



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
BIODIVERSIDADE

INFLUÊNCIA DA ESTRUTURA DA PAISAGEM NOS PADRÕES DE
MOVIMENTO DO CACHORRO-DO-MATO (*Cerdocyon thous*)

CLAUDIA ZUKERAN KANDA

Tese apresentada ao Instituto de
Biociências do Campus de Rio
Claro, Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
como parte dos requisitos para
obtenção do título de Doutora em
Ecologia e Biodiversidade

Outubro - 2021

CLAUDIA ZUKERAN KANDA

Influência da estrutura da paisagem nos padrões de movimento do
cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*)

Tese apresentada ao Instituto de Biociências
do Campus de Rio Claro, Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Doutora em Ecologia e
Biodiversidade.

Orientador: Prof. Dr. Milton Cezar Ribeiro

Co-orientador: Prof. Dr. Luiz Gustavo Rodrigues Oliveira-Santos

RIO CLARO

2021

K16i	Kanda, Claudia Zukeran Influência da estrutura da paisagem nos padrões de movimento do cachorro-do-mato (<i>Cerdocyon thous</i>) / Claudia Zukeran Kanda. -- Rio Claro, 2021 136 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro Orientador: Milton Cezar Ribeiro Coorientador: Luiz Gustavo Rodrigues Oliveira-Santos 1. Movement ecology. 2. Landscape ecology. 3. Population ecology. I. Título.
------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

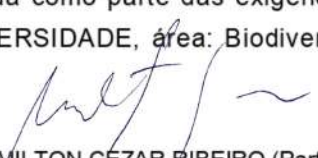
TÍTULO DA TESE: Influência da estrutura da paisagem nos padrões de movimento e na densidade populacional do cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*)

AUTORA: CLAUDIA ZUKERAN KANDA

ORIENTADOR: MILTON CEZAR RIBEIRO

COORIENTADOR: LUIZ GUSTAVO RODRIGUES OLIVEIRA SANTOS

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em ECOLOGIA E BIODIVERSIDADE, área: Biodiversidade pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. MILTON CEZAR RIBEIRO (Participação Virtual)
Departamento de Biodiversidade / Instituto de Biociências de Rio Claro UNESP

Prof. Dr. ROGERIO CUNHA DE PAULA (Participação Virtual)
CENAP - Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Mamíferos Carnívoros / ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

Prof. Dra. JULIA EMI DE FARIA OSHIMA (Participação Virtual)
Departamento de Ecologia / Universidade de São Paulo

Prof. Dra. FERNANDA CAVALCANTI DE AZEVEDO (Participação Virtual)
Programa de Conservação Mamíferos do Cerrado / PCMC

Prof. Dr. FERNANDO SILVA LIMA (Participação Virtual)
Algoritmo: ciência, tecnologia e Comércio LTDA

Rio Claro, 27 de setembro de 2021

Título alterado para: Influência da estrutura da paisagem nos padrões de movimento do cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*)

Agradecimento

O meu sucesso profissional só foi possível pelo total apoio e amor que recebi de três famílias especiais. Minha família, por acreditar no meu sonho em seguir a carreira de pesquisadora, me incentivou emocionalmente e financeiramente. Foram dois anos apertados, sem bolsa de estudos (e outros tantos no “limbo”), mas meu coração sempre foi aquecido com palavras de que a ciência dentro do meu coração não podia parar. Família Kanda: tia Darcy, tio Kiyoshi e Haruzinha, pelo incentivo e pelos inúmeros gestos de carinho e amor. Família Takao, por ter me acolhido com toda a paciência e gentileza em Rio Claro.

Aos meus queridos orientadores, Miltinho e Luiz Gustavo (LG), agradeço pelos infinitos ensinamentos que me proporcionaram. O meu progresso atual e futuro será sempre mérito de suas dedicações.

Ao Luca Börger e todos do Swansea Laboratory for Animal Movement (SLAM), especialmente à Holly, Emma e Wren, pelo acolhimento e paciência com o meu inglês precário.

A todos os meus irmãos e irmãs da República Nemelés e Casa Monstro, por compartilharem todas as alegrias e me apoiarem em todas as dificuldades. Com toda a certeza, meu coração sempre estará aquecido pelas inúmeras lembranças de suas amizades e afeto e claro, das gastronomias.

Ao meu eterno time, Softball/Baseball UNESP Rio Claro. Agradeço por sempre animarem o meu dia, mesmo durante os treinos no sol escaldante do meio-dia. E por todos os momentos emocionantes compartilhados em cada lançamento, rebatida e defesa nos campeonatos. Yoshaa!!!

Ao Carlinhos, Urucum e Ursinho por bravamente terem enfrentado a missão de cruzar dois estados na “confortável” bandeirantes e junto com o LG, Filipe, Thiago, Pati, Mateus, Wanessa, Lilian e Jefferson, por terem se aventurado em terras alagadas em busca dos lobinhos. Agradeço de coração à Vanesa, Lucas e Urucum por terem me ajudado amigavelmente enquanto estive me recuperando da operação.

À Pati, Gabriela, Thiago, Say, Marli e Wilson que proporcionaram ótimos momentos durante a minha residência temporária e frequente em Campo Grande.

Ao LG, Pâmela C. Antunes e Guilherme Mourão pela confiança em compartilhar os dados de monitoramento de uma paisagem e assim, tornar possível as análises comparativas realizadas nesta tese.

A todos do departamento de ecologia da UFMS, departamento de ecologia e pós-graduação da UNESP, Rio Claro (em especial, a Cris e a Ivana) por todo o suporte e inúmeras burocracias resolvidas.

A todos do LEEC e agregados pelos bons momentos do cafezinho. Com especial carinho e que deixará muita saudade a convivência cotidiana, Rodrigo Mineiro, Victor, Ju Oshima, Vanesa, Natália e Ju Assis.

A todos da Fazenda São Bento e Fazenda Alegria por terem nos recebido com toda a cordialidade e gentileza. Em especial, ao Heitor e Bruna pelo acolhimento hospitaleiro; à dona Lurdes e dona Rosa pelas deliciosas refeições e alegria compartilhada; à Graziela por nos salvar com os empréstimos de equipamentos; ao Filipe, Bruno e o tratorista por nos socorrer inúmeras vezes dos atoleiros e um viva as habilidades de motorista do LG!

Aos meus amigos de Swansea, Molly, Charles, Annabel, Samuel, Akina, Tomoko, Kazuya, Foo Piew, Shuyi, Han, Sarah, Mike, todos do English Corner e Signpost. E com todo o carinho, agradeço à Helena e ao Mohsen pela sincera amizade.

Ao Laury Cullen Jr e Fernando Lima, por me ensinar e ainda ensinarem com suas verdadeiras palavras e ações de sabedoria. Sensacional!

Aos financiadores na qual apoiaram todo o desenvolvimento de minha tese: minha família; Programa de Apoio à Pós-graduação (PROAP 817737/2015); Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) – Universal 425746/2016-0; **processo nº 2013/50421-2, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP); processo nº 2016/11595-3, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP); processo nº 2019/04851-1, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP);** e por fim, O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Resumo

Compreender os mecanismos que impulsionam o movimento dos animais em diferentes condições de paisagem pode contribuir para prever como os efeitos das mudanças na paisagem podem alterar a dinâmica do uso do espaço e consequentemente, a interação entre os organismos. Neste sentido, o cachorro-do-mato apresenta características ecológicas interessantes para começarmos a entender um pouco mais sobre a sua ecologia de movimento, por possuírem uma ampla distribuição geográfica e ocorrer desde ambientes naturais a antropizados. Desta forma, eu abordo nesta tese, diferentes análises de padrões de movimento e uso do espaço deste carnívoro social generalista em dois contextos florestais de paisagem, uma com aproximadamente 15% e outra com cerca de 50% de cobertura florestal.

Para investigar o tema proposto, meus objetivos específicos foram desenvolvidos ao longo dos capítulos de minha tese, as quais descrevo abaixo.

No capítulo 01 faço uma revisão bibliográfica a respeito da ecologia geral e ecologia do movimento da espécie e informações obtidas durante o desenvolvimento desta tese. A maior parte das informações disponíveis sobre a ecologia espacial da espécie no Brasil foram estudos de monitoramento realizados via rádio-telemetria, sendo estas disponíveis em literatura cinza (dissertações e teses) na língua portuguesa. Somado a esta carência de publicações científicas, quase todos os estudos se limitaram a estimar o tamanho da área de vida e sobreposição entre elas, assim como o uso e seleção de habitat. Nenhum estudo se aprofundou em analisar os mecanismos que poderiam estar moldando os padrões de movimento observados. Apesar de ser um canídeo generalista, os resultados reforçam a divergência entre os registros de ocorrência da espécie e os conhecimentos reais a acerca da espécie. Estas lacunas de conhecimento a respeito da ecologia da espécie podem dificultar a avaliação do impacto das ameaças na população e do entendimento dos efeitos de sua ecologia de movimento nos processos ecológicos.

No capítulo 02, eu avalio se os padrões de movimento do cachorro-do-mato diferem entre as paisagens. Para isso, eu classifico as estratégias de movimento (e.g. residente, nômade, migratório ou dispersivo) e modos de movimento (e.g., exploratório ou estacionário) do cachorro-do-mato em duas escalas temporais, série temporal de um ano e série temporal de dois anos. Os resultados indicaram que o cachorro-do-mato possui estratégia sedentária com alguns modos exploratórios eventuais e também, alguns indivíduos dispersivos, independente do contexto da paisagem estudado.

No capítulo 03, eu avalio se o tamanho e o tempo de cruzar a sua área de vida, assim como a distância diária percorrida e o padrão de atividade diferem entre as duas paisagens

florestais estudadas. Nossos resultados fornecem indicações da inter-relação entre o contexto da paisagem e a organização espacial da população, indicando um aumento na área de vida e na sobreposição espacial entre os indivíduos na paisagem florestal contínua.

Por fim, no capítulo 04, eu avalio a existência e o intervalo temporal de movimentos periódicos dentro das áreas de vida. Os padrões de movimentos periódicos foram mais presentes e com alta significância da periodicidade diária em indivíduos na paisagem de manchas florestais do que na paisagem florestal, possivelmente ocasionada pelo maior efeito na patrulha territorial e no uso de manchas de recursos dentro de suas áreas de vida neste ambiente.

Ao final da tese, apresento as conclusões gerais e as atividades acadêmicas de ensino e pesquisa desenvolvidas ao longo do meu período do doutorado. Em resumo, essa tese ressalta a importância em se considerar a influência do contexto de paisagem no movimento e organização espacial de uma população. Estas variações implicam em diferentes efeitos quando interligarmos a relação existente entre o movimento animal e sua função ecológica no ambiente, moldando o tempo e o local na qual esta função poderá ocorrer.

Palavras-chave: ecologia de movimento, ecologia de paisagem, ecologia de população.

Abstract

Understanding the mechanisms that drive the movement of animals in different landscape conditions can help to predict how the effects of changes in the landscape can change the dynamics of space use and, consequently, the interaction between organisms. In this context, the crab-eating fox has interesting ecological characteristics to we start to explore more about its movement ecology, as it has a wide geographic distribution and occurs from natural to anthropized environments. Thus, in this thesis, I approach different analyzes of movement patterns and space use of this generalist social carnivore in two forest landscape contexts, one with approximately 15% and the other with approximately 50% forest cover.

To investigate the proposed theme, my specific objectives were developed in distinct chapters, which I describe below.

In chapter 01, I did literature review about the ecology and movement ecology of this species. I also included information obtained during the development of this thesis. Most of the information about the spatial ecology of the species in Brazil was obtained through radio monitoring and is present in gray literature (dissertations and theses) in Portuguese. Added to these lack of scientific publications, almost all studies were limited to assessing the size of the home range and overlap, as well as the use and selection of habitat. No study explored details of the mechanisms that could be shaping the observed movement patterns. Despite the crab-eating fox being considered a generalist canid, my results highlight the divergence between the high records of the species distribution and limited ecological knowledge about it. These knowledge gaps regarding its ecology could be difficult to assess the impact of threats on the population and the effects of its movement ecology on the ecological process.

In chapter 02, I assess whether movement patterns differ between landscapes. For this purpose, I classify the movement strategies (e.g., resident, nomadic, migratory or dispersal) and movement modes (e.g., exploratory or stationary) of the wild dog into two temporal scales, one-year time series and two-year time series. My results indicate that the crab-eating fox has a residency strategy with occasional exploratory modes and also, some dispersal individuals, regardless of the landscape context studied.

In chapter 03, I estimate the size and the time to cross its home range, as well as if the daily distance moved and the activity pattern differs between the two forest landscapes studied. Our results provide indications of the relationship between the landscape context and the spatial organization of the population, indicated by an increase in home range and a decrease in the spatial overlap between individuals in the continuous forest landscape.

Finally, in Chapter 04, I assess the presence and the interval of periodic movements within the home range in two forest landscape contexts. Periodic movement patterns were more present and with the high significance of daily periodicity in the forest patches landscape than in the forest landscape. These results, possibly indicating high border patrol of territory and the use of resource patches within their home ranges in the patchy landscape.

At the end of the thesis, I present the general conclusions and the research activities developed during my doctoral period. In summary, this thesis highlights the importance of considering the influence of the environmental context on the movement and spatial organization of a population. And also, these variations could imply different effects in the environment when we integrate the relationship between animal movement and its ecological function, shaping the time and place in which this function may occur.

Keywords: movement ecology, landscape ecology, population ecology.

Sumário

Introdução geral.....	8
Capítulo 01	10
Cachorro-do-mato, ecologia e movimento	10
Resumo	11
Características gerais	11
Ecologia de movimento	19
Conclusão	26
Referências	27
Material suplementar - capítulo 1	31
Chapter 02.....	34
Exploratory resident strategy in crab-eating fox	34
Abstract.....	35
1. Introduction	35
2. Materials and methods.....	37
3. Results	41
4. Discussion.....	45
5. References	46
Chapter 03.....	62
Space use and influence of landscapes	62
Abstract.....	63
1. Introduction	63
2- Material and methods	65
3- Results	68
4 - Discussion	74
5 - Reference.....	76
Chapter 03: Supplementary material	80
Chapter 04.....	92
Periodic movement	92
Resumo	93
1. Introdução.....	93
2. Material e métodos	96
3. Resultado	99
4. Discussão	101

5. Referências	103
Capítulo 04: Material suplementar	109
Conclusão geral da tese	120
Material suplementar da tese	121
Outras abordagens em desenvolvimento	124
Atividades acadêmicas	132

Introdução geral

Carnívoros generalistas, embora abundantes e com inúmeros registros de ocorrência nos Neotrópicos, ainda carecem de muitas informações acerca de sua ecologia (Nagy-Reis et al. 2020). Em se tratando de ecologia de movimento e organização espacial de canídeos sociais territoriais, muitos conhecimentos estão restritos a espécies que formam grandes matilhas (Tallents et al. 2012, Potts and Lewis 2014, Kittle et al. 2015, Péron et al. 2017, Sells et al. 2021) ou mesmo espécies consideradas solitárias (Giuggioli et al. 2011, Potts et al. 2013, Potts and Lewis 2014). Canídeos sociais territoriais que formam grupos restritos de indivíduos e que podem compartilhar do mesmo território, mas que possivelmente não andam juntos concomitantemente ainda carecem de estudos sobre a sua organização espacial.

Neste contexto, o cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*) é uma espécie particularmente interessante a ser estudado, uma vez que é um canídeo generalista (Ferraz et al. 2010), que vive em pequenos grupos territoriais composto por um casal e ocasionalmente os seus filhotes (Macdonald and Courtenay 1996, Oliveira 2002, Maffei and Taber 2003, Rocha 2006, Bianchi 2009, Santos Júnior 2013, Campanha 2014, Bianchi et al. 2016). Apesar deste comportamento flexível e social, também pode ser visto andando sozinho (Bianchi 2009, Campanha 2014) e pouco se sabe sobre seus padrões de movimento e como é a organização espacial da população em diferentes contextos de paisagem.

Como carnívoros generalistas estão amplamente distribuídos em paisagens distintas, entender as diferenças nos padrões de uso espacial e de movimento em paisagens naturais também é um primeiro passo para avaliarmos as capacidades de comportamentos assumidos como naturalmente flexíveis. A paisagem em que a população está inserida parece influenciar como os mamíferos carnívoros se movimentam e utilizam o espaço (Morato et al. 2016, Péron et al. 2017). Assim como o grau das relações sociais também podem ser influenciados pelos fatores ambientais, uma vez que a qualidade ambiental pode diminuir o comportamento territorial em mamíferos carnívoros (Elbroch et al. 2015, Sells et al. 2021).

Desse modo, nesta tese eu avalio o uso do espaço e os padrões de movimento em múltiplas escalas espaciais e temporais de um carnívoro generalista territorial, o cachorro-do-mato, em duas paisagens do Pantanal com distintas coberturas florestais. Primeiramente, faço uma síntese sobre a ecologia da espécie e a evolução dos estudos sobre a ecologia de movimento da espécie. Em seguida classifico as estratégias de movimento (e.g., migratório, dispersivo, residente, ou nômade) e os modos comportamentais de movimento (e.g., estacionário, exploratório). Na sequência, estimo os tamanhos das áreas de vida individuais e a sobreposição

espacial entre as mesmas, as distâncias percorridas por dia e os padrões de atividade. Por fim, avalio os padrões de periodicidade e circulação no movimento dentro da área de vida. Ressalto que todos estes padrões de movimento citados foram contrastados quanto as suas particularidades em diferentes contextos de paisagem em que os indivíduos foram monitorados.

Capítulo 01

Cachorro-do-mato, ecologia e movimento



Resumo

O cachorro-do-mato é um canídeo generalista territorial, vivendo em grupo composto por um casal e eventualmente, seus filhotes. Possui ampla distribuição geográfica na América do Sul e pode ser encontrado em diversos tipos de ambientes naturais e antropizados. Neste capítulo faço uma síntese dos estudos em ecologia de movimento e uso do espaço deste carnívoro generalista para avaliar a evolução dos conhecimentos a respeito do tema. Para isso, abordo os tipos de tecnologias empregadas no rastreamento, a quantidade de indivíduos monitorados e os principais resultados de cada estudo. Primeiramente, inicio o capítulo trazendo informações a respeito da espécie para a contextualização de sua biologia e ecologia para posteriormente, desenvolver o objetivo proposto. Também acrescento, ao longo de todo o capítulo, informações pontuais obtidas durante o desenvolvimento desta tese. Ainda que sejam observações limitadas, estas podem ser informativas para uma espécie que ainda é pouco estudada e monitorada em vida livre. Apesar de mencionar aspectos gerais a respeito da dieta e de algumas doenças, não inclui a vasta bibliografia existente sobre ambos os assuntos. Quase todas as informações sobre a ecologia de movimento da espécie no Brasil (n=15) foram obtidas por rádio-telemetria e, aproximadamente metade dos estudos foram divulgados em português e em literatura cinza. Além disso, os estudos abordaram essencialmente, uso e seleção de habitats, estimativas de tamanho e sobreposição nas áreas de vida. Apenas dois estudos rádio-monitoraram mais do que 20 indivíduos e o restante, foram em média, 3 indivíduos. Já nos dois estudos que utilizaram colares GPS, os autores monitoraram cerca de 10 indivíduos. Embora seja uma espécie relativamente comum e ocorrendo em uma ampla variedade de ambientes, desde os naturais aos antrópicos, ainda pouco se sabe sobre diversos aspectos ecológicos do uso do espaço de cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*). Este limitado conhecimento confirma a necessidade de maiores incentivos nos estudos ecológicos desta espécie em ampla variedade de condições ambientais.

Características gerais

É um canídeo considerado de porte médio, pesando em média entre 5 e 8 kg (Berta 1982, Macdonald and Courtenay 1996, Courtenay and Maffei 2004). Possuem coloração da pelagem variável, exibindo tonalidades corporal que variam de tigrados cinza ao marrom claro e, usualmente com tons de pelos variando de pálidos a mais escuros (Berta 1982, Courtenay and Maffei 2004). A ocorrência de um indivíduo com leucismo foi

relatada para a espécie em Petrolina, Pernambuco (Oliveira et al. 2019). A cauda é relativamente longa, com pelos longos e de coloração preta em sua base (Berta 1982, Courtenay and Maffei 2004). As medidas médias externas (Figura 01 e Tabela S2, material suplementar) compiladas para a espécie foram de: comprimento da cabeça e corpo 64,3 cm; comprimento da cauda 28,5 cm; comprimento do pé 13,2 cm (Langguth 1970, apud Berta 1982).

