



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**Universidade Federal de Alfenas / UNIFAL-MG**  
**Programa de Pós-graduação – Ciências Ambientais**

Rua Gabriel Monteiro da Silva, 714. Alfenas - MG CEP 37130-000  
Fone: (35) 3299-1379(Coordenação) / (35) 3299-1392 (Secretaria)  
<http://www.unifal-mg.edu.br/ppgca/>



**Geanne Conceição de Souza**

**Influência de parâmetros da paisagem na ocorrência de saguis do gênero  
*Callithrix* nativos e invasores em fragmentos florestais de Mata Atlântica**

---

Alfenas-MG, abril de 2020



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

Universidade Federal de Alfenas / UNIFAL-MG

Programa de Pós-graduação – Ciências Ambientais

Rua Gabriel Monteiro da Silva, 714. Alfenas - MG CEP 37130-000

Fone: (35) 3299-1379(Coordenação) / (35) 3299-1392 (Secretaria)

<http://www.unifal-mg.edu.br/ppgca/>



**Geanne Conceição de Souza**

**Influência de parâmetros da paisagem na ocorrência de saguis do gênero  
*Callithrix* nativos e invasores em fragmentos florestais de Mata Atlântica**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas/UNIFAL-MG.

**Orientador:** Rogério Grassetto T. da Cunha

**Coorientadora:** Carla Cristina Gestich

**Colaboradores:** Marcelo Passamani

Érica Hasui

---

Assinatura da Mestranda

---

Assinatura da Coorientadora

---

Assinatura do Orientador

---

Alfenas-MG, abril de 2020



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**

**Universidade Federal de Alfenas / UNIFAL-MG**

**Programa de Pós-graduação – Ciências Ambientais**

Rua Gabriel Monteiro da Silva, 714. Alfenas - MG CEP 37130-000

Fone: (35) 3299-1379(Coordenação) / (35) 3299-1392 (Secretaria)

<http://www.unifal-mg.edu.br/ppgca/>



**Geanne Conceição de Souza**

**Influência de parâmetros da paisagem na ocorrência de saguis do gênero *Callithrix* nativos e invasores em fragmentos florestais de Mata Atlântica**

A Banca examinadora abaixo-assinada, aprova a  
Dissertação apresentada como parte dos requisitos  
para obtenção do título de Mestre em Ciências  
Ambientais da Universidade Federal de Alfenas

Aprovada em 30 de abril de 2020

Professor: Dr. Rogério Grasseto Teixeira da Cunha

Instituição: Universidade Federal de Alfenas

Professor: Dr. Flávio Nunes Ramos

Instituição: Universidade Federal de Alfenas

Professor: Dr. Vinicius Xavier da Silva

Instituição: Universidade Federal de Alfenas



---

Documento assinado eletronicamente por **Rogério Grassetto Teixeira da Cunha, Professor do Magistério Superior**, em 30/04/2020, às 16:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



---

Documento assinado eletronicamente por **Vinícius Xavier da Silva, Professor do Magistério Superior**, em 02/05/2020, às 11:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



---

Documento assinado eletronicamente por **Flávio Nunes Ramos, Professor do Magistério Superior**, em 04/05/2020, às 09:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



---

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.unifal-mg.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0295439** e o código CRC **5A37D3D9**.

---

Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal de Alfenas  
Biblioteca Central

de Souza, Geanne Conceição.

Influência de parâmetros da paisagem na ocorrência de saguis do gênero *Callithrix* nativos e invasores em fragmentos florestais de Mata Atlântica / Geanne Conceição de Souza. - Alfenas, MG, 2020.

55 f. : il. -

Orientador(a): Rogério Grassetto Teixeira da Cunha Carla Cristina Gestich.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, MG, 2020.

Bibliografia.

1. Espécies invasoras, fragmentação, primatas, desmatamento. . 2. Espécies invasoras, fragmentação, primatas, desmatamento. . 3. Espécies invasoras, fragmentação, primatas, desmatamento. . 4. Espécies invasoras, fragmentação, primatas, desmatamento. . 5. Espécies invasoras, fragmentação, primatas, desmatamento. . I. Carla Cristina Gestich, Rogério Grassetto Teixeira da Cunha, orient. II. Título.

Ficha gerada automaticamente com dados fornecidos pelo autor.

Ao Xereta, exemplar de *Callithrix aurita* que  
iniciou meu amor pela sua espécie.

## **AGRADECIMENTOS**

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

Esta dissertação de mestrado é resultado não apenas do meu esforço pessoal, mas de diversas pessoas que me deram incentivo intelectual e emocional, em uma das fases mais difíceis da minha vida pessoal.

Ao meu orientador Rogério Grassetto por aceitar orientar minha dissertação, por todo o conhecimento que me proporcionou, pela paciência e compreensão que teve comigo durante todo meu mestrado. Você tem a minha sincera admiração!

A minha coorientadora Carla Gestich, que mesmo longe se fez presente, por todo conhecimento que me fez adquirir e pela ajuda em todas as minhas dúvidas. Você é minha inspiração! Aos colaboradores Marcelo Passamani e Érica Hasui, pela ajuda no desenvolvimento da dissertação.

Ao meu filho Caetano e toda a nossa rede de apoio que nos ajudaram em momentos que precisei me distanciar em decorrência dos estudos. Aos meus amigos, por deixar meu mundo mais colorido!

E aos animais cruzaram meu caminho, sem eles não estaria aqui. A luta continua!

“Todo indivíduo importa.  
Todo indivíduo tem um papel a desempenhar.  
Todo indivíduo faz diferença.”

Jane Goodall

## RESUMO

O alto grau de desmatamento e fragmentação da Mata Atlântica pode alterar a disponibilidade e qualidade do habitat, principalmente para as espécies mais sensíveis e dependentes de florestas, como os primatas. No presente estudo, analisamos o efeito de alguns fatores da paisagem (número de fragmentos, porcentagem de cobertura da vegetação, distância de centros urbanos e distância até rodovias) sobre a probabilidade de ocorrência de espécies invasoras e nativas do gênero *Callithrix* em paisagens fragmentadas da Mata Atlântica, utilizando dados de levantamentos das espécies do gênero. Nosso estudo demonstrou que as ocorrências das espécies não se relacionaram a fatores relacionados a métricas da paisagem da forma esperada, embora alguns padrões para as espécies nativas e invasoras possam ser destacados. Como, por exemplo, no caso em que as espécies nativas têm preferência por ambientes com menor grau de perturbação antrópica, como no caso de *Callithrix flaviceps*, que tem maiores chances de ser encontrado longe de centros urbanos, em contraste com as espécies invasoras, que tem mais chances de serem encontradas em ambientes degradados, como *C. jacchus*, encontrado em ambientes com maior grau de fragmentação. Portanto, nossos resultados de modelagem de ocorrência das espécies em suas áreas de distribuição original indicam que a paisagem fragmentada favorece a invasão da espécie *Callithrix jacchus*, enquanto que não pudemos encontrar nenhum padrão claro para *C. penicillata*, indicando que outros fatores não considerados podem exercer maior influência sobre seu padrão de distribuição nas áreas invadidas. Em futuros estudos recomenda-se a utilização de outras métricas de paisagem e locais, testando-se ainda o efeito de escala.

**Palavras-chave:** espécies invasoras, fragmentação, primatas, desmatamento.

## ABSTRACT

The high levels of habitat loss and fragmentation in the Atlantic Forest may change habitat quality and availability, mainly for the most sensitive species and the forest-dependent ones, such as the primates. In the current study, we evaluated the effect of some landscape variables (number of fragments, habitat cover, distance to urban centres and distance to roads) on the probability of occurrence of native and invasive species of the genus *Callithrix* in fragmented landscapes of the Atlantic Forest, employing secondary data of surveys and censuses reporting the species presence. Our study showed that the species are not influenced by these landscape variables in the expected manner, although we emphasize some patterns for both the native and invasive species, where native species have a preference for environments with less degree of anthropogenic disturbance, such as in the case of *Callithrix flaviceps*, which is more likely to be found far from urban centers, in contrast with invasive species, which are more likely to be found in degraded environments, such as *C. jacchus*, found in environments with a higher degree of fragmentation. Our results indicate that the fragmented landscape facilitates the invasion of *Callithrix jacchus*, while we could not find any clear pattern for *C. penicillata*, thus pointing out that other variables may exert greater influence on its occurrence patterns in the invaded areas. In future studies we recommend using the same metrics, but testing for scale of effect, as well as considering other landscape and local variables.

**Keywords:** invasive species, fragmentation, primates, deforestation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Uso da terra e cobertura do solo no bioma da Mata Atlântica .....	14
Figura 2 – Relações morfológicas entre as cinco espécies de saguis .....	17
Figura 3 – Distribuição geográfica do gênero <i>Callithrix</i> .....	19
Figura 4 – Espécies do gênero <i>Callithrix</i> .....	23

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de registro de presença e ausência das espécies do gênero <i>Callithrix</i> ....	30
Tabela 2 – Número dos modelos plausíveis, variável de maior importância relativa e variáveis significativas para espécies nativas.....	32
Tabela 3 – Seleção de modelos plausíveis para <i>Callithrix aurita</i> .....	34
Tabela 4 – Seleção de modelos plausíveis para <i>Callithrix penicillata</i> .....	35
Tabela 5 – Seleção de modelos plausíveis para <i>Callithrix geoffroyi</i> .....	36
Tabela 6 – Seleção de modelos plausíveis para <i>Callithrix flaviceps</i> .....	37
Tabela 7 – Seleção de modelos plausíveis para <i>Callithrix kuhlli</i> .....	38
Tabela 8 – Número dos modelos plausíveis, variável de maior importância relativa e variáveis significativas para espécies invasoras .....	39
Tabela 9 – Seleção de modelos plausíveis para invasão de <i>Callithrix jacchus</i> .....	40
Tabela 10 – Seleção de modelos plausíveis para invasão de <i>Callithrix penicillata</i> .....	41

## Sumário

<b>I. Introdução</b>	14
<b>1.1 Fragmentação da Mata Atlântica</b> .....	14
<b>1.2 Gênero <i>Callithrix</i></b> .....	17
1.2.1. <i>Callithrix aurita</i> .....	21
1.2.2. <i>Callithrix flaviceps</i> .....	21
1.2.3 <i>Callithrix geoffroyi</i> .....	22
1.2.4 <i>Callithrix kuhlii</i> .....	22
1.2.5 <i>Callithrix penicillata</i> .....	22
1.2.6 <i>Callithrix jacchus</i> .....	23
<b>1.3 Saguís invasores</b> .....	25
<b>II. Materiais e Métodos</b>	28
<b>2.2 Coleta de dados de presença e pseudoausência das espécies de <i>Callithrix</i></b> .....	28
<b>2.3 Extração de métricas</b> .....	30
<b>2.4 Análise de dados</b> .....	32
<b>III. Resultados</b>	33
<b>IV. Discussão</b>	43
<b>Referências Bibliográficas</b>	49

# I. Introdução

## 1.1 Fragmentação da Mata Atlântica

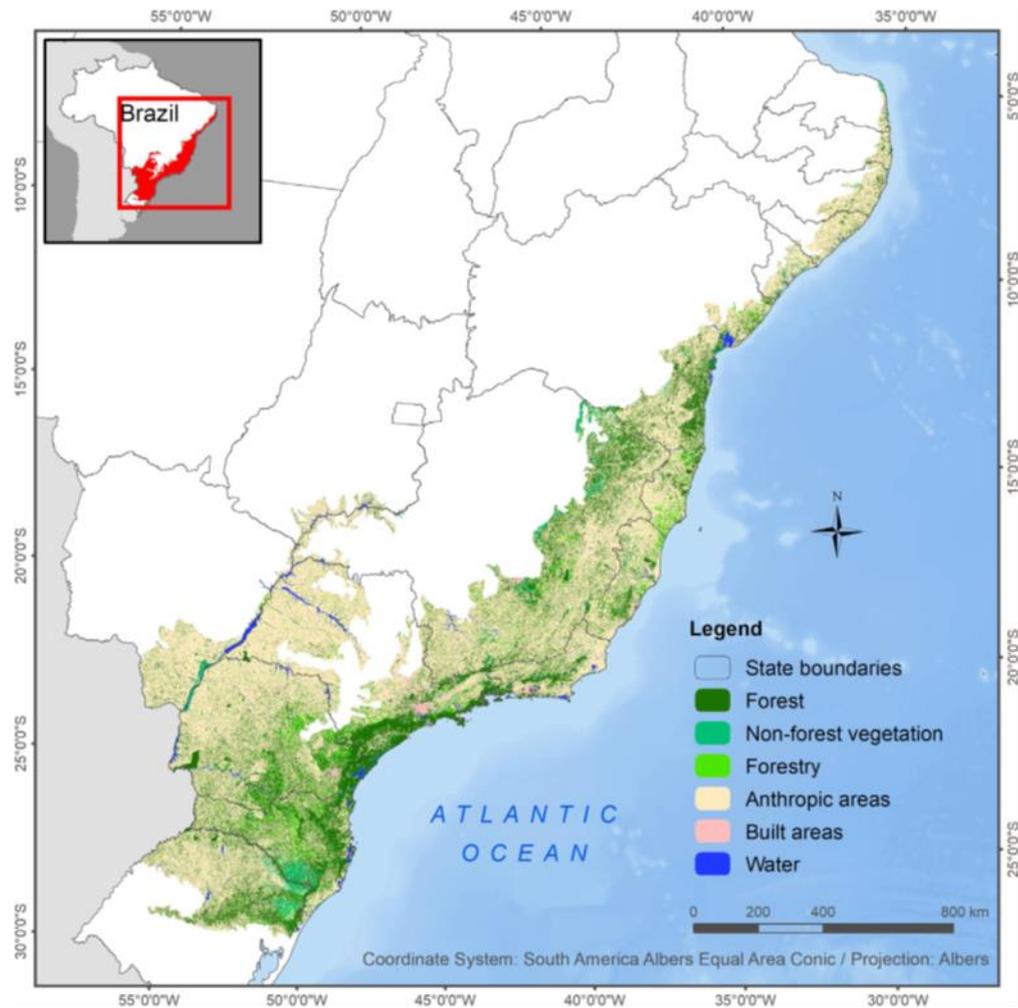
A fragmentação da paisagem é um processo em que uma determinada cobertura de vegetação natural é convertida para outros usos e dividida em porções menores de vegetação separados entre si (Fahrig et al., 2019), criando, desse modo, fragmentos de vegetação de tamanhos e formas variadas, com diferentes graus de isolamento e cercados por diferentes tipos de matriz (Fahrig, 2003). A principal causa dessa fragmentação é a ação antrópica, sendo atualmente a maior ameaça à biodiversidade (Ellis, 2016). A conversão florestal tem um efeito prejudicial para a biodiversidade, principalmente através de atividades como agricultura e extração de madeira (Gibson et al, 2016). E, junto com a retirada de habitat e degradação, os humanos provocam outras mudanças nas comunidades e ecossistemas, como, por exemplo, a introdução de espécies exóticas e domesticadas, as quais também impactam negativamente a biodiversidade (Ellis, 2016).

