 1. Adaptado do U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Vista (a) Dorsal, (b) Ventral e (c) Lateral de um crânio e mandíbula do *Sus scrofa*. Cidade de Beaufort, Carolina do Sul (USNM 256035, macho).

3.1.3 Comportamento Social

O grupo de *S. scrofa* é denominado de vara e é composta por três classes de acordo com a faixa etária de cada indivíduo; onde, até 1 ano são classificados como leitões, entre 1 e 2 anos juvenis e acima de 2 anos já são considerados adultos. As varas geralmente são formadas por fêmeas e suas proles jovens, que variam de 7 até 20 indivíduos, no entanto registros com grupos mais populosos podem ocorrer quando fêmeas se juntam (Puertas et al., 2016).

As responsabilidades dentro de uma vara variam de acordo com a classe etária. Os juvenis são responsáveis pela procura e exploração de novas áreas de vida, visto que as fêmeas adultas possuem maiores necessidades de alimentação e abrigo para procriação e assistência parental aos leitões (Keuling, 2009).

A presença de machos adultos dentro de uma vara está associada a receptividade sexual apresentadas pelas fêmeas (Graves, 1984). O javali utiliza da marcação química, comunicação sonora e visual em suas interações intraespecíficas. Os sentidos olfativos e auditivos por tanto são bem desenvolvidos e a espécie é dependente destes (Conley et al., 1972; Eisenberg & Lockhart, 1972).

O estudo de Eisenberg & Lockhart (1972) com um censo da presença *S. scrofa* durante 12 meses no Sirilanka onde foram registradas 184 varas da espécie, com número de indivíduos menores de 20 animais. Foram observados 70 animais solitários (38%), sendo 74% desses indivíduos solitários eram de machos adultos ou juvenis. Os indivíduos solitários são mais facilmente observados durante meses mais quentes, geralmente o verão, em regiões de estações climáticas bem definidas e periodizadas nos meses de janeiro e fevereiro é observado a presença de juvenis que permanecem em grupos de irmãos (Conley et al., 1972).

No Brasil, o *S. scrofa* possui a maior distribuição entre os mamíferos exóticos (Oliveira, 2012). As estimativas populacionais variam amplamente, de 0,22 indivíduos por km² em algumas regiões (Rosa et al., 2017) a uma densidade significativamente maior, como 22,3 indivíduos por km² em outras regiões (Puertas, 2015). Essa expansão populacional não se limita às formas asselvajadas, inclui também porcos domésticos que vivem em estado selvagem, como é observado na região sul da Amazônia, onde a espécie é conhecida como "porco-alongado" e suas populações têm avançado (Fernandes-Ferreira, 2014; Pedrosa et al., 2015).

3.1.4 Área de Permanência

A permanência de uma vara em determinada região é associada a disponibilidade de recursos e o número de indivíduos, assim, a vara se movimenta ou se divide. No entanto, uma vara formada majoritariamente por fêmeas tende a ocupar áreas relativamente menores em relação aos grupos de machos, em média o *S. scrofa* tem tamanho territoriais de 1.1 km² até 3.9 km² (Graves 1984; Boitani et al., 1984).

A variabilidade de sexo, peso, tamanho da vara e estação do ano influenciam drasticamente na área de permanência; ainda sim, a área de permanência aumenta ou diminui para ambos os sexos variando de 0,15 km² até 242,30 km² de acordo com o peso do indivíduo (Wilson et al., 2023).

3.1.5 Hábitos Alimentares

A alimentação voraz e pouco seletiva é uma das características do *S. scrofa*, que o auxiliaram na sua hegemonia até mesmo sob espécies nativas como é o caso dos *Tayassu pecari* e *Tajacu pecari* que apresentam hábitos semelhantes (Deberdt & Scherer 2007; Oliveira, 2012; Fischer & Filho, 2018; Marques, 2019). A variação na alimentação do javali (Figura 2) corresponde tanto quanto a disponibilidade e, logicamente, a quanto a sazonalidade do clima (Marques, 2019).

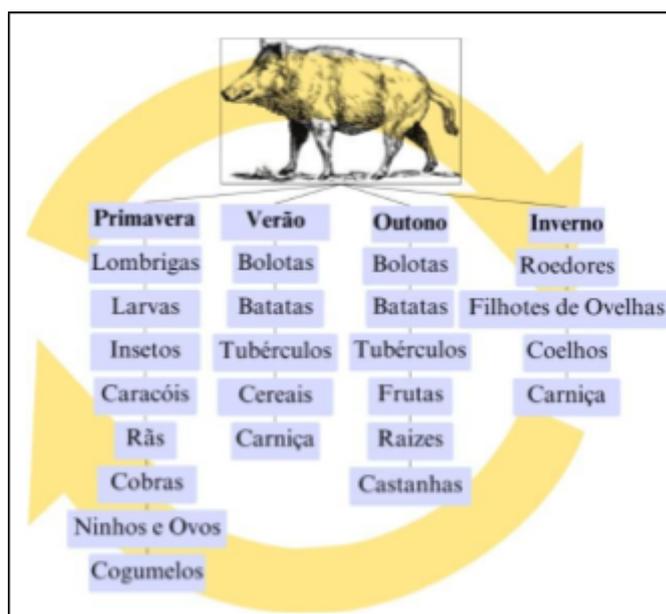


Figura 2. Variabilidade alimentar do *S. scrofa* de acordo com a estação climática, adaptado de Joice Chaves Marques, Modelos para a dispersão de Javalis (*Sus scrofa*), 2019.

3.1.6 Reprodução

Com um sistema de acasalamento polígono, uma característica comportamental é que à medida com que as porcas se preparam para o parto, deixam temporariamente a vara e retornam somente após o nascimento com os leitões (Oliver & Leus, 2008).

As variações no habitat como: clima, água, alimento, abrigo, além de idade, tamanho da vara e a caça, podem influenciar drasticamente a reprodução do *S. scrofa* (MMA, 2017). Um local onde exista estabilidade de recursos e sua abundância, proporciona para uma fêmea reprodutora um elevado número de leitões que podem variar respectivamente de 2 até 10 leitões por gestação, estas com durações de 108 até 120 dias e com 3 gestações por ano (Henry, 1968; Chapman & Trani, 2007; Goulding, 2013).

3.2 Modelagem de Distribuição Potencial de Espécies

Para responder hipóteses sobre influências na distribuição de espécies, a Modelagem Potencial de Distribuição de Espécies (MDPE), como ferramenta, visa por meio da matemática, estatística e o intercruzamento de dados ambientais, além da presença ou ausência, prever áreas geográficas com maior grau de adequabilidade ambiental para o encontro de indivíduos (Barreto, 2008; Soberon & Peterson 2005).

O uso da MDPE se destinou a descrição de padrões visando prever distribuições geográficas por meio do cruzamento dos dados de presença ou ausência com informações bióticas e abióticas (Liu et al., 2016). A MDPE é efetuada por um processamento computacional robusto combinando registros de presença de uma ou mais espécies com variáveis ambientais, moldando representações das condições necessárias para que essas espécies habitem determinadas áreas (Anderson et al., 2003).

O desenvolvimento de algoritmos específicos para a modelagem foi essencial para o alcance que a técnica obteve. Dentre esses algoritmos o de avaliação da máxima entropia (Maxent), por meio de *machine learning*, indicaram a melhor distinção entre as áreas suscetíveis e adequáveis ou não para a presença de uma espécie (Phillips, 2006).

Entre os variados benefícios da Modelagem, em especial a MPDE, é a possibilidade da avaliação do Potencial invasivo de espécies exóticas (Peterson et al., 2003); no entanto, trabalhos anteriores discutem a terminologia para este tipo de esforço e o desafio conceitual sobre ele. Brown e Lomolino (2006) argumentam que a complexidade da distribuição geográfica de uma espécie é determinada pela variabilidade de sua ecologia e evolução, influenciada por demasiados fatores.