Durante as minhas capturas de cachorros-do-mato para o desenvolvimento desta tese, o peso médio dos indivíduos foi de $5,48 \pm 0,89$ kg (14 indivíduos) em uma paisagem com 15% de cobertura florestal e de $6,16 \pm 1,07$ kg (19 indivíduos) na paisagem com 49% de cobertura (os detalhes dos procedimentos de captura podem ser encontrados na seção “Relatos de captura e telemetria” deste capítulo). Na primeira paisagem mencionada os machos pesavam $5,5 \pm 0,96$ kg e as fêmeas $5,45 \pm 0,86$ kg e na outra paisagem, $6,19 \pm 1,17$ kg para machos e $6,1 \pm 0,94$ kg para fêmeas (Kanda, C.Z., dados não publicados). Já as medidas corporal externa obtidas dos indivíduos capturados na paisagem com 15% de cobertura florestal foram de: comprimento da cabeça e corpo $66,39 \pm 6,03$ cm; comprimento da cauda $29,04 \pm 4,36$ cm; comprimento do pé $13,68 \pm 0,81$ cm; comprimento do metatarso $8,82 \pm 0,65$ cm; circunferência do pescoço $23,44 \pm 1,37$ cm; circunferência da cabeça $26,89 \pm 2,24$ cm; circunferência do tórax $36,26 \pm 2,39$ cm; altura $35,25 \pm 2,62$ cm (Kanda, C.Z., dados não publicados – Tabela S2).



Figura 01 – Medidas externas mensuradas nos cachorros-do-mato (*Cerdocyon thous*) monitorados por GPS durante o desenvolvimento do doutorado, no Pantanal da Nhecolândia. HL: comprimento da cabeça; BA: comprimento do corpo; TL: comprimento da cauda; FL: comprimento do pé; ML: comprimento

do metatarso; Circunferência do pescoço, indicada pela presença do colar; HC: circunferência da cabeça; CC: circunferência do tórax; H: altura.

Filogenia

O cachorro-do-mato é a única espécie pertencente ao gênero *Cerdocyon* (monoespecífico). Dos quatro agrupamentos monofiléticos reconhecidos por Zrzavý et al. (2018) (Urocyon, Vulpini, Cerdocyonina e Canina), a espécie pertence ao grupo dos canídeos sul-americanos Cerdocyonina, nas quais também estão presentes os gêneros *Speothos*, *Chrysocyon*, *Atelocynus* e *Lycalopex*. Apesar das espécies deste grupo de canídeos serem de tamanho parecido com as raposas do grupo Vulpini, elas são mais aparentados com os canídeos do grupo dos lobos, o grupo Canina (Facure et al. 2020).

Distribuição geográfica

Possui ampla distribuição geográfica na América do Sul, ocorrendo no Equador, Colômbia, Venezuela, Brasil, Paraguai, Uruguai, Argentina, Bolívia, tendo poucos registros na Guiana e Suriname (Lucherini 2015) e um registro no Panamá (Tejera et al. 1999) (Figura 02). No Brasil, ocorre em todos os biomas brasileiros, com exceção de parte da Amazônia (Beisiegel et al. 2013, Lucherini 2015). Estudos genéticos indicam uma partição filogeográfica da espécie, um grupo divergindo para a porção do nordeste do Brasil e outra para a porção restante de sua distribuição geográfica (Tchaicka et al. 2007).

Distribution Map

Cerdocyon thous



Legend
 ■ EXTANT (RESIDENT)

Compiled by:
 International Union for the Conservation of Nature 2015

Figura 02 – Distribuição geográfica do cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*). Fonte: Lucherini (2015).

Reprodução

Os cachorros-do-mato se reproduzem sazonalmente, com uma (Macdonald and Courtenay 1996, Souza et al. 2012) ou duas ninhadas por ano (Brady 1978, citado por Berta, 1982) e com uma média de nascimentos de dois a três filhotes (2,6 filhotes – Macdonald and Courtenay, 1996; 1,6 filhotes – Bianchi 2009; 3 a 6 filhotes – Brady 1978, citado por Berta 1982). Os nascimentos foram registrados entre agosto e dezembro (agosto a novembro – Souza et al. 2012; final de outubro e início de novembro – Bianchi 2009; novembro e dezembro – Macdonald and Courtenay 1996) e entre janeiro e fevereiro

(Brady 1978 citado por Berta 1982). Considerando o período de gestação que pode variar entre 52 e 60 dias (Brady 1978 citado por Berta 1982; Souza et al. 2012), o acasalamento é estimado ocorrer entre junho e setembro (Macdonald and Courtenay 1996, Bianchi 2009, Lemos and Facure 2011, Souza et al. 2012).

Durante o monitoramento de uma população, entre agosto e dezembro, em uma propriedade particular no Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul, nós registramos com armadilha fotográfica, uma fêmea prenha em dezembro de 2016 (Figura 03) e capturamos uma fêmea prenha e uma lactante em setembro de 2017. Durante o rastreamento por VHF da fêmea prenha, após seis dias de sua captura, o sinal indicou que ela estava dentro de uma toca entre os caraguatás (*Bromelia* sp.), dentro de uma cordilheira. O registro ocorreu às 9 horas da manhã (Figura 04), mas não sabemos se os filhotes já haviam nascido. No monitoramento de um casal, Oliveira (2002) observou que o uso de toca parece estar mais relacionado a criação da prole, podendo assim o nosso registro estar relacionado ao possível nascimento dos filhotes.



Figura 03 – Registro de uma fêmea prenha em dezembro de 2016 em uma propriedade particular no Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul.



Figura 04 - Toca utilizada por uma fêmea, na qual estava gestante em sua captura. Após seis dias de rastreamento, encontramos ela dentro da toca localizada em meio aos caraguatás (*Bromelia* sp.) e não sabemos se os filhotes já haviam nascido. Fotos: Alves, R.S.C.

Com relação ao cuidado parental, a bibliografia indica que os filhotes se alimentam do leite materno entre um mês e 90 dias, após este período, começam a consumir alimentos sólidos e, após 5 meses consomem apenas alimentos sólidos (Brady 1978, citado por Berta 1982). Em cativeiro, foi observado um macho levando comida para a fêmea no primeiro terço da gestação e continuando até 90 dias após o parto (Souza et al. 2012). Também foi observado este mesmo macho levando comida para os filhotes (Souza et al. 2012). Em vida livre, o monitoramento dos filhotes de seis casais indicou que eles permanecem com os pais por aproximadamente 15 meses e que podem atingir o peso de um adulto após 3 meses de idade (captura de uma fêmea pesando 5 kg - Bianchi, 2009). A puberdade ocorreu aos 9 meses de idade em duas fêmeas monitoradas em

cativeiro e ao longo do estudo não foi observado nenhuma mudança comportamental ou clínica, como visíveis mudanças na vagina indicando o estro (Souza et al. 2012).

Habitat

A espécie pode ser encontrada em uma variedade de habitats, desde paisagens naturais quanto a agrícolas, como cultivos de cana-de-açúcar, de eucalipto (Michalski et al. 2006), pomares e, pastagens (Ferraz et al. 2010, Dotta and Verdade 2011, Lemos et al. 2011b). Apesar desta flexibilidade, a espécie parece ser dependente de ambientes florestais nativos (Berta 1982, Trovati et al. 2007, Di Bitetti et al. 2009, Ferraz et al. 2010, Dotta and Verdade 2011, Lemos et al. 2011b, Marchiori 2016) e paisagens heterogêneas (Ferraz et al. 2010). Além disso, em simpatria com a raposa-do-campo (*Lycalopex gymnocercus*), os cachorros-do-mato podem ocupar ambientes de matas mais densas (Vieira and Port 2007, Di Bitetti et al. 2009).

Ainda que seja a espécie com mais registros de ocorrência no banco de dados de carnívoros no Neotrópico (mais de 11 mil registros; Nagy-Reis et al. 2020), pouco se sabe a respeito da importância de vegetações florestais para o cachorro-do-mato em diferentes cenários de cobertura e configuração de habitats. A seleção dos diferentes habitats em uma área no Pantanal pareceu ser similar ao disponível (Bianchi 2009) e em duas reservas na Mata Atlântica, o cachorro-do-mato foi mais registrado em armadilhas fotográficas instaladas em locais com cobertura intermediária de floresta (Goulart et al. 2009).

Densidade populacional

As populações são consideradas estáveis por serem relativamente comuns em toda a sua distribuição geográfica, embora não se tenham estimativas precisas do tamanho populacional nos diversos tipos de ambientes nos quais a espécie ocorre (Beisiegel et al. 2013, Lucherini 2015). A estimativa da densidade populacional parece variar de acordo com as características ambientais. Na Mata Atlântica, as estimativas foram de 0,78 indivíduos/km² em uma área de restinga (com base em dados captura e recapturas; Faria-Corrêa et al. 2009) e de 0,35 indivíduos/km² no sudoeste de São Paulo (Beisiegel et al. 2013). Na região do Pantanal da Nhecolândia foram estimadas entre 0,24 indivíduos/km² nas paisagens de planícies inundáveis, 0,41 indivíduos/km² em paisagens com manchas florestais e 0,55 indivíduos/km² em paisagens com vegetações arbustivas (com base em dados de transectos, Desbiez et al. 2010) e em uma fazenda nesta mesma região, 0,8 indivíduos/km² (com base em dados de áreas de uso por rádio telemetria; Rocha 2006).

Dieta

Os cachorros-do-mato são onívoros e oportunistas, consumindo uma grande variedade de itens como: frutos, insetos, crustáceos, pequenos mamíferos, aves, répteis, anfíbios, carcaças e ovos de diversas espécies (Lemos et al. 2011b, Bianchi et al. 2014, De Matos Dias and Bocchiglieri 2016). A composição da dieta se dá principalmente por frutos e artrópodes, mas ela pode variar dependendo da estação (Bianchi et al. 2014) e do tipo de habitat na qual a população se encontra (Lemos and Facure 2011, Bianchi et al. 2014). Alguns estudos sugerem que a espécie pode adequar a sua dieta de acordo com os itens e abundância de recursos alimentares ofertados (Lemos and Facure 2011, Bianchi et al. 2014), nas quais buscam recursos agregados em pares, mas frequentemente os consomem separados no mesmo local (Lemos and Facure 2011), havendo apenas um relato de predação cooperativa de uma jiboia adulta (da Silva et al. 2018).

Devido ao seu alto consumo de frutos (Juarez et al. 2002, Facure and Giaretta 2003, Rocha et al. 2008, Bianchi et al. 2014), associado a capacidade de retenção de sementes por longo tempo no seu trato digestivo (média de 7,7 horas; Varela and Bucher 2006) e sua contribuição na aceleração da germinação das sementes consumidas (Varela and Bucher 2006, Cazetta and Galetti 2009), potencialmente a espécie pode desempenhar um importante papel na dispersão de espécies da flora a longa distância.

Em 3 anos de observação direta para avaliar o tamanho do grupo de forrageio, Lemos and Facure (2011) observaram que os cachorros forrageiam em pares e/ou com filhotes, mais frequentemente na estação úmida, e individualmente na estação seca. Os autores sugerem que essa resposta sazonal possa ser devido a diminuição na disponibilidade de recursos alimentares abundantes e com distribuição agregada como frutos e insetos durante a estação úmida. Além disso, embora os mesmos autores tenham visto frequentemente os indivíduos forrageando em pares, eles nunca observaram uma caça cooperativa, exceto pelo registro de Silva et al. (2018).

Ameaças

Por ser considerada “pouco preocupante” quanto ao risco de extinção (Lucherini 2015), não existe um plano de ação específico para a conservação no Brasil (Beisiegel et al. 2013), mas algumas ações de conservação devem ser consideradas importantes para a sobrevivência da espécie. Por exemplo, devido à alta plasticidade da dieta e no uso de habitats, o seu contato com o ser humano tem se intensificado e conseqüentemente, as

retaliações devido ao conflito com os relatos de predação de animais domésticos (Courtenay and Maffei 2004, Lemos et al. 2011a, 2011b). Relatos como o envenenamento e a perseguição por cachorros domésticos também parecem ser recorrentes em áreas de pecuária (Lemos et al. 2011a, 2011b, Santos Júnior 2013).

A diminuição de habitats naturais tem pressionado para que a espécie tenha maior proximidade a ambientes antrópicos, potencializando desta forma o possível risco de transmissão de doenças. Por exemplo, relatos de indivíduos de cachorro-do-mato com doenças de animais domésticos, como a sarna sarcóptica (Beisiegel et al. 2013) e cinomose (Hübner et al. 2010) foram encontrados. Outras doenças que podem acometer a espécie são as endoparasitose por *Coccidia*, *Taeniidae* e *Anoplocephalidae*, encontrada nas fezes em áreas de criação de gado em uma região de Minas Gerais (Facure et al. 2020). Apesar dos canídeos não serem hospedeiros comuns dos protozoários *Coccidia*, a sua ocorrência nas amostras de fezes pode estar relacionado pelo consumo de itens contaminados pelas fezes de outros animais infectados (Facure et al. 2020). Cachorros-do-mato com infecção por *Leishmania* e *Tripanossoma cruzi* aparentemente não são reservatórios para animais domésticos, mas estes podem o ser para o canídeo silvestre (Rocha 2006).

Outra consequência desta proximidade a ambientes modificados é a alta taxa de atropelamentos da espécie em todo o Brasil (Lyra-Jorge et al. 2008, Lemos et al. 2011b, Santos Júnior 2013, Freitas et al. 2015, Ascensão et al. 2017, Abra et al. 2021), mas com poucas informações a respeito de quais fatores são relevantes para o planejamento de mitigação do atropelamento da espécie e ausência de planos efetivos para a mitigação e resolução deste problema.

Ecologia de movimento

O movimento dos animais pode determinar o funcionamento e manutenção dos processos ecológicos de um ecossistema, uma vez que conduzem consigo os processos por onde se movimentam. Assim, a ecologia do movimento proporciona uma infinidade de possibilidades de conhecimento das interações e funções ecológicas de uma espécie (e.g. dispersão de sementes, transporte de pólen, de nutrientes, comportamento social, disseminação de doenças). Embora se tenham muitos registros do cachorro-do-mato em sua ampla distribuição geográfica (Nagy-Reis et al. 2020), ainda existem poucos estudos revelando particularidades de seu movimento e aplicações deste conhecimento na

conservação ambiental. Por serem animais generalistas, por exemplo, poderiam auxiliar na regeneração de ambientes restaurados.

Desta forma, nesta seção, realizo uma revisão bibliográfica de estudos em ecologia do movimento do cachorro-do-mato e busco avaliar o avanço no conhecimento a respeito da ecologia espacial da espécie. Para tanto, realizei buscas, no primeiro semestre de 2021, na plataforma acadêmica do Google contendo a combinação entre as palavras-chave, “crab-eating fox”, “cachorro-do-mato”, “*Cerdocyon thous*”, “movement ecology”, “ecology”, “reproduction”, “ameaça” “threats” e “sociability”. Todos os estudos utilizando tecnologias de telemetrias e que foram conduzidas no Brasil foram incluídas nesta revisão.

Minha revisão indicou que os estudos de monitoramento da espécie por telemetria ainda são escassos ($n=15$) e ainda, quase a metade destes (46,67%) foram redigidos em português e, na mesma proporção, estão em literatura cinza (Tabela S1). Apesar de uma dissertação (Juarez 1997) e uma tese (Bianchi 2009) terem sido publicadas posteriormente como artigos científicos, estes não apresentavam todos os detalhes sobre a biologia e ecologia da espécie encontradas em suas obras universitárias. Em quase sua totalidade, todos os estudos sobre a ecologia do movimento da espécie envolveram o monitoramento por radiotransmissores e abordaram essencialmente, as estimativas de tamanho e sobreposição de áreas de vida e, uso e seleção de habitats (Figura 05).

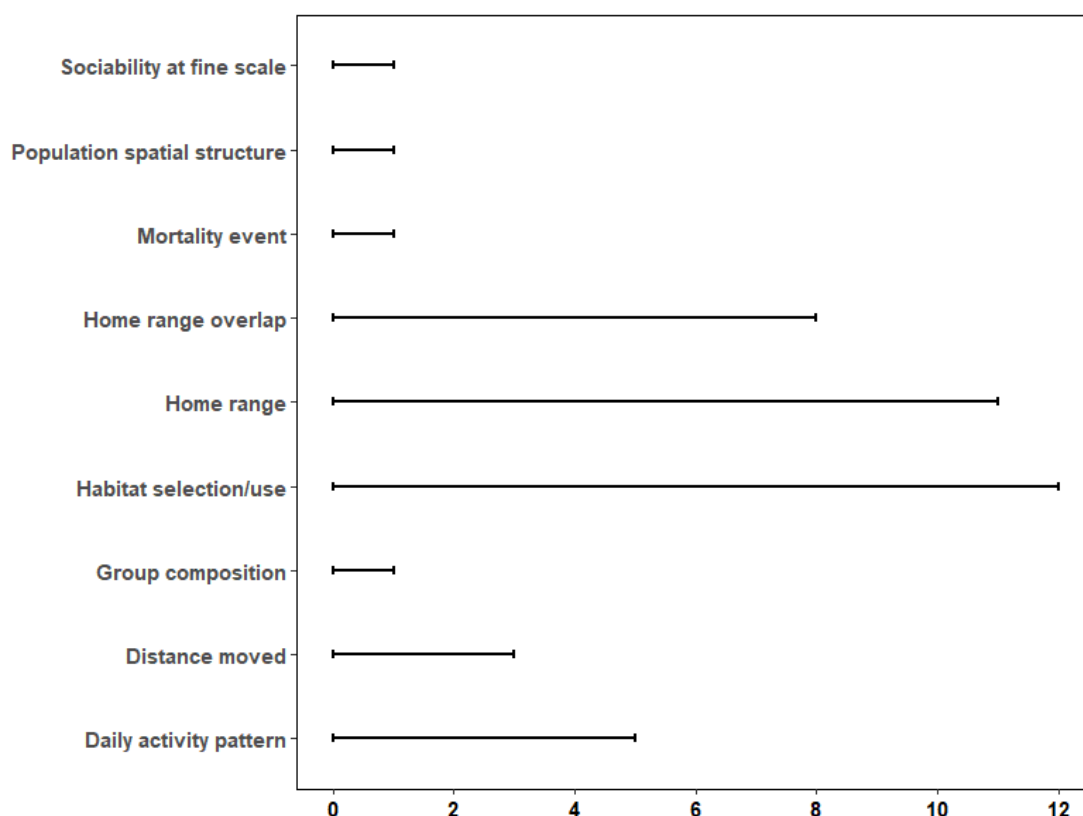


Figura 05 – Quantidade de estudos em ecologia de movimento do cachorro-do-mato (*Cercopithecus thous*) por assuntos abordados. Os detalhes de cada referência podem ser encontrados no material suplementar, Tabela S1.

Excepcionalmente, Macdonald e Courtenay foi o primeiro estudo científico publicado encontrado em minha revisão bibliográfica, em 1996, e ainda, com a maior quantidade de indivíduos monitorados. Estes autores acompanharam, por rádio-telemetria, o uso espacial de 28 indivíduos durante 22 meses; sendo o precursor no entendimento da organização espaço-temporal da população de cachorro-do-mato. Com exceção do estudo mencionado, a maioria dos estudos com VHF monitoraram entre 1 e 7 animais ($n=11$), publicados entre 1997 e 2016. Apenas 2 estudos utilizam a tecnologia GPS, com 10 e 11 animais monitorados e publicados respectivamente em 2014 e 2018.

Uso e seleção de habitat

O uso e seleção de habitat pela espécie está associado ao tipo de ambiente na qual o estudo foi conduzido, sendo relatado a seleção desde ambientes florestais a áreas alteradas e cultivadas (Macdonald and Courtenay 1996, Oliveira 2002, Courtenay and Maffei 2004, Michalski et al. 2006, Trovati and Brito 2007, Santos Júnior 2013,

Campanha 2014, Bianchi et al. 2016). No entanto, o cachorro-do-mato não selecionou nenhum habitat específico na escala mais fina, dentro de sua área de vida, usando todos os habitats aleatoriamente (Michalski et al. 2006, Bianchi et al. 2016).

E em sua minoria, os estudos apresentam o tipo de ambiente no qual os animais se encontravam durante a triangulação dos pontos de localizações (Juarez 1997, Courtenay and Maffei 2004, Trovati et al. 2007) e muitos utilizaram abordagens nas quais consideraram alguma base para a estimativa de seleção de habitat, como a proporção de habitats disponíveis (Macdonald and Courtenay 1996, Maffei and Taber 2003, Michalski et al. 2006, Rocha 2006, Bianchi 2009, Campanha 2014, Bernardo 2018).

Alguns estudos ainda abordaram questões diferentes com relação ao uso de habitats. Oliveira (2002) relatou o deslocamento rápido de uma fêmea dentro da plantação de eucalipto e o uso de uma toca dentro de um canavial por um casal. Este autor ainda observou que, em noites de lua cheia e sem nuvens, o casal radiomonitorado se deslocava em áreas de vegetação mais fechada e evitavam áreas abertas, passando rapidamente ou utilizando pequenas de vegetação mais densas. Juarez (1997) também relatou um fato parecido, na qual um indivíduo mostrou-se mais ativo quando a lua estava coberta por nuvens e permaneceu dentro de um cerrado enquanto estava mais claro. Já Bernardo (2018) avaliou a distância de afastamento em matrizes com relação às bordas florestais pelo monitoramento de indivíduos com colares GPS, indicando que aproximadamente 19,23% das localizações se encontram dentro das cordilheiras florestais e que, apesar dos indivíduos monitorados terem a disponibilidade de utilizarem profundidades de 400 m, eles não se afastaram mais do que 158 m em relação às bordas florestais (Bernardo 2018).