A perda de habitat e a fragmentação representam uma realidade para as florestas tropicais (Ribeiro et al, 2009). A Mata Atlântica, por exemplo, é um dos 25 *hotspots* mundiais de biodiversidade (Tabarelli e Silva, 2005; MMA, 2000). O bioma já foi uma das maiores florestas tropicais das Américas (fig. 1), cobrindo originalmente 150 milhões de hectares (Ribeiro, 2009). Entretanto, restam somente entre 11 e 16 % da sua cobertura original (Rezende et al, 2018). Essa devastação é um reflexo da ocupação territorial que vem acontecendo desde o período do descobrimento (Pinto et al, 2006). Somente entre os anos 1985 e 1995, mais de um milhão de hectares foram desmatados (MMA, 2000) e as matas remanescentes desse bioma ainda continuam sendo degradadas por diversos fatores, como corte ilegal de madeira, coleta de plantas, tráfico e caça de animais e invasão de espécies exóticas (Tabarelli e Silva, 2005).

A maioria das espécies oficialmente ameaçadas de extinção no Brasil ocorrem na Mata Atlântica (Tabarelli e Silva, 2005; PAN MAMAC, 2016). Atualmente, esse bioma apresenta 1.810 espécies de anfíbios, répteis, aves e mamíferos sendo 389 endêmicas (MMA, 2000). Deste total, 250 são espécies de mamíferos (MMA, 2000), estando 27 delas em algum status de ameaça de extinção (PAN MAMAC, 2016).

Dentre os efeitos negativos da fragmentação sobre as comunidades de mamíferos estão mudança na riqueza local; na abundância e distribuição de populações; na diversidade genética, no sucesso reprodutivo, na dispersão e na alteração na taxa de predação (Fahrig, 2003). Estudos

apontam que fragmentos isolados de Mata Atlântica de tamanhos menores que 200 ha são inviáveis para manter essas comunidades a longo prazo, e somente áreas maiores que 20.000 ha conseguem manter populações viáveis após 20-30 anos (Chiarello, 1995).



**Fig 1.** Uso da terra e cobertura do solo no bioma Mata Atlântica (Fonte: Rezende et al, 2018)

### 1.1.2 Influência da fragmentação do habitat para os primatas

Cerca da metade das espécies de primatas do mundo estão ameaçadas de extinção a curto prazo, devido a atividades humanas como expansão agrícola e uso desenfreado dos recursos naturais (Estrada et al, 2018). Esses ambientes perturbados influenciam negativamente tanto aspectos biológicos como ecológicos desses animais, pois as espécies passam a ter novos

desafios em um ambiente modificado, com uma área reduzida, e novas barreiras (Arroyo-Rodríguez e Mandujano, 2014), como, por exemplo, a formação de áreas abertas decorrentes da construção de uma rodovia, onde as populações de macacos podem acabar isoladas (Secco, 2014). Outros impactos antrópicos também têm promovido o declínio de populações de primatas, como caça furtiva e doenças transmitidas por humanos e animais domésticos (Estrada et al, 2017). Por exemplo, tivemos a perda estimada de cerca de 80% das populações de bugios remanescentes (*Alouatta caraya* e *A. guariba*) devido ao surto de febre amarela nos últimos anos (Vasconcelos, 2017; Almeida et al, 2011; Estrada et al, 2018) ou, ainda, encontramos regiões da Mata Atlântica onde a caça contribuiu para a extirpação de primatas ameaçados de extinção, como *Sapajus xanthostermos* e *Callicebus personatus* (Canale et al, 2012; Hilário et al, 2017; Estrada et al, 2018).

Pelo pequeno tamanho e isolamento da maioria dos fragmentos de Mata Atlântica, algumas populações de primatas não são viáveis em longo prazo (Bernardo e Galetti, 2004). Os primatas neotropicais são sensíveis às mudanças da estrutura da vegetação na sua área de vida e dependem diretamente das árvores para sua sobrevivência (Anzures-Dadda e Manson, 2006). O desaparecimento dos primatas nos fragmentos de vegetação pode gerar outros efeitos negativos no ambiente, pois eles são componentes importantes nos ecossistemas florestais devido à herbívora, dispersão de sementes, controle de pragas e predação (Galán-Acedo et al, 2019).

Como a disponibilidade de recursos alimentares pode ser reduzida nesses ambientes degradados (Silva et al, 2015), a matriz passa a desempenhar um papel fundamental para o deslocamento e forrageio dos primatas (Benchimol e Peres, 2013). Para procurar alimento ou território novo, algumas espécies entram na matriz, aumentando o índice de confronto com humanos e expandindo mais a taxa de mortalidade desses animais devido ao conflito gerado, como predação por animais domésticos e caça (Fahrig, 2003). Os macacos-prego (*Sapajus spp.*), por exemplo, podem atacar matrizes de cultivo agrícola (milho, batata, mandioca) e pomares (banana, cacau, laranja), gerando conflitos com os produtores rurais (Rocha e Fortes, 2015).

Avaliar o impacto da estrutura da paisagem sobre comunidades é fundamental para melhorar as estratégias de conservação dos primatas e os processos ecológicos em que eles estão envolvidos (Galán-Acedo et al, 2019). Isto pois qualquer alteração no tamanho da área do fragmento pode reduzir o número de espécies e, conseqüentemente, influenciar na dinâmica de populações, podendo por exemplo comprometer a sustentabilidade do ecossistema (Harris, 1984). Algumas espécies de primatas são mais afetadas pela perda de habitat do que outras

(Estrada et al, 2017), mas metade de todas as espécies estão enfrentando um processo de extinção a curto prazo (Estrada et al, 2018).

A maioria dos primatas é especialista de habitat e necessita de condições e recursos bastante específicos, sendo que qualquer alteração na paisagem limita cada vez mais a distribuição e abundância de muitas espécies (Galán-Acedo et al, 2019). Portanto, os animais que não apresentem características necessárias para superar as restrições impostas nas alterações da paisagem podem desaparecer daquela área (Tscharnthe et al, 2012). Entretanto, primatas considerados generalistas podem usar recursos de vários tipos de vegetação e elementos de paisagem para sobressair nesse tipo de habitat alterado (Arroyo-Rodrigues e Mandujano 2009). Nesse contexto, podemos citar como exemplo os primatas do gênero *Callithrix*, um gênero de primatas de pequeno porte comum nos habitats fragmentados da Mata Atlântica.

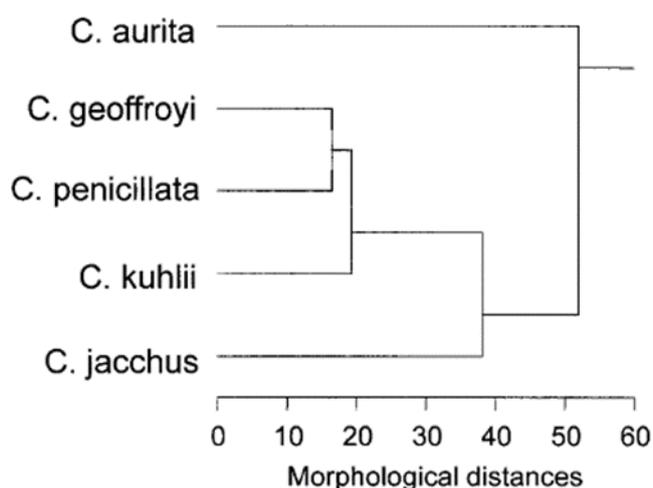
O gênero *Callithrix* possui seis espécies, todas encontradas na Mata Atlântica, ainda que não exclusivamente. O ambiente perturbado da Mata Atlântica favorece a introdução e permanência de espécies invasoras (Morais Jr, 2010). Por isso, espécies mais generalistas, como *C. penicillata* e *C. jacchus* se comportam como invasoras em algumas regiões da Mata Atlântica. *Callithrix penicillata* e *C. jacchus* sobrevivem bem em ambientes degradados e florestas secundárias (Martins, 2007) e, embora nativas de algumas regiões da Mata Atlântica, essas espécies têm sido registradas fora de sua área original de ocorrência e, ao se estabelecerem, competem com as espécies nativas, muitas vezes obtendo maior sucesso, ocorrendo também casos de hibridização (Bras et al, 2018).

## 1.2 Gênero *Callithrix*

A família *Callitrichidae* é composta por sete diferentes gêneros: *Callithrix*, *Cebuella*, *Callibella*, *Mico*, *Callimico*, *Saguinus* e *Leontopithecus* (Rylands, 2009). Todos os calitriquídeos são encontrados na América do Sul, com exceção de *Saguinus geoffroyi*, que ocorre somente no Panamá (Rylands e Coimbra-Filho, 1993). Cerca de 70 espécies são reconhecidas na família (Primate Specialist Group, 2018), caracterizadas por seu pequeno porte e algum grau de gomivoria (Bertalossi et al, 2013).

Os primatas do gênero *Callithrix* são conhecidos popularmente como micos ou saguis (PAN MAMAC, 2016). O gênero possui seis espécies: *Callithrix jacchus*, *C. penicillata*, *C.*

*kuhlii*, *C. geoffroyi*, *C. aurita* e *C. flaviceps* (Rylands, 2009). Suas características morfológicas permitem a diferenciação entre essas espécies (Fig. 4) (Ferrari, 1988). Estudos com a morfometria do crânio de saguis, menos para a espécie *Callithrix flaviceps* que não apresentou exemplares suficientes para estudo, apontou que *C. aurita* foi a primeira espécie a se diferenciar das demais, seguida por um grupo monofilético formado por *C. jacchus*, *C. kuhlii*, *C. penicillata* e *C. geoffroyi*, (Fig. 2), sendo que as duas últimas espécies possuem um ancestral comum exclusivo (Marroig, 2003). Porém, uma característica do gênero é que, mesmo com as diferenças entre as espécies, todas elas são capazes de reproduzir entre si e de gerar indivíduos híbridos férteis (Rylands, 2009).



**Fig. 2** – Relações morfológicas entre cinco espécies de saguis (Marroig, 2013).

Como todos os calitriquídeos, os saguis são arborícolas, com adaptações para locomoção vertical entre os troncos, como unhas modificadas em garras (Nunes, 2006). Esses animais têm pequeno porte, com peso entre 300 e 450 gramas, e vivem em grupos entre 2 e 13 indivíduos (Amora, 2012). Possuem comportamento altamente territorialista, envolvendo disputas e confrontos físicos entre grupos rivais (Oliveira, 2012). Estudos com *C. jacchus* apontaram que os grupos são compostos por saguis de diferentes idades, subordinados e dominantes (Oliveira, 2003). Essa composição geralmente é estável, a não ser quando ocorre migração ou imigração de um animal adulto para outro grupo, ou nascimento de filhotes (Castellon, 2014)

O grupo social geralmente se organiza em um casal reprodutor e sua prole, ocorrendo uma supressão na ovulação das fêmeas subordinadas, tornando-se adultas não reprodutoras (Amora, 2012). As fêmeas dominantes podem dar à luz duas vezes ao ano, geralmente um par