Para Soberón (2007), a avaliação desses fatores e dinâmicas resultaram em três grupos básicos para a distribuição, sendo relativos a condições bióticas, abióticas e a capacidades de dispersão. Apesar dos modelos da MPDE serem capazes de aludir a distribuição no espaço geográfico não oferecem uma descrição do nicho da espécie (Giannini et al., 2012; Valverde et al., 2006).

O conceito de nicho de uma espécie tende de forma ampla a abraçar todos os fatores ambientais que atuam sobre um determinado organismo (Hutchinson, 1944). Anteriormente, o termo nicho de uma espécie era mais fortemente ligado a características do espaço ocupado do que a própria espécie; dessa forma, definia-se também as condições ou aspectos bióticos e abióticos em que o grupo de indivíduos possuiria capacidade de sobreviver (Schoener, 1989). Fundamentalmente, o nicho ecológico de um

grupo pode ser representado dentro de uma cadeia energética analisando tanto o impacto sofrido pela espécie como o causado (Elton, 1927).

3.3 Cobertura e Uso do Solo

A análise de cobertura e uso do solo é essencial para avaliar como a atividade humana afeta o ambiente. Isso inclui o monitoramento de áreas urbanas em expansão, mudanças nas paisagens agrícolas, desmatamento e regeneração florestal (Turner et al., 2015; Lambin et al., 2001). O Sensoriamento Remoto desempenha um papel crucial nesse processo, pois permite a aquisição de dados de satélites e aeronaves para identificar as alterações na cobertura do solo ao longo do tempo (Cohen & Goward, 2004).

A evolução do Sensoriamento Remoto e do SIG nos últimos anos tem possibilitado uma análise mais detalhada e precisa das mudanças na cobertura do solo. Isso inclui a capacidade de distinguir diferentes tipos de vegetação, identificar áreas de degradação ambiental e avaliar o impacto das mudanças climáticas (Foley et al., 2005; Pettorelli et al., 2014).

O uso de modelos de simulação baseados em SIG também desempenha um papel importante na previsão de mudanças futuras na cobertura do solo. Esses modelos, consideram uma série de variáveis como crescimento populacional, urbanização e mudanças nas práticas agrícolas, para projetar cenários potenciais (Pontius & Schneider, 2001; Verburg et al., 2004).

A análise de Cobertura e Uso do Solo não se limita apenas à compreensão das mudanças ambientais, mas também tem implicações significativas sobre o planejamento urbano e rural. O uso de informações geográficas precisas permite que os governos e as partes interessadas tomem decisões informadas sobre o uso da terra, conservação de recursos naturais e gestão do crescimento urbano (Marcotullio & Solecki, 2013; McGarigal et al., 2012).

Em resumo, o uso de geotecnologias, desempenha um papel crucial na análise de uso e cobertura do solo, permitindo uma compreensão abrangente das mudanças ambientais e ainda auxilia no planejamento sustentável. Essas ferramentas oferecem uma visão mais profunda das interações entre a atividade humana e o meio ambiente, possibilitando a mitigação de impactos negativos e o uso responsável dos recursos naturais. Portanto, o uso eficaz das geotecnologias é essencial para abordar os desafios globais relacionados ao uso da terra e à conservação ambiental (Turner et al., 2015; Turner et al., 2016).

4. Metodologia

Os procedimentos realizados para o tratamento e processamento dos registros e por consequência Modelagem da Distribuição Potencial ocorreram dentro do software Rstudio versão 4.3.3 com os seguintes pacotes e bibliotecas *sdm*, *usdm*, *raster*, *tidyr*, *mapview* e *ggplot2*. O processamento dos dados de Cobertura e Uso do Solo foram processados e analisados dentro software Qgis 3.22, por natureza dos arquivos serem do tipo *raster* que é uma extensão matricial de dados georreferenciados.

4.1 Área do Estudo

A área de estudo foi delimitada se baseando na análise e distribuição dos dados de presença do *S. scrofa* em todo o território brasileiro. O Brasil, possui uma extensão aproximada de 8.510.000 km² e apresenta uma diversidade de características, abrangendo aspectos socioeconômicos e biológicos.

O território brasileiro, resguardada as características edáficas, fitofisionomias e tipológicas, é composto por ecorregiões distintas (Tabela 1), distribuídas entre as cinco regiões políticas do país, conforme apresentado na Figura 3. É relevante notar que algumas das regiões políticas e algumas das ecorregiões e por consequência, alguns estados brasileiros se caracterizam pela presença de uma a três dessas ecorregiões. Sendo então necessária uma padronização que englobe essas características.

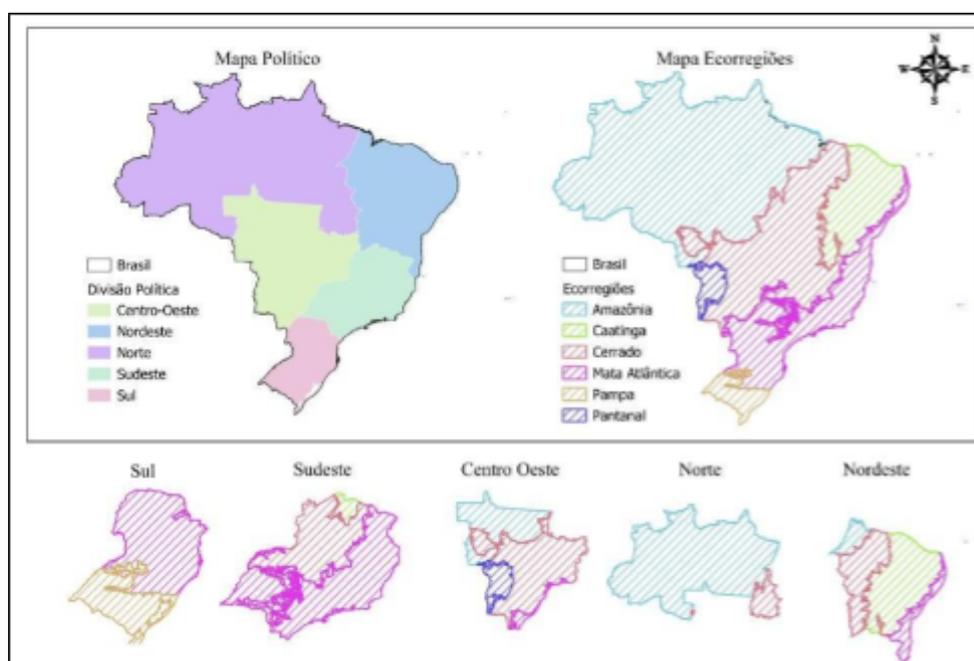


Figura 3. Posição geográfica das Regiões Políticas e Ecorregiões.

Os grupos foram definidos de acordo com a abrangência dos estados pelas ecorregiões. Sendo assim denominados, Grupo A: estados que em sua área territorial possuem e integram somente uma ecorregião; Grupo B: estados que abarquem até duas ecorregiões distintas e Grupo C: estados que contenham até três ecorregiões diferentes (Tabela 2).

A partir disto, foi realizado a correlação de *Spearman* com as ecorregiões e presença do *S. scrofa*, e suas respectivas regiões geográficas. Isso torna possível o estabelecimento de correlações entre a presença de *S. scrofa* e as ecorregiões específicas.

4.2 Levantamento de Registros de Presença

Os dados de presença de javali foram levantados a partir de relatórios nacionais e estaduais de 2016 até 2021. As principais fontes de coleta de dados foram o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA); por meio da plataforma on-line Sistema de Informação de Manejo de Fauna (SIMAF); em âmbito nacional o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e por meio do Plano Nacional de Prevenção, Controle e Monitoramento do *S. scrofa* no Brasil.

Os dados de localização foram planilhados de forma a constar os campos Unidade Federativa (UF) e localidade (lo), somando um total de 1.851 dados de presença de *S. scrofa* para o período de 2016 até 2021; após o tratamento dos dados onde foram removidas sobreposições e incoerência sendo mantidos 1301 dados.