Área de vida e territorialidade

Em geral, a maioria dos estudos de ecologia do movimento da espécie estimaram o tamanho das áreas de vida e suas sobreposições (Figura 04), sem aprofundar os mecanismos que poderiam estar moldando os padrões observados. Com o avanço na área de ecologia do movimento, os pesquisadores viram a necessidade de fundamentar as questões ecológicas para além das estimativas do tamanho das áreas de vida, levando em consideração todo o contexto ambiental e social para o entendimento dos padrões de uso do espaço (Börger et al. 2008, Fieberg and Börger 2012, Powell and Mitchell 2012). Desta forma, atualmente, comparações entre os diferentes tipos de estimadores utilizados nos estudos não possuem fundamentações sem uma intrínseca relação com as questões/objetivos ecológicas envolvidas (Fieberg and Börger 2012).

Poucos estudos, como as de Macdonald e Courtenay (1996) e de Santos Júnior (2013), abordaram questões além das estimativas do tamanho das áreas de vida e suas sobreposições. O rádio monitoramento de uma população a longo prazo (28 indivíduos durante 22 meses) realizado por Macdonald e Courtenay (1996) contribuiu para o entendimento da organização espaço-temporal da espécie. Os autores puderam acompanhar 8 territórios, ocupados por um casal e filhotes que permaneceram por volta de um ano e que eventualmente retornavam a sua área natal após sua dispersão, sem um padrão de retorno definido. Neste mesmo estudo, eles observaram que a formação de novos territórios se dava pela associação entre filhotes de diferentes territórios vizinhos e que estavam na fase dispersiva. Além disso, constataram que quando um indivíduo de um território estabelecido morria, novos pares eram formados, permanecendo ou não neste território. Já Santos Júnior (2013), rádio-monitorou indivíduos antes e depois do enchimento de um reservatório e aparentemente houve uma tendência na diminuição do tamanho médio da área de vida (MCP 100%) após o enchimento. Essa tendência não foi observada na população de cachorros-do-mato monitorados em outra região sob ausência dos efeitos do reservatório. Diante do exposto, estudos abordando questões de como a seleção de territórios podem estar baseados nos benefícios de recursos (e.g. alimentares, parceiros, tocas) e custos de competição (e.g. número de territórios vizinhos, tamanho do grupo – apenas o casal ou quando estão em associação com os filhotes jovens) ainda são raros e necessitam de atenções em pesquisas futuras.

Padrão de atividade

Todos os estudos que avaliaram o padrão de atividade, por meio de dados de movimento, indicam que o cachorro-do-mato possui hábitos crepusculares noturnos, repousando em locais variados no entorno do meio-dia (Oliveira 2002). O início e a diminuição de suas atividades diárias não foram consensuais entre os estudos, podendo ser pelas diferenças na quantidade e nos horários de triangulação das localizações dos indivíduos monitorados por rádio-colares. Além disso, a determinação de atividade e inatividade variou desde o uso de sensores de atividade (Maffei and Taber 2003), da presença/ausência de deslocamento entre dois pontos consecutivos durante a triangulação (Juarez 1997), do cálculo da distância acumulada percorrida por hora de dados de GPS (Campanha 2014) e até de alguns estudos nas quais não apresentaram a definição exata de sua mensuração, apenas descrevendo o padrão observado (Macdonald and Courtenay 1996, Oliveira 2002).

Comportamento social

Poucos estudos abordaram as questões sociais para além da mensuração de sobreposição espacial de áreas de vida, mas todos indicam que o cachorro-do-mato é uma espécie social territorial que vive em pares ou em pequenos grupos familiares (Macdonald and Courtenay 1996, Oliveira 2002, Maffei and Taber 2003, Rocha 2006, Bianchi 2009, Santos Júnior 2013, Campanha 2014, Bianchi et al. 2016).

Alguns estudos, além de estimarem a sobreposição entre as áreas de vida, relataram os avistamentos dos indivíduos rádio-monitorados sozinhos ou com outro indivíduo (Oliveira 2002, Maffei and Taber 2003, Rocha 2006, Trovati et al. 2007, Bianchi 2009). Os estudos de Macdonald e Courtenay (1996) e Bianchi 2009 acompanharam as populações a longo prazo (22 meses e três anos, respectivamente) e puderam observar pares fixos (Bianchi 2009) e mudanças nos pares quando um dos indivíduos vinha a óbito (Macdonald and Courtenay 1996). Bianchi (2009) também registrou duas fêmeas, radio monitoradas, que mantinham territórios exclusivos e que não foram observadas formando pares estáveis com machos adultos, sendo observadas com indivíduos subadultos (menos de 1,5 anos) por períodos variáveis, sem a confirmação de que se tratava de seus filhotes.

Macho e fêmea do mesmo grupo social, radio monitorados, permaneceram a pelo menos 100 m um do outro no período de atividade (63% dos pontos - Macdonald e Courtenay 1996) e não se distanciam mais de 540 m (Oliveira 2002). A distância média de deslocamento entre um e outro foi de 232 m e ambos dormiam aparentemente juntos ou muito próximos (Oliveira 2002). Apesar da proximidade, aparentemente cada um forrageava sozinho e o autor acha que quando a fêmea estava com filhotes o macho levava comida para ela (Oliveira 2002).

Já no monitoramento simultâneo por colares GPS com registros de localizações a cada 5 minutos, indicou uma proximidade entre 20 e 250 m entre indivíduos do mesmo grupo, ocorrendo algumas vezes durante poucos minutos (alguns eventos sem indicação de duração dos encontros e outros indicando variação entre 35 a 170 minutos) e alguns encontros ocorriam apenas durante o período de descanso (Campanha 2014).

Relatos de captura e telemetria

Todas as capturas de cachorro-do-mato reportadas nos estudos, utilizaram gaiolas médias do tipo Tomahawk (Tabela S1), exceto por Maffei e Tabber (2003) e Santos Júnior

(2013) na qual utilizaram armadilhas do tipo trampa - captura prendendo os membros (respectivamente, Victor Soft CatchTM e Soft Catch Spring acolchoadas com borracha). Além disso, Santos Júnior (2013) também testou dois tipos de telas nas armadilhas Tomahawk, a com tela gradeada e a com tela em chapa. O sucesso de captura de carnívoros entre estes três tipos de armadilhas citadas e testadas por Santos Júnior (2013) não apresentou diferença significativa. Apesar de o autor não ter utilizado concomitantemente os três tipos de armadilhas nas mesmas regiões de estudo, que possuem variações na densidade populacional de carnívoros, a do tipo gaiola capturou 5 espécies (cachorro-do-mato - *Cerdocyon thous*, lobo-guará - *Chrysocyon brachyurus*, raposa-do-campo - *Lycalopex vetulus*, mão-pelada - *Procyon cancrivorus* e jaguatirica - *Leopardus pardalis*) e a trampa, apenas cachorro-do-mato e o lobo-guará.

Dos estudos avaliados, apenas um testou o tipo de iscas no sucesso de captura. Oliveira (2002) não encontrou nenhuma relação entre o tipo de isca morta (pedaço de carne) ou viva (sem descrição do item) no sucesso de captura de carnívoros, mas relatou que o uso de caldos proveniente da fervura de carne, peixe e galinha em direção a armadilha se mostrou eficiente.

Nenhum dos estudos analisados reportaram problemas e/ou mortes durante as capturas e procedimentos de manipulação dos animais para a coleta de dados biológicos e instalação dos colares de monitoramento (ver referências material suplementar- Tabela S1). Apenas encontrei o relato dos autores Jones et al. (1996), citado na tese de Oliveira (2002), de cachorros-do-mato que quebraram caninos ou garras entre as grades das armadilhas do tipo gaiola, na qual os autores recomendam a diminuição entre os espaços de suas telas utilizadas para capturas.

Para as minhas capturas dos cachorros-do-mato, eu utilizei armadilhas do tipo Tomahawk para médios carnívoros (13x13x30cm), iscadas com bacon e sardinhas. As armadilhas foram instaladas ao final da tarde em locais sombreados, cobertas com folhas e verificadas na manhã do dia seguinte. A imobilização química dos animais foi por meio de aplicação de injeção intramuscular de tiletamina e zolazepan (Zoletil 50, Virbac) nas doses de 10 mg/kg. Todos os indivíduos foram pesados, suas medidas biométricas determinadas e as idades estimadas (Tabela apresentada no material suplementar do capítulo 01) e, apenas os indivíduos adultos foram equipados com colares GPS (TIGRINUS com download de dados via Receptor TIGRINUS). Todos os procedimentos de manipulação dos indivíduos foram acompanhados e realizados por veterinários e

também, mediante as autorizações SISBio 53089 e pelo comitê de ética CEUA-IB-UNESP-CRC, data de registro CEUA 29.04.2016.

Os relatos de ocorrência de mortes durante o rastreamento por meio dos transmissores dos colares variaram entre 1 mês a 3 anos após a instalação dos colares e as causas reportadas foram: velhice (Bianchi 2009), predação natural (Santos Júnior 2013), envenenamento (Lemos et al. 2011a) e atropelamento (Santos Júnior 2013). Em minhas capturas e monitoramento, dos três indivíduos que receberam o colar GPS acoplado com o acelerômetro, apenas um veio a óbito após um mês da instalação do equipamento. Eu encontrei o colar próximo ao crânio do indivíduo durante o rastreamento deste para o download dos dados. A causa de sua morte é desconhecida, mas o indivíduo apresentou diferença em seu padrão de movimento (distância percorrida por dia) subitamente dois dias antes da indicação de sua morte (ausência de deslocamento) (Figura 06) e também, se tratava de um indivíduo sem uma área de vida estabelecida (ver resultados capítulo 2, indivíduo id15).

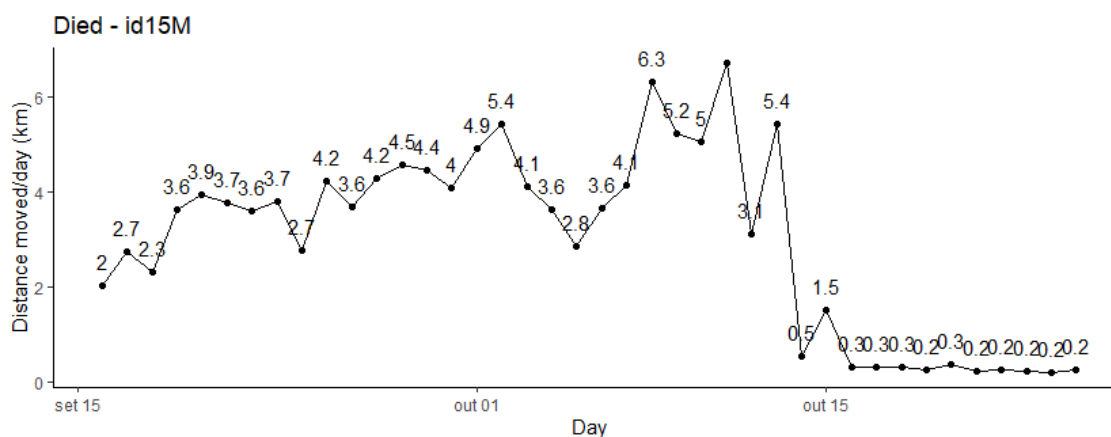


Figura 06 – Distância média movida por dia de um cachorro-do-mato que veio a óbito após um mês da instalação do colar GPS acoplado a um sensor acelerômetro. O animal apresentou uma queda brusca na distância média percorrida no dia 14 de outubro e aparentemente veio a óbito no dia 16 de outubro (Kanda, C.Z., dados pessoais).

Conclusão

Os mais de onze mil registros de ocorrência compilados no banco de dados de carnívoros no Neotrópico (Nagy-Reis et al., 2021), reforçam a divergência entre os registros de ocorrência e os conhecimentos acerca da espécie. Estas lacunas de conhecimento a respeito da ecologia da espécie podem dificultar a avaliação do impacto

das ameaças nas populações e consequentemente, no planejamento de ações específicas para a sua conservação a longo prazo. Principalmente quanto a informações sobre a influência das paisagens agrícolas e consequências da alta incidência de atropelamentos nas populações a longo prazo.

Por ser uma espécie que se movimentam em diversos tipos de ambientes, poderiam proporcionar uma grande contribuição para o entendimento de sistemas com interface humana e silvestre e ainda, em sistemas de paisagens restauradas. Mas, a ausência de informações sobre os padrões de movimento deste canídeo generalista, também impossibilita as previsões dos efeitos de seus deslocamentos associados a provisão de funções ecológicas nestes diversos ambientes. Além disso, por possuírem um sistema social particular, o estudo sobre a sua ecologia de movimento poderiam ainda contribuir para o entendimento da formação territorial em que possivelmente os indivíduos do grupo se movimentam independentemente. Desta forma, estudos que utilizem a espécie como modelos ecológicos poderiam, futuramente, gerar conhecimentos valiosos.

Referências

- Abra, F. D., M. P. Huijser, M. Magioli, A. A. A. Bovo, and K. M. P. M. de B. Ferraz. 2021. An estimate of wild mammal roadkill in São Paulo state, Brazil. *Heliyon* 7:e06015.
- Ascensão, F., A. L. J. Desbiez, E. P. Medici, and A. Bager. 2017. Spatial patterns of road mortality of medium–large mammals in Mato Grosso do Sul, Brazil. *Wildlife Research* 44:135.
- Beisiegel, B. D. M., F. G. Lemos, D. Queirolo, R. Silva, and P. Jorge. 2013. Avaliação do risco de extinção do Cachorro-do-mato *Cerdocyon thous* (Linnaeus, 1766) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira* 1:138–145.
- Bernardo, C. de F. P. 2018. Análise do uso do espaço por cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*) em uma paisagem do Pantanal Sul-Mato-Grossense. São Paulo State University.
- Berta, A. 1982. Mammalian species. *Mammalian Species*:1–4.
- Bianchi, R. D. C. 2009. Ecologia de Mesocarnívoros em uma área no Pantanal Central, Mato Grosso do Sul. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.
- Bianchi, R. D. C., R. C. Campos, N. L. Xavier-filho, N. Olifiers, M. E. Gompper, and G. Mourão. 2014. Intraspecific, interspecific, and seasonal differences in the diet of three mid-sized carnivores in a large neotropical wetland. *Acta Theriologica* 59:13–23.
- Bianchi, R. D. C., N. Olifiers, M. E. Gompper, and G. Mourão. 2016. Niche Partitioning among Mesocarnivores in a Brazilian Wetland. *PLOS ONE* 11:e0162893.
- Di Bitetti, M. S., Y. E. Di Blanco, J. A. Pereira, A. Paviolo, and I. J. Pérez. 2009. Time Partitioning Favors the Coexistence of Sympatric Crab-Eating Foxes (*Cerdocyon thous*) and Pampas Foxes (*Lycalopex gymnocercus*). *Journal of Mammalogy* 90:479–490.

- Börger, L., B. D. Dalziel, and J. M. Fryxell. 2008. Are there general mechanisms of animal home range behaviour? A review and prospects for future research. *Ecology Letters* 11:637–650.
- Campanha, L. C. 2014. Spatial ecology of crab-eating foxes in a large Neotropical wetland. Federal University of Mato Grosso do Sul.
- Cazetta, E., and M. Galetti. 2009. The Crab-eating Fox (*Cerdocyon thous*) as a secondary seed disperser of *Eugenia umbelliflora* (Myrtaceae) in a restinga forest of southeastern Brazil. *Biota Neotropica* 9:271–274.
- Courtenay, O., and L. Maffei. 2004. South America (Neotropical): crab-eating fox *Cerdocyon thous* (Linnaeus, 1766) least concern (2004). Pages 32–38 in C. Sillero-Zubiri, M. Hoffmann, and D. W. Macdonald, editors. IUCN/SSC Canid Specialist Group, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Desbiez, J., R. E. Bodmer, and W. M. Tomas. 2010. Mammalian densities in a neotropical wetland subject to extreme climatic events. *Biotropica* 42:372–378.
- Dotta, G., and L. M. Verdade. 2011. Medium to large-sized mammals in agricultural landscapes of south-eastern Brazil. *Mammalia* 75:345–352.
- Facure, K., and A. A. Giaretta. 2003. Food habits of the crab-eating-fox, *Cerdocyon thous*, in an altitudinal forest of the Mantiqueira Range, southeastern Brazil. *Mammalia* 67:503–511.
- Facure, K., F. Lemos, F. Cavalcanti, M. Caetano, and D. F. Junior. 2020. Ecologia de canídeos silvestres em agroecossistemas.
- Faria-Corrêa, M., R. A. Balbuena, E. M. Vieira, and T. R. O. de Freitas. 2009. Activity, habitat use, density, and reproductive biology of the crab-eating fox (*Cerdocyon thous*) and comparison with the pampas fox (*Lycalopex gymnocercus*) in a Restinga area in the southern Brazilian Atlantic Forest. *Mammalian Biology* 74:220–229.
- Ferraz, K. M. P. M. de B., M. F. de Siqueira, P. S. Martin, C. F. Esteves, and H. T. Z. Do Couto. 2010. Assessment of *Cerdocyon thous* distribution in an agricultural mosaic, southeastern Brazil. *Mammalia* 74:275–280.
- Fieberg, J., and L. Börger. 2012. Could you please phrase “home range” as a question? *Journal of Mammalogy*.
- Freitas, S. R. De, A. N. De Oliveira, G. Ciocheti, M. V. Vieira, and D. Maria da Silva Matos. 2015. How landscape features influence road-kill of three species of mammals in the Brazilian savanna? *Oecologia Australis* 18:35–45.
- Goulart, F. V. B., N. C. Cáceres, M. E. Graipel, M. A. Tortato, I. R. Ghizoni, and L. G. R. Oliveira-Santos. 2009. Habitat selection by large mammals in a southern Brazilian Atlantic Forest. *Mammalian Biology* 74:182–190.
- Hübner, S. D. O., F. G. Pappen, and J. L. Ruas. 2010. Exposure of pampas fox (*Pseudalopex gymnocercus*) and crab-eating fox (*Cerdocyon thous*) from the Southern region of Brazil to Canine distemper virus (CDV), Canine parvovirus (CPV) and Canine coronavirus (CCoV). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 53:593–597.
- Juarez, K. M. 1997. Dieta, uso do habitat e atividade de três espécies de canídeos simpátricas do Cerrado. Universidade de Brasília.
- Juarez, K. M., J. Marinho, K. Macfadem Juarez, and J. Marinho-Filho. 2002. Diet, habitat use, and home ranges of sympatric canids in central Brazil. *Journal of Mammalogy* 83:925–933.
- Lemos, F. G., F. C. De Azevedo, H. C. M. Costa, and a. Joares. 2011a. Human threats to hoary and crab-eating foxes in central Brazil. *Canid News*:1–6.
- Lemos, F. G., and K. G. Facure. 2011. Seasonal variation in foraging group size of crab-

- eating foxes and hoary foxes in the Cerrado Biome, Central Brazil. *Mastozoologia Neotropical* 18:239–245.
- Lemos, F. G., K. G. Facure, and F. C. de Azevedo. 2011b. A first approach to the comparative ecology of the hoary fox and crab-eating fox in a fragmented human altered landscape in the Cerrado Biome at central Brazil. Page 183 in L. M. Rosalino and C. Gheler-Costa, editors. *Middle-sized carnivores in agricultural landscapes*. Nova Science, New York, NY.
- Lucherini, M. 2015. *Cerdocyon thous*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015.
- Lyra-Jorge, M. C., G. Ciocheti, and V. R. Pivello. 2008. Carnivore mammals in a fragmented landscape in northeast of São Paulo State, Brazil. *Biodiversity and Conservation* 17:1573–1580.
- Macdonald, D. W., and O. Courtenay. 1996. Enduring social relationships in a population of crab-eating zorros, *Cerdocyon thous*, in Amazonian Brazil (Carnivora, Canidae). *Journal of Zoology* 239:329–355.
- Maffei, L., and A. A. B. Taber. 2003. Área de acción, actividad y uso de hábitat del zorro patas negras, *Cerdocyon thous*, en un Bosque seco. *Mastozoología Neotropical* 10:154–160.
- Marchiori, F. A. 2016. Gradiente de profundidade no uso de matrizes agrícolas por um grande felino solitário. *Gradiente de profundidade no uso de matrizes agrícolas por um grande felino solitário*. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS.
- De Matos Dias, D., and A. Bocchiglieri. 2016. Trophic and spatio-temporal niche of the crab-eating fox, *Cerdocyon thous* (Linnaeus, 1766) (Carnivora: Canidae), in a remnant of the Caatinga in northeastern Brazil. *Mammalia* 80:281–291.
- Michalski, F., P. G. Crawshaw, T. G. De Oliveira, and M. E. Fabián. 2006. Notes on home range and habitat use of three small carnivore species in a disturbed vegetation mosaic of southeastern Brazil. *Mammalia* 70:52–57.
- Nagy-Reis, M., J. E. de F. Oshima, C. Z. Kanda, F. B. L. Palmeira, F. R. de Melo, and R. G. Morato. 2020. NEOTROPICAL CARNIVORES: a data set on carnivore distribution in the Neotropics. *Ecology* 101.
- Oliveira, E. N. C. de. 2002. Ecologia alimentar e área de vida de carnívoros da Floresta Nacional de Ipanema, Iperó, SP (Mammalia, Carnivora). Universidade Estadual de Campinas.
- Oliveira, L. D. S., I. C. Gomes Varjão, L. C. Machado Pereira, and P. A. Nicola-Pereira. 2019. Primeiro registro de leucismo no cachorro-do-mato *Cerdocyon thous* (Linnaeus, 1766) (Carnivora: Canidae) no Brasil. *Biotemas* 32:93–98.
- Powell, R. A., and M. S. Mitchell. 2012. What is a home range? *Journal of Mammalogy* 93:948–958.
- Rocha, F. L. 2006. Áreas de uso e seleção de habitats de três espécies de carnívoros de médio porte na fazenda Nhumirim e arredores, Pantanal da Nhecolândia, MS. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.
- Rocha, V. J., L. M. Aguiar, J. E. Silva-Pereira, R. F. Moro-Rios, and F. C. Passos. 2008. Feeding habits of the crab-eating fox, *Cerdocyon thous* (Carnivora: Canidae), in a mosaic area with native and exotic vegetation in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 25:594–600.
- Santos Júnior, T. da S. 2013. Mamíferos do Cerrado de Mato Grosso, com ênfase no uso do espaço por *Cerdocyon thous* (Carnivora, Canidae) e *Mazama gouazoubira* (Artiodactyla, Cervidae). Universidade Federal de São Carlos.
- da Silva, M. X., A. N. S. S. Rodrigues, F. C. Azevedo, and F. G. Lemos. 2018. Stronger together: observation on crabeating foxes (*Cerdocyon thous*) cooperatively preying their potential predator. *Mastozoología Neotropical* 25:499–503.