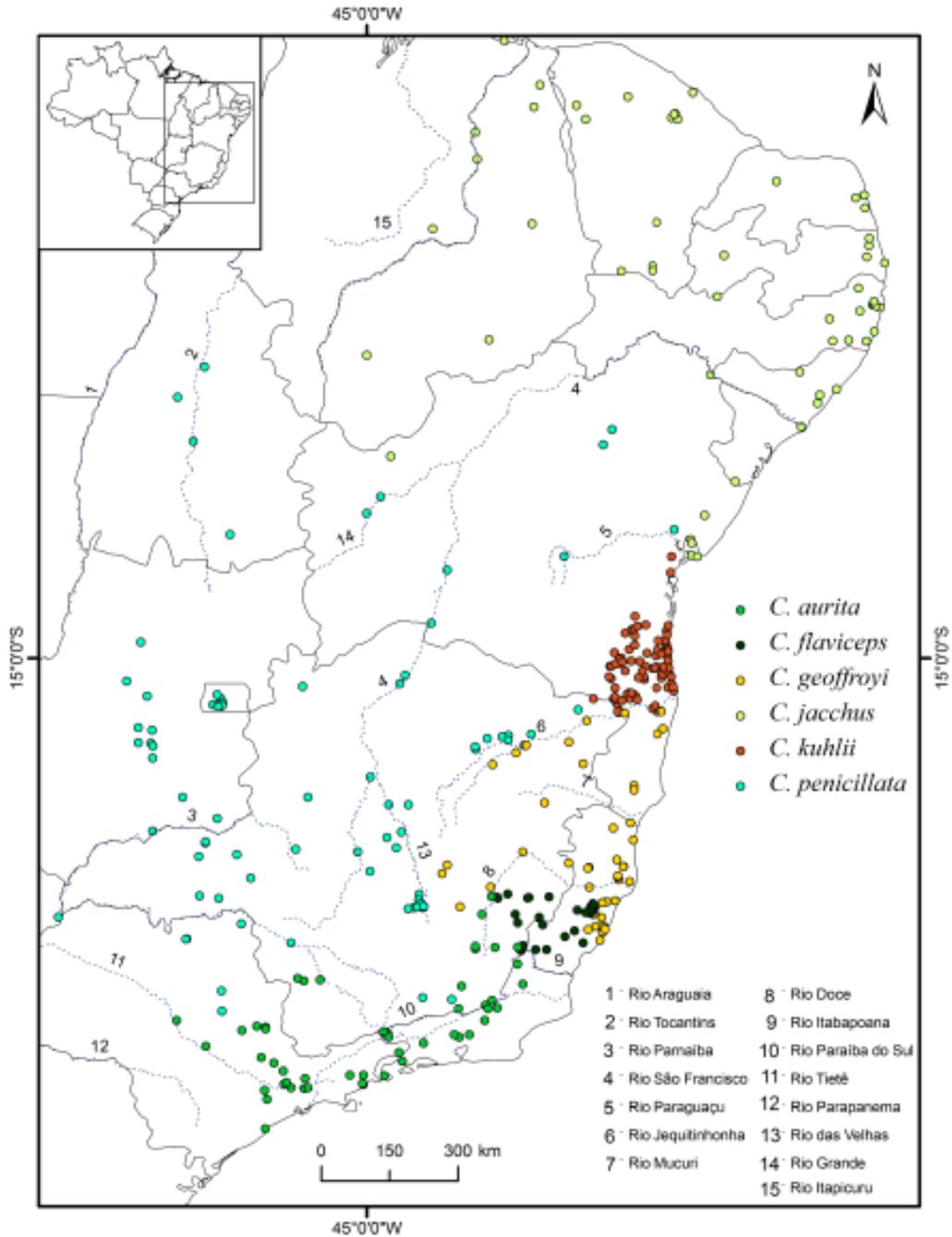
de gêmeos bivitelínicos em cada vez, e essa gestação dura cerca de 150 dias e logo após o parto elas já apresentam receptividade sexual (Paulos, 2015). Os filhotes apresentam maturidade sexual por volta de 13 a 14 semanas (Decanini, 2006) e todo esse processo leva a um alto gasto energético para a mãe e, por isso, os cuidados com a prole ficam divididos com outros membros do grupo (Nunes, 2006).

Quanto à alimentação, são classificados como gomívoro-insetívoros (Aurichio, 1995), embora todas as espécies possuam uma dieta bem diversificada, alimentando-se também de flores, folhas, frutos e pequenas presas animais. A gomívoros é uma característica marcante do grupo, podendo a goma (exsudados obtidos através da escavação feita em troncos vegetais) representar sua principal fonte de alimento na época de escassez de recursos (Reis, 2006; Rylands, 1989; Zago et al., 2013; Francisco et al., 2015). Esses animais possuem dentição especializada em obter esses exsudatos, com incisivos inferiores especialmente largos (Nunes, 2006). Esse alimento é uma fonte de carboidratos e sais minerais (Hilário e Ferrari, 2010), e a quantidade consumida desse recurso varia entre as espécies, podendo chegar a quase 70% da dieta em *C. geoffroyi* (Passamani e Rylands, 2000).

Os saguis são endêmicos do Brasil, encontrados em áreas litorâneas, fragmentos florestais e florestas de galeria, e também em ambientes abertos como a Caatinga e Cerrado (Cutrin, 2007). Porém, sua maior área de ocorrência é na Mata Atlântica, onde todas as espécies são encontradas, embora uma delas (*C. penicillata*) seja exótica dentro desse bioma. *Callithrix penicillata* e *C. jacchus* também ocorrem no cerrado e caatinga, respectivamente (Fig.3) (Rylands, 2009). Os limites naturais de distribuição geográfica entre as espécies do gênero são pouco conhecidos, e uma das hipóteses é que são determinados por barreiras geográficas, como rios e montanhas (Grelle e Cerqueira, 2006). As quatro espécies endêmicas da Mata Atlântica possuem distribuição parapátrica e seus híbridos geralmente são encontrados em zonas de contato natural ou com outras espécies de *Callithrix* invasores (Grelle e Cerqueira, 2006): *C. penicillata* x *C. aurita*, *C. geoffroyi* x *C. aurita* e *C. aurita* x *C. kuhlii* (Ferrari, 1988).

Os saguis nativos da Mata Atlântica são espécies que habitam áreas com condições climáticas mais específicas, vivendo em ambientes bem restritos (Ferrari, 1996). Estudos com *C. flaviceps* apontaram que fatores climáticos podem ser um fator determinante para a distribuição da espécie (Grelle e Cerqueira, 2006). Dentre os saguis nativos da Mata Atlântica, *C. aurita* e *C. flaviceps* são considerados os mais raros, com alta especialização de habitat e nicho restrito (Oliveira, 2012), enquanto *C. geoffroyi* e *C. kuhlii* vivem em temperaturas moderadas comparadas com as outras espécies (Rosa et al, 2017). Por outro lado, *C. penicillata* e *C. jacchus*, são consideradas generalistas com alto potencial de invasão (Silva, 2011),

reprodução e hibridização (Pereira, 2016), sendo capazes de colonizar ambientes degradados, principalmente os próximos a perímetros urbanos (Vale, 2016).



**Fig. 3** - Distribuição geográfica do gênero *Callithrix* (Nicolaevisky, 2011)

Por causa desta maior especialização, e devido a ações antropogênicas, como degradação do habitat e introdução de espécies invasoras (ICMBio, 2016), *C. aurita* e *C. flaviceps* estão ameaçados, sendo *C. flaviceps* classificado globalmente na categoria “ameaçado de extinção” e *C. aurita* na categoria “vulnerável” (Rylands et al, 2008). Já segundo a Lista

Vermelha Brasileira de Espécies Ameaçadas de Extinção, ambas estão na categoria “em perigo” (MMA, 2016). As ocorrências de invasões que ameaçam populações dessas espécies são, em sua maioria, por indivíduos e grupos de *C. jacchus* e *C. penicillata* (Reis, 2016).

### 1.2.1. *Callithrix aurita*

O sagui-da-serra-escuro (*Callithrix aurita*) possui coloração negra com manchas ruivas, tufos auriculares com cor que varia entre branco e marrom e cauda preta com anéis brancos (Fig. 4 A) (PAN MAMAC, 2016). Endêmico da Mata Atlântica, vive nas regiões do sudeste de Minas Gerais, em partes do estado do Rio de Janeiro e São Paulo (Nicolaevsky, 2011). Pode ser encontrado em pequenos fragmentos, com cerca de 10 a 20 hectares (Reis, 2016).

Difícilmente é visto em áreas urbanas ou em suas proximidades (PAN MAMAC, 2016). Sua alimentação inclui goma, frutos, sementes, flores, invertebrados, além de pequenos vertebrados e fungos que complementam sua dieta (Martins e Setz, 2000). Vem sendo ameaçado pela destruição do seu habitat, mas também corre perigo pela presença de outras espécies de saguis invasores (Silva, 2014). Estima-se que sua população total varie entre 1,000 a 2,500 indivíduos (Oliveira, 2012).

### 1.2.2. *Callithrix flaviceps*

A espécie *C. flaviceps*, cujos indivíduos são conhecidos como saguis-da-serra (Fig.4 B), é encontrada ao sul do Rio Doce, nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo (Hilário, 2009), até o Rio Itabapoana, em altitudes superiores a 500 m. Abaixo desse limite a ocorrência é de *C. geoffroyi* (Nicolaevsky, 2011). Possuem tufos auriculares curtos na cor amarela, pelagem preta com manchas vermelho e amarelo, os braços e pernas castanho-acinzentados (PAN MAMAC, 2016). Vivem em florestas montana e submontana, em ambientes com algum grau de perturbação antrópica, e são capazes de suportar temperaturas de até 0° (PAN MAMAC, 2016).

Ao contrário de outras espécies de *Callithrix*, em que a maior parte da dieta comumente consiste em exsudatos vegetais (Ferrari, 1988), o sagui-da-serra pode utilizar fungos como item principal da sua dieta, chegando a 65% do total consumido (Hilário e Ferrari, 2010). A fragmentação do habitat, associada à pequena área de distribuição geográfica da espécie, faz com que ela esteja ameaçada de extinção na categoria em perigo da lista de espécies ameaçadas da IUCN (Rylands, 2008).

### **1.2.3 *Callithrix geoffroyi***

Também chamado de sagui-da-cara-branca (Fig. 4 C), a espécie *Callithrix geoffroyi* ocorre no sul da Bahia, partes de Minas Gerais e praticamente todo o estado do Espírito Santo (Passamani, 1996). Em Minas Gerais, ocupa a região oriental, até o sul do estado, onde faz contato com a área de distribuição de *C. aurita*. No Espírito Santo, sua distribuição sobrepõe-se à de *C. flaviceps*, mas não ocorre em altitudes maiores que 700 metros (Rylands, 2009).

Geralmente é encontrado em florestas úmidas, como florestas de terras baixas (Rocha e Passamani, 2009). Apresenta capacidade de se adaptar a alterações do habitat, mas, mesmo assim, vêm sendo ameaçado pela fragmentação do seu habitat pelo tráfico de animais, sendo usado como animal de estimação (Passamani, 1996). Sua alimentação inclui frutos, goma (68% do total da dieta), invertebrados e pequenos vertebrados (Passamani, 1996).

### **1.2.4 *Callithrix kuhlii***

*Callithrix kuhlii*, conhecido popularmente como sagui-de-wied (Fig.4 E), já foi considerada como uma espécie híbrida entre *C. penicillata* e *C. geoffroyi* (Neves, 2008). Porém, características odontométricas, craniométricas e vocais mostraram que é uma espécie à parte (Nicolaevsky e Mendes, 2011). A espécie ocorre ao sul da Bahia e ao nordeste de Minas Gerais (Rylands, 1993), entre o Rio Jequitinhonha e Rio das Contas, estendendo-se até ao sul do Rio Paraguaçu (Nicolaevsky, 2011). Sua dieta consiste em frutos, goma, flores e presa animal, sendo a maior parte representado por frutos, chegando a 70% da sua alimentação (Rylands, 1989). Devido à sua distribuição muito restrita, vêm sendo ameaçada pela destruição do seu habitat, principalmente para dar lugar a lavouras de cacau (Neves, 2008).

### **1.2.5 *Callithrix penicillata***

O sagui-do-tufo-preto ou mico-estrela, *Callithrix penicillata* (Fig.4 F) é encontrado nos estados do Tocantins, Bahia, Goiás, São Paulo e Minas Gerais (Nicolaevsky, 2011), sendo a espécie de calitriquídeo que possui maior distribuição geográfica (Silva, 2014). Sua

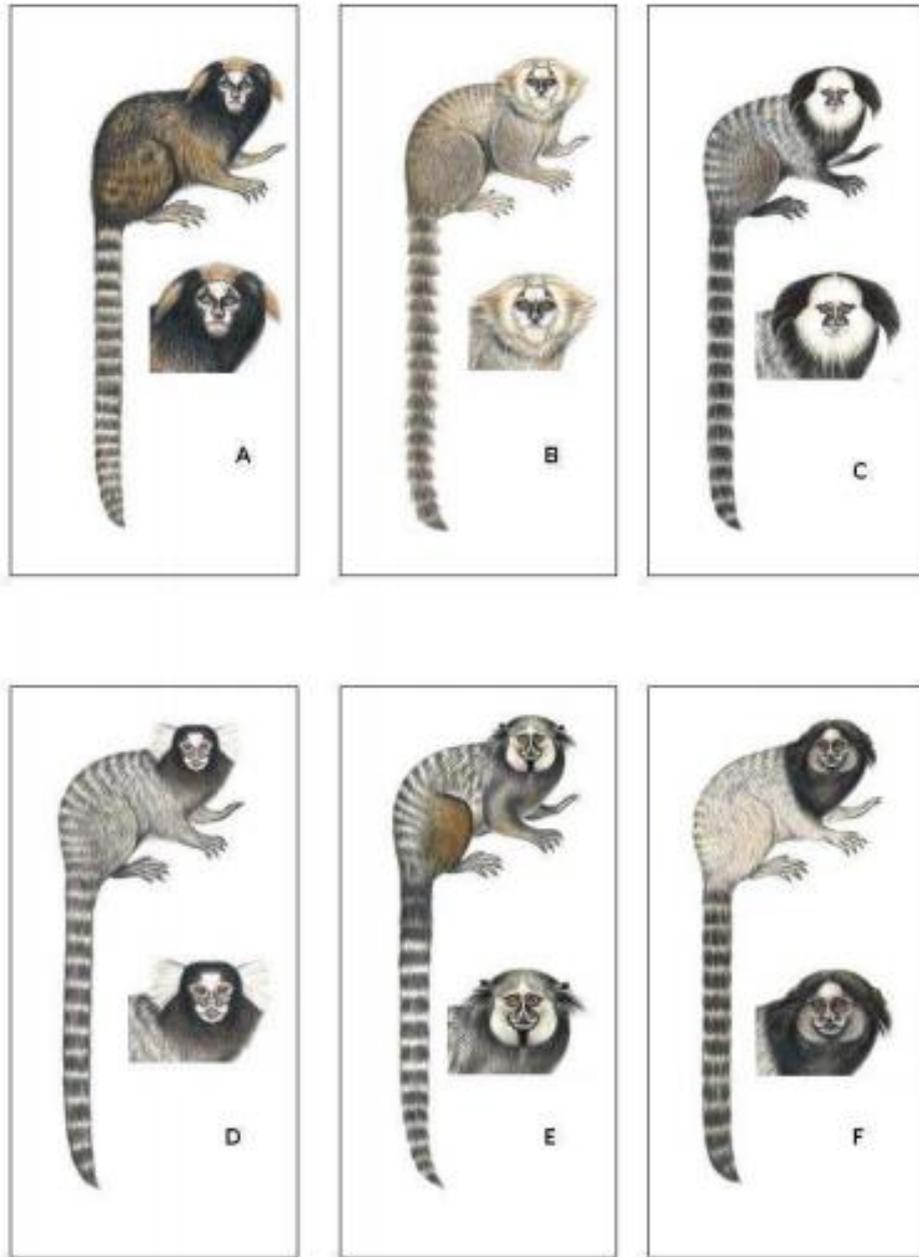
alimentação é constituída por presa animal (chegando até 70% do total consumido), goma e frutos (Zago et al, 2013). Facilmente se adapta a viver em áreas de florestas perturbadas e altamente perturbadas por atividades humanas (Miranda e Faria, 2001). Essa espécie também é bastante procurada por traficantes de animais, por ter facilidade para adaptação em cativeiro e proximidade com humanos (Reis, 2016).