Os dados de SIG foram obtidos a partir de plataformas no formato vetorial *Shapefile* disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e pelo Serviço Florestal Brasileiro (SFB). Além disso, outros arquivos SIG foram criados utilizando o *software* QGIS (versão 3.32 Lima).

No ambiente do *software* Qgis o sistema de informação geodésico adotado foi o SIRGAS 2000. Para realizar a geolocalização, foi feita a importação de uma planilha previamente elaborada para o *software* de geoprocessamento, contendo as informações de unidade federativa (UF) e localidade (lo). A ferramenta de geolocalização foi então utilizada para renderizar os pontos de localização. Como resultado desse processo, é gerado um arquivo no formato *Shapefile*, em seguida foi selecionado a tabela de atributos desse último arquivo *Shapefile* e utilizado a calculadora de campo para determinar as latitudes e longitudes de cada localidade.

Os dados no formato *Shapefile*, do tipo ponto, foram submetidos a uma projeção policônica a fim de evitar distorções de ângulos para metros. Esse procedimento resulta

na criação de um novo arquivo *Shapefile*. Posteriormente, foi calculada uma matriz de distância entre os pontos a fim de estabelecer o melhor valor de abrangência (Tabela 1).

4.3 Análise Exploratória dos Registros

Foram obtidos 1851 registros de presença de *S. scrofa*, destes 1.301 foram filtrados a fim de diminuir tendências da amostra causadas por erros de coleta, inserção em bancos de dados e duplicidades. Os filtros para esse estudo foram construídos como demonstra a Tabela 1.

Tabela 1. Tratativa dos registros de ocorrência.

Ordem	Filtro	Objetivo	Observações Filtradas	Observações Mantidas
(1) Deslocamento	Raio de presença < 2 km ²	Remover raios de presença sobrepostos.	1.851	1.703
(2) <i>outliers</i>	Desvio padrão da Matriz de distância superior a 500%	Remover registros com coordenadas geográficas fora do país ou em regiões extremamente isoladas.	1.703	1.442
(3) Registros únicos	Longitude e Latitude iguais	Remover registros de coordenadas geográficas iguais.	1442	1301

A filtragem desses registros é fundamental para a Modelagem da Distribuição Potencial das espécies (MDPE). Registros que ignoram ou aparentemente são únicos e em regiões isolados de outros, são um grande desafio para a inferência e estatística pois, na maioria dos casos são contrários aos limites de tolerância e necessidades da espécie (Soberón e Peterson, 2005). Dessa forma tendenciando de alguma maneira as representações gráficas.

4.4 Análise Correlativa

No ambiente do *software* R, foi desenvolvida uma representação gráfica que visualiza a distribuição em grupos, conforme apresentado na Tabela 2. Essa representação, permitiu identificar claramente as regiões e grupos de maior concentração da população de *S. scrofa*, com base nos dados coletados, como ilustrado na Figura 3. Além disso, foi realizada uma análise de correlação de *Spearman* para examinar as relações entre os grupos e a presença da espécie, conforme os dados evidenciados na Tabela 1.

Os dados utilizados para quantificar delimitar espacialmente as ecorregiões foram adquiridos no formato *Shapefile* (shp), diretamente do site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), abrangendo o período de 2010 a 2016. A cobertura

florestal registrada nesse período precede e/ou coincide com os relatos da presença da espécie em cada região, de acordo com o levantamento dos dados deste trabalho de 2016 até 2021. Isso forneceu pontos-chaves valiosos para a compreensão de possíveis atrativos ou tendências na movimentação da espécie, considerando a cobertura florestal como um fator significativo.

A Correlação de *Spearman* é uma medida estatística que avalia a relação entre duas variáveis, assim classificando os dados em vez de usar a escala original dos valores. Ela é particularmente útil quando os dados não seguem uma distribuição normal ou quando as relações entre as variáveis não são lineares. Em vez de analisar a força da relação entre as variáveis com base nos valores brutos, a correlação de *Spearman* se concentra na relação da classificação das observações em relação a essas variáveis. Atribuindo uma classificação ordinal a cada observação em ambas as variáveis para em seguida calcular a correlação entre essas classificações.

A tornando uma ferramenta valiosa de análise de relações monotônicas, ou seja, quando a tendência entre as variáveis é crescente ou decrescente. Os benefícios dessa análise incluem a capacidade de avaliar a associação entre essas variáveis, mesmo quando os dados não seguem uma distribuição normal ou quando a relação não é linear.

4.5 Modelagem de Distribuição Potencial de Espécies

Na Modelagem de Distribuição Potencial de Espécies primeiramente é necessário uma avaliação e preparo dos registros de presença e ausência. Os dados de ausência são extremamente raros ou inexistentes neste estudo, por esta razão foi utilizado o algoritmo “Maxent” por necessitar apenas dos dados de presença. O tratamento dos registros foi feito de maneira objetiva com a remoção de imprecisões, erros e registros duvidosos (Tabela 1).

4.5.1 Pseudo Ausência

De acordo com Lobo & Tognelli (2011), a referência de registros de pseudo ausência tem pouca influência sobre os modelos em relação aos números de registros de presença. A relação de 100 para 1 ajuda a diminuir a interferência da sobreprevisão do modelo (Giannini et al., 2012). Sendo assim foram gerados 130100 registros de pseudo ausência para a espécie.

4.5.2 Tratamento e Escolha das Camadas Ambientais

Nesta etapa foi feita a identificação, se adquiriu e converteu as camadas ambientais, diretamente do site worldclim.org. O formato *raster* é comum aos programas de SIG constituídos de um banco georreferenciadas exibidos como uma matriz, a resolução das camadas ambientais desse projeto fora de 5 minutos de arco baseado no trabalho de Champ et al. (2005), que estimam para trabalhos em escalas continentais um arco de 2,5 até 5 minutos.

A literatura não recomenda o uso de camadas ambientais altamente correlacionadas (Guisan & Thullier, 2005, Rushton et al., 2004). Dessa forma, para a seleção das camadas ambientais deste trabalho foi realizado um teste do Fator de Inflação da Variância (VIF), uma métrica utilizada em análises de regressão para determinar multicolinearidade entre as variáveis independentes.

O VIF foi calculado para cada variável independente e forneceu uma medida da magnitude, pela qual a variância de um coeficiente de regressão é aumentado devido a multicolinearidade com as outras variáveis independentes do modelo. Por tanto, quanto maior o valor de VIF de uma variável, maior será correlação dela com as outras variáveis do modelo.

Onde a fórmula para calcular o VIF de uma variável x_i é :

$$VIF(x_i) = \frac{1}{1 - R^2} \quad (1)$$

O R^2 é coeficiente de determinação resultante de uma regressão linear X_i em relação às outras variáveis independentes do modelo. Podendo variar de 1 (sem multicolinearidade) até o infinito (alta multicolinearidade).

4.5.3 Escolha do Algoritmo de Modelagem

A escolha adequada dos algoritmos baseados nos registros de presença e pseudo ausência deve ser levado em consideração por necessitarem de dados adicionais e uma gama de variações ambientais, a fim de evitar o direcionamento espacial de coleta dos registros resultando em vieses ambientais; uma resposta é a escolha de dados de fundo de forma aleatória e de maneira proporcional aos registros (Phillips et al., 2009).

As recomendações para a quantidade de pseudo ausência para algoritmos que necessitam desse tipo de dado com base no conceito de nicho ecológico são que,

maximizem as bordas dos registros da distribuição, principalmente quando levadas a uma abordagem multivariada (Hirzel et al., 2002).