- Souza, N. P., P. V. Furtado, and R. C. Rodrigues da Paz. 2012. Non-invasive monitoring of the estrous cycle in captive crab-eating foxes (*Cerdocyon thous*). *Theriogenology* 77:233–239.
- Tchaicka, L., E. Eizirik, T. G. De Oliveira, J. F. Cândido, and T. R. O. Freitas. 2007. Phylogeography and population history of the crab-eating fox (*Cerdocyon thous*). *Molecular Ecology* 16:819–838.
- Tejera, V. H., J. Araújo, V. León, A. R. Rodríguez, P. González, S. Bermúdez, and R. Moreno. 1999. Primer registro del zorro cangrejero, *Cerdocyon thous* (Carnivora: Canidae), Para Panamá. *Scientia* 14:103–107.
- Trovati, R. G., B. A. De Brito, and J. M. B. Duarte. 2007. Área de uso e utilização de habitat de cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous* Linnaeus, 1766) no Cerrado da Região Central do Tocantins, Brasil. *Mastozoología Neotropical* 14:61–68.
- Varela, O., and E. H. Bucher. 2006. Passage time , viability , and germination of seeds ingested by foxes. *Journal of Arid Environments* 67:566–578.
- Vieira, E. M., and D. Port. 2007. Niche overlap and resource partitioning between two sympatric fox species in southern Brazil. *Journal of Zoology* 272:57–63.
- Zrzavý, J., P. Duda, J. Robovský, I. Okřínová, and V. Pavelková Řičánková. 2018. Phylogeny of the Caninae (Carnivora): combining morphology, behaviour, genes and fossils. *Zoologica Scripta* 47:373–389.

Material suplementar - capítulo 1

Tabela S1 – Publicações analisadas na revisão de literatura de estudos de ecologia de movimento de cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*) consultadas na base Google acadêmico durante o primeiro semestre de 2021.

Referência	Idioma	Transmissor	Nº de ind.	Assunto abordado	Método de captura
Macdonald e Courtenay, 1996	Inglês	radio	28	Área de vida, organização espacial, estrutura do grupo, padrão de atividade e seleção de habitat.	Gaiola Tomahawk
Juarez 1997 (dissertação)	Português	radio	1	Padrão de atividade, distância percorrida e uso de habitat.	Gaiola Tomahawk
Juarez e Marinho-Filho 2002	Inglês	radio	1	Área de vida e distância percorrida.	Gaiola Tomahawk
Oliveira 2002 (dissertação)	Português	radio	2	Área de vida e sobreposição, uso de habitat e padrão de atividade.	
Maffei e Taber, 2003	Inglês	radio	3	Área de vida e sobreposição, padrão de atividade, distância percorrida e seleção de habitat.	armadilha do tipo trampa
Courtenay e Maffei 2004	Inglês	radio	2	Uso de habitat.	
Michalski et al., 2006	Inglês	radio	2	Área de vida e seleção de habitat.	Gaiola Tomahawk
Rocha 2006 (dissertação)	Português	radio	6	Área de vida e sobreposição, seleção de habitat.	Gaiola Tomahawk
Trovati et al., 2007	Português	radio	3	Área de vida e uso de habitat.	Gaiola Tomahawk
Bianchi 2009 (tese)	Português	radio	7	Área de vida e sobreposição e seleção de habitat.	Gaiola Tomahawk
Lemos et al., 2011	Inglês	radio	1	Relato de mortalidade.	
Santos Júnior, 2013 (tese)	Português	radio	20	Área de vida e sobreposição.	Armadilha do tipo trampa, gaiola Tomahawk com tela gradeada ou tela em chapa
Campanha 2014 (dissertação)	Inglês	GPS	10	Área de vida e sobreposição, padrão de atividade, seleção	Gaiola Tomahawk

				de habitat, preferência de habitat para o estabelecimento de tocas e proximidade entre indivíduos.
Bianchi et al., 2016	Inglês	radio	7	Área de vida e sobreposição e seleção de habitat.
Bernardo 2018 (conclusão de curso)	Português	GPS	11	Distância de seleção de borda florestal

Tabela S2 – Medidas externas de cachorros-do-mato (*Cerdocyon thous*) monitorados durante o desenvolvimento deste doutorado, no Pantanal da Nhecolândia, MS (Kan,da C.Z., dados pessoais).

Sexo	Indivíduo	Peso (kg)	Circ. do pescoço (cm)	Circ. da cabeça (cm)	Circ. do tórax (cm)	Comp. do corpo (cm)	Comp. da cauda (cm)	Comp. da cabeça (cm)	Comp. do metatarso (cm)	Comp. do pé (cm)	Altura (cm)
M	Id03	5	24.5	28.8	37	53	29.5	16.3	8.5	13.2	37.5
M	Id11	4.5	22	24.5	34.5	51	29	16.5	8	13.5	33.5
F	Id13	5.8	22.2	27.5	33.5	50.4	31.7	15.9	8.4	13.2	NA
M	Id15	5.6	23.2	24.9	35.2	50.3	28.5	15.3	9	14	35.5
M	Id16	5.9	25.4	28.6	37.6	53.8	34.5	16.3	9.3	13.6	32
M	Id17	6.2	22.9	25.5	35.5	55.5	16	17.2	9.8	14	40.3
F	Id18	5.9	24.4	26.7	37.8	53.4	33.4	15.3	8	12.7	36.5
F	Lana	5.5	21.5	23	33.5	50	27	15.5	8.5	13	31
M	Luck	4.5	23.5	26.9	35.5	50	28	NA	8.5	13	34
F	Mel	5	22.5	25	36.5	53	24	NA	8.5	13	31
M	Per	7	25.1	29.2	38.1	52	31.5	18	8.2	14.3	36

Chapter 02

Exploratory resident strategy in crab-eating fox



Abstract

Spatial distribution and temporal dynamics of resources in a landscape can shape different strategies of animal movement. Distinct movement patterns can be explored at many spatiotemporal resolutions, and this can provide insights in space use drivers from different ecological perspectives. Here, we assess whether there is variation in movement strategy across different landscapes and whether these patterns remain in individuals monitored over two consecutive year periods. For this purpose, we classify movement strategies (e.g., migratory, residency, nomadic or dispersal) and modes (e.g., stationary or exploratory) of crab-eating foxes (*Cerdocyon thous*) in two landscape forest cover types. We used the latent state models to fit to the net-squared displacement models of individual tracks into two spatial-time scales: one-year time series (31 individuals) and two-year time series (4 individuals). The crab-eating foxes had a persistent residency movement strategy over time with few exploratory expeditions outside their usual area. Of the 35 one-year time series, we found only 2 dispersal individuals and for the 4 two-year time series, only one animal switched your home range. Our results indicate a residency movement strategy with some exploratory moments, and some dispersal individuals for the species in a two natural environment landscapes (without significant anthropogenic changes). Residency behavior in generalist species can expose and increase risks associated with an ever-changing landscape, such as crossing roads or even interactions with diseased domestic animals. Thus, further studies exploring movement strategies in other environmental contexts could provide insights to improve long-term conservation strategies of generalist species.

Keywords: net-squared displacement, generalist carnivore, conservation, movement pattern

1. Introduction

Animal movement patterns often are determined by the landscape in which an animal lives. Populations that evolved in a particular landscape context may have developed unique movement patterns to access resources in a given habitat (Fahrig 2007, Ramos et al. 2020). Generalist species tend to have broader habitat use and use varied resources, so may be less likely to move to track those resources, consuming items as available (Abrahms et al. 2021). Thus, linking the characteristics of landscape with different movement strategies (such as

migratory, dispersal, residency, and nomadic) and modes (exploratory and stationary) can provide greater ecological information about space use on multiple scales (Fryxell et al. 2008).

Depending on the movement strategies and how individuals explore and use the space conservation management strategies will vary for different landscapes. For dispersal and migratory animals in fragmented landscapes, finding areas and new travel routes during their displacement between areas could support discovering better locations that connect with fragmented habitats (Singh et al. 2012). Also, depending on the movement pattern, some ecological functions carried out by the motion of animals could determine the time and location that ecological processes occur (Ramos et al. 2020), as for example, seed dispersion (Niebuhr et al., in review). Movement strategies can vary among individuals within a population (Bastille-Rousseau et al. 2015, De Grissac et al. 2016) and even in response to changes in environmental conditions (Singh et al. 2012). Thus, the understanding these potential differences in the space use may involve a variety of effects on ecological processes and ecosystem structure in the landscape.

In this context, the crab-eating fox is a good model for understanding movement strategies in different environment contexts, since it is a relatively common species, inhabiting spaces ranging from natural to altered landscapes (Juarez et al. 2002, Michalski et al. 2007, Ferraz et al. 2010, Dotta and Verdade 2011, Bianchi et al. 2016). Despite this widespread habitat use, at the same time, it is a territorial species (Macdonald and Courtenay 1996) indicating stationary space use. Also, this species has an opportunistic omnivorous diet (Berta 1982, Juarez et al. 2002, Michalski et al. 2007, De Matos Dias and Bocchiglieri 2016). Thus, we do not know if their generalist behavior, using resources as available, would shape their movement strategies according to landscape context. Despite this ecological flexibility, could have important ecological roles as in dispersing seeds and in the control of the small prey community by predation (Berta 1982, Juarez et al. 2002, De Matos Dias and Bocchiglieri 2016).

Here, we assess whether there is variation in movement strategy across different natural forest landscapes (without expressive anthropic change in their cover and configuration). Also, we investigate whether individuals maintain the movement pattern in two different consecutive year periods (two-year time series). The analytical method used in this chapter, the net-squared displacement over time combined with latent state models, makes it possible to determine when changes in the use of space occur and probability of an animal changing the modes (stationary and exploratory) at each point in time, as well as when these transitions occur.

As a result of territorial behavior, we expect that crab-eating foxes exhibit residency behavior regardless of the environmental context and that it is persistent over time. We also

expect that some individuals will present dispersal movement, such as young individuals searching for territory to settle. Exploring the pattern of animal movement in different landscape contexts can help us understand the interactions between environment and the processes that drive animal movement. Also, we can improve knowledge about space use of a generalist carnivore and therefore insight into long-term conservation strategies and other species it may interact with.

2. Materials and methods

Landscape structure and movement data

The study was conducted in two distinct landscapes in the Pantanal wetland of Nhecolândia, Corumbá – MS, Brazil: a (a) patchy forest landscape (PFL) with approximately 15% of forest cover (19°04'S/56°53'W) and the (b) continuous forest landscape (CFL) with approximately 50% of forest cover (18°59'S/56°37' W). The main vegetation types in both landscapes are seasonal floodable and non-floodable grasslands, dry forest patches, shrubby formations of *Byrsonima* sp. (locally called “canjiqueiral”) (Pott et al., 2011) and grasslands used mostly for cattle (Figure 1 and Table S1). Although the Pantanal is being affected by human change in vegetation cover (Miranda et al. 2018), relatively very little forest area has been lost in these study areas during our consecutive years of monitoring of the fox populations.

We used GPS collars to track 31 crab-eating foxes, of which 7 were males and 4 females in the PFL (recording every 30 minutes, 55615 locations) and 14 males and 6 females in the CFL (recording every 5 minutes, 196,492 locations) (find more details in Table S2). Of these 31 individuals, four of them were monitored in period of two consecutive years, thus we had 35 one-year time series. Despite the seasonal flooding in the region, almost all individuals were monitored during the dry season, between the months of June to December and only 7 animals during the rainy season, between January to June. Our procedures were approved by the Brazilian Environmental Agency (ICMBio/SISBio Licence – 53089) and The Ethics and Research Committee (UNESP-IB-CRC – 29.04.2016). Monitoring data on CFL was made available by our collaborator, prof. Dr. L.G.R. Oliveira-Santos.

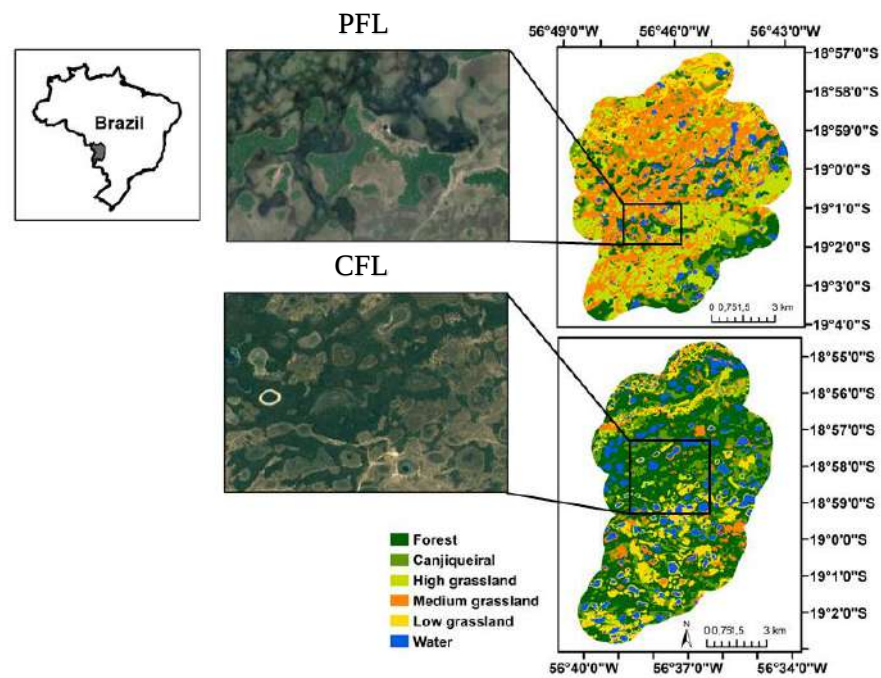
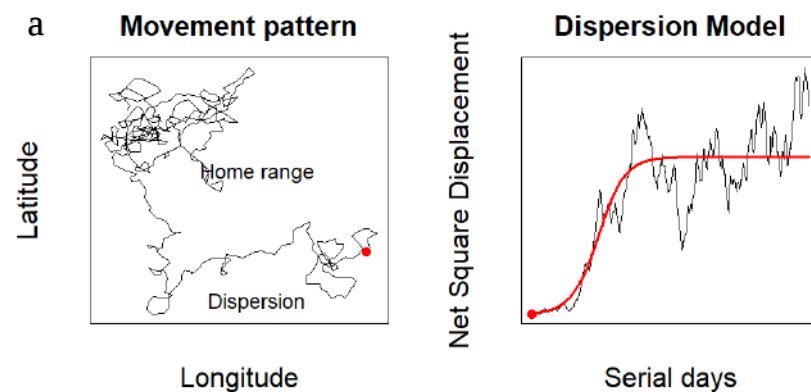


Figure 01. Landscape structure of the study area. Patchy forest landscape (PFL) and continuous forest landscape (CFL) within a buffer of 1 km from all crab-eating fox location points, in the Pantanal of Mato Grosso do Sul, Brazil.

Movement analysis: net-squared displacement and classification approach

Net-squared displacement method (NSD) proposes to estimate the movement vectors over time using a starting point as a reference (Börger and Fryxell 2012). Thus, according the NSD curve shape we can classify and compare different movement strategies, considering four types: migratory, dispersal, nomadic or residency (Börger and Fryxell 2012) (Figure 02). To remove the within-day variability of the animal movement rate in the model, we took the average NSD per day, obtaining mean squared displacement (MSD).



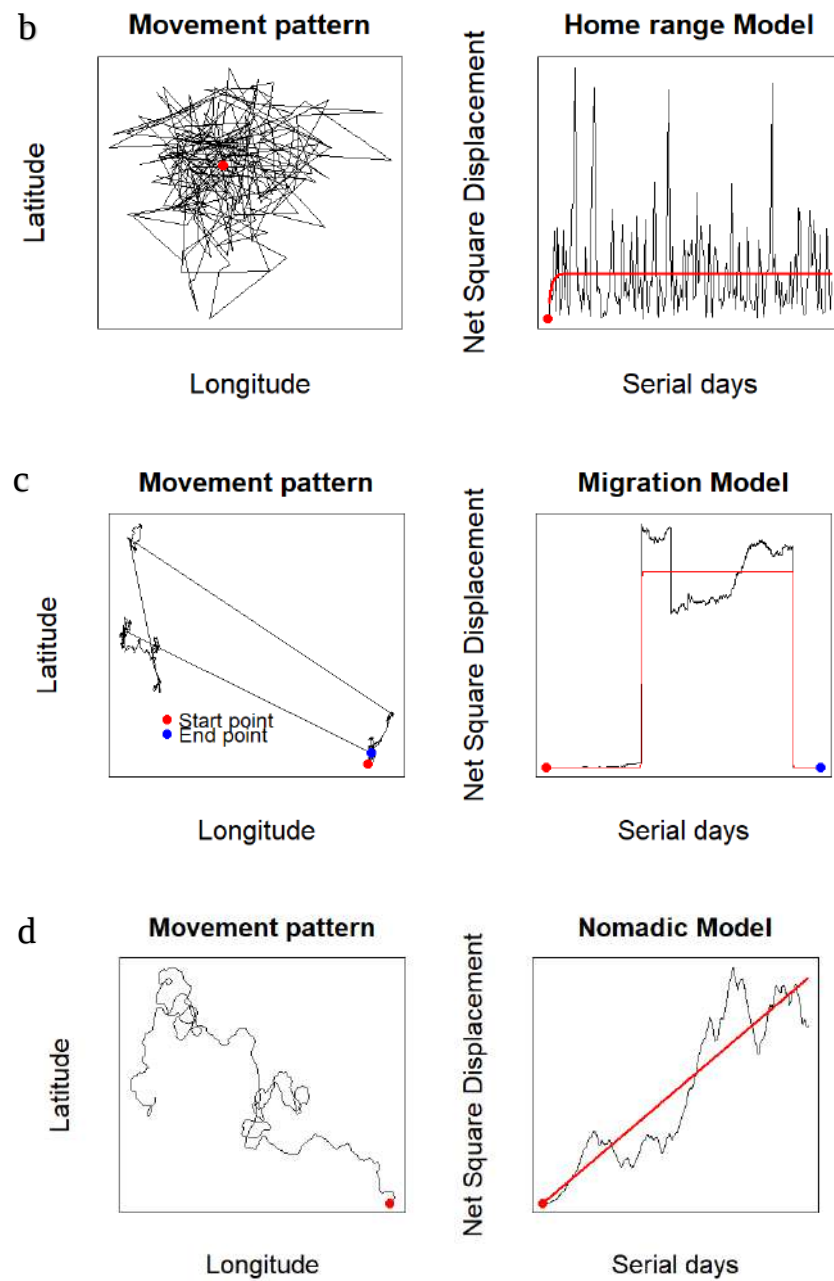


Figure 02 – Net-squared displacement curve shapes (red line in right panels) of four movement strategy types (a) dispersal; b) residency, c) migratory; d) nomadic) and corresponding movement pattern in two-dimensional space (left panels). Red points, in both panels, indicate the starting point of movement trajectory.

In order to investigate if the individual space use changes over time, we took two sequential time scale datasets, a) 35 one-year monitoring periods of 31 individuals and of these, 4 individuals with b) two-year monitoring periods. We estimated one departure point of reference

per sequential time period by averaging one week's coordinate data on the resting period (between 12pm to 14pm – see Activity pattern in Chapter 02), since it could represent a den's fixed location. This starting point was classified as day 0 and it was inserted two or three days before the real data location to reduce influence on real data to latent model fits.