Esta espécie vem se tornando invasora em várias regiões do Brasil (Reis, 2016). Muitas das introduções dessa espécie ocorrem durante a rota de tráfico, devido à fuga desses animais ou soltura indevida por seus tutores (Castro, 2012).

### **1.2.6 *Callithrix jacchus***

*Callithrix jacchus* (Fig. 4 D), conhecido popularmente como sagui-do-nordeste ou sagui-do-tufo-branco (Silva, 2011), é uma espécie caracterizada pela sua pelagem estriada, coloração preta ou cinza, mancha branca na testa e tufo auriculares também na cor branca (Castellon, 2014). Sua alimentação é a mais diversificada do gênero, constituída por goma, pequenas presas animais, líquens, néctar e alimentos industrializados (Amora, 2013; Mantilla, 2012; Silva, 2011)

Ocorre em todo o Nordeste brasileiro, e sua distribuição natural estende-se até o médio vale do Rio Grande e o alto curso do Rio Parnaíba (Nicolaevsky, 2011). Mas, em diversas áreas do Brasil, a espécie integra a lista de exóticas invasoras (Silva, 2011). Possui uma flexibilidade em viver em ambientes muito diferentes (Vale, 2018). Acredita-se que esse sucesso ecológico se deve a características morfofisiológicas e estratégias comportamentais (Castellon, 2014), como sua atividade altamente exploratória (Amora, 2013).



**Fig. 4** - Espécies do gênero *Callithrix*: *C. aurita* (A), *C. flaviceps* (B), *C. geoffroyi* (C), *C. jacchus* (D), *C. kuhlii* (E), *C. penicillata* (F). (Ferraz,2015)

### 1.3 Saguís invasores

Uma espécie é considerada nativa quando se encontra dentro da sua área de distribuição natural, e exótica quando está fora desta área, podendo esta expansão ser natural ou causada por atividades humanas (Ziller e Zalba, 2007). Quando estas espécies exóticas conseguem estabelecer populações sustentáveis, são chamadas de estabelecidas (Mathews, 2015), que é o estágio onde são capazes de reproduzir e gerar descendentes (Morais Jr, 2010). A partir desse estágio, algumas espécies estabelecidas avançam sobre ambientes naturais ou alterados, tornando-se espécies exóticas invasoras (Mathews, 2015), podendo ameaçar a biodiversidade do local onde foram introduzidas (Morais Jr, 2010). Essas espécies exóticas ou invasoras ocorrem nos mais variados grupos taxonômicos como, por exemplo, vírus, fungos, musgos, plantas, invertebrados e vertebrados (Mathews, 2015).

As espécies exóticas invasoras são consideradas a segunda causa de perda de biodiversidade do planeta, sendo a primeira a destruição e fragmentação do meio ambiente (MMA, 2010). Os organismos invasores podem gerar perdas ao ecossistema (Pegado et al, 2006) ao alterar a composição de espécies através da competição por recursos (Mathews, 2015). Entre os animais, os ratos (*Rattus rattus* e *Rattus norvegicus*) são os mamíferos com maior grau de invasão global, causando danos ecológicos, alimentando-se de espécies nativas e competindo por recursos, dispersando doenças para humanos, como a leptospirose, e consumindo grãos de cultivos (Mathews, 2015).

No Brasil, há cerca de 109 espécies citadas como invasoras e mais de 11.200 registros de suas ocorrências (MMA, 2005). Um exemplo emblemático é o caso do caramujo *Achatina fulica*, que é nativo da África, mas se alastrou no Brasil, sendo uma praga agrícola, além de hospedeiro do parasito *Angiostrongylus*, causador da angiostrongiliase, uma doença que acomete humanos, causando sérios problemas gastrointestinais (Barbieri, 2012). Outro exemplo é o caso do javali (*Sus scrofa*), que vem sendo considerado uma das piores espécies invasoras, devido aos seus impactos causados ao meio ambiente e ao homem: na abundância e riqueza de plantas, na comunidade de animais, em ambientes aquáticos, devastação de lavouras agropecuárias, pisoteio de grandes extensões de solo e transmissões de patógenos, como os causadores da brucelose e leptospirose (Gonçalves, 2015).

O processo da invasão de espécies é dividido em fases, o que facilita entender a sequência dos fatores. São elas: 1- introdução, momento que a espécie é introduzida em outro ambiente, fora de sua área de distribuição natural; 2- colonização, quando a espécie introduzida

sobrevive à etapa anterior; 3- naturalização, onde os indivíduos tornam-se estabelecidos e formam uma população autossustentável; 4- dispersão, quando os indivíduos conseguem reproduzir-se; 5- fase de impacto, etapa em que ocorrem os danos ecológicos e/ou econômicos (Morais Jr, 2010; Silva, 2018). Nas fases iniciais de invasão, ela pode ser prevenida, mas, com o passar das fases, ela se torna mais complexa e, na etapa em que a espécie invasora já está estabelecida, a erradicação é quase impossível (Moraes Junior, 2010).

Apesar de o processo de invasão ser devastador, a probabilidade de sucesso de uma espécie exótica tornar-se invasora é pequena. Apenas cerca de 10% das espécies introduzidas conseguem se estabelecer (Barbieri, 2012). Mas, quando estabelecidas e classificadas como exóticas invasoras, a dispersão dessas espécies ameaça a biodiversidade (Andrade et al., 2012). Características do ambiente invadido podem interferir no sucesso da invasão biológica (Moraes Junior, 2010). Por exemplo, o aquecimento global é um aliado para essa invasão, pois as perturbações climáticas podem favorecer o avanço de espécies invasoras que têm maior sucesso em ambientes perturbados e degradados (Ziller e Zalba, 2007).

A antropização sofrida na Mata Atlântica facilita invasões biológicas devido à degradação do ambiente (Frabricante et al, 2012). Espécies exóticas invasoras geralmente possuem uma plasticidade ambiental maior que espécies nativas, considerada essencial para sua disseminação e crescimento (Hummel, 2015). Assim, possuem vantagens competitivas em ambientes degradados e são ainda favorecidas por falta de inimigos naturais, como predadores e patógenos (Moraes Junior, 2010). Mas, apesar de todos esses problemas citados, ainda não se tem uma infraestrutura política para a prevenção e controle de espécies exóticas invasoras para a maioria dos países (Ziller e Zalba, 2007).

*Callithrix jacchus* e *C. penicillata* possuem características que os fazem ser invasores potenciais quando introduzidos fora de seu habitat nativo, tais como flexibilidade alimentar e comportamentos tolerantes a humanos (Oliveira et al, 2008), muitas vezes interagindo de forma oportunista, buscando em fontes antrópicas a suplementação da sua dieta (Vale, 2016). Por esse comportamento de convivência com humanos, são utilizados como animais de experimentação e estimação, podendo ocorrer escapes ou introduções inadequadas (Silva, 2011). Essas espécies também são alvo de tráfico de animais, retirados da sua região de origem, Cerrado e Caatinga, e potencialmente invasores da Mata Atlântica (Silva et al, 2018).

Os saguis invasores ocupam florestas secundárias, fragmentos florestais, praças e parques na região sudeste e sul do Brasil desde a década de 80 (Traad, 2012). Podem até estar mais numerosos e espalhados nos ambientes invadidos do que em sua distribuição geográfica de origem (Pereira, 2006). No estado do Rio de Janeiro, *C. jacchus* e *C. penicillata* vêm sendo

consideradas uma grande ameaça ao mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*), pela competição por recursos alimentares e refúgio, e pela transmissão de patógenos, especialmente os relacionados a doenças humanas (Oliveira et al. 2018; Ruiz-Miranda et al. 2010; Morais Jr, 2008). São também considerados uma ameaça ao sagui nativo, *C. aurita*, pois espécies diferentes podem reproduzir com ele e gerar filhotes híbridos férteis (Barbieri, 2012).

## 1.4 Objetivos

No presente estudo, avaliamos alguns dos fatores de paisagem que podem influenciar a probabilidade de ocorrência das espécies do gênero *Callithrix*, tanto nas suas áreas de ocorrência originais como em áreas invadidas. As métricas selecionadas foram: (1) número de fragmentos, parâmetro que representa o grau de fragmentação do habitat; (2) porcentagem de cobertura da vegetação, parâmetro representativo da quantidade de habitat; (3) distância de centros urbanos, para analisar a influência da proximidade das espécies com aglomerações humanas; (4) distância de rodovias, parâmetro que operacionaliza a influência do tráfico de animais e de locais de acesso do homem aos habitats. Para as espécies nativas esperávamos que fossem encontradas em paisagens mais preservadas e distantes de perturbações antrópicas, principalmente *C. aurita* e *C. flaviceps* que são as espécies ameaçadas de extinção do gênero. Para as espécies invasoras esperávamos que fossem encontradas em fragmentos mais próximos a rodovias e centros urbanos, partindo do princípio de que a rodovia favorece a ocupação humana e a introdução de espécies invasoras.

## **II. Materiais e Métodos**

### **2.1 Área de estudo**

Nossa área de estudo contemplou todo o bioma da Mata Atlântica, onde realizamos levantamento de dados secundários de ocorrência de espécies de saguis nativos ou invasores neste bioma, considerando a área de ocorrência de cada espécie (figura 3), segundo Nicolaevsky (2011).

### **2.2 Coleta de dados de presença e pseudoausência das espécies de *Callithrix***

Dividimos as coletas de dados em duas etapas: a primeira para as espécies de saguis nativos, ou seja, que se encontram dentro da sua área de distribuição geográfica. A segunda para os saguis que são invasores e, portanto, estão fora da sua área natural de distribuição.

#### **2.2.1 Dados das espécies de *Callithrix* nativas**

Os dados foram extraídos de duas formas. Na primeira, extraímos os dados de ocorrência de populações das espécies do gênero *Callithrix* a partir do banco de dados publicado por Culot et al. (2019), o qual possui três planilhas: comunidade, ocorrência e abundância. Então, consideramos apenas os dados disponíveis na planilha de comunidades deste *data paper*, a qual reporta dados de ocorrência de espécies de primatas em estudos de levantamento de comunidades. Uma vez que esta planilha trazia apenas os dados de presença das espécies, consideramos como pseudoausência quando o levantamento da comunidade de um dado fragmento não indicava a ocorrência da espécie de *Callithrix* esperada para a região.

Como este banco de dados contém informações bastante heterogêneas, dado seu amplo escopo, realizamos uma primeira filtragem dos dados empregando os seguintes critérios: (1) inclusão apenas de dados obtidos a partir de levantamentos por transecto, respostas a *playbacks* e questionários; excluindo dados de vocalização, armadilhas fotográficas e dados que não especificaram o método da coleta; (2) exclusão de registros de ocorrência em vegetação não natural, como florestas de eucalipto e *Pinus*; (3) exclusão de registros sem identificação precisa da espécie (menção apenas a *Callithrix* sp.), ou indivíduos híbridos quando não estava

especificado as espécies dos genitores. Nesta fase do estudo, nenhum dado foi excluído por critério de dependência espacial.

Após essa filtragem inicial, eliminamos ainda dados repetidos, que reportavam mais de uma presença ou ausência para uma mesma localidade/fragmento. Isto foi necessário pois, pelos critérios do banco de dados, diferentes levantamentos realizados em uma mesma comunidade foram registrados em entradas distintas. Desta forma, quando a ocorrência era de outra espécie de primata, consideramos que aquela linha representava uma não-ocorrência de *Callithrix* para aquele registro específico, ou seja, uma pseudoausência. Se havia o registro de mais de uma espécie de primata, nós mantínhamos apenas um dos registros, para que não houvesse dados repetidos de pseudoausência.

Na segunda fase de levantamento de informações realizamos uma pesquisa bibliográfica no portal de periódicos da Capes, Google Scholar, Scielo e acervos científicos digitais das seguintes universidades: Universidade Federal de São Paulo (USP), Universidade Federal de Viçosa (UFV), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Universidade Federal de Lavras (UFLA) e Universidade Federal de Goiás (UFG). Nestas buscas, usamos as seguintes palavras-chave: “*Callithrix*”, “sagui”, “mico”, “calitriquídeos” e “marmoset”. Selecionamos apenas estudos que continham dados de presença ou presença e ausência de alguma espécie do gênero *Callithrix*.

Para levantar os dados de ocorrência das espécies do gênero em suas áreas de distribuição originais, utilizamos os mapas de distribuição do trabalho de Nicolaevsky (2011) e, a partir dele, criamos um ‘buffer’ de 50 km, expandindo a área de ocorrência de cada espécie. Esse *buffer* foi criado como um limite aceitável de extensão da área de ocorrência das espécies, pois alguns pontos das espécies nativas estavam fora da área de ocorrência do mapa empregado, porém estavam muito próximas a sua área de ocorrência natural. Assim, poderiam não ser considerados como registros de invasão e sim como um limite aceitável de erro para sua área de ocorrência ou como uma expansão natural da espécie.

### 2.2.2 Dados das espécies de *Callithrix* invasoras

Assim como na coleta de dados das espécies nativas, usamos o banco de dados publicados por Culot et al. (2019), mas, para essa fase, utilizamos as três planilhas desse *data paper*, comunidade, ocorrência e abundância, visto que, para as espécies exóticas, o importante é saber que elas ocorrem em determinado lugar e a ausência em determinado lugar fora de sua área de ocorrência é naturalmente esperada, sendo necessário criar um critério para se definir uma pseudoausência para estas situações.