No entanto, a variação da performance dos modelos tende a ser prejudicada quando os pontos de pseudo ausência são definidos em regiões muito restrita ou muito ampla em relação a proporção dos registros de presença (VanDerWal et al., 2009). Ainda é discutível a interferência da aleatoriedade dos pontos de pseudo ausência; de fato, alguns trabalhos como de Lobo & Tognelli (2011) demonstraram que a localização desses pontos tem baixa interferência.

Existem diversos algoritmos para a modelagem que necessitam de dados tão diversos quanto. Um desses algoritmos utilizados comumente para a Modelagem de Distribuição Potencial de Espécies (MDPE) é o “Maxent” (Phillips et al., 2006). O Maxent é um algoritmo de aprendizado de máquina com ótimas respostas e desempenho geral, que demonstrou baixa interferência no resultado com um número reduzido de registros de ocorrência (Wiz et al., 2008).

O Maxent vem demonstrando ótimos resultados e por consequência tem sido um dos métodos mais utilizados para a MDPE (Elith et al., 2006; Venette, 2017; Fidelis et al., 2022). Especificamente, o Maxent foi desenvolvido para aproximar uma distribuição obscura para cenários onde somente a distribuição de uma espécie são conhecidos (Phillips et al., 2006; Elith et al., 2011; Merow et al., 2013).

Este método sobrepõe modelos ambientais dos registros de presença com os pontos de fundo, de modo a determinar as melhores combinações de variáveis e predizendo a realidade, os pontos de fundo integram toda a área do estudo que fornecem as características para a ocorrência da espécie (Sillero & Barbosa, 2021).

4.6 Cobertura e Uso do Solo

As imagens orbitais apresentam um Potencial considerável em estudos e aplicações sob e sobre o ambiente. O emprego de dados desse SIG permite perspectivas amplas sobre as diversas situações temporais de cobertura do solo. No entanto, para se atingir níveis de excelência na aquisição dessas informações se faz necessário o uso sensível das informações, principalmente na etapa de segmentação e distinção dos objetos que compõem a imagem (Carvalho et al., 2011).

Neste estudo, as imagens em formato *raster* de Cobertura e Uso do Solo foram baixadas da plataforma MapBiomias (brasil.mapbiomas.org/download) da coleção número 7 a partir do ano de 2016 até o ano de 2021, que coincide com o período dos registros

coletados para a presença do *S. scrofa*. Os arquivos do tipo *raster* são dados matriciais baseados em estruturas de grade onde cada feição de célula é única. A célula é a menor feição de unidade de mapeamento, significando que é o menor tamanho com que uma feição de paisagem pode ser amostrada (Davis, 2011).

O processamento das imagens ocorreu no software Qgis 3.22 Lima por meio da importação desses dados. De forma ascendente a partir de 2016, foram calculadas a área ocupada por cada classe indicada nos códigos de legenda da respectiva coleção. A coleção conta com 6 classes amplas com 30 sub-classes mais especificadas (Tabela 2). Sendo assim, foi possível avaliar por meio de sobreposição de layers das camadas *raster* com informações da modelagem a tendências da percepção, deslocamento e presença de javalis (Figura 7 e 8).

Tabela 2. Classes de Cobertura e Uso do Solo, Adaptado de MapBiomas Coleção 7.

Classes	Sub-Classes	Codificação
Floresta	Formação Florestal; Formação Savânica; Mangue e Restinga Arborizada	1
Formação Florestal	Natural Campo Alagado; Formação Campestre; Apicum; Afloramento Rochoso; Restinga Herbácea; Outras Formações não Florestais	2
Agropecuária	não Pastagem; Agricultura; Lavoura Temporária; Soja; Cana; Arroz; Algodão; Outras Lavouras; Café; Citrus; Outras Lavouras Perenes	3
Silvicultura	Mosaico de Usos	4
Área não Vegetada	Praia; Duna; Areal; Área Urbanizada; Mineração; Outras Áreas não Vegetadas	5
Corpo D'água	Rio; Lago; Oceano; Aquicultura	6

5. Resultados e Discussão

Para cumprir o objetivo “A” deste trabalho a divisão realizada dos registros de ocorrência do *S. scrofa* levantados para o período de 2016 até 2021 revelou um total de 1.301 registros de presença da espécie em diferentes localidades no Brasil. Esses registros fomentaram a Tabela 3, onde os dados foram organizados de acordo com a região e grupo. Em seguida, os dados foram ranqueados, primeiramente de acordo com os grupos e posteriormente pelo total de cada região.

Os dados levantados para o período de 2016 até 2021 mostram que a grande massa populacional da espécie ainda é encontrada principalmente nas regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste do país. No entanto, a pulverização de dados pelas demais regiões (Norte e Nordeste) é preocupante, principalmente para os pontos onde a presença de javali é isolada e sem nenhuma conexão aparente (Figura 3).

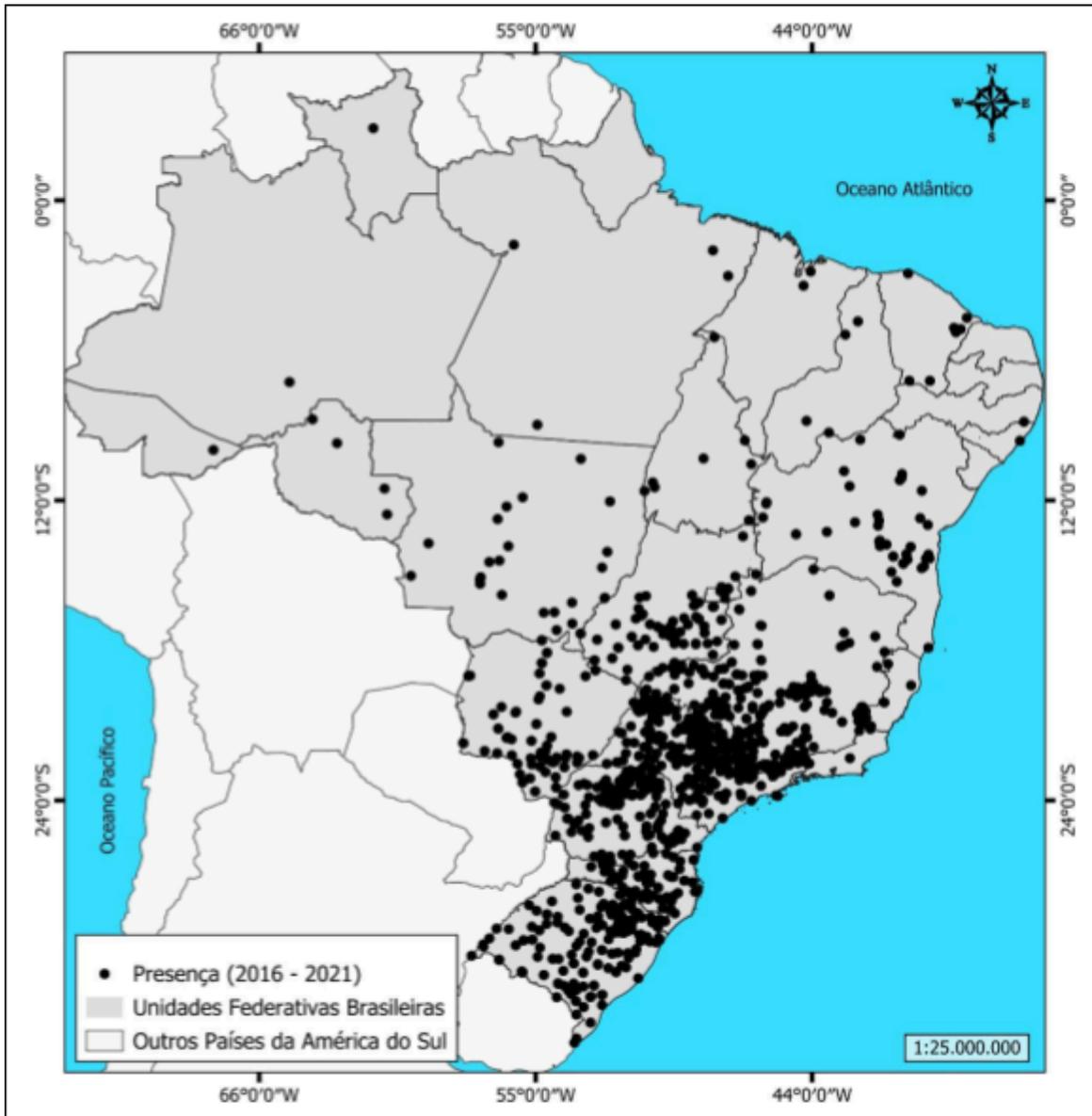


Figura 4. Mapeamento Geográfico da Distribuição do *Sus scrofa* Linnaeus 1758 de 2016 até 2021.