We applied the latent state model, which integrates the NSD statistic with discrete-state models to classify movement strategies (Bastille-Rousseau et al., 2016). We started to fit the models using 20,000 iterations. When it did not converge, we first reran using 250,000 iterations, and after if it still did not converge, we reran using 20,000 and limiting the uniform prior for standard deviation of first normal distribution amplitude (σ). Finally, we contrasted the matrix of switching probability between modes and the number of transitions between each mode based on latent-state modelling to classify movement strategies (Bastille-Rousseau et al., 2016). For this, we considered the same value criteria adopted by Bastille-Rousseau et al. (2016) for the matrix and number of transition values. When these both criteria values not matched to individual model values, we did a visual inspection to distinguish the movement strategies, checking the of the spatial point locations pattern. Also, the latent state model allows for classifying large-scale movement strategies; it also estimates the time spent within different modes (two stationary movement modes and one exploratory mode), bringing more information about the concentrated use of different areas or even, movement outside and between these areas (Bastille-Rousseau et al., 2016).

Table 01 - Criteria values of the matrix diagonal of switching probabilities and frequency of transitions between each mode; stationary and exploratory adopted by Bastille-Rousseau et al. (2016).

	Migratory	Dispersal	Nomadic	Residency
Diagonal matrix				
q_{11}	>0.95	>0.95	>0.95	
q_{22}	>0.95	>0.95	>0.90	<=0.90
q_{33}	>0.85	>0.85	<=0.85	<=0.90
N° of transitions				
first to second	1	1	frequent transition	higher than the other strategies
second to first	1	0	frequent transition	higher than the other strategies

3. Results

A one-year time series

Almost all movement strategies of crab-eating foxes were classified as resident (33 individuals – 94.28%) and only two as dispersal (5.72%) (Table 02). Although id15 was classified as resident in the output of classification analysis (Table S3), the high values in the probability matrix, the low number of transitions between modes and the MSD time-series pattern made us classify it as a dispersal individual (see pattern in Figure S1A). For the 4 individuals that required a visual inspection (Table S3 and patterns in the figures S1), we classified one as dispersal and three as residency individuals (individuals: id17, Lucky and Mel17). Of these dispersal animals, ID 150041 was classified based on MSD time-series corresponding to the dispersal pattern, and the spatial distribution location points were shown to have two areas of interconnected use between them (Figure 2A). While the id17 and Mel17 have a frequency distribution of MSD and temporal pattern of MSD more similar a dispersal strategy, we observed that animals restrict their area of use (Figure 03 and 02B, respectively). Furthermore, the distribution patterns of the MSD indicated that some individuals (Lucky and Lana) occasionally used locations outside of their usual area (represented by black triangles in the MSD time-series (Figure 02, C), which refer to the exploratory mode of the analytical method proposed by Bastille-Rousseau et al. 2016), but they were short expeditions of one or two days.

Table 02 - One-year time-series movement strategy for landscape type, classified by the mean net-squared displacement and latent state model method.

Landscape	MSD models				Tracking days
	Residency	Nomadic	Dispersal	Migratory	
Continuous forest	19 (95%)	0	1 (5%)	0	41.2 ± 14.44 84.47 ±
Patchy forest	14 (93.33%)	0	1 (6.67%)	0	17.85

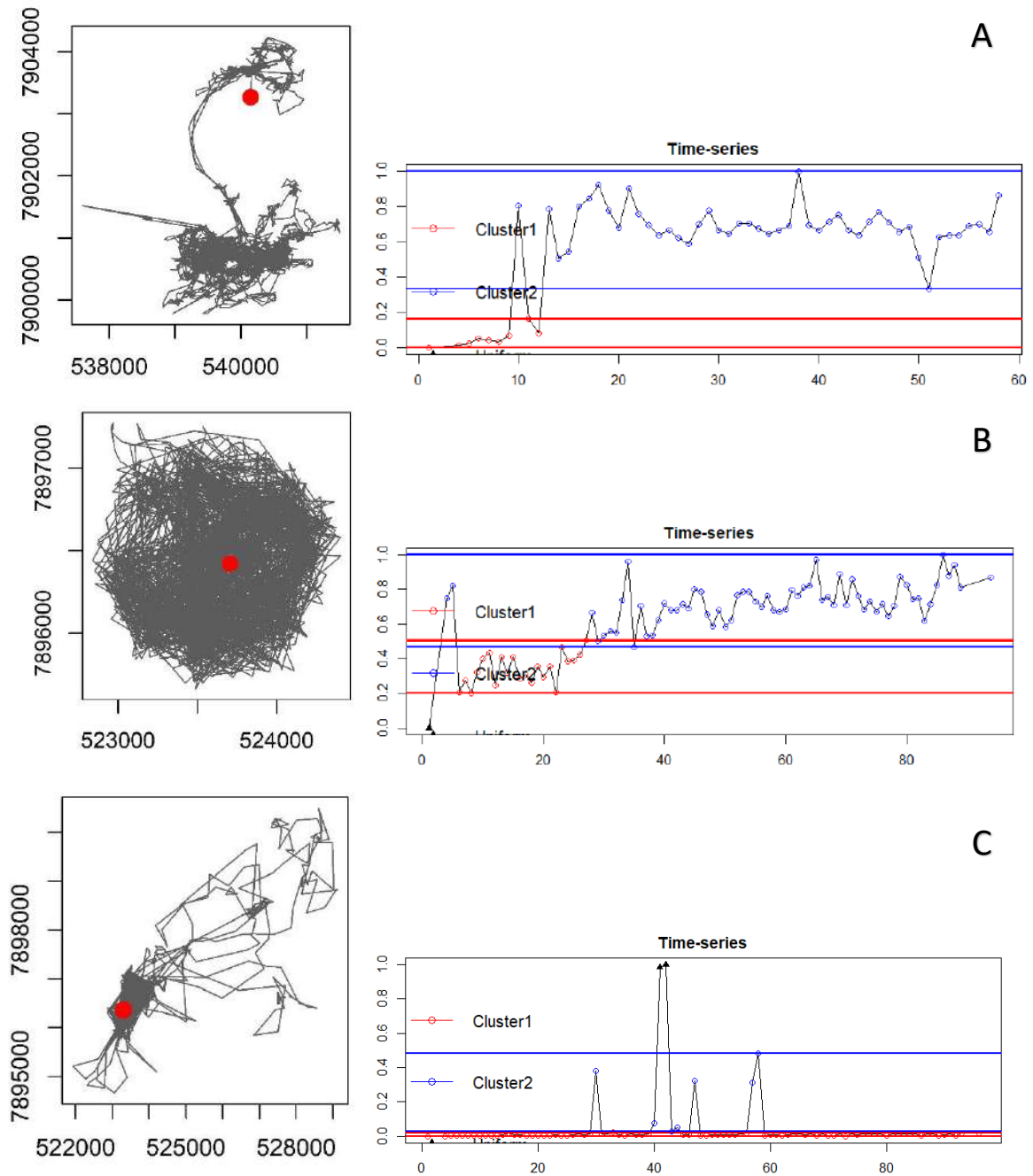


Figure 02 - Spatial location (left panel) and corresponding temporal pattern in MSD (right panel) of individuals with dispersal movement (A; id150041), residency individual (B; Mel17) and residency with occasional exploratory modes (C; Lana). Red points in the left panel indicate starting point locations, and they correspond to day 0 into MSD time-series. Red and blue circles in right panel indicate classification of two stationary modes at each time and black triangles, the exploratory mode.

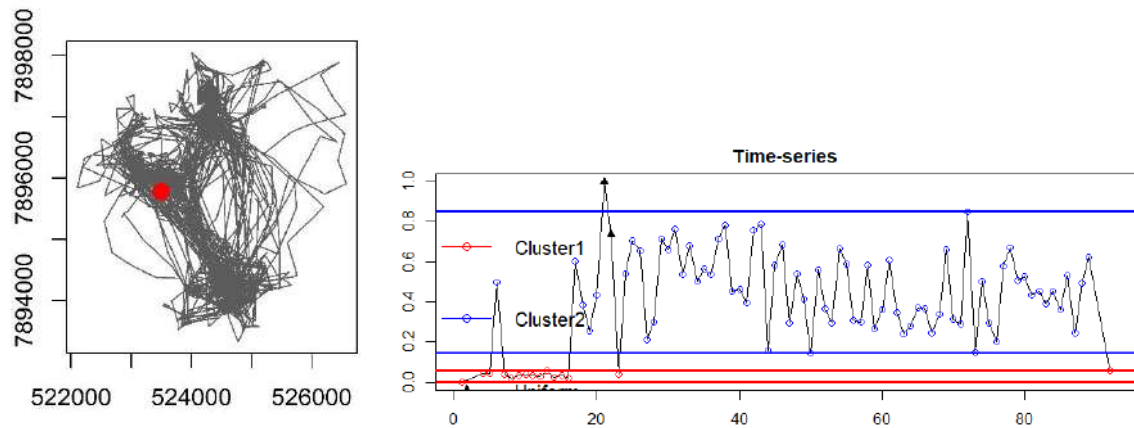


Figure 03 – Individual id17 in the one-year time series expanded its area of use after day 14, corresponding to the location distribution in the left panel and the difference between the red and blue dots in the MSD distribution.

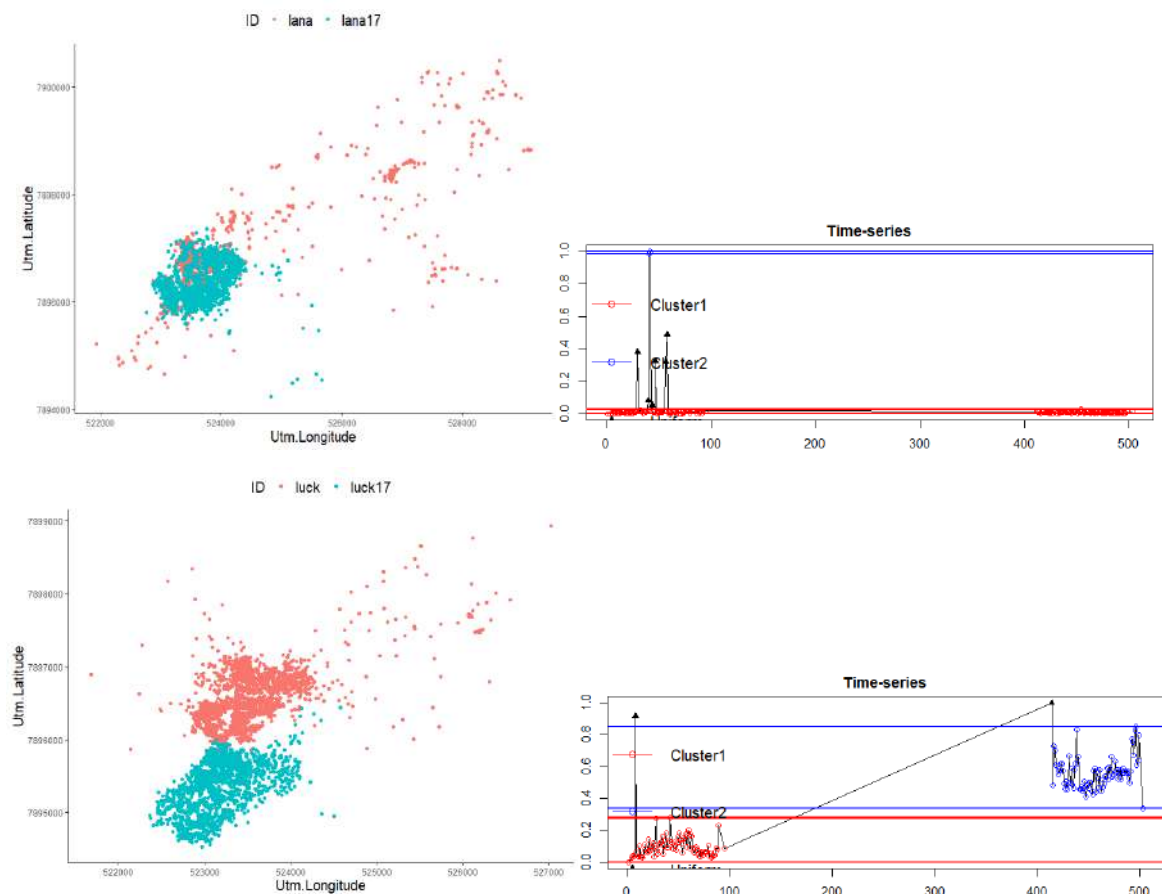
A two-year time series

Of the four foxes that we had data for in the PFL, two individuals were classified as resident (Lana and Per), one nomadic with recommended visual inspection (Lucky) and one with recommended visual inspection (Mel) (Figure 04). The fox named Mel, was classified as the resident animal as its use of space was restricted to a specific area (Table 04 and Figure 04). We classified the fox named Lucky as dispersal since both its one-year time series (2016 and 2017) indicated that it was a resident and furthermore, as it shifted near its old home range area (Table 04 and Chapter 02), consequently, not having a sigmoid curve representing the displacement between two areas in the MSD pattern. We also observed that distribution patterns of MSD indicated that Mel shifted its area of use to the right region inside its home range between the years 2016 and 2017 (Figure 04 - distribution of blue dots not overlapped on pink locations) and id17 in the one-year time series, expanded its area of use after day 14 (Figure 03).

Table 04 - Diagonal values of matrix of switching probability for a two-year time series (q_{ij} – switching from mode i to j) of four individuals monitored in a Patchy forest landscape.

Individual	Switching probability			N° transitions		Movement strategy
	q_{11}	q_{22}	q_{33}	1 to 2	2 to 1	
Lana	0.962	0.3842	0.232	1	1	residency
Lucky	0.9605	0.9738	0.2459	3	2	dispersal
Mel	0.9104	0.9015	0.3139	9	8	residency
Per	0.688	0.8	0.2998	16	15	residency

Classification criteria: dispersal and migratory $q_{11} > 0.95$, $q_{22} > 0.95$ and $q_{33} > 0.85$; nomadic $q_{11} > 0.95$, $q_{22} > 0.90$ and $q_{33} \leq 0.85$; residency $q_{22} \leq 0.90$ and $q_{33} \leq 0.90$. Migratory and dispersal individuals can be distinguished estimating whether the individual stayed in the second mode indicating dispersal, or left it, indicating migratory.



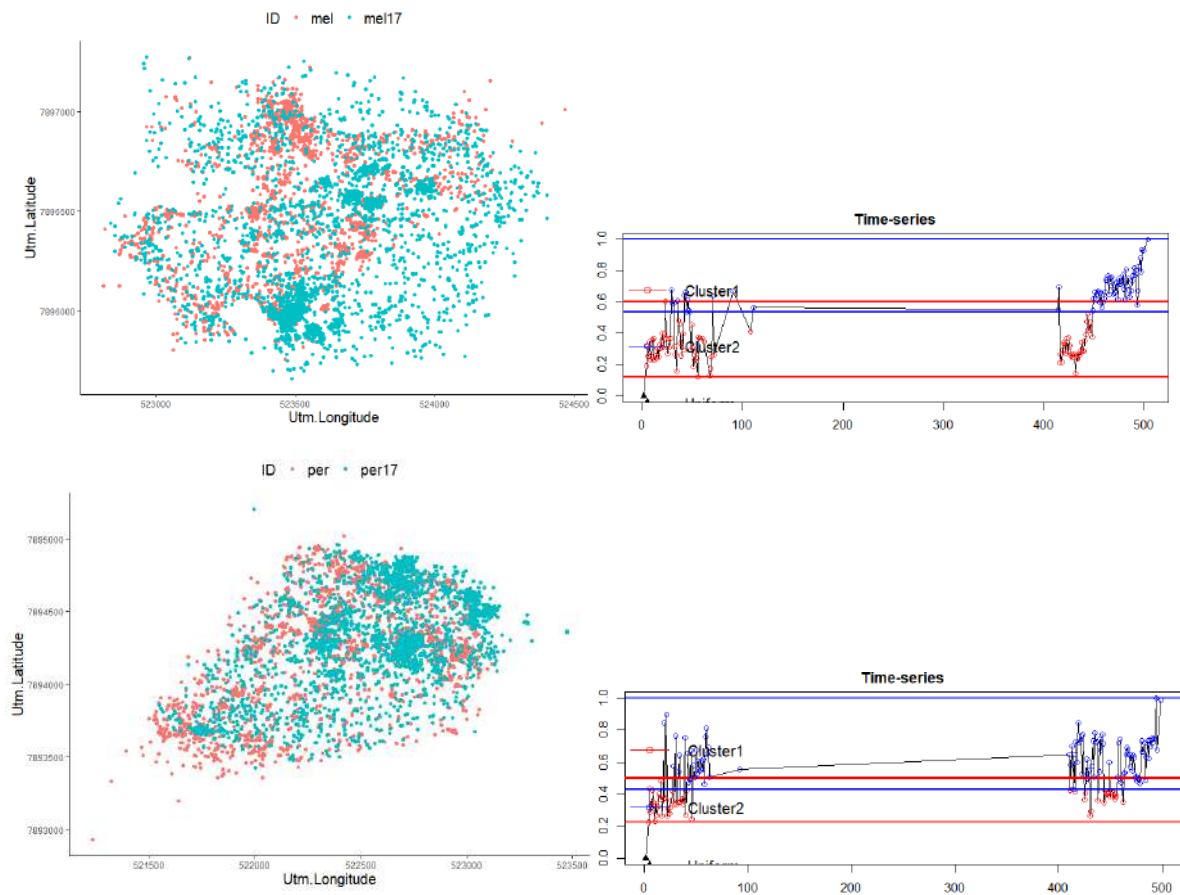


Figure 04 - Spatial location in the x-y plane and corresponding two-year time series in MSD with specific modes (two stationary and one exploratory mode). Color points at left panel indicate point locations by year, 2016 (red dots) and 2017 (blue dots). A) Lana; B) Luck; C) Mel and D) Per.

4. Discussion

Similar to other carnivorous terrestrial mammals (Potts et al. 2013, Morato et al. 2016, Péron et al. 2017, Sells 2019), crab-eating foxes have a persistent residency movement strategy over time with some exploratory moments regardless of the environment context studied. Of the 35 one-year time series and the four two-year time series, we found only two dispersal individuals in each time series. Restricting the use of space can be beneficial to the animal, as it allows for updating its memory about resource locations (Berger-Tal and Bar-David 2015, Riotte-Lambert and Matthiopoulos 2020) as well as routes and hiding places of potential threats. Also, the crab-eating fox's territorial behavior may have indicated its residency nature in the space use (Macdonald and Courtenay 1996). Also exploratory expeditions outside of the home range of crab-eating foxes of this study could be useful in finding new environment

opportunities or areas that the animal knows but rarely visits, such as reported visits at critical times in female black bears (*Ursus americanus*) and restriction of use only in areas with high concentrations of food in Arctic fox (*Vulpes lagopus*) (Powell 2012).

The animal's movement and its interaction over time with conspecifics can produce a dynamic territory, shaping territory boundaries, expanding or contracting it (elastic disc hypothesis) (Potts et al. 2013). The shift in the area of use inside of the female Mel home range between 2016 and 2017 could be related to this effect of modulation of territory areas, but we do not know what happened in contiguous territories between other individuals territories. This change in the territory boundaries was observed in red foxes (*Vulpes vulpes*), in which a sudden event of population decline increased their movement to ensure that the boundaries of their contiguous territories always remain in contact with other conspecifics (Potts et al. 2013). In addition, to classifying the movement strategies (migratory, dispersal, nomadic, or residency), the method applied here also allowed us to assess displacement of the home range area, since the starting points tend to be in the center of space-use areas.

Depending on the environmental scenario in which a population is in, different levels and types of environmental predictability can act at distinct scales of space use (Berger-Tal and Bar-David 2015, Riotte-Lambert and Matthiopoulos 2020). Understanding movement strategies in different environmental contexts can help us understand the needs of the species even in generalist species. In addition, the characterization of the animal movement pattern in species that are undergoing increased contact with human environments, such as crab-eating foxes, can support predicting population interactions and, consequently, avoiding spread of infection of domestic to wild animals. But we still need to assess if these movement patterns are maintained in altered landscapes, especially when ever-changing landscapes tend to force individuals to dispersal and find a new area and re-establish their territory.