Para a análise das espécies nativas, excluímos os pontos que caíram fora da área de ocorrência e os analisamos posteriormente como espécies invasoras. Portanto, as ocorrências de espécies de *Callithrix* que estavam fora da sua área de ocorrência foram classificadas como invasões. As análises foram realizadas separadamente para cada espécie do gênero. Por fim fizemos a junção das três planilhas em somente uma e realizamos uma primeira filtragem dos dados empregando os seguintes critérios: (1) exclusão das espécies de primatas que não fossem do gênero *Callithrix*, (2) exclusão de registros sem identificação precisa da espécie (menção apenas a *Callithrix sp.*), ou indivíduos híbridos, que não continham identificação dos genitores. Após essa filtragem, eliminamos dados que continham a coordenada geográfica repetida, e não eliminamos nenhum dado por critério de dependência espacial.

Para identificação das ausências traçamos um *buffer* de 30 km, ao redor de todos os pontos com a presença da espécie invasora (*Callithrix jacchus* e *C. penicillata*) em áreas fora da sua de ocorrência original de acordo com os mapas ocorrência das espécies de saguis. Quando um ponto dentro deste *buffer* continha o registro de um estudo de comunidade demonstrando a presença de outra espécie de primata ou de um *Callithrix* nativo, mas não de uma espécie invasora, consideramos este registro como uma não ocorrência de invasão por *C. penicillata* e/ou *C. jacchus*, sendo então a pseudoausência para estas espécies.

### 2.3 Extração de métricas

Utilizamos, para a extração das métricas, os mapas do Projeto MapBiomas (2018) para a região do bioma Mata Atlântica, definida por uma área de 1.110.182 Km<sup>2</sup> ocupando a porção da costa leste, sudeste e sul do Brasil. Após baixados, vetorizamos esses mapas para a classe “mata nativa” (classe três), de acordo com o uso do solo correspondente aos fragmentos, através

do software ArcGis, versão 3.5 (An Overview of Map Projections, 2009). Após essa etapa, espacializamos os dados das planilhas de ocorrência de espécies de *Callithrix* sobre os mapas dos fragmentos da Mata Atlântica. Os dados de espécies invasoras e nativas foram analisados separadamente.

Após essa espacialização, utilizamos o software QGIS, versão 3.4 (Postgis-project, 2018) e conferimos todos os dados e analisamos se todos os pontos de ocorrência estavam dentro de algum fragmento. Para os pontos que caíram fora de uma área de mata, ou seja, dentro da matriz, utilizamos o seguinte critério: deslocamos os pontos que estavam até 120 metros de distância de algum fragmento para o fragmento mais próximo; os pontos com distância superior a esta foram eliminados do estudo. Para os fragmentos menores de três hectares, os dados foram excluídos, pela possível incompatibilidade de sobrevivência de algumas espécies do gênero nessas áreas (Castro, 2003).

Para as espécies nativas o maior número de registros de presença foi obtido para *C. penicillata* e, para as espécies invasoras, foi *C. jacchus* (tabela 1). Não pudemos fazer as análises para a espécie *C. jacchus* na sua área de ocorrência natural, pois os registros obtidos eram somente dados de presença, impossibilitando assim realizar as regressões logísticas pela ausência de variabilidade na variável resposta.

**Tabela 1.** Número de registros de presença e de ausências para as seis espécies do gênero *Callithrix* nativas e invasoras

Espécie	Presenças	Ausência
ESPÉCIES NATIVAS		
<i>C. jacchus</i>	25	0
<i>C. aurita</i>	40	50
<i>C. flaviceps</i>	24	11
<i>C. geoffroyi</i>	25	15
<i>C. kuhlii</i>	12	2
<i>C. penicillata</i>	76	20
ESPÉCIES INVASORAS		
<i>C. jacchus</i>	113	91
<i>C. penicillata</i>	72	135

Para nosso trabalho, a fim de comparar modelos explicativos de ocorrência das espécies, selecionamos quatro variáveis que hipotetizamos serem potencialmente relevantes para explicar a distribuição das espécies de estudo: (1) número de fragmentos – quantidade de fragmentos dentro de um buffer com raio de 3 km criado a partir do centroide do fragmento com registro de presença ou ausência da espécie; (2) porcentagem de cobertura de vegetação – proporção de habitat dentro deste buffer; (3) distância até centros urbanos – distância onde foi registrada a presença ou ausência da espécie até o povoado mais próximo, sendo urbano ou rural, (4) distância até rodovias – distância onde foi registrada a presença ou ausência da espécie até a estrada pavimentada mais próxima, incluindo estradas pavimentadas estaduais e federais. Extraímos as duas primeiras métricas utilizando software ArcGis (An Overview of Map Projections, 2009), e as demais utilizando o software QGIS (Postgis-project, 2018).

Para a métrica “distância de centros urbanos”, baixamos mapas de pontos de sede municipais do IBGE (2010). Para realizarmos a coleta dos dados, medimos a distância do ponto do centro dos anéis de 3 km (centroide do fragmento com presença ou ausência) até o ponto da sede do município mais próximo, utilizando o software QGIS (2018).

Já para as métricas “distância de rodovias”, baixamos os mapas do DNIT (2019) e os cálculos foram realizados em linha reta desde o ponto central dos anéis ao ponto mais próximo da rodovia mais próxima.

## **2.4 Análise de dados**

Para avaliar a influência das variáveis selecionadas sobre a probabilidade de ocorrência de cada espécie independentemente, concorremos todas as combinações possíveis de variáveis, sem interação, incluindo o modelo nulo, em modelos de regressões binomiais múltiplas, utilizando modelos lineares generalizados (“multi model averaging approach”), no pacote “glmulti” (Calcagno & Mazancourt) do software R, versão 3.5.2 (R Development Core Team, 2019).

Criamos uma tabela com os modelos ordenados a partir do critério de informação de Akaike (AIC) com todos os modelos cuja soma de peso de Akaike ( $w_i$ , Whittingham et al., 2005) fosse menor a 0,95. Esse intervalo representa o melhor conjunto de modelos para explicar a presença de cada espécie. Consideramos como igualmente plausíveis os modelos com valor de  $\Delta AIC$  (em relação ao modelo com menor AIC) menor ou igual a 2,0. Calculamos, para cada

variável, o estimador  $\beta$ , que representa a direção e a inclinação da relação, e a variância incondicional (UV). Consideramos significativas as variáveis cuja variância é menor do que o valor estimado de  $\beta$  (Burnham & Anderson, 2002). Além disso, calculamos a importância relativa de cada variável, dada pela soma do peso de Akaike de todos os modelos que a variável estava presente dentre os que apresentaram  $\sum w < 0.95$ . Todas as análises foram conduzidas no *software R*, versão 3.5.3 (R Development Core Team 2019).

### III. Resultados

#### 3.1 Espécies nativas

Nossos resultados de modelagem de ocorrência das espécies em suas áreas de distribuição originais indicaram, exceto para *C. kuhlii*, que o modelo nulo esteve entre os modelos plausíveis (tabela 2).

**Tabela 2:** Número de modelos plausíveis, variável de maior importância relativa e variáveis significativas

<b>Espécie</b>	<b>Modelos plausíveis</b>	<b>Variável de maior importância</b>
<i>C. aurita</i>	5*	Número de fragmentos
<i>C. penicillata</i>	6*	Cobertura da vegetação
<i>C. geoffroyi</i>	5*	Número de fragmentos
<i>C. flaviceps</i>	6*	Distância de centros urbanos
<i>C. kullhi</i>	4	Cobertura de vegetação

\* indica que o modelo nulo encontra-se entre os plausíveis

Para *C. aurita*, cinco modelos foram incluídos entre os igualmente plausíveis, inclusive o nulo (Tabela 3). As quatro variáveis preditoras estavam entre os modelos selecionados. A variável com maior poder de explicação foi o número de fragmentos na paisagem, em que há maior probabilidade de a espécie estar presente quanto menor o grau de fragmentação da paisagem.

Para *C. penicillata*, seis modelos foram incluídos entre os igualmente plausíveis, inclusive o nulo (Tabela 4). As quatro variáveis preditoras estavam entre os modelos selecionados. Porém, considerando-se o peso relativo de cada variável, a cobertura de vegetação destaca-se em relação às demais, com distâncias até centros urbanos em segundo plano. A relação com a cobertura foi positiva, o que representa maior probabilidade de *Callithrix penicillata* estar presente quanto maior a cobertura florestal.

Para *C. geoffroyi*, cinco modelos foram incluídos entre os igualmente plausíveis, inclusive o nulo (Tabela 5). As quatro variáveis preditoras estavam entre os modelos selecionados. Porém, considerando-se o peso relativo de cada variável, o número de fragmentos destaca-se em relação às demais, em que a probabilidade de *C. geoffroyi* estar presente é maior quanto menor o grau de fragmentação da paisagem.

Para *C. flaviceps*, seis modelos foram incluídos entre os igualmente plausíveis, inclusive o modelo nulo (Tabela 6). As quatro variáveis preditoras estavam entre os modelos selecionados. Porém, considerando-se o peso relativo de cada variável, a distância em relação a centros urbanos destaca-se em relação às demais, em que a probabilidade de a espécie estar presente aumenta quanto maior a distância a centros urbanos

Para *C. kuhlii* três modelos foram incluídos entre os igualmente plausíveis, e as quatro variáveis preditoras estavam entre os modelos selecionados (Tabela 7). Porém, cobertura de vegetação e número de fragmentos não podem ser considerados, pois a variação foi muito maior que a estimativa  $\beta$ . A alta variância dos dados é resultado dos poucos dados de presença dessa espécie.

**Tabela 3.** Resultados da seleção de modelos para inferência sobre as variáveis locais e de paisagem que influenciam a presença de *C. aurita*. Os modelos plausíveis estão indicados em negrito.

Modelo	Cobertura de vegetação	Número de fragmentos	Distância de centros urbanos	Distância até rodovias	AIC	$\Delta AIC$	$w_i$
<b>1</b>		<b>X</b>			<b>125,12</b>	<b>0</b>	<b>0,203</b>
<b>2</b>					<b>125,65</b>	<b>0,53</b>	<b>0,156</b>
<b>3</b>	<b>X</b>	<b>X</b>			<b>126,62</b>	<b>1,50</b>	<b>0,096</b>
<b>4</b>		<b>X</b>	<b>X</b>		<b>126,92</b>	<b>1,80</b>	<b>0,082</b>
<b>5</b>		<b>X</b>		<b>X</b>	<b>126,94</b>	<b>1,82</b>	<b>0,081</b>
6				X	127,37	2,25	0,065
7	X				127,60	2,48	0,058
8			X		127,65	2,53	0,057
9	X	X	X		128,57	3,45	0,036
10	X	X		X	128,60	3,48	0,035
11		X	X	X	128,86	3,74	0,031
12			X	X	129,31	4,19	0,025
13	X			X	129,37	4,25	0,024
14	X		X		129,59	4,47	0,021
<b><math>\beta</math></b>	-0,0140*	-0,0130*	-0,0020*	-0,0070*		$\sum w_i =$	<b>0,970</b>
<b>UV</b>	0,0017	0,0002	0,0002	0,0005			
<b><math>w_i</math></b>	0,270	<b>0,564</b>	0,252	0,261			

\* indica que a variável apresentou  $UV < \beta$

X indica a inclusão da variável no modelo

**Negrito** maior índice de  $w_i$

**Tabela 4.** Resultados da seleção de modelos para inferência sobre as variáveis locais e de paisagem que influenciam a presença de *C. penicillata*. Os modelos plausíveis estão indicados em negrito.

Modelo	Cobertura de vegetação	Número de fragmentos	Distância de centros urbanos	Distância até rodovias	AIC	$\Delta AIC$	$w_i$
<b>1</b>					<b>100.25</b>	<b>0</b>	0.175
<b>2</b>	<b>X</b>				<b>100.55</b>	<b>0,30</b>	0.150
<b>3</b>	<b>X</b>		<b>X</b>		<b>101.26</b>	<b>1,01</b>	0.106
<b>4</b>			<b>X</b>		<b>101.72</b>	<b>1,47</b>	0.084
<b>5</b>		<b>X</b>			<b>101.88</b>	<b>1,63</b>	0.077
<b>6</b>				<b>X</b>	<b>102.17</b>	<b>1,92</b>	0.067
7	X			X	102.42	2,17	0.059
8	X	X			102.54	2,29	0.055
9	X	X	X		103.15	2,90	0.041
10	X		X	X	103.26	3,01	0.038
11		X	X		103.50	3,25	0.034
12			X	X	103.72	3,47	0.030
13		X		X	103.85	3,60	0.029
14	X	X		X	104,42	4,17	0,022
<b><math>\beta</math></b>	0,1057*	0,00098*	-1,0177*	-0,0027*		$\sum w_i =$	0,967
<b>UV</b>	2,48e-02	2,88e-05	1,12e-03	2,49e-04			
<b><math>w_i</math></b>	<b>0,471</b>	0,258	0,333	0,245			

\* indica que a variável apresentou  $UV < \beta$

X indica a inclusão da variável no modelo

**Negrito** maior índice de  $w_i$

**Tabela 5.** Resultados da seleção de modelos para inferência sobre as variáveis locais e de paisagem que influenciam a presença de *C. geoffroyi*. Os modelos plausíveis estão indicados em negrito.