Durante as observações da presença do *S. scrofa* foi possível notar que em duas regiões que estão dentro dos 3 grupos (A, B e C), com exceção para a região sudeste, a presença da espécie é pouco observada nos grupos A e B. Do total de indivíduos por região, o Sudeste apresenta 3,7% no grupo A e 54,1% no grupo B; já região Centro Oeste a presença é de apenas 2% no grupo A e 37,8% no Grupo B; no Nordeste a presença da espécie é de 19% no grupo A e 14,3% no grupo B.

Tabela 3. Registros de presença de *S. scrofa* de acordo com os grupos.

Regiões	Grupos			Total
	A	B	C	
Sudeste	21	311	243	575
Centro Oeste	4	76	121	201
Nordeste	8	6	28	42
Sul	94	367	*	461
Norte	15	7	*	22

*Ausência de estados classificados no grupo.

As diferenças entre as ecorregiões não foi avaliada nesse estudo, porém a divisão proposta de grupos A, B e C foi somente para a identificação da quantidade geral de javalis, estas foram delimitadas de acordo com a presença na divisão política (Norte, Sul, Sudeste, Centro Oeste e Nordeste). Resultando em que a heterogeneidade do grupo pode demonstrar influência sobre a presença do *S. scrofa* em determinadas áreas. Como foi observado no grupo C, em valores relativos foi detectado uma presença mais elevada por região. No Sudeste com 42,3%, no Centro Oeste com 60,2% e no Nordeste com 66,7%.

Nas regiões Sul e Norte, onde há ausência do grupo C, apenas na região Sul houve expressiva presença do grupo B, de 79,6%, seguindo a mesma linha de que a heterogeneidade influencia na presença de javalis. Em contraste a região Norte, o grupo B apresentou 31,8% da presença e o grupo A com 68,2%.

As regiões políticas Sul, Sudeste e Centro Oeste onde a introdução histórica de *S. scrofa* foram documentadas, apresentaram o maior número de localidades com presença (Figura 3). Baseado em características de segregação de varas, hábitos alimentares e prospecção de novos habitats, a região Norte e Nordeste indicam uma grave subestimação de localidades com a presença; é esperado que ocorra o aumento na percepção da presença, semelhante com o que ocorreu nas outras regiões do Sul, Sudeste e Centro Oeste.

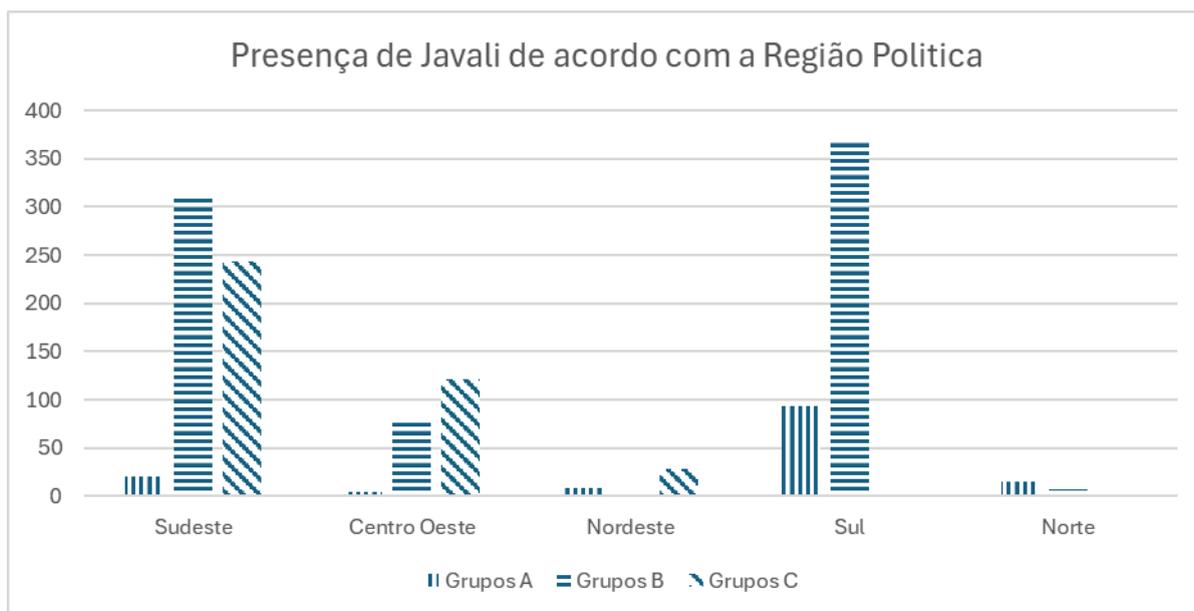


Figura 5. Região Política, Grupos e Localidades de concentração do *S. scrofa*.

A correlação de *Spearman* entre "Grupo" e "Presença" resultou em um valor de rho (ρ) aproximado de 0.4094. Isso indica a existência de uma correlação positiva moderada entre as variáveis; o que significa que à medida que o grupo das regiões aumenta em sua classificação (de A para B e de B para C), a presença de *S. scrofa* também tende a aumentar.

A concentração de pontos nas regiões Sul e Sudeste do Brasil resultou em um adensamento notável; é de grande relevância observar que apenas as regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste apresentam presença da espécie em todos os grupos (A, B e C). Dos 1301 registros da espécie, a região Sudeste detém a maioria com 45,5%, seguida pelas regiões Centro-Oeste com 16,2% e Nordeste com 3,7% do total de registros no país. Enquanto isso, as regiões Norte e Sul têm presença em apenas dois grupos (A e B), com a região Sul liderando a concentração com 33,4% e a região Norte com apenas 1,2%.

É evidente que fatores históricos, sociais, políticos e econômicos desempenharam um papel fundamental na expansão das espécies nas regiões que se destacaram. A introdução histórica da espécie, as influências ambientais, a densidade populacional e as atividades agropecuárias contribuíram para o estabelecimento do *S. scrofa* nessas áreas.

O teste de normalidade de Shapiro-Wilk para os dados mostra um valor de estatística W de 0.99849 e um valor p de 0.3149. O valor de W próximo a 1 indica que a distribuição dos dados simulados se assemelha muito a uma distribuição normal (Figura 6).