5. References

- Abrahms, B., E. O. Aikens, J. B. Armstrong, W. W. Deacy, M. J. Kauffman, and J. A. Merkle. 2021. Emerging Perspectives on Resource Tracking and Animal Movement Ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 36:308–320.
- Bastille-Rousseau, G., J. R. Potts, C. B. Yackulic, J. L. Frair, E. Hance Ellington, and S. Blake. 2015. Flexible characterization of animal movement pattern using net squared displacement and a latent state model. *Movement Ecology* 4:1–12.
- Berger-Tal, O., and S. Bar-David. 2015. Recursive movement patterns: Review and synthesis across species. *Ecosphere* 6.
- Berta, A. 1982. Mammalian species. *Mammalian Species*:1–4.
- Bianchi, R. D. C., N. Olifiers, M. E. Gompper, and G. Mourão. 2016. Niche Partitioning

- among Mesocarnivores in a Brazilian Wetland. *PLOS ONE* 11:e0162893.
- Börger, L., and J. Fryxell. 2012. Quantifying individual differences in dispersal using net squared displacement. Pages 222–230 in J. Clobert, M. Baguette, T. G. Benton, and J. M. Bullock, editors. *Dispersal Ecology and Evolution*. Oxford University Press.
- Dotta, G., and L. M. Verdade. 2011. Medium to large-sized mammals in agricultural landscapes of south-eastern Brazil. *Mammalia* 75:345–352.
- Fahrig, L. 2007. Non-optimal animal movement in human-altered landscapes. *Functional Ecology* 21:1003–1015.
- Ferraz, K. M. P. M. de B., M. F. de Siqueira, P. S. Martin, C. F. Esteves, and H. T. Z. Do Couto. 2010. Assessment of *Cercopithecus* distribution in an agricultural mosaic, southeastern Brazil. *Mammalia* 74:275–280.
- Fryxell, J. M., M. Hazell, L. Börger, B. D. Dalziel, D. T. Haydon, J. M. Morales, T. McIntosh, and R. C. Rosatte. 2008. Multiple movement modes by large herbivores at multiple spatiotemporal scales. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105:19114–19119.
- De Grissac, S., L. Börger, A. Guitteaud, and H. Weimerskirch. 2016. Contrasting movement strategies among juvenile albatrosses and petrels. *Scientific Reports* 6:1–12.
- Juarez, K. M., J. Marinho, K. Macfadem Juarez, and J. Marinho-Filho. 2002. Diet, habitat use, and home ranges of sympatric canids in central Brazil. *Journal of Mammalogy* 83:925–933.
- Macdonald, D. W., and O. Courtenay. 1996. Enduring social relationships in a population of crab-eating zorros, *Cercopithecus* thomasi, in Amazonian Brazil (Carnivora, Canidae). *Journal of Zoology* 239:329–355.
- De Matos Dias, D., and A. Bocchiglieri. 2016. Trophic and spatio-temporal niche of the crab-eating fox, *Cercopithecus thomasi* (Linnaeus, 1766) (Carnivora: Canidae), in a remnant of the Caatinga in northeastern Brazil. *Mammalia* 80:281–291.
- Michalski, F., P. G. C. Jr, T. G. De Oliveira, and M. Elena. 2007. Notes on home range and habitat use of three small carnivore species in a disturbed vegetation mosaic of southeastern Brazil. *Notes sur le territoire et l' utilisation de l' habitat de trois espèces au Sud Est du Brésil*:52–57.
- Miranda, C. de S., A. C. Paranhos Filho, A. Pott, F. De Engenharias, C. Grande, and C. Grande. 2018. Changes in vegetation cover of the Pantanal wetland detected by Vegetation Index: a strategy for conservation. *Biota Neotropica* 18:1–6.
- Morato, R. G., J. A. Stabach, C. H. Fleming, J. M. Calabrese, R. C. De Paula, K. M. P. M. Ferraz, D. L. Z. Kantek, S. S. Miyazaki, T. D. C. Pereira, G. R. Araujo, A. Paviolo, C. De Angelo, M. S. Di Bitetti, P. Cruz, F. Lima, L. Cullen, D. A. Sana, E. E. Ramalho, M. M. Carvalho, F. H. S. Soares, B. Zimbres, M. X. Silva, M. D. F. Moraes, A. Vogliotti, J. A. M. Jr., M. Haberkamp, L. Rampim, L. Sartorello, M. C. Ribeiro, P. Leimgruber, B. Chapman, K. Hulthen, M. Wellenreuther, L.-A. Hansson, J. Nilsson, C. Bronmark, K. Nowell, P. Jackson, D. Macdonald, K. Crooks, M. Cardillo, A. Purvis, W. Sechrest, J. Gittleman, J. Bielby, G. Mace, L. Fahrig, R. Nathan, C.-L. Chetkiewicz, M. Boyce, C. Rodríguez-Soto, O. Monroy-Vilchis, L. Maiorano, L. Boitani, J. Faller, M. Briones, J. Horne, E. Garton, C. Fleming, W. Fagan, T. Mueller, K. Olson, P. Leimgruber, J. Calabrese, E. Sanderson, K. Redford, C.-L. Chetkiewicz, R. Medellín, A. Rabinowitz, J. Robinson, R. Morato, B. Beisiegel, E. Ramalho, L. Boulhosa, A. G. C. E, C. De Angelo, M. Di Bitetti, M. Lucherini, N. Muzzachiodi, G. Schaller, P. Crawshaw, A. Rabinowitz, B. N. Jr., S. Astete, R. Sollmann, L. Silveira, F. de Azevedo, D. Murray, S. Cavalcanti, E. Gese, D. Conde, F. Colchero, H. Zarza, N. Christensen, J. Sexton, C. Manterola, F. Colchero, D. a. Conde, C. Manterola, C. Chávez, A. Rivera, G. Ceballos, R. Sollmann, M. Furtado, B. Gardner, H. Hofer, A. Jácomo, N. Tôrres, J. Calabrese, C. Fleming, E.

- Gurarie, C. Fleming, Y. Subaşı, J. Calabrese, C. Fleming, J. Calabrese, T. Mueller, K. a Olson, P. Leimgruber, W. Fagan, C. Fleming, J. Calabrese, T. Mueller, K. Olson, P. Leimgruber, W. Fagan, P. Blackwell, M. Niu, M. Lambert, S. Lapoint, P. C. Jr., L. C. Jr., K. De Abreu, D. Sana, A. Nava, F. de Azevedo, D. Murray, M. Ribeiro, J. Metzger, A. Martensen, F. Ponzoni, M. Hirota, I. Leal, J. Silva, M. Tabarelli, T. L. Jr., T. Robinson, G. W. Wint, G. Conchedda, T. Van Boeckel, V. Ercoli, E. Palamara, R. Morato, V. a. Conforti, F. Azevedo, a. T. a. Giacomo, L. Silveira, D. Sana, G. Balme, R. Slotow, L. Hunter, R. Sikes, W. Gannon, C. Fleming, J. Calabrese, H. Akaike, M. Kéry, M. McCarthy, P. Royston, A. Gelman, D. Rubin, A. Gelman, J. Hill, J. Liu, W. Taylor, Z. Ouyang, R. Groop, Y. Tan, H. Zhang, C. De Angelo, A. Paviolo, T. Wiegand, R. Kanagaraj, M. Di Bitetti, M. McCarthy, M. McCarthy, P. Crawshaw, H. Quigley, R. Powell, M. Mitchell, N. Singh, L. Börger, H. Dettki, N. Bunnefeld, G. Ericsson, L. Borger, R. Boone, S. Thirgood, J. Hopcraft, J. Stabach, G. Wittemyer, R. Boone, R. Reid, J. S. Worden, G. Schaller, M. Mauritzen, A. Derocher, W. Oysten, R. May, J. van Dijk, A. Landa, R. Andersen, R. Andersen, A. Kittle, M. Anderson, T. Avgar, J. Baker, G. Brown, J. Hagens, S. Mikael, C. De Angelo, A. Paviolo, M. Di Bitetti, E. a. R. Carvalho, M. Zarco-González, O. Monroy-Vilchis, and R. Morato. 2016. Space use and movement of a neotropical top predator: the endangered jaguar. *Plos One* 11:e0168176.
- Péron, G., C. H. Fleming, R. C. De Paula, and N. Mitchell. 2017. Periodic continuous-time movement models uncover behavioral changes of wild canids along anthropization gradients. *Ecological mon* 87:442–456.
- Potts, J. R., S. Harris, and L. Giuggioli. 2013. Quantifying behavioral changes in territorial animals caused by sudden population declines. *American Naturalist* 182.
- Powell, R. A. 2012. Movements, home ranges, activity, and dispersal. Pages 188–217 in L. Boitani and R. A. Powell, editors. *Carnivore Ecology and Conservation: a handbook of techniques*. Oxford University Press Inc., New York, NY.
- Ramos, D. L., M. A. Pizo, M. C. Ribeiro, R. S. Cruz, J. M. Morales, and O. Ovaskainen. 2020. Forest and connectivity loss drive changes in movement behavior of bird species. *Ecography* 43:1203–1214.
- Riotte-Lambert, L., and J. Matthiopoulos. 2020. Environmental Predictability as a Cause and Consequence of Animal Movement. *Trends in Ecology and Evolution* 35:163–174.
- Sells, S. N. 2019. Mechanisms driving territorial and social behavior in a cooperative carnivore. University of Montana.
- Singh, N. J., L. Börger, H. Dettki, N. Bunnefeld, and G. Ericsson. 2012. From migration to nomadism: Movement variability in a northern ungulate across its latitudinal range. *Ecological Applications* 22:2007–2020.

Chapter 02: Supplementary Information

Table S1 – Landscape map coverage details. We delimit the extent of the area of each landscape in a 1 km buffer around the all the coordinates from the crab-eating fox monitored with the GPS collars. First, we used supervised classification (50m resolution) to classify the habitat of study areas and after, we checked the classification by visual inspection on a scale of 1:2500 in QGIS. We classified and measured six habitat types considered relevant to crab-eating fox.

	Patchy forest landscape		Continuous forest landscape	
	cover (ha)	cover (%)	cover (ha)	cover (%)
Forest	1361.1	14.85	4834.71	48.58
Canjiqueiral	884.47	9.65	1791.91	18.00
High grassland	2533.8	27.65	169.88	1.71
Medium grassland	3411.88	37.24	569.89	5.73
Low grassland	510.22	5.57	1525.57	15.33
Water	461.41	5.04	1059.89	10.65

Table S2 – GPS data information. We used GPS collars produced by TIGRINUS Equipamento para Pesquisas and a low-cost GPS harness system.

Landscape type	ID	Sex	N° of days	Total locations
Continuous	150011	M	50	13584
Continuous	150041	F	54	15384
Continuous	150102	M	38	7132
Continuous	150312	M	20	2312
Continuous	150402	M	61	14884
Continuous	150462	F	63	12977
Continuous	150552	M	38	8401
Continuous	150681	M	23	2918
Continuous	163181	F	57 (Jan-Fev)	23013
Continuous	164820	M	22	5130
Continuous	164886	M	43 (Fev-Apr)	8114
Continuous	164900	M	46	12697
Continuous	164957	M	19	1831
Continuous	1649671	M	41 (Apr-May)	8165
Continuous	165164	F	36 (Feb-Apr)	5608
Continuous	165194	F	36	6751
Continuous	1651941	F	64 (Apr-Jun)	19896
Continuous	165224	M	24 (Feb-Mar)	6648
Continuous	165252	M	41	10010
Continuous	1652521	M	48	11036
Patchy	3	F	88	4074
Patchy	11	M	43	1923
Patchy	13	F	89	4068

Patchy	15	M	41	1948
Patchy	16	M	91	4072
Patchy	17	M	88	4073
Patchy	18	F	90	4071
Patchy	Lana	F	92	4072
Patchy	Lana17	F	91	4072
Patchy	Luck	M	91	4070
Patchy	Luck17	M	89	4071
Patchy	Mel	F	107	2885
Patchy	Mel17	F	90	4072
Patchy	Per	M	88	4071
Patchy	Per17	M	89	4073

Table S3. Diagonal values of matrix of switching probability for a one-year time series (q_{ij} – switching from mode i to j) and the number of transitions between two stationary modes. Gray shading indicates when required a visual inspection.

Individual	Landscape type	Switching probability			N° transitions		Movement strategy
		q_{11}	q_{22}	q_{33}	1 to 2	2 to 1	
150011	Continuous	0.756	0.440	0.3171	8	8	residency
150041	Continuous	0.6847	0.936	0.2926	2	1	dispersal
150102	Continuous	0.744	0.145	0.2438	5	5	residency
150312	Continuous	0.579	0.579	0.365	4	4	residency
150402	Continuous	0.583	0.431	0.3111	16	15	residency
150462	Continuous	0.834	0.28	0.3927	6	6	residency
150552	Continuous	0.8468	0.8677	0.3113	2	1	residency
150681	Continuous	0.514	0.686	0.3093	3	3	residency
163181	Continuous	0.385	0.394	0.2738	18	18	residency
164820	Continuous	0.674	0.311	0.243	4	3	residency
164886	Continuous	0.684	0.727	0.2419	4	4	residency
164900	Continuous	0.877	0.2088	0.2766	3	3	residency
164957	Continuous	0.528	0.788	0.462	1	0	residency
1649671	Continuous	0.8543	0.8741	0.3988	1	0	residency
165164	Continuous	0.402	0.479	0.2901	9	10	residency
165194	Continuous	0.349	0.788	0.3259	6	5	residency
1651941	Continuous	0.768	0.654	0.2879	8	8	residency
165224	Continuous	0.877	0.2395	0.278	1	1	residency
165252	Continuous	0.686	0.39	0.2287	6	6	residency
1652521	Continuous	0.908	0.4248	0.2757	2	2	residency
id03	Patchy	0.859	0.681	0.395	5	5	residency
id11	Patchy	0.727	0.376	0.269	5	5	residency
id13	Patchy	0.872	0.322	0.343	9	9	residency
id15	Patchy	0.8948	0.8505	0.7163	1	0	dispersal
id16	Patchy	0.937	0.7239	0.253	2	2	residency
id17	Patchy	0.736	0.924	0.3159	3	3	residency

id18	Patchy	0.879	0.716	0.2413	6	6	residency
lana	Patchy	0.929	0.2606	0.43	4	4	residency
lana17	Patchy	0.862	0.57	0.2428	8	8	residency
luck	Patchy	0.8643	0.9172	0.2415	2	1	residency
luck17	Patchy	0.904	0.6179	0.3762	5	5	residency
mel	Patchy	0.843	0.575	0.2758	7	6	residency
mel17	Patchy	0.8697	0.9561	0.2904	1	1	residency
per	Patchy	0.691	0.689	0.2685	9	8	residency
per17	Patchy	0.955	0.5623	0.264	2	2	residency

Classification criteria: dispersal and migratory $q_{11} > 0.95$, $q_{22} > 0.95$ and $q_{33} > 0.85$; nomadic $q_{11} > 0.95$, $q_{22} > 0.90$ and $q_{33} \leq 0.85$; residency $q_{22} \leq 0.90$ and $q_{33} \leq 0.90$. Migratory and dispersal individual can be distinguished estimating if the individual stayed in the second mode indicating dispersal, or left it, indicating migratory.

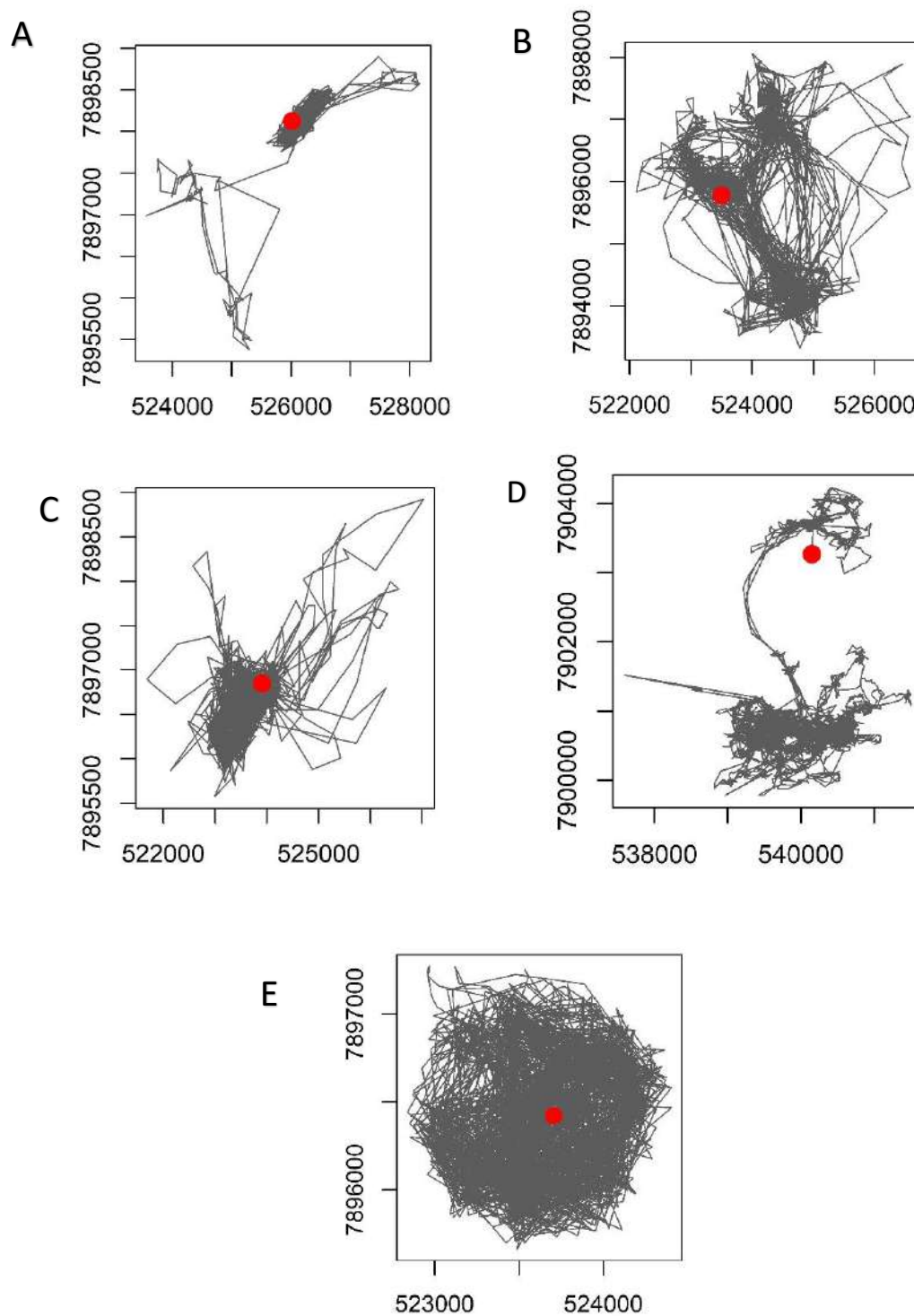


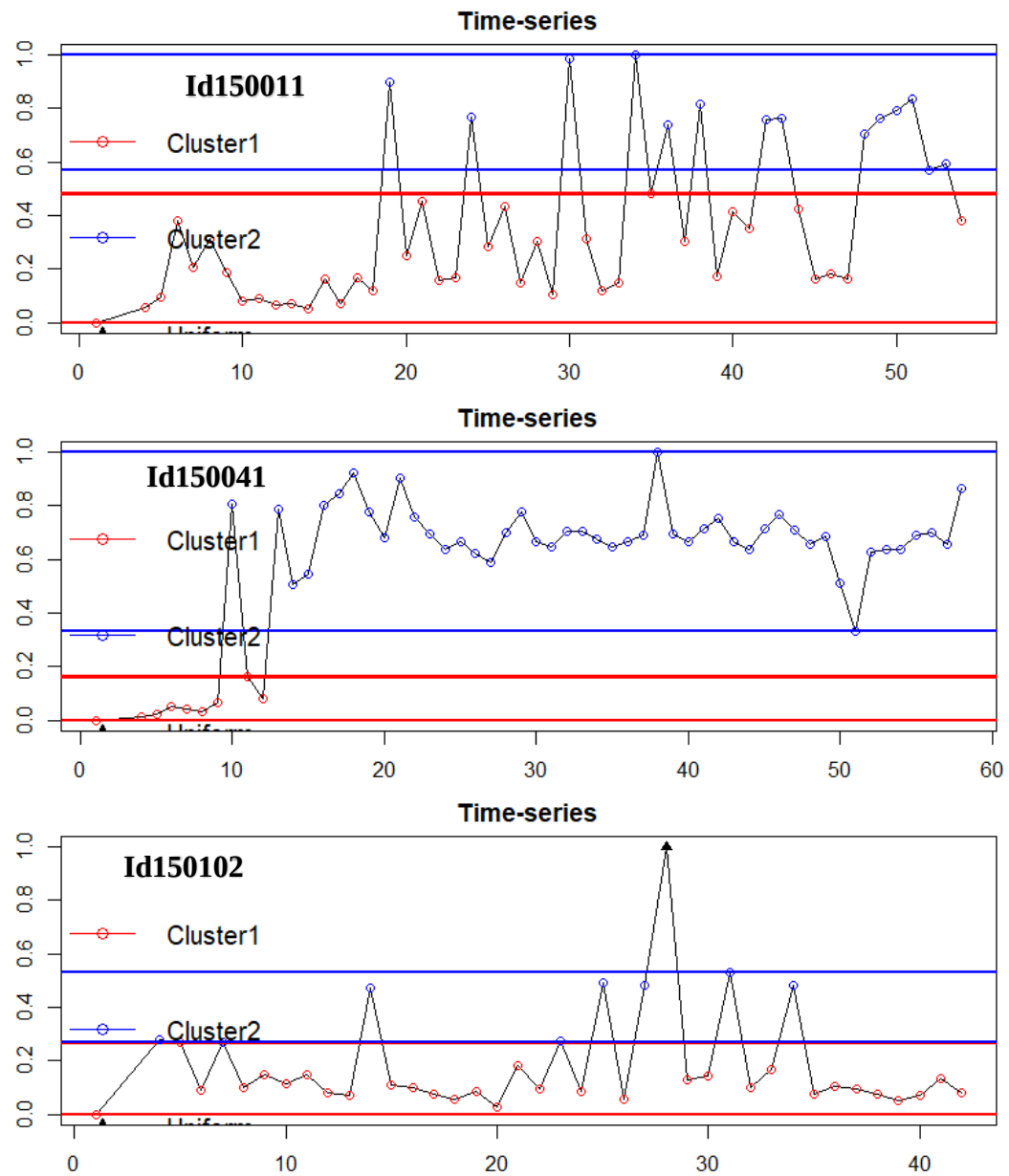
Figure S1 - Spatial location in the x-y plane (left panel) only for individuals required visual inspection. Red points at the panel indicate start points locations of each individual. A) id15, dispersal; B) id17, sedentary; C) luck, residency; D) id150041, dispersal; E) mel17, residency.