Modelo	Cobertura de vegetação	Número de fragmentos	Distância de centros urbanos	Distância até rodovias	AIC	$\Delta AIC$	$w_i$
<b>1</b>					<b>54,92</b>	<b>0</b>	<b>0,238</b>
<b>2</b>		<b>X</b>			<b>56,29</b>	<b>1,37</b>	<b>0,120</b>
<b>3</b>				<b>X</b>	<b>56,67</b>	<b>1,75</b>	<b>0,099</b>
<b>4</b>	<b>X</b>				<b>56,88</b>	<b>1,96</b>	<b>0,089</b>
<b>5</b>			<b>X</b>		<b>56,89</b>	<b>1,97</b>	<b>0,089</b>
6	X	X			57,64	2,72	0,061
7		X		X	58,07	3,15	0,049
8		X	X		58,24	3,32	0,045
9	X			X	58,56	3,64	0,038
10			X	X	58,60	3,68	0,037
11	X		X		58,84	3,92	0,033
12	X	X		X	59,13	4,21	0,029
13	X	X	X		59,56	4,64	0,023
<b><math>\beta</math></b>	-0,0208*	-0,0060*	-0,0021*	0,0143*		$\sum w_i =$	0,950
<b>UV</b>	0,0033	0,0001	0,0001	0,0014			
<b><math>w_i</math></b>	0,273	<b>0,327</b>	0,227	0,252			

\* indica que a variável apresentou  $UV < \beta$

X indica a inclusão da variável no modelo

**Negrito** maior índice de  $w_i$

**Tabela 6.** Resultados da seleção de modelos para inferência sobre as variáveis locais e de paisagem que influenciam a presença de *C. flaviceps*. Os modelos plausíveis estão indicados em negrito.

Modelo	Cobertura de vegetação	Número de fragmentos	Distância de centros urbanos	Distância até rodovias	AIC	$\Delta AIC$	$w_i$
<b>1</b>					<b>45,57</b>	<b>0</b>	<b>0,197</b>
<b>2</b>			X		<b>46,23</b>	<b>0,66</b>	<b>0,142</b>
<b>3</b>		X			<b>47,18</b>	<b>1,61</b>	<b>0,088</b>
<b>4</b>	X		X		<b>47,30</b>	<b>1,73</b>	<b>0,083</b>
<b>5</b>				X	<b>47,42</b>	<b>1,85</b>	<b>0,078</b>
<b>6</b>	X				<b>47,56</b>	<b>1,99</b>	<b>0,073</b>
7		X	X		47,93	2,36	0,060
8			X	X	48,10	2,53	0,055
9	X		X	X	48,92	3,35	0,037
10	X	X	X		48,94	3,37	0,036
11		X		X	49,11	3,54	0,033
12	X	X			49,17	3,60	0,032
13	X			X	49,39	3,82	0,029
14		X	X	X	49,86	4,29	0,023
$\beta$	-0,0518*	0,0044*	0,0642*	0,01378		$\sum w_i =$	0,966
UV	0,0166	0,0001	0,0097	0,0021			
$w_i$	0,290	0,272	<b>0,436</b>	0,255			

\* indica que a variável apresentou  $UV < \beta$

X indica a inclusão da variável no modelo

**Negrito** maior índice de  $w_i$

**Tabela 7.** Resultados da seleção de modelos para inferência sobre as variáveis locais e de paisagem que influenciam a presença de *C. kuhlii*. Os modelos plausíveis estão indicados em negrito.

Modelo	Cobertura de vegetação	Número de fragmentos	Distância de centros urbanos	Distância até rodovias	AIC	$\Delta AIC$	$w_i$
<b>1</b>	<b>X</b>		<b>X</b>		<b>11,39</b>	<b>0</b>	<b>0,224</b>
<b>2</b>	<b>X</b>				<b>11,73</b>	<b>0,34</b>	<b>0,188</b>
<b>3</b>	<b>X</b>			<b>X</b>	<b>12,16</b>	<b>0,77</b>	<b>0,151</b>
<b>4</b>	<b>X</b>	<b>X</b>			13,44	2,05	0,080
5					13,48	2,09	0,078
6	<b>X</b>	<b>X</b>		<b>X</b>	13,82	2,43	0,066
7			<b>X</b>		13,85	2,46	<b>0,065</b>
8				<b>X</b>	14,86	3,47	0,039
9		<b>X</b>			15,35	3,96	0,030
10			<b>X</b>	<b>X</b>	15,75	4,36	0,025
11		<b>X</b>	<b>X</b>		15,83	4,44	0,024
<b><math>\beta</math></b>	-148,29	0,013*	70,02	0,17*		$\sum w_i =$	<b>0,970</b>
<b>UV</b>	2,6e+05	7,9e-03	5,8e+04	1,2e-01			
<b><math>w_i</math></b>	<b>0,709</b>	0,200	0,338	0,281			

\* indica que a variável apresentou  $UV < \beta$

X indica a inclusão da variável no modelo

**Negrito** maior índice de  $w_i$

### 3.2 Espécies invasoras

Para as espécies invasoras, também podemos observar que tivemos alguns modelos plausíveis para as espécies (tabela 8), incluindo o modelo nulo para *Callithrix penicillata*.

**Tabela 8:** Número de modelos plausíveis, variável de maior importância relativa e variáveis significativas

<b>Espécie</b>	<b>Modelos plausíveis</b>	<b>Variável de maior importância</b>
<i>C. jacchus</i>	4	Número de fragmentos
<i>C. penicillata</i>	5*	Número de fragmentos

\* indica que o modelo nulo encontra-se entre os plausíveis

Para *C. jacchus*, quatro modelos foram incluídos entre os igualmente plausíveis (Tabela 9). As quatro variáveis preditoras estavam entre os modelos selecionados. A variável com maior poder de explicação foi o número de fragmentos na paisagem, em que a probabilidade de encontrar *C. jacchus* invasores aumenta em paisagens com maior grau de fragmentação.

Para *C. penicillata*, cinco modelos foram incluídos entre os igualmente plausíveis, inclusive o modelo nulo (Tabela 10). As variáveis testadas aparecem com poder de explicação semelhante, e pouca inclinação do estimador  $\beta$ .

**Tabela 9.** Resultados da seleção de modelos para inferência sobre as variáveis locais e de paisagem que influenciam a invasão *C. jacchus*. Os modelos plausíveis estão indicados em negrito.

Modelo	Cobertura de vegetação	Número de fragmentos	Distância de centros urbanos	Distância até rodovias	AIC	$\Delta$ AIC	$w_i$
<b>1</b>		<b>X</b>			<b>279,55</b>	<b>0</b>	<b>0,262</b>
<b>2</b>	<b>X</b>	<b>X</b>			<b>280,60</b>	<b>1,05</b>	<b>0,155</b>
<b>3</b>		<b>X</b>		<b>X</b>	<b>281,46</b>	<b>1,91</b>	<b>0,100</b>
<b>4</b>		<b>X</b>	<b>X</b>		<b>281,54</b>	<b>1,99</b>	<b>0,096</b>
5	X	X		X	282,02	2,47	0,076
6					282,42	2,87	0,062
7	X	X	X		282,43	2,88	0,062
8		X	X	X	283,46	3,91	0,037
9	X	X	X	X	283,93	4,38	0,029
10	X				284,10	4,55	0,026
11			X		284,17	4,62	0,025
12				X	284,32	4,77	0,024
<b><math>\beta</math></b>	-0.0231*	-0.0143*	0.0018*	0.0063*		$\sum w_i =$	0,954
<b>UV</b>	1,72 e-03	9,35 e-05	7,28 e-05	3,459 e-04			
<b><math>w_i</math></b>	0,348	<b>0,817</b>	0,249	0,266			

\* indica que a variável apresentou  $UV < \beta$

X indica a inclusão da variável no modelo

**Negrito** maior índice de  $w_i$

**Tabela 10.** Resultados da seleção de modelos para inferência sobre as variáveis locais e de paisagem que influenciam a invasão *C. penicillata*. Os modelos plausíveis estão indicados em negrito.

Modelo	Cobertura de vegetação	Número de fragmentos	Distância de centros urbanos	Distância até rodovias	AIC	$\Delta$ AIC	$w_i$
<b>1</b>					<b>269,48</b>	<b>0</b>	<b>0,280</b>
<b>2</b>		<b>X</b>			<b>271,37</b>	<b>1,89</b>	<b>0,108</b>
<b>3</b>	<b>X</b>				<b>271,45</b>	<b>1,97</b>	<b>0,104</b>
<b>4</b>			<b>X</b>		<b>271,48</b>	<b>2,00</b>	<b>0,103</b>
<b>5</b>				<b>X</b>	<b>271,48</b>	<b>2,00</b>	<b>0,103</b>
6	X	X			273,36	3,88	0,040
7		X	X		273,37	2,89	0,040
8		X		X	273,37	2,89	0,040
9	X		X		273,44	3,96	0,038
10	X			X	273,45	3,97	0,038
11			X	X	273,48	4,00	0,037
12	X	X	X		275,35	5,82	0,014
13	X	X		X	275,36	5,88	0,014
<b><math>\beta</math></b>	-0.0028*	0.0007*	0.0005*	0.0002*		$\sum w_i =$	0,959
<b>UV</b>	0,0004	0,00001	0,0001	-0,0001			
<b><math>w_i</math></b>	0,248	<b>0,256</b>	0,232	0,232			

\* indica que a variável apresentou  $UV < \beta$

X indica a inclusão da variável no modelo

**Negrito** maior índice de  $w_i$

## IV. Discussão

Nosso estudo é pioneiro para o gênero *Callithrix*, para o qual existe carência de estudos relacionados a parâmetros de paisagem que influenciam a presença de espécies nativas ou invasoras. Concluímos que, em geral, as métricas selecionadas não foram muito relevantes para explicar a ocorrência das espécies do gênero, o que é um primeiro passo para direcionar novos estudos.

### 4.1 Espécies Nativas

Embora o modelo nulo tenha sido encontrado entre os modelos plausíveis para ambas as espécies do gênero que estão ameaçadas de extinção, verificamos que *Callithrix aurita* e *C. flaviceps* possuem maiores chances de serem encontradas em ambientes que tenham menor grau de fragmentação da paisagem e em habitats com maiores distâncias de centros urbanos respectivamente, fatores que indicam ambientes mais preservados, o que concorda com estudos que apontam que são as espécies do gênero mais sensíveis a mudanças de paisagem (Melo et al., 2018). Ambas as espécies vivem em ambiente restrito, em áreas de floresta montana e submontana, onde são capazes de tolerar temperaturas baixas que chegam próximo a 0° C (PAM MAMAC, 2016). Outra particularidade dessas espécies é a dentição menos especializada para o consumo de goma quando comparada a outras espécies do gênero, e o consumo de fungos do gênero *Mycocitrus sp.* na sua alimentação (Hilário, 2010; Martins e Setz, 2000). Assim, necessitam de um ambiente que favoreça suas necessidades alimentares, que contenham a presença de bambus, onde os fungos colonizam seus colmos. Estudos comportamentais com *C. aurita* relataram ainda que é uma espécie mais retraída, com alimentação e área de ocorrência restrita e dificilmente encontrada próximo a áreas urbanas (PAM MAMAC, 2016).

*Callithrix penicillata* possui a maior distribuição geográfica do gênero, vivendo no cerrado e em áreas de Mata Atlântica (Rylands e Faria, 1993; Nicolaevsky, 2011), com grande sucesso ecológico e considerada invasora em diversas localidades (Miranda e Faria, 2001). Em nosso estudo, ela não respondeu de maneira esperada aos modelos testados para sua área de ocorrência natural na Mata Atlântica. Sugerimos que estudos futuros sejam feitos para toda a área de ocorrência da espécie, o que não foi possível pela limitação dos dados secundários que usamos, na qual não utilizamos dados do Bioma da Caatinga e Cerrado. Um estudo apontou que, em sua área de ocorrência em uma região do Cerrado, *C. penicillata* apresenta alta taxa de

ocupação, apresentando alta flexibilidade diante de ações causadas por humanos (Grande, 2012). A variável de maior poder explicativo para a espécie foi cobertura vegetal, o que seria o oposto do esperado para uma espécie considerada como generalista. Porém, talvez a alta flexibilidade da espécie e sua tolerância a alterações possa explicar a ausência de resposta a parâmetros que indiquem alterações de habitat e ações humanas, como os testados. Também sugerimos que estudos futuros considerem a utilização de parâmetros de paisagem em menor escala como tamanho do fragmento, isolamento funcional e permeabilidade da matriz, como empregados no estudo de Silva (2015), ou parâmetros que meçam aspectos locais mais específicos, como disponibilidade de fontes alimentares exclusivas como invertebrados utilizados na dieta, presença de espécies competidoras ou predadoras. Sugerimos ainda que as variáveis sejam testadas em diferentes escalas, para se verificar o efeito de escala, como em Gestich (2016).

Já para a espécie *Callithrix kuhlii*, que também possui uma distribuição geográfica limitada, ao sul da Bahia e nordeste de Minas Gerais (Rylands, 1993), devido ao pequeno número de estudos para essa espécie tivemos poucos dados para uma análise mais robusta (tabela 1). Com esta ressalva, as análises mostraram que a espécie tem mais chances de ser encontrada em áreas com maior cobertura vegetal e distantes de centros urbanos. A degradação ambiental e ações antropogênicas podem ser uma ameaça direta para *C. kullhi*, pois a espécie já se encontra na categoria Quase Ameaçada de extinção (Rylands e Kierulff, 2008). *Callithrix kuhlii* vive em ambientes de floresta ombrófila densa, ombrófila submontana e restinga (Rylands et al, 1988), e em estudos futuros recomendamos avaliar o tipo de vegetação dos locais de presença e ausência, como sendo um possível fator determinante para a ocorrência da espécie. A ocorrência de áreas de hibridização com *Callithrix penicillata* é um indicativo que *C. kuhlii* vem perdendo área de ocorrência para essa outra espécie (Neves, 2008). Embora preliminares, nossos estudos são um ponto de partida para futuros projetos para garantir manutenção a longo prazo da espécie.

Para *Callithrix geoffroyi*, o modelo nulo estava entre os melhores modelos selecionados assim não obtendo resultados claros para os fatores que influenciam na ocorrência da espécie. Essa espécie tende a ocupar uma área de vida maior, quando comparada a outras espécies do gênero (Passamani e Rylands, 2000) com estudos apontando que *C. geoffroyi* é encontrado em fragmentos com mais de 30ha, o que demonstra um certo grau de dependência da espécie para fragmentos florestais com maior tamanho (Martinelli, 2014). Por outro lado, essa espécie possui certa tolerância a modificações da paisagem, havendo relatos de grupos em monocultura de eucalipto (Passamani e Rylands, 2000), o que leva a entender que possua uma maior

plasticidade da espécie para mudanças provocadas por humanos. É necessário avaliar outras métricas para esta espécie, como clima e altitude, que aparentemente são fatores determinantes na ocorrência de *C. geoffroyi*, já que seus grupos são encontrados em áreas de baixa altitude (Passamani e Rylands, 2000), onde a maior altitude onde foi encontrada foi 659 metros (Mendes, 1993).