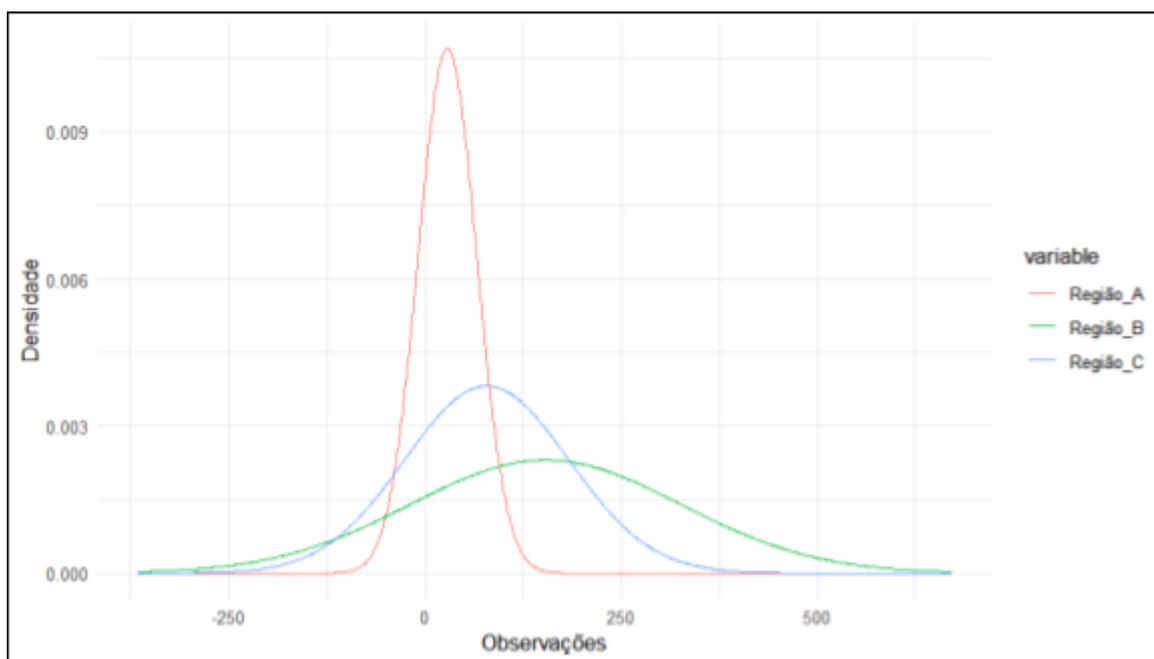


Figura 6. Distribuição da Normalidade dos Dados de Javali por Região.

Além disso, o valor p de 0.3149 indica que não há evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula de normalidade dos dados, considerando um nível de significância comum de 0.05. Portanto, com base nesse teste os dados podem ser razoavelmente considerados como provenientes de uma distribuição normal e também fundamental para análises estatísticas que assumem essa distribuição.

Para a seleção das camadas ambientais, foi realizado o cálculo dentro do software *Rstudio* por meio da biblioteca “*usdm*”. A multicolinearidade de todas as camadas ambientais foram avaliadas e as camadas com valor acima de 6 foram suprimidas.

Sendo assim, das 19 camadas ambientais, 11 tiveram valores acima de 6 para o VIF, o menor valor de correlação foi entre as camadas Bio18 e Bio8 com VIF de 0.318244 e máxima correlação com as camadas Bio8 e Bio3 com VIF de 0.691969.

Tabela 4. Camadas Ambientais

Camadas Ambientais	Descrição	VIF
Bio2	Variação da temperatura mensal	1.522074
Bio3	Isotermidade	4.581852
Bio8	Temperatura média (quarto mais úmido)	2.276862
Bio9	Temperatura média (trimestre mais seco)	2.114586
Bio12	Precipitação anual	4.462897
Bio13	Precipitação do mês mais chuvoso	5.637734
Bio18	Precipitação do trimestre mais quente	2.173839
Bio19	Precipitação do quarto mais frio	4.135318

O teste do algoritmo Maxent teve como objetivo modelar a distribuição Potencial

do *S. scrofa*. A realização do teste foi por meio do método de particionamento de dados

conhecido como *subsampling*. Nesse método, os dados são divididos em subconjuntos, sendo que 25% dos dados foram reservados para teste em cada réplica. No total, foram criadas 100 réplicas do modelo utilizando o Maxent afim de reduzir a variância associada a uma única execução do modelo.

A saída do teste (Tabela 4) indica que o modelo foi executado com 100% de sucesso da espécie modelada. Sugerindo que todas as réplicas foram capazes de convergir e gerar resultados validos, sendo muito positivo para a confiabilidade do modelo.

Tabela 5. Avaliação da performance do modelo

Método	AUC	COR	TSS	DEVIANCE
Maxent	0.88	0.68	0.66	0.88

Os resultados da avaliação do teste de modelagem da distribuição Potencial da espécie, usando o algoritmo Maxent, foram os seguintes. O valor da área sobre a curva (AUC) foi de 0.88, indicando que o modelo tem uma ótima capacidade distinguir entre a presença e ausência da espécie, indicando também uma sólida performance na classificação.

A correlação COR, entre as previsões do modelo e os dados observados, é de 0.68 sugerindo uma correlação moderada; embora não seja muito alta é indicativo de que o modelo capturou parte da variação na distribuição da espécie.

O *Score Skill Heidke* (TSS) onde valores próximos de 1 indicam um bom modelo e próximos de 0 sugerem um modelo aleatório. Neste estudo, o resultado obtido foi de 0.66, demonstrando um desempenho moderado em relação ao acerto e erro do modelo em comparação com um modelo aleatório. Em relação ao *DEVIANCE*, entre as previsões do modelo e os dados reais, o valor de 0.88 indica que o modelo explicou com sucesso uma grande parte das variáveis nessa distribuição.

De maneira geral, o Maxent apresenta uma performance satisfatória na Modelagem de Distribuição Potencial dessa espécie em questão, embora haja espaço para melhorias na correlação TSS para o aprimoramento das previsões.

Sendo possível então construir O Modelo de Distribuição Potencial e cumprindo com o objetivo “B”; baseados nos registros de presença levantados e filtrados, o modelo que mais se adequou tanto a distribuição da espécie como a necessidades da espécie fora o seguinte:

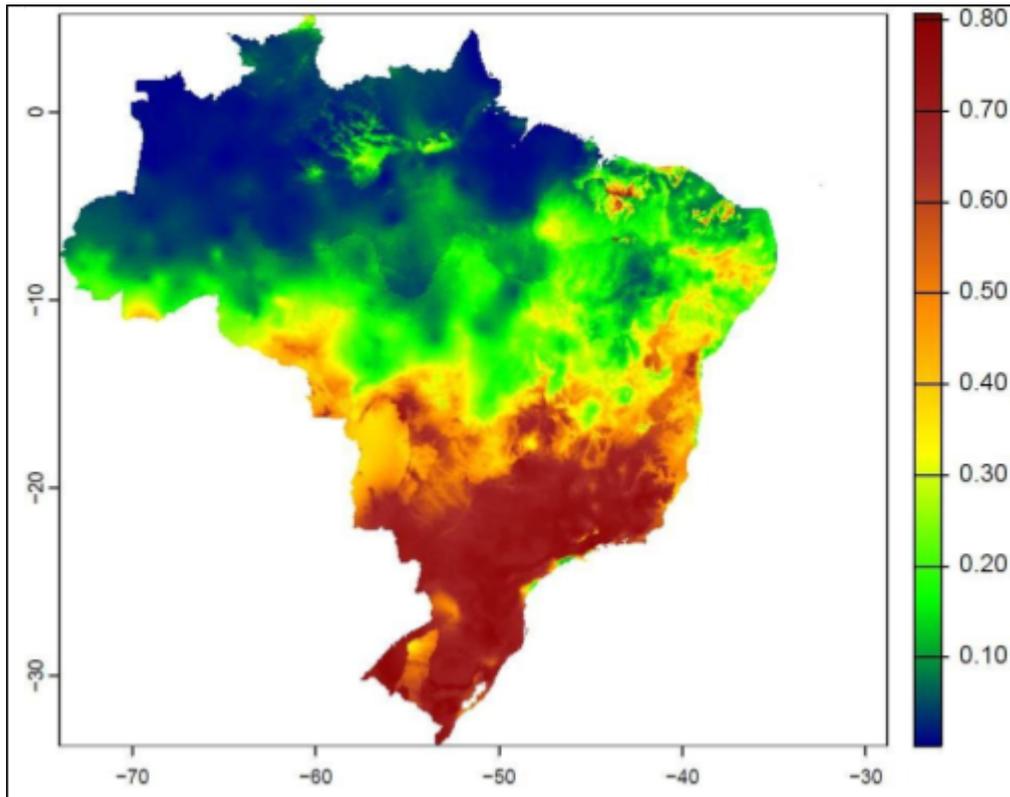


Figura 7. Modelo da Distribuição Potencial de Javali.