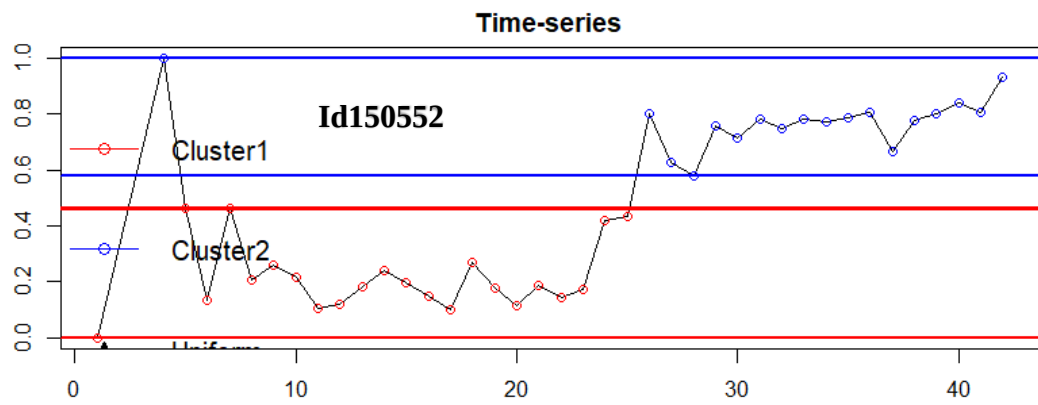
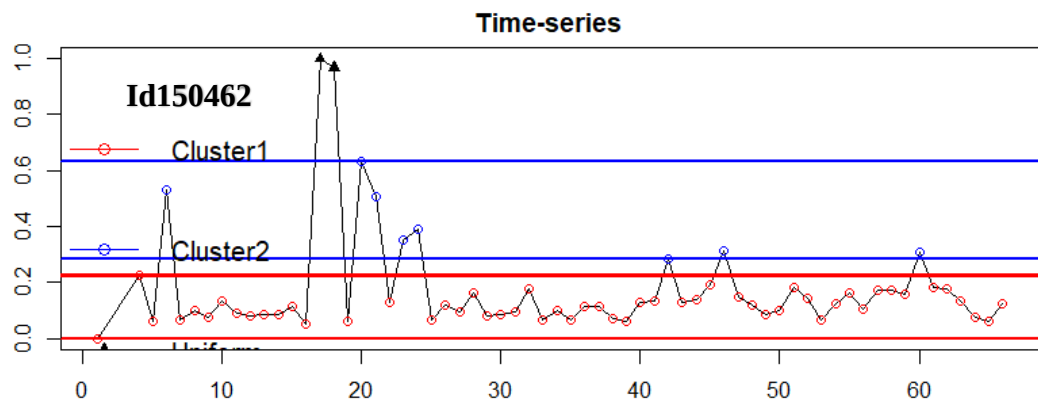
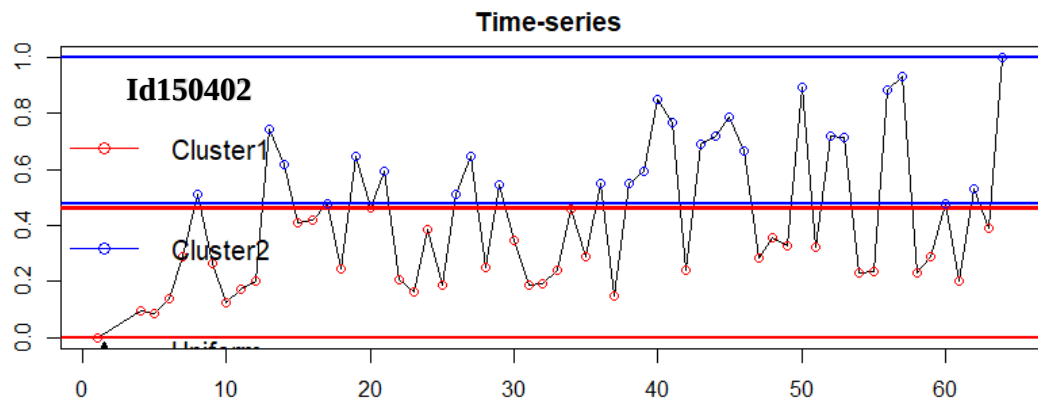
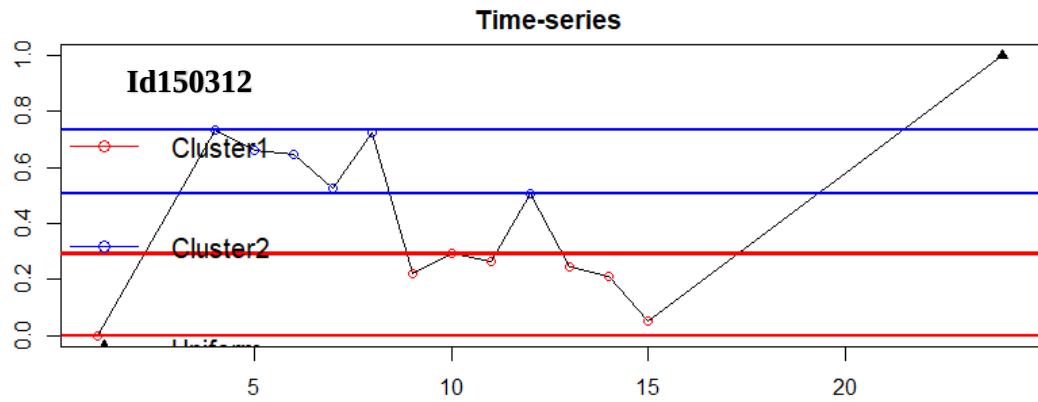
Latent state model

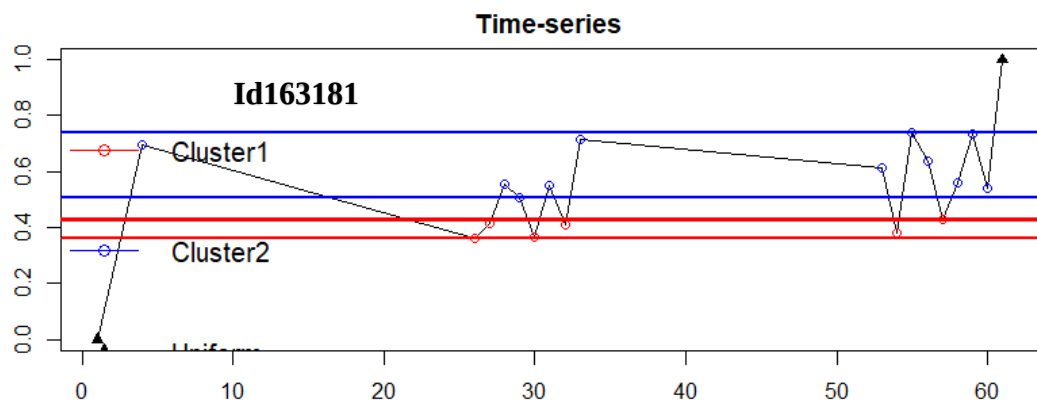
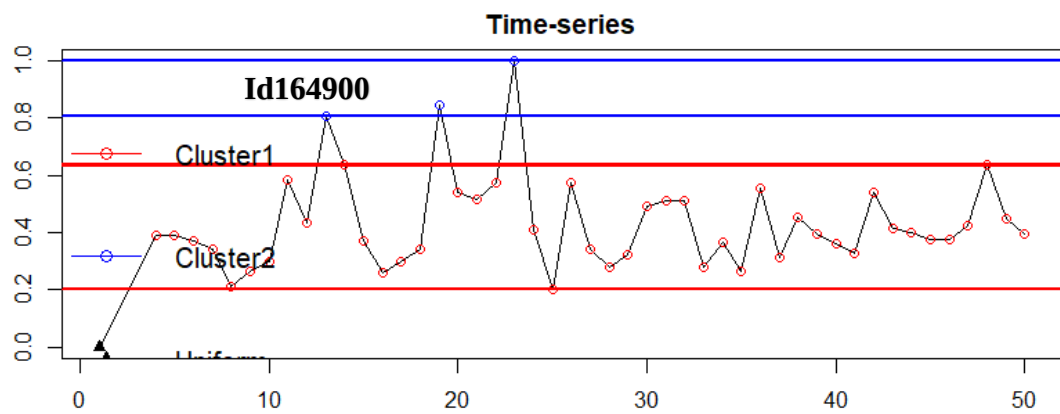
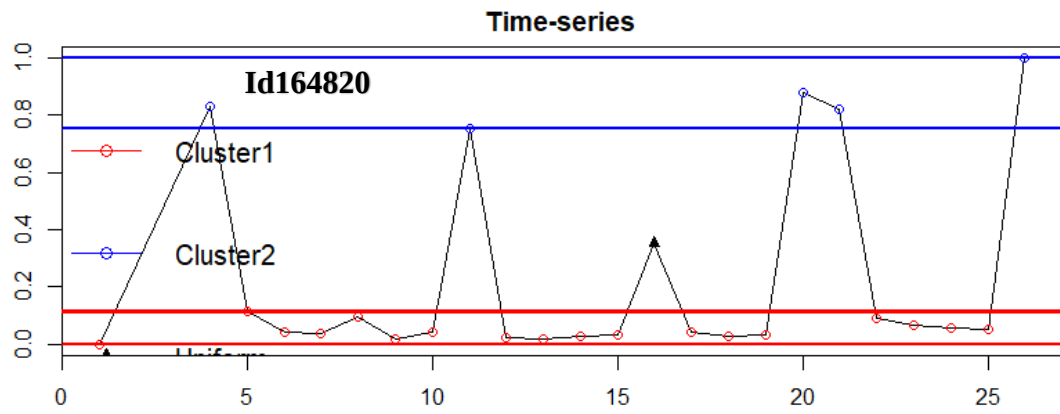
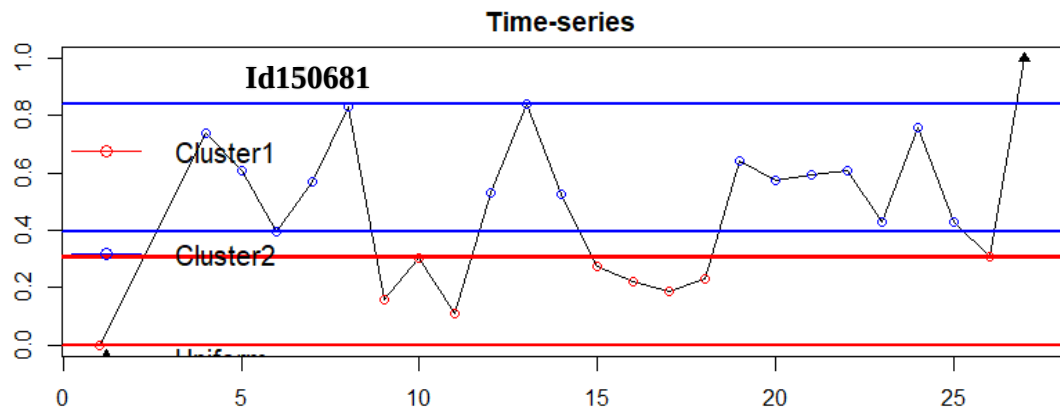
Time-series of mean squared displacement values of crab-eating fox individuals with latent state model. Red and blue circles at the model panels indicate the classification of two stationary modes at each time and the black triangle, the exploratory mode.

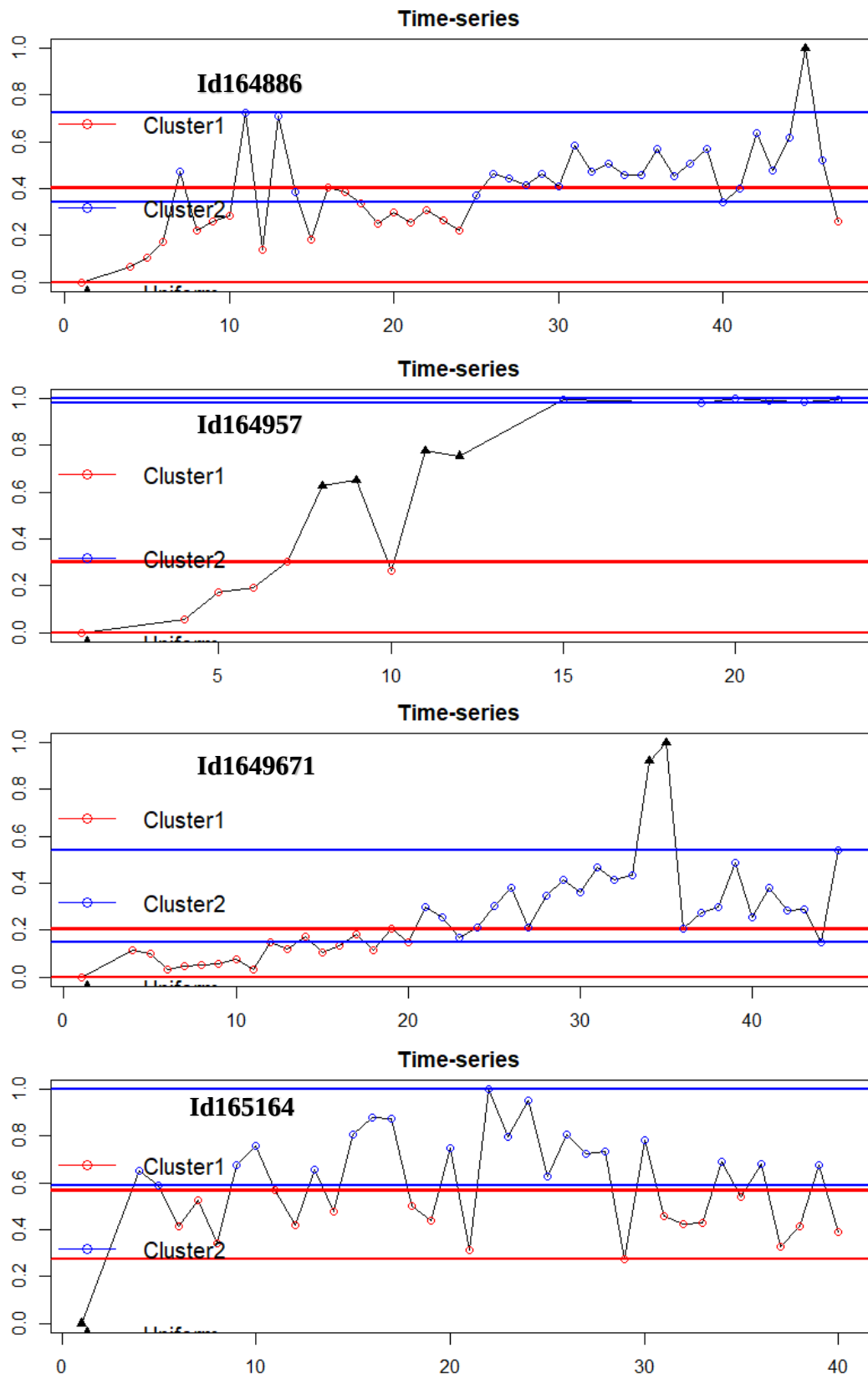
A) A one-year time series

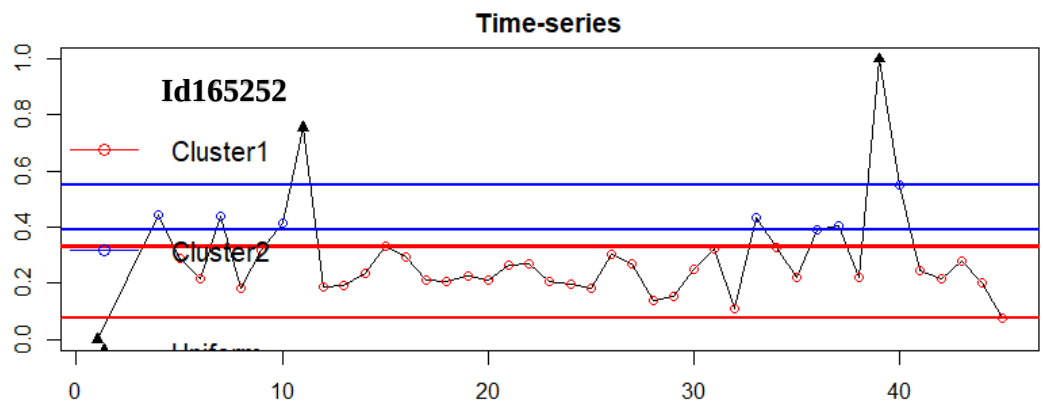
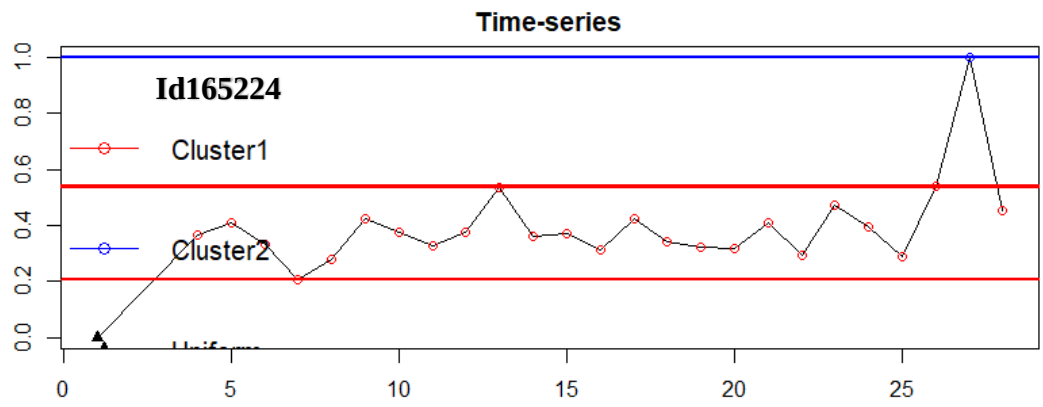
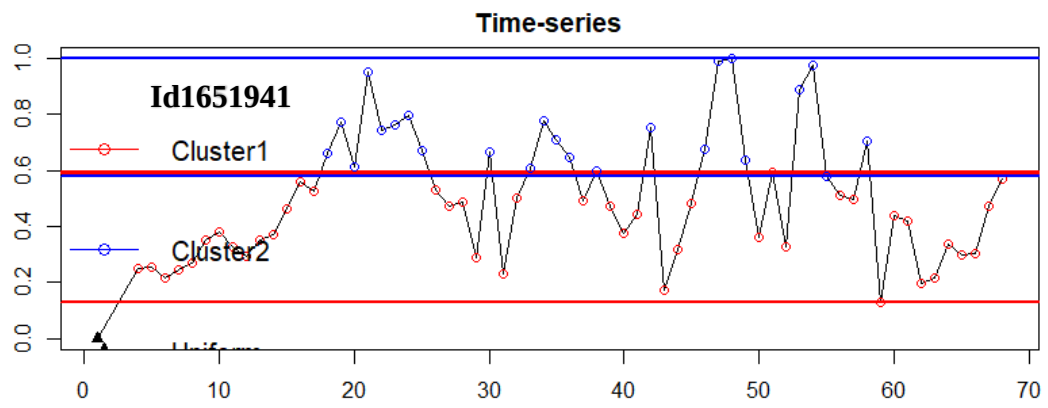
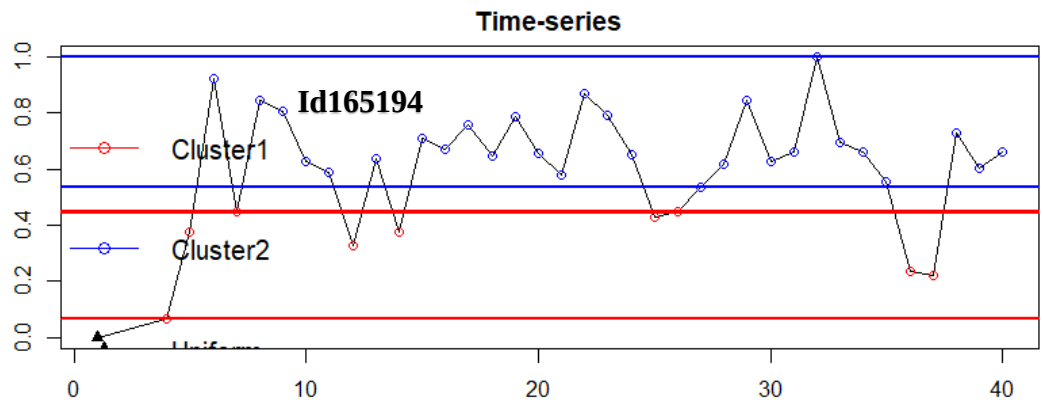
a) Continuous forest landscape