Como a espécie *Callithrix jacchus* possui a maior parte da sua área de ocorrência original no Cerrado (Nicolaevsky, 2011), e nossas coletas de dados e análises foram restrita ao bioma da Mata Atlântica, por esse motivo não tivemos dados para ausência, o que inviabilizou a modelagem da espécie. Em futuros estudos necessitamos ampliar a área de amostragem para os biomas da Caatinga e Cerrado.

## 4.2 Espécies Invasoras

A variável com maior poder de explicação para a espécie *Callithrix jacchus* como espécie invasora foi fragmentação de habitat, o que é o esperado para uma espécie considerada altamente generalista, e adaptável a diferentes tipos de habitats, capaz de viver em ambientes com maior grau de perturbação antrópica (Ferrari, 1993; Amora, 2013; Rylands, 2008). À medida que a paisagem vai sofrendo antropização, outras espécies de saguis consideradas mais especialistas, como *Callithrix aurita* e *C. flaviceps* vão desaparecendo, os grupos restantes que sobrevivem em paisagens mais fragmentadas ainda podem ser ameaçadas pela espécies invasoras, por competição, transmissão de patógenos e hibridização das espécies (Vale, 2015) Mas estes resultados não foram claros ao analisarmos alguns fatores que favoreceriam a presença dessas espécies, partindo da nossa premissa de que estariam ligados à rede de tráficos de animais e, conseqüentemente, mais próximos a rodovias e centros urbanos. Devido a isso, são necessários estudos futuros para analisar quais outras métricas podem ser relevantes para esse caso em especial, como, por exemplo: grau de sobreposição de nicho com as espécies nativas (combinando ou não com o potencial de invasão das espécies, conforme os resultados de Moraes, et al (2019), locais relacionadas ao tráfico de animais e introdução por humanos.

No Brasil, a maioria dos animais silvestres comercializados de forma ilegal é oriunda da região norte, nordeste e centro-oeste, sendo trazidos pelas rodovias federais, até chegar aos principais pontos de distribuição, que são as cidades de São Paulo e Rio de Janeiro (RENCTAS, 2011). Como essas espécies invasoras são vítimas do tráfico de animais e retiradas da sua região

de origem no nordeste e centro-oeste (Silva et al, 2018), era esperado que a rodovia favorecesse a ocupação humana e a introdução de espécies invasoras (Secco, 2014). Já que as métricas de distância de rodovias e centros urbanos aparentemente não possuem poder de explicação da probabilidade de ocorrência destas espécies, outros fatores devem ser mais relevantes para explicar essas invasões, como, por exemplo, ausência de predadores e disponibilidade de recursos alimentares. No caso dos saguis invasores (*Callithrix jacchus* e *C. penicillata*), eles possuem dentição mais especializada para obtenção de goma, com pré-molares e molares com duas extremidades agudas (cúspides) a mais (Bertasolli et al, 2013). Assim, estudos futuros podem testar a hipótese de que esses animais necessitam de alguns tipos de árvores específicas para sua estabilização em um fragmento invadido.

Outras variáveis, possivelmente a nível local, deveriam também ser testadas quanto à sua influência sobre a probabilidade da ocorrência dessas espécies em fragmentos florestais, como a variação da disponibilidade dos recursos essenciais aos saguis, como goma e invertebrados (Rylands, 1985; Aurichio, 1995). A conectividade funcional também pode ser um fator que pode influenciar a permanência de grupos funcionais de espécies de saguis especialistas como *Callithrix aurita* e *C. flaviceps* (PAM MAMAC, 2016), ou ser um fator importante para dispersão das espécies invasoras (*C. jacchus* e *C. penicillata*). Avaliar algumas métricas de manchas, como índice de forma ou área de borda, já que alguns fragmentos são melhores que os outros em função do potencial para disponibilidade de recursos, pode ser fundamental para avaliar a ocorrência de espécies do gênero, e pode ser uma abordagem relevante para futuros trabalhos. Uma outra possibilidade é que as espécies invasoras sejam tão agressivas e a invasão esteja já tão consolidada e ubíqua, que não seja mais possível identificar parâmetros locais e de paisagem que expliquem a invasão.

## V. Conclusão

Nosso estudo foi precursor para o gênero *Callithrix*, na qual utilizamos métricas que acreditamos que seriam eficientes para avaliar os parâmetros de paisagem na distribuição das espécies de estudo. Para estudos futuros recomendamos algumas métricas, como, por exemplo:

- Métricas relacionadas ao clima e altitude podem também ter um papel fundamental para a distribuição do gênero.
- Não encontramos nenhum estudo relacionado à tolerância de altitude e temperatura para as espécies invasoras do gênero (*C. jacchus* e *C. penicillata*), mas, como são espécies acostumadas com o clima semiárido e sazonal da Caatinga e Cerrado, provavelmente não suportariam temperaturas baixas como no caso de *C. aurita* e *C. flaviceps*, o que indicaria que clima teria um papel fundamental para distribuição de todo o gênero *Callithrix*.
- A qualidade do fragmento também pode ter papel fundamental para presença das diferentes espécies de *Callithrix*, levando em conta que a mudança local e a perda de vegetação podem prejudicar mais algumas espécies do gênero consideradas especialista do que as generalistas
- Apesar de algumas das métricas selecionadas representarem parâmetros de paisagem que influenciam a presença de outras espécies de mamíferos, incluindo alguns primatas, tais variáveis parecem não contribuir muito para explicar a probabilidade de ocorrência das espécies de *Callithrix* na Mata Atlântica.
- Em nosso trabalho utilizamos dados para análise de paisagem em longa escala que acreditamos que seriam eficientes para medir os padrões de como os diferentes processos ecológicos afetam a presença das espécies do gênero *Callithrix*, recomenda-se em estudos futuros utilização em métricas em diferentes escalas.
- Após nosso estudo avaliamos que algumas métricas em fina escala podem manifestar melhor a ocorrência de invasão de saguis como: distância de habitação, registro de atropelamentos, e registros de apreensões de tráfico de animais.

- Também recomenda-se futuro estudos considerando o histórico de cada espécie e outros métodos como os mencionados anteriormente para conclusões mais precisas que posteriormente possam se transformar em políticas de conservação, principalmente para as espécies do gênero que estão ameaçadas de extinção (*C. aurita* e *C. flaviceps*).

## Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, M. A. B. et al. Brasil RA. **Yellow fever outbreak affecting *Alouatta* populations in Southern Brazil (Rio Grande do Sul State), 2008-2009.** American Journal of Primatology, 2011.
- AMORA, T.D. et al. **Use of alternative plant resources by common marmosets (*Callithrix jacchus*) in the semi-arid caatinga scrub forests of northeastern Brazil.** American Journal of Primatology, 2012.
- ANDRADE, F. S. A. et al. **Presença e distribuição de espécies exóticas na zona de influência de duas trilhas no Parque Nacional da Serra do Cipó – MG.** Scientia Agricola. Vol. 40, 2012.
- ANDREN, H. **Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review.** Oikos, 1994
- ANZURES-DADDA, A.; MANSON, R. H. **Patch and landscape-scale effects on howler monkey distribution and abundance in rainforest fragments.** Animal Conservation, 2006
- ArcGIS. An Overview of Map Projections.** Fevereiro de 2018 Disponível em: [http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/3.5/index.cfm?TopicName=An\\_overview\\_of\\_map\\_projections](http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/3.5/index.cfm?TopicName=An_overview_of_map_projections). Acesso: 18 de outubro de 2019.
- ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; MANDUJANO, S. **Conceptualization and measurement of habitat fragmentation from the primates perspective.** International Journal of Primatology, 2009
- ARROYO-RODRÍGUEZ, V. et al. **Assessing habitat fragmentation effects on primates: the importance of evaluating questions at the correct scale.** In: Marsh L., Chapman C. (eds) Primates in Fragments. Developments in Primatology: Progress and Prospects. Springer, New York, NY 2013.
- ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; DIAS, P. A. D. **Effects of Habitat Fragmentation and Disturbance on Howler Monkeys: A Review.** American Journal of Primatology, 2010.
- ARROYO-RODRÍGUEZ, V.; MANDUJANO, S. **Conceptualization and measurement of habitat fragmentation from the primates perspective.** International Journal of Primatology, 2009.

- AURICCHIO, P. **Primatas do Brasil**. Terra Brasilis, 1995.
- BARBIERI, E. **A redução da biodiversidade**. Secretária de Agricultura e Abastecimento de São Paulo, 2012.
- BECHARA, I. M. **Abordagens metodológicas em Biogeógrafa da Conservação para avaliar risco de extinção de espécies: um estudo de caso com *Callithrix aurita* (Primates: Callitrichidae)**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- BENCHIMOLL, M.; PERES, C. A. **Anthropogenic modulators of species–area relationships in Neotropical primates: a continental-scale analysis of fragmented forest landscapes**. Diversity and Distributions, 2013.
- BERNARDO, C. S. S.; GALETTI, M. **Densidade e tamanho populacional em um fragmento florestal no sudeste do Brasil**
- BERNARDO, P. V. S. **Padrões e distribuição de mamíferos de médio e grande porte em paisagens fragmentadas**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) – Universidade Federal de Goiás.
- BERTOSOLLI, B. M. et al. **Classificação morfofuncional dos dentes de saguis-de-tufo-branco (*Callithrix jacchus*, *Callitrichidae*), saguis-de-tufo-preto (*C. penicillata*) e saguis-de-cara-branca (*Callithrix geoffroyi*)**. Acta Amazonia, 2013.
- BRAZ, A. G. et al. **Climate change is likely to affect the distribution but not parapatry of the Brazilian marmoset monkeys (*Callithrix* spp.)**. Diversity and Distributions, 2008.
- BURNHAM, K. P.; ANDERSON, D. R. **Model selection and multimodel inference: A practical information - theoretical approach**. Colorado: Springer, 2002.
- CALAÇA, A. M. et al. **A influência da fragmentação sobre a distribuição de carnívoros em uma paisagem de cerrado**. Neotropical Biology and Conservation. 2010.
- CALCAGNO, V.; MAZANCOURT, C **Glmulti: an R package for easy automated model selection with (generalized) linear models**. Journal of Statistical Software, 2010.
- CAMPOS, V. E. W. **O efeito da fragmentação na diversidade específica e funcional de primatas no Brasil**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Rio Claro.
- CANALE, G. R. et al. **Pervasive defaunation of forest remnants in a tropical biodiversity hotspot**. Plos one, 2012.
- CASTELLÓN, M. F. de La Fuente. **Padrões comportamentais do sagui comum (*Callithrix jacchus*) em ambiente de caatinga**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Rural de Pernambuco, Recife.

- CASTRO, C. S. S. **Distribuição e potencial de invasão do sagui *Callithrix penicillata* (é. geoffroy, 1812) no território brasileiro.** Revista Brasileira de Zoologia, 2013.
- CHIARELLO, A. G. **Effects of fragmentation of the Atlantic forest on mammal communities in south-eastern Brazil.** Biological Conservation, 1997
- COSTA, M. D. et al. **Densidade, tamanho populacional e conservação de primatas em fragmento de Mata Atlântica no sul do Estado de Minas Gerais, Brasil.** Iheringia, Série Zoologia, 2012.
- CULOT, L. et al. **Atlantic-Primates: A dataset of communities and occurrences of primates in the Atlantic Forests of South America.** Ecology. Vol.11, 2019
- CUTRIM, F. H. R. **Aspectos do cuidado cooperativo em dois grupos de *Callithrix jacchus* selvagens.** 2007. Dissertação (Mestrado em Psicobiologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.
- DECANINI, Daniel Paz. **Socialidade em sagüis do cerrado (*Callithrix penicillata*): estratégias comportamentais nas relações intra e intergrupo.** 2006. Dissertação (Mestrado em Ecologia) - Universidade de Brasília, Brasília.
- ELLIS, E. C. **Sustaining biodiversity and people in the world's anthropogenic biomes.** Current opinion in environmental sustainabilit. 2016.
- ESTRADA, A. et al. **Impeding extinction crisis of the world's primates: Why primates matter.** Science Advances, 2017.
- ESTRADA, A. et al. **Primates in agroecosystems: conservation value of some agricultural practices in Mesoamerican landscapes.** American Journal of Physical Anthropology, 2005.
- ESTRADA, A. et al. **Primates in peril: the significance of Brazil, Madagascar, Indonesia and the Democratic Republic of the Congo for global primate conservation.** PeerJ, 2019.
- FABRICANTE, J.R. et al. **Invasão biológica de *Artocarpus heterophyllus* Lam. (Moraceae) em um fragmento de Mata Atlântica no Nordeste do Brasil: impactos sobre a fitodiversidade e os solos dos sítios invadidos.** Acta Botanica Brasilica, 2012.
- FAHRIG, L et al. **Is habitat fragmentation bad for biodiversity?** Biological Conservation, 2019.
- FAHRIG, L. **Effects of habitat fragmentation on biodiversity.** Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst, 2003.
- FERRARI, S. F.; RÍMOLI, J. **A Primatologia no Brasil.** 1. Ed., Vol. 9. Aracaju. Sociedade Brasileira de Primatologia, 2008.