De acordo com Hegel (2022) que fez um levantamento histórico da presença e dispersão da espécie indicando um incremento acelerado, é apontado que ecorregiões como a Amazônia possuíam 1,91% dos relatos de presença de forma similar neste trabalho o levantamento demonstrou uma presença de um valor 1,2% o que abre espaços para dúvidas visto que uma espécie altamente adaptativa e nômade a exemplo de outras ecorregiões possa ter pouco se movimentado e proliferado em uma das ecorregiões mais heterogêneas do país.

Corroborando esse questionamento a figura 5 mostra na modelagem de distribuição espacial que claramente áreas extensas na mesma ecorregião se adequam a características da espécie e suas necessidades bioclimáticas, entre tanto a falta de dados das plataformas oficiais do governo brasileiro pouco indicam tal presença como é demonstrado na figura 8.

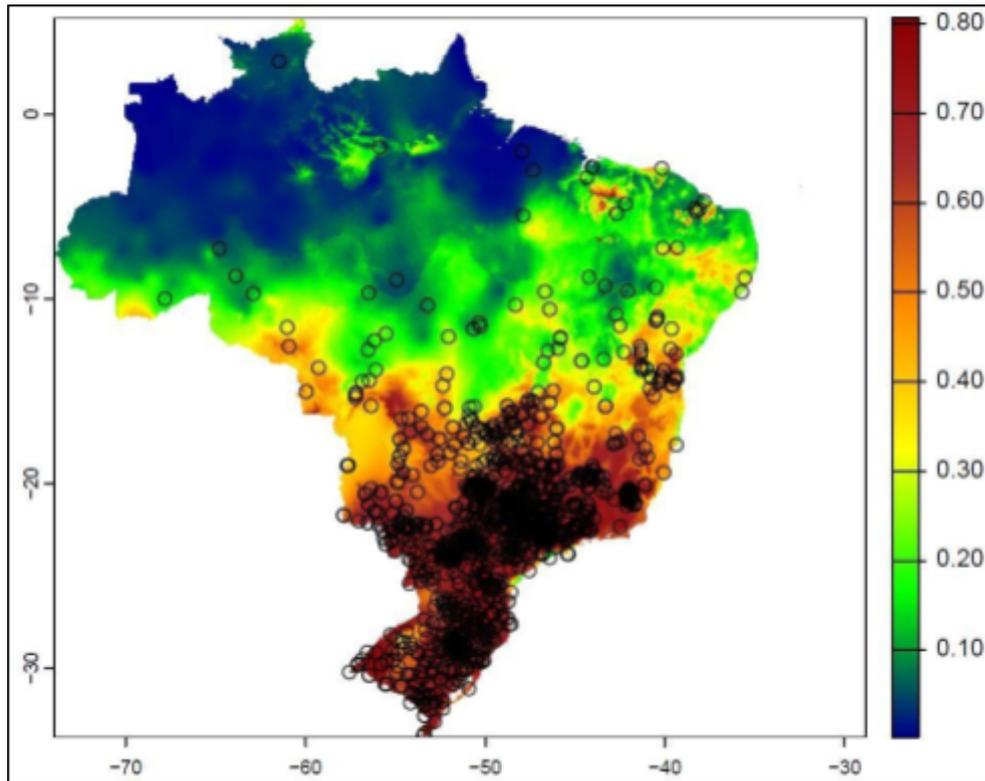


Figura 8. Overlay Mapeamento Geográfico e Modelagem de Distribuição Potencial.

A análise da série temporal de Cobertura e Uso do solo de 2016 até 2021 gerou uma dinâmica de estoque tabelados da seguinte maneira para as classes apresentadas na tabela 2.

Tabela 6. Área de Cobertura e Uso do Solo

Classes	Km ²					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Floresta	3.740.024	3.738.251	3.732.236	3.722.541	3.718.891	3.696.543
Formação Natural não Florestal	1.680.756	1.671.893	1.669.315	1.663.124	1.659.176	1.684.141
Agropecuária	1.762.662	1.783.862	1.789.978	1.816.416	1.821.113	1.833.048
Silvicultura	1.176.397	1.172.963	1.167.631	1.024.357	907.551	961.472
Área não Vegetada	41.517	41.759	42.043	41.853	41.108	43.317
Corpo D'água	351.210	351.088	351.363	351.624	351.523	348.854

Dos 1301 registros de javalis 32% destes estão sobrepostos a classes de agropecuária, silvicultura e formação natural não florestal. 26% estão sobrepostos a florestas e corpo d'água e 42% está sobreposto a área não vegetada. Baseado no trabalho de Rosa (2017) e Puertas (2015) a estimativa de indivíduos por área da espécie varia de 0,22 até 22,3 indivíduos por km² dependendo da região.

Respectivamente por tanto para as classes agropecuária, silvicultura e formação natural não florestal onde a distribuição da presença foi de 16,5%, 8,1% e 7,4% estimam-

se para essa primeira classe uma população de 166 a 16.837 indv/km², para a segunda classe estima-se uma população de 82 a 8.266 indv/km² por fim para a terceira classe estima-se uma população de 74 a 7.551 indv/km².

A segunda massa de registros mais representativa são as classes de florestas e corpo d'água com respectivamente 11,1% e 14,9% de sobreposição e estima-se uma população para esta primeira classe de 91 a 9.210 indv/km² e para a segunda classe estima-se uma população de 122 a 12.363 indv/km². Por fim a maior concentração de registros está sobreposto a classe de áreas não vegetada com estimativa de 1.322 a 134.037 indv/km².

6. Conclusão

A análise dos registros de ocorrência do javali no Brasil entre 2016 e 2021 revelou padrões de distribuição da espécie. As regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste se destacam como áreas de maior concentração populacional, enquanto as regiões Norte e Nordeste mostram presença mais esporádica e fragmentada. Essa diferenciação pode ser influenciada por uma série de fatores, como a história da introdução da espécie, influências ambientais e atividades agropecuárias. Observou-se que informações oficiais, provenientes de fontes governamentais e seus órgãos responsáveis, carecem de disponibilidade, clareza e organização, resultando em uma das principais frustrações no desenvolvimento deste trabalho.

É notável que a classificação por grupos (A, B e C) apresenta uma correlação moderada positiva com a presença do javali, indicando que, à medida que avançamos para grupos mais heterogêneos, a presença da espécie tende a aumentar. Isso sugere que fatores específicos associados a cada grupo, como a própria heterogeneidade, podem influenciar a presença e a distribuição do javali no país. Preocupações relacionadas à pulverização dos registros em regiões onde a presença do javali é isolada e desconexa, especialmente nas regiões Norte e Nordeste, indicam desafios para o monitoramento e o manejo eficaz da espécie nessas áreas, refletindo a clara inaptidão dos órgãos responsáveis e das políticas públicas no manejo ambiental da espécie estudada.

A modelagem da distribuição potencial do javali, relacionada ao sentido biológico das variáveis para a espécie, confirma que a maior probabilidade da espécie ocorrer é nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do país. O modelo também mostra que há regiões no Nordeste que se adequam tanto quanto as regiões sulistas. Para a região Norte do país,

vemos que a baixa adequabilidade calculada pelo algoritmo do MaxEnt foi bastante subestimada, visto que presenças isoladas nesta região podem indicar duas situações ou o conjunto delas: interferência humana e translocações não identificadas ou relatadas.

A relação da Cobertura e Uso do Solo com a presença da espécie mostrou que a natureza comportamental do javali, associada à disponibilidade de comida, água e abrigo, influencia drasticamente na presença. As classes que tiveram a maior concentração de sobreposição em ordem decrescente foram áreas não vegetadas, agropecuária, corpos d'água e florestas, sendo esta primeira muito relacionada a regiões antropizadas, como pequenas cidades, municípios e fazendas.