- FERRARI, S.F. **The behavior and ecology of the buffy-headed marmoset, *Callithrix flaviceps* (O, Thomas, 1903)**. 1988. Tese (Doutorado em Zoologia) – University College London. Inglaterra.
- FERREIRA, M. C. S. D. **Influência na fragmentação de três primatas neotropicais ameaçados de extinção no nordeste do Brasil**. 2017. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- FISCHER, J.; LINDENMAYER, D. B. **Landscape modification and habitat fragmentation a synthesis**. Global Ecology and Biogeography, 2007.
- FRANCISCO, T.M. et al. **Exsudativoria em saguis do gênero *Callithrix***. Natureza on line, novembro de 2015.
- FREITAS, E. B. **Survey of populations of mammals and birds in a fragment of the high caatinga sertão sergipano**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal de Sergipe, Sergipe.
- GESTICH, C. C. **Influence of landscape attributes on occurrence of primates and density of *Callicebus nigrifrons* in the northeast of São Paulo state, Brazil**. 2016. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Federal de Campinas.
- GIBSON, L. et al. **Primary forests are irreplaceable for sustaining tropical biodiversity**. Nature, vol. 478, 2016.
- GRANDE, T. O. de. **Ocupação de fragmentos florestais e uso da matriz por primatas na paisagem urbanizada de Goiânia, Goiás**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) – Universidade Federal de Goiás.
- GRELLE, C.E.V.; CERQUEIRA, R. **Determinantes da distribuição geográfica de *Callithrix flaviceps* (Thomas) (Primates, Callitrichidae)**. Revista Brasileira de Zoologia, 2006.
- HILÁRIO, R. R. et al. **A primate at risk in Northeast Brazil: local extinctions of Coimbra Filho's titi (*Callicebus coimbrai*)**. Primates, 2017.
- HILÁRIO, R. R. **Padrão de atividades, dieta e uso de hábitat por *Callithrix flaviceps* na Reserva Biológica Augusto Ruschi**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- HILARIO, R.R.; FERRARI, S. F. **Feeding ecology of a group of buffy-headed marmosets (*Callithrix flaviceps*): fungi as a preferred resource**. American Journal of Primatology, 2010.

**ICMBio. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção.** Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. V-8, 2016.

KIERULFF, M. C. M. et al. **The Golden lion tamarin *Leontopithecus rosalia*: a conservation success story.** International Zoo Yearbook, Londres, 2012.

I. Revista Brasileira de Zoologia, 2004.

LAURANCE, W. F. et al. **Impacts of roads and linear clearings on tropical forests.** Trends in Ecology and Evolution. Vol.24. 2009.

LENZ, B. B. et al. **Edge Effects in the Primate Community of the Biological Dynamics of Forest Fragments Project, Amazonas, Brazil.** American Journal of Physical Anthropology, 2014.

MALUKIEWICZ, J. et al. **Natural and Anthropogenic Hybridization in Two Species of Eastern Brazilian Marmosets (*Callithrix jacchus* and *C. penicillata*).** Plos one, 2015.

MANTILLA, Gina Rodo. **Ingestão alimentar e nutricional de *Callithrix jacchus*: Relação de hierarquia social e disponibilidade de alimento.** 2012. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

MARROIG, G. et al. **Systematics and evolution of the jacchus group of marmosets (*Platyrrhini*).** American journal of physical anthropology, 2004.

MARTINELLI, F. S. **Fragmentação florestal, perda de habitat e ocorrência de primatas na Mata Atlântica.** Dissertação (Mestrado em Biologia Animal). Universidade Federal do Espírito Santo, 2014.

MARTINS, C. R. et al. **Impacto da invasão e do manejo do capim-gordura (*Melinis minutiflora*) sobre a riqueza e biomassa da flora nativa do Cerrado sentido restrito.** Revista Brasileira de Botânica, 2011.

MARTINS, I. G. **Padrão de atividade do sagui *Callithrix jacchus* numa área de Caatinga.** 2007. Dissertação (Mestrado em Psicobiologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

MARTINS, M. M.; SETZ, E. Z. F. **Diet of Buffy Tufted-Eared marmosets (*Callithrix aurita*) in a forest fragment in southeastern Brazil.** International Journal of Primatology, 2000.

MATTHEWS, Sue. **América do sul invadida: a crescente ameaça das espécies exóticas invasoras.** Secretaria da GISP, 2005.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da mata atlântica e campos sulinos,** 2000.

- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Controle de gramíneas exóticas invasoras em unidades de conservação do cerrado**. Brasília, 2012.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Espécies exóticas invasoras: situação Brasileira**. Brasília, 2006.
- MINISTERIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília, 2013.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Gestão do Manejo de Espécies Exóticas Invasoras no Brasil**. Brasília, 2018.
- MIRANDA, G. H. B.; FARIA, D. S. **Ecological aspects of black-pincelled marmoset (*Callithrix penicillata*) in the cerradão and dense cerrado of the Brazilian central plateau**. Brazil Journal Biology, 2000.
- MORAES JÚNIOR, Márcio Marcelo de. **Os saguis (*Callithrix spp.*, Erxleben, 1777) exóticos invasores na bacia do Rio São João, Rio de Janeiro: Biologia populacional e padrão de distribuição em uma paisagem fragmentada. 2010**. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes.
- MORAES, A. M. et al. **Predicting the potential hybridization zones between native and invasive marmosets within neotropical biodiversity hotspots**. Global Ecology and conservation, 2019.
- MORAES, A. M.; MELO, F. R de. **Distribuição geográfica de *Callithrix aurita* e *Callithrix flaviceps* e avaliação espacial de sua zona de intergradação nos municípios de Espera Feliz, Caiana e Caparaó, MG**. In: MELO, F. R de; MOURTHÉ, I., A primatologia no Brasil volume 11. Belo Horizonte, 2011.
- NEVES, L. G.. **Distribuição geográfica e conservação de *Callithrix kullii* (Coimbra-Filho, 1985) (Primates, Callitrichidae) no sul da Bahia, Brasil. 2008**. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus.
- NICOLAEVSKY, Bertha. **Distribuição geográfica e modelagem de habitat das espécies do gênero *Callithrix* (Primates, Callitrichidae)**. 2011. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória.
- NUNES, A. M. **Ecologia conectiva e forrageio social em híbridos de *Callithrix penicillata* x *Callithrix jacchus* (Primates: Cebidae: Callithichinae) introduzidos na ilha de Santa Catarina**. 2006. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

- OLIVEIRA, A. B. L. **Presença ou ausência do *Callithrix aurita* em fragmentos de mata atlântica.** 2012. Dissertação (Mestrado em Gestão e Conservação dos Recursos Naturais) – Instituto Técnico de Lisboa, Lisboa.
- OLIVEIRA, D. G. R. **Primates do cerrado: conservação, biogeografia e mudanças climáticas.** 2015. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília.
- OLIVEIRA, I. A. A. **Padrão de dispersão e análise de área de uso de uma população urbana de saguis-do-nordeste *Callithrix jacchus*.** 2013. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Recife.
- PASSAMANI, M. **Ecologia e comportamento de um grupo de sagui-da-cara-branca (*Callithrix geoffroyi*) em um fragmento de mata atlântica no Espírito Santo.** 1996. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- PASSAMANI, M.; RYLANDS, A. B. **Home range of a Geoffroy's marmoset group, *Callithrix geoffroyi* (Primates, Callithrichidae) in South-Eastern Brazil.** Revista Brasileira de Biologia, São Carlos, v. 60, 2000.
- PEGADO, C. M. A. et al. **Efeitos da invasão biológica de algaroba - *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. Sobre a composição e a estrutura do estrato arbustivo-arbóreo da caatinga no Município de Monteiro, PB, Brasil.** Acta Botanica Brasilica, 2006
- PEREIRA, D. G. **Interações entre espécies exóticas invasoras e espécies nativas: calitriquídeos no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, RJ.** 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Universidade Federal Fluminense, Niterói.
- PINTO, L. P. et al. **Mata Atlântica brasileira: os desafios para a conservação da biodiversidade de um hotspot mundial.** Essências em Biologia da Conservação, 2014.
- PINTO, L. P. et al. **Mata Atlântica Brasileira: os Desafios para Conservação da Biodiversidade de um Hotspot Mundial.** In: ROCHA, H. C. et al. Biologia da Conservação: essências. São Carlos, 2006.
- PIRES, A. S. et al. **Vivendo em um mundo em pedaços: efeitos da fragmentação florestal sobre comunidades e populações animais.** In: ROCHA, H. C. et al. Biologia da Conservação: essências. São Carlos, 2006.
- Plano de Ação Nacional para a Conservação dos Mamíferos da Mata Atlântica Central (Pan Mamac).** Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Brasília, 2016.
- PRUGH, L. R. et al. **Effect of habitat area and isolation on fragmented animal populations.** PNAS. vol. 105. 2008.

R Core Team (2019). **R: A language and environment for statistical computing**. 2019. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

RANTA, P. et al. **The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments**. *Biodiversity and Conservation* 7, 385-403. 1998.

REDE NACIONAL DE COMBATE AO TRÁFICO DE ANIMAIS SILVESTRES (RENCTAS). **Primeiro relatório nacional sobre o tráfico de animais silvestres**. Brasília 2011.

REIS, N. R. et al. **Mamíferos do Brasil**. 1. Ed. Londrina. Biblioteca Central da Universidade Estadual de Londrina, 2006. 437p.

REZENDE, C. L. et al. **From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest**. 2018. *Perspectives in Ecology and Conservation* 16. 208–214

RIBEIRO, M. C. et al. **ATLANTIC SPATIAL: A dataset of spatial and climate variables for the Atlantic Forests of South America**, 2019.

RIBEIRO, M. C. et al. **The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation**. *Biological Conservation*, 2009.

ROCHA, M. F.; PASSAMANI, M. **Uso do espaço por um grupo de saguis-da-cara-branca (*Callithrix geoffroyi*) no sudeste do Brasil**. 2009. *Boletim do Museu Nacional Mello Leitão*.

RODRIGUES, P. J. F. F; NASCIMENTO, M. T. **Fragmentação florestal: breves considerações teóricas sobre efeitos de borda**. Rodriguésia, 2006.

RYLANDS, A. B. et al. **Primates of the Rio Jequitinhonha valley, Minas Gerais, Brazil**. *Primate Conservation*. 1988.

RYLANDS, A. B. et al. **Systematics, geographic distribution, and some notes on the conservation status of the Callitrichidae. Marmosets and tamarins: systematics, behaviour, and ecology**. Oxford University Press. 1993.

RYLANDS, A. B. et al. **The systematics and distributions of the marmosets (*Callithrix*, *Callibella*, *Cebuella*, and *Mico*) and Callimico (*Callimico*) (Callitrichidae, Primates)**. In: FORD, S. M.; PORTER, L. M.; DAVIS, L. C. (eds), *The Smallest Anthropoids: The Marmoset/Callimico Radiation*. Springer, 2009.

RYLANDS, A. B. et al. ***Callithrix aurita***. 2008. The IUCN Red List of Threatened Species.

RYLANDS, A. B. et al. ***Callithrix flaviceps***. 2008. The IUCN Red List of Threatened Species.

- RYLANDS, A. B. **Sympatric Brazilian callitrichids: the black tufted-ear marmoset, *Callithrix kuhli*, and the golden-headed lion tamarin, *Leontopithecus chrysomelas*.** Journal of human evolution. 1989.
- RYLANDS, A. B.; FARIA, D.S. **Habitats, feeding and home range size in the genus *Callithrix*. Marmosets and Tamarins (Sistematics, Behaviour and Ecology).** Oxford Univ. Press. New York, 369p., 1993.
- RYLANDS, A. B; KIERULFF, M. C. M. 2008. ***Callithrix kuhlii*.** In: IUCN Red List of Threatened Species. 2008.
- SECCO, Helio Kinast Cruz. **Impacto da rodovia sobre primatas: O caso de estudo do sagui-de-tufos-pretos (*Callithrix penicillata*).** 2014. Dissertação (Ecologia Aplicada) – Universidade Federal de Lavras.
- SILVA, D. F. **Controle populacional de espécies silvestres invasoras por meio de laqueadura e vasectomia em primatas *Callithrix penicillata*: relato de caso.** Veterinária e Zootecnia, 2018.
- SILVA, E. D. R. **Escolha de alvos coespecíficos na observação do uso de ferramentas por macaco-prego (*Cebus libidinosus*) selvagens.** 2008. Dissertação (Mestrado em Psicologia) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SILVA, F. F. R. **Distribuição do gênero *Callithrix* no estado de Minas Gerais: Introdução de espécies e hibridação.** 2014. Dissertação (Mestrado em Biologia Animal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- SILVA, L. G. et al. **Patch Size, Functional Isolation, Visibility and Matrix Permeability Influences Neotropical Primate Occurrence within Highly Fragmented Landscapes.** Plos one. 2015.
- SILVA, M. A. F. et al. **Frugivory and potential seed dispersal by the exotic invasive marmoset *Callithrix jacchus* (Primates, Callitrichidae) in an urban**
- TABARELLI, M et al. **Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira.** Megadiversidade. Vol.1. 2005.
- TRAAD, R. M. et al. **Introdução das espécies exóticas *Callithrix penicillata* (Geoffroy, 1812) e *Callithrix jacchus* (Linnaeus, 1758) em ambientes urbanos (Primates: Callitrichidae).** Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade, vol.2, 2012.
- TSCHARNTKE, T. et al. **Landscape moderation of biodiversity patterns and processes – eight hypotheses.** Biology Reviews. 2012.
- VALE, C. A.; FREZOTO, F. **Invasões biológicas: o caso do mico-estrela (*Callithrix penicillata*).** Ces Revista, vol.29, 2015.

- Vasconcelos PFC. 2017. Yellow fever. In: Marcondes CB, ed. Arthropod Borne Diseases. New York: Springer
- VIEIRA, M. et al. **Mamíferos**. Eleono, 2003.
- WHITTINGHAM, M. J; et al. 2005. **Habitat selection by yellowhammers emberiza citronella on lowland farmland at two spatial scales: implications for conservation management**. Journal of Applied Ecology, 2005.
- ZAGO, L. et al. **Dieta de *Callithrix penicillata* (E. Geoffroy, 1812) (Primates, Callitrichidae) introduzidos na Ilha de Santa Catarina**. Biotemas, 2013.
- ZAGO, L. **Fatores determinantes no uso do espaço por *Callithrix penicillata* (E. Geoffroy, 1812) introduzidos em fragmento urbano**. 2012. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- ZILLER, S. R.; ZALBA S. **Propostas de ação para prevenção e controle de espécies exóticas invasoras**. Natureza & Conservação, vol. 5, 2007.