7. Referencias

- Barreto, P. M. (2008). Modeling species distribution using GIS tools in megadiverse countries like Brazil. *Ecological Applications*, 18(3), 789-801.
- Barrios-García, M. N., & Ballari, S. A. (2012). Economic impact of invasive species like *Sus scrofa*. *Environmental Economics*, 17(3), 412-425.
- Barrios-García, M. N., & Ballari, S. A. (2012). Impact of wild boar (*Sus scrofa*) in its introduced and native range: a review. *Biological Invasions*, 14(11), 2283-2300.
- Brian, R. et al. (2007). "Morphological Characteristics of *Sus scrofa scrofa*." *Journal of Zoological Anatomy*, 45(2), 201-215.
- Campos, A. C. (2012). Dynamics of restoration and maintenance of ecosystems. *Nature*, 345(6279), 343-346.
- Chiarello, A. G., Aguiar, L. M., & Cerqueira, R. (2005). *Tayassu pecari*. The IUCN Red List of Threatened Species 2005: e.T41777A10563581.
- Conley, R. H., Drew, L. A., & Mohr, F. C. (1972). Feral hog population studies in the Great Dismal Swamp. *Virginia Journal of Science*, 23(2), 165-173.
- Courchamp, F., Chapuis, J. L., & Pascal, M. (2003). Mammal invaders on islands: impact, control and control impact. *Biological Reviews*, 78(3), 347-383.
- De Soto, H. (1593). *History of the Indies*. Seville: Imprenta de Juan Cromberger.
- Deberdt, E. et al. (2005). Challenges in managing invasive species in Brazil. *Biological Invasions*, 8(2), 234-243.
- Desbiez, E. et al. (2009). Invasive species threats to Brazilian biodiversity. *Conservation Biology*, 23(6), 1578-1587.
- Dezbiez, A. et al. (2018). "Historical Records of *Sus scrofa* Introduction and Expansion in South America." *South American Journal of Biology*, 12(1), 45-56.
- Dickson, J. G., et al. (2001). *The Wild Mammals of North America*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- Eisenberg, J. F., & Lockhart, M. (1972). An ecological reconnaissance of Wilpattu National Park, Ceylon. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 101, 1-118.
- Fernandes-Ferreira, H. (2014). Wild boar expansion in the Amazon region. *Neotropical Ecology*, 12(2), 189-201.
- Fernandes-Ferreira, H., Mendes-Oliveira, A. C., & Randi, E. (2014). Insights into the taxonomy of Amazonian elongated porcupines, genus *Chaetomys* (Rodentia: Erethizontidae). *Journal of Mammalogy*, 95(2), 335-345.
- Fischer, E. (2018). Challenges and controversies in javali control in Brazil. *Wildlife Research*, 45(2), 189-201.

- Fischer, E. A., McArthur, S., & Pharo, E. J. (2017). Population genetics and history of the introduced Norway rat (*Rattus norvegicus*) in New Zealand. *Biological Invasions*, 19(10), 2935-2948.
- Fischer, J. (2018). "Ecological Consequences of Hybridization between Wild and Domesticated Animals: A Global Review." *Environmental Research Letters*, 13(4), 043003.
- Freitas, L. S., & Bignelli, A. L. (2020). Phenotypic diversity of wild boar in different environments. *Environmental Biology*, 40(2), 304-315.
- Giovanotto, C. C., et al. (2021). Phenotypic plasticity and hybridization in *Sus scrofa*. *Biological Invasions*, 23(3), 789-802.
- Gipson, P. S., et al. (1998). "The Eurasian Wild Boar." In: Oliver, J. W., ed. *Eurasian Wild Pig Conference*, 16-18 September 1998, Molokai, Hawaii. Hawaii: Cooperative National Park Resources Studies Unit.
- Graves, H. B. (1984). Home range and social organization of feral pigs in the Sierra Nevada foothills. *Journal of Wildlife Management*, 48(2), 370-376.
- Groves, C. (1981). *Ancestors for the Pigs: Taxonomy and Phylogeny of the Genus Sus*. Canberra: Australian National University Press.
- Keuling, O. (2009). Behavioural patterns of wild boar (*Sus scrofa*) and roe deer (*Capreolus capreolus*): a review. *Mammalian Biology*, 74(2), 145-156.
- Keuling, O., et al. (2013). Ecological impacts of wild boar: challenges and strategies for management. *Biological Conservation*, 148(1), 147-157.
- Klein, R. (2022). The impact of deliberate releases on the population dynamics of invasive species: a case study of *Sus scrofa* in Brazil. *Journal of Wildlife Management*, 86(5), 1029-1041.
- Leal, R. C., et al. (2020). Diet analysis of wild boar in different habitats. *Journal of Wildlife Management*, 85(3), 455-467.
- Long, J. L. (2003). *Introduced mammals of the world: their history, distribution and influence*. CSIRO publishing.
- Massei, G., & Genov, P. V. (2004). The environmental impact of wild boar. *Galemys*, 16, 135-145.
- Odum, E. P. (1988). *Ecological systems and the environment*. Prentice Hall.
- Oliveira, J. F. (2012). Distribution and population estimates of *Sus scrofa* in Brazil. *Brazilian Journal of Wildlife Research*, 40(4), 567-580.
- Oliveira, J. F. (2012). Implications of invasive species on biodiversity in Brazil. *Journal of Environmental Management*, 95(1), 210-221.
- Oliveira, T. G. (2012). On the movement of wild pigs (*Sus scrofa*) in a human-modified landscape. *Mammalian Biology*, 77(2), 71-77.

- Oliver, W. L. R., & Brisbin Jr, I. L. (1993). *Sus scrofa*. Mammalian Species, 487, 1-7.
- Ortiz, M. A. (1993). Geographic information systems in ecological research. Ecological Modelling, 66(1), 1-6.
- Pedrosa, E., et al. (2015). Domestic pigs gone wild: the expanding populations of *Sus scrofa* in Amazonia. Amazonian Ecology, 30(4), 567-580.
- Pedrosa, F., Oliveira, D. D. C., & Rodrigues, M. M. (2015). Wild boar populations in Brazil: ecology, damage, and control. Neotropical Biology and Conservation, 10(2), 123-129.
- Puertas, L. M. (2015). Wild boar density estimation using camera traps. European Journal of Wildlife Research, 61(3), 321-329.
- Puertas, P. E., Gompper, M. E., & Guimarães, A. A. (2015). Dietary specialization on insects by Amazonian logging skinks (*Mabuya* spp.). Herpetologica, 71(2), 90-96.
- Rary, K. R., et al. (1968). "Morphometric Variation in Feral Pigs from the Southeastern United States." Journal of Mammalogy, 49(3), 461-471.
- Rosa, C. A., Bombardelli, R. A., & Perotto-Baldivieso, H. L. (2017). Spatial distribution of wild boar (*Sus scrofa*) in agricultural and forested landscapes. Brazilian Journal of Biology, 77(3), 540-548.
- Rosa, F. (2018). "The Invasion of Wild Boars in Brazil." Brazilian Journal of Wildlife, 6(2), 89-97.
- Rosa, R., et al. (2017). Population density of wild boar in southern Brazil. Wildlife Biology, 23(1), 45-56.
- Salvador, A. (2012). "Environmental Factors Contributing to the Spread of Wild Boars in Southern Brazil." Environmental Science Review, 15(3), 321-335.
- Salvador, C. (2012). Understanding the spatial and temporal dynamics of invasive species: the case of *Sus scrofa* in Brazil. Environmental Management, 50(6), 1007-1017.
- Santos, R. A. (2010). Land use and land cover change analysis using GIS techniques. Remote Sensing of Environment, 123(1), 234-245.
- Wood, G. W., & Lynn, W. S. (1977). The Guinness Book of Animal Records. Enfield: Guinness Superlatives Ltd.