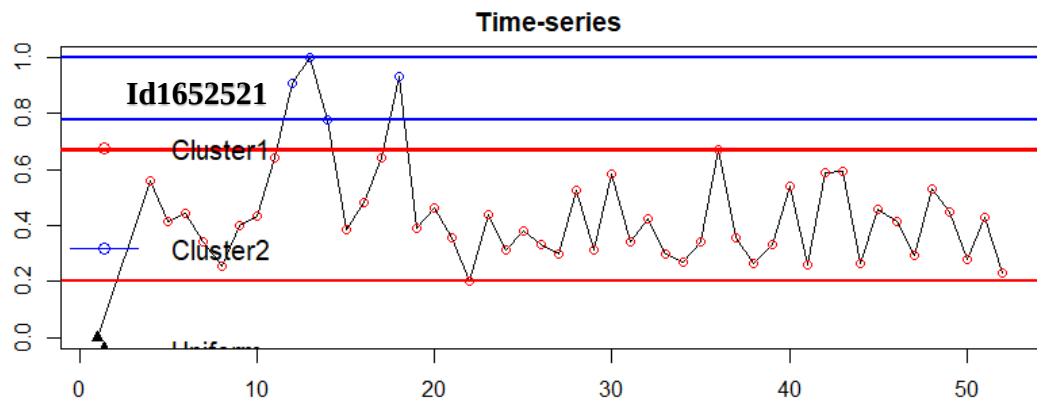




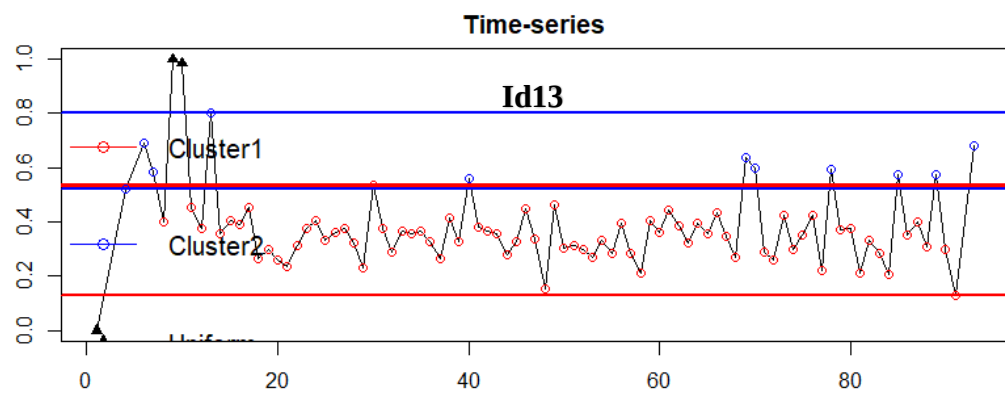
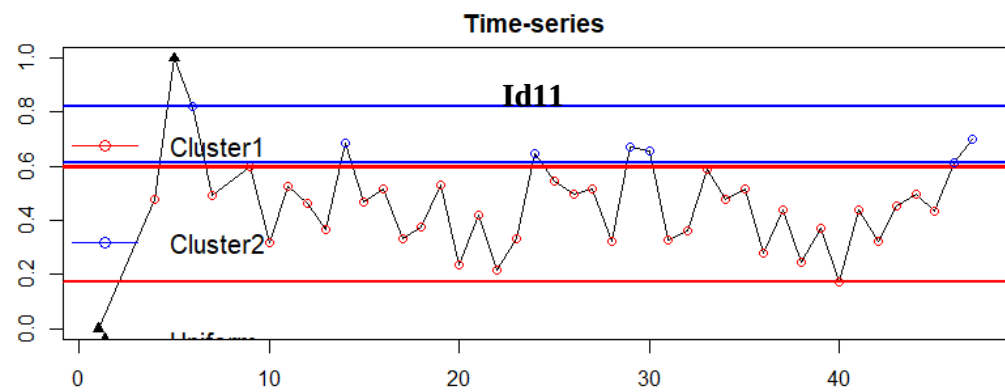
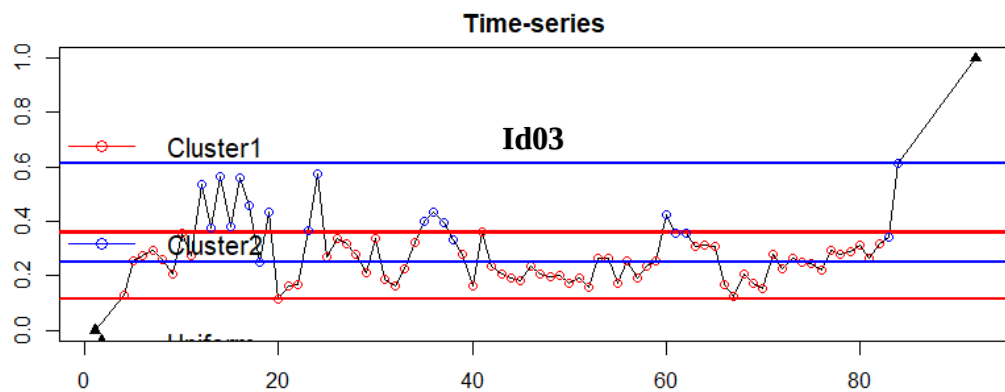


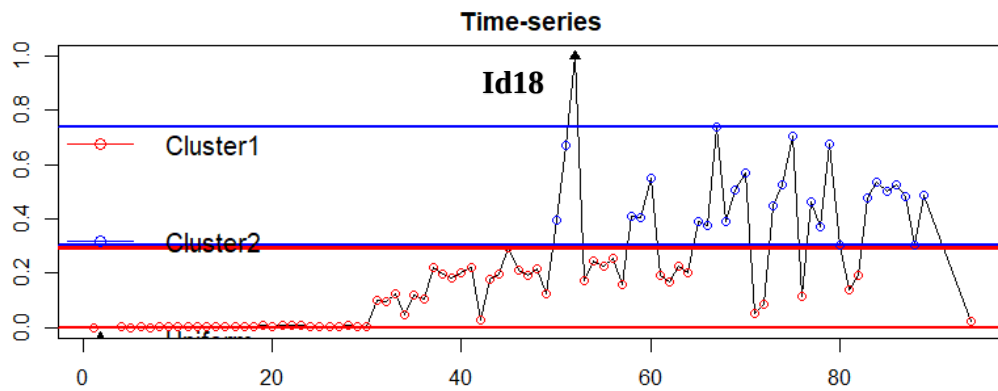
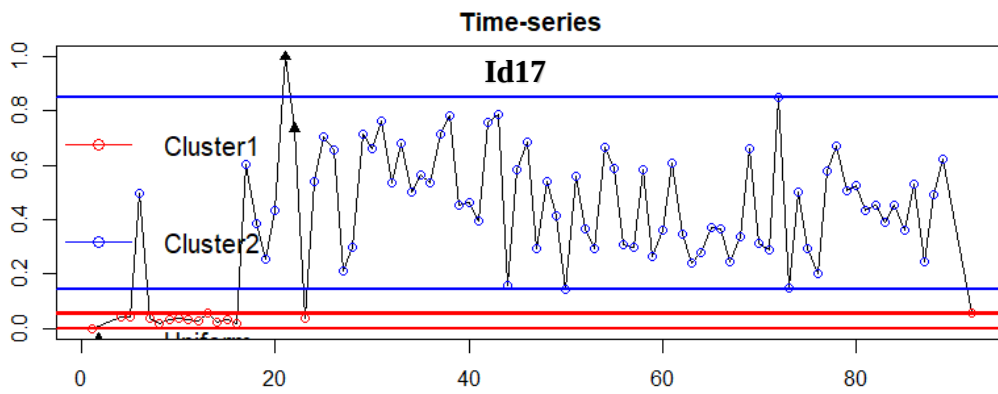
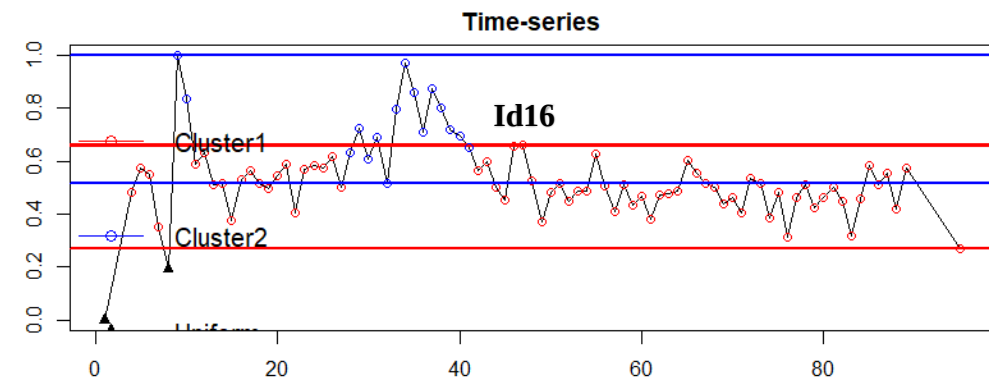
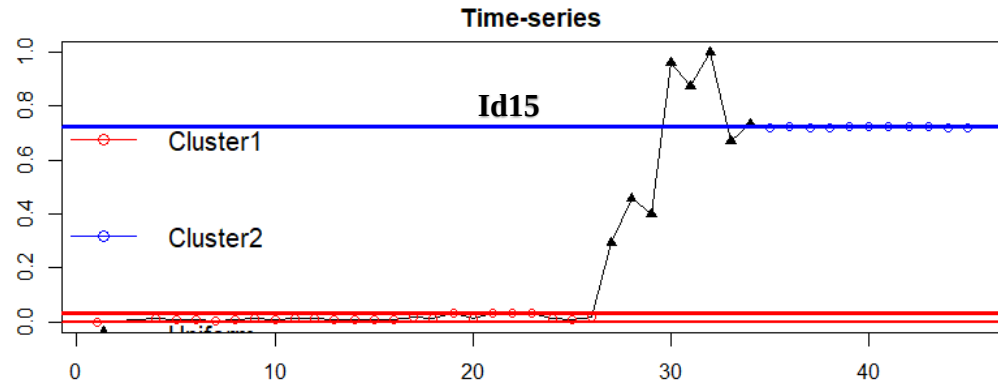


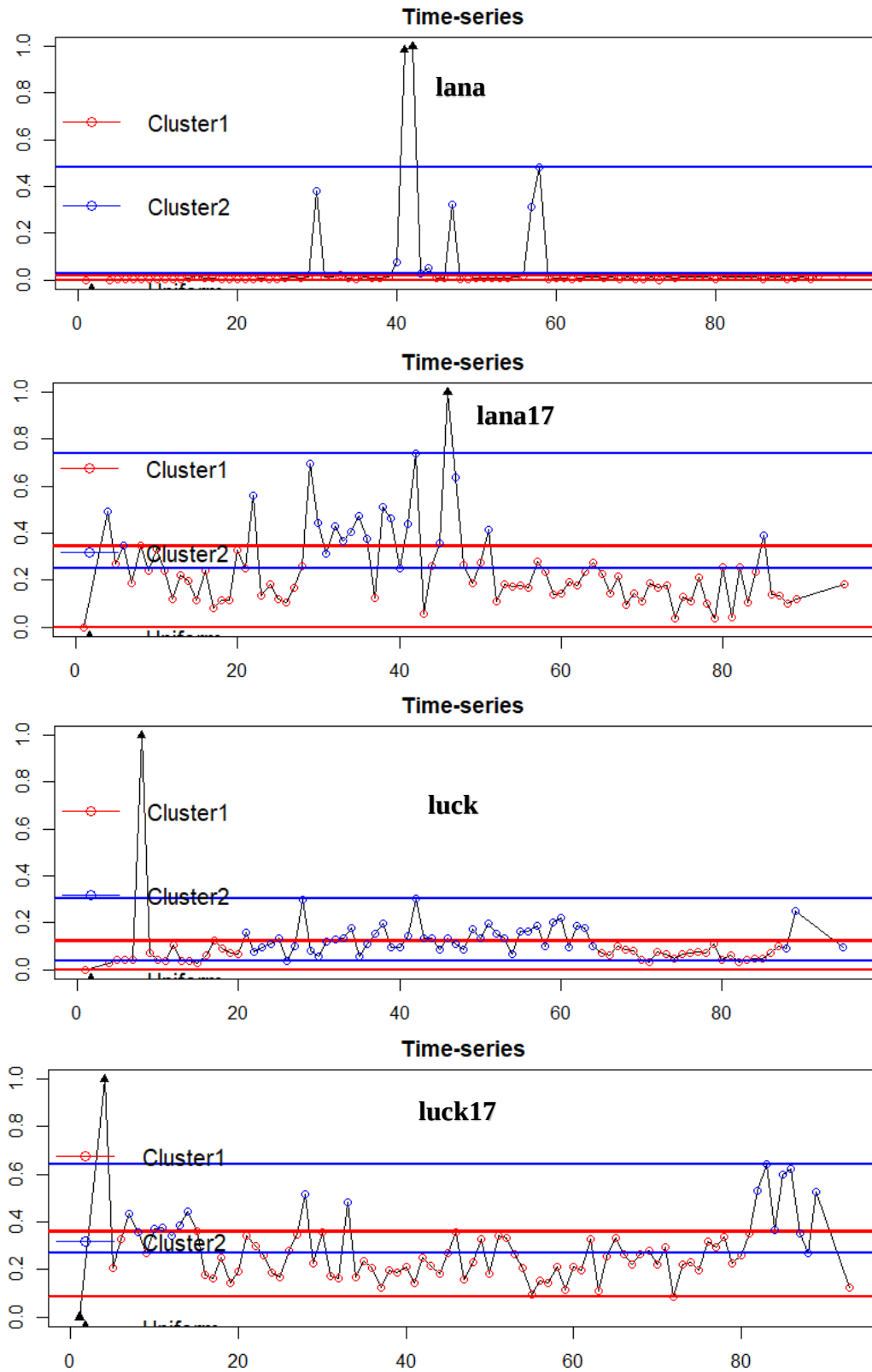


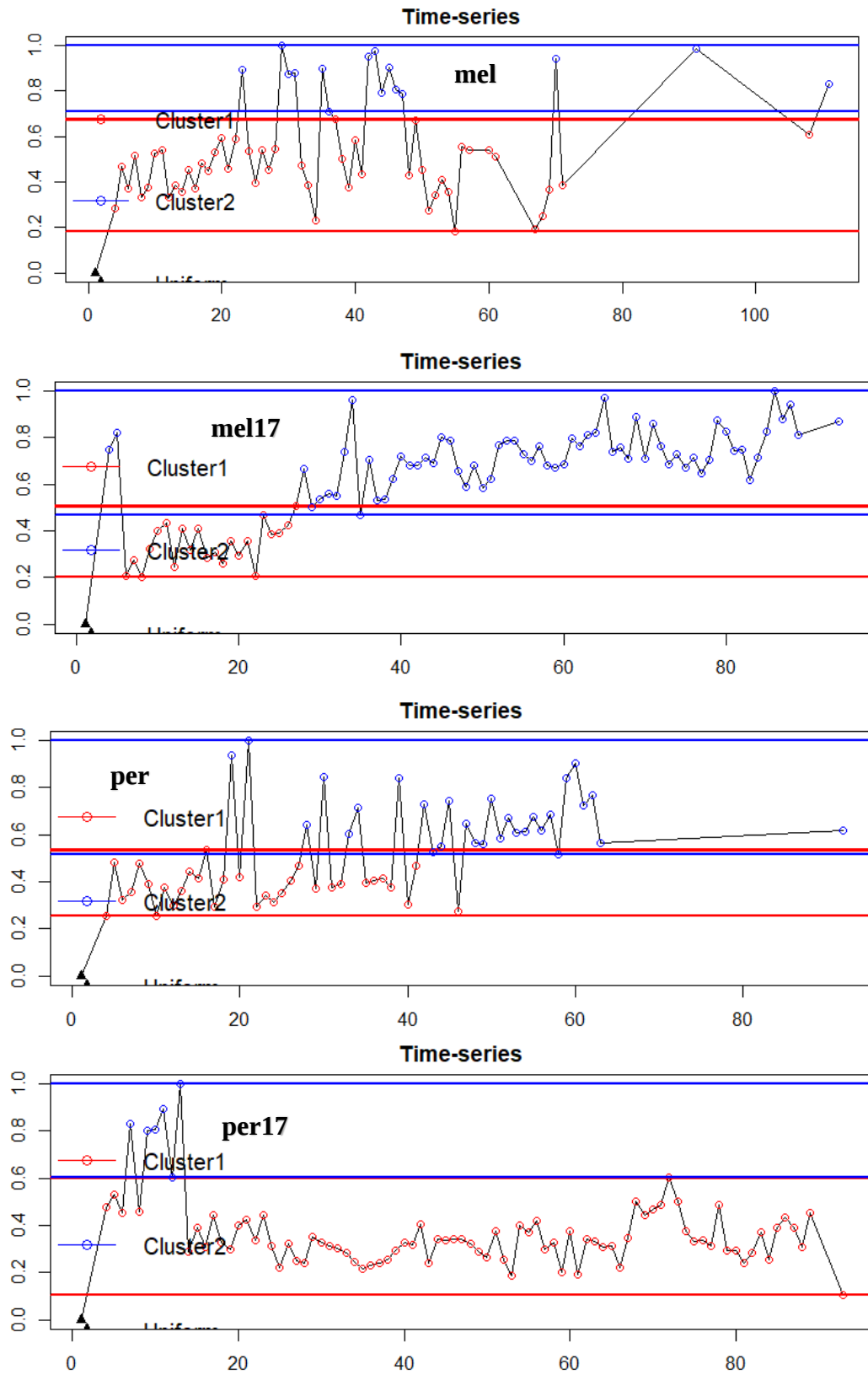


b) Patchy forest landscape









Chapter 03

Space use and influence of landscapes



Abstract

Animal space use involves responses between individuals and their environment. Landscape composition can determine the availability of resources and in turn, influence the movement and degree of conspecific interactions of animals. Here, we analyze the space use of 31 GPS-tracked crab-eating foxes (*Cerdocyon thous*) in two contrasting natural forest landscapes, with approximately 15% and 49% forest composition. We used autocorrelated kernel density estimation (AKDE) to estimate home range, home range crossing time and home range overlap. We also measured daily activity patterns and how much individuals move per day. Home range and home range overlap were larger in higher forested landscape. Despite this difference in the use of space, the average movement distance per day and the daily activity patterns did not differ between the studied landscapes, but in the less forested landscape, they have distinct intraindividual variations in the patterns of daily activity. Our results indicate an interrelationship between landscape context and spatial structure of population in a territorial generalist carnivore. Although our study was conducted in natural landscapes, this species also occurs in landscapes with substantial human modification. Therefore, it is critical to understand the effects of landscapes in constant anthropic changes so we can take the first step towards conservation policies.

Keywords: crab-eating fox, social territory carnivore, movement pattern

1. Introduction

Home range is often estimated to represent how an animal uses a particular region of space. Animals are expected to establish a home range in stable environments on a broad spatial scale and whose variations on the local scale are predictable (e.g., seasonal fruiting) (Riotte-Lambert and Matthiopoulos 2020). Therefore, home range reflects this relation between environment and how the animal perceives and reacts to it, searching for its resources (e.g. food, partners, mates, den sites) (Burt 1943, Powell and Mitchell 2012) based its spatial memory (Ranc et al. 2021). Accordingly, the landscape structure in which the population is established can determine its movement pattern and space use (Fahrig 2007, Morato et al. 2016, Péron et al. 2017).

For some territorial species, conspecific interaction is also essential in the formation of an individual's home range and, consequently, this interaction shapes the spatial structure of a population (Potts et al. 2013, Potts and Lewis 2014). However, territorial interaction is not necessary in developing a home range, since some tolerant species and individuals have home ranges without having territorial areas (Potts and Lewis 2014). Territorial behavior, in addition to priority in the use of space (Burt 1943, Potts and Lewis 2014), is likely to improve environmental predictability for individuals, preventing the resource from being altered by other competitors (Riotte-Lambert et al. 2015). Concerning mammal carnivores, territoriality is represented by the absence of overlapping home range between conspecifics (Potts et al. 2013, Elbroch et al. 2015, Morato et al. 2016). Typically, animals are expected to select economically beneficial territories. As a result, the territory size in social carnivores is expected to be positively (MacDonald 1983, Sells et al. 2021) or not related to group size (Kittle et al. 2015); inversely (Sells et al. 2021), negatively (Potts et al. 2013) or not related according of number of neighboring territories (Kittle et al. 2015), but it is inversely related to habitat quality and resource abundance (MacDonald 1983, Elbroch et al. 2015, Sells et al. 2021).

Although members of social carnivore groups share the same space (Potts et al. 2013, Kittle et al. 2015, Sells et al. 2021), they can move independently, as crab-eating foxes do (*Cerdocyon thous*). Usually this species is observed moving alone or in pairs and, sometimes, temporarily with their pups (Macdonald and Courtenay 1996, Oliveira 2002, Bianchi 2009, Campanha 2014). Since territorial areas may just be part of the home range area (Burt 1943) and also, occasional reports that individuals from the same group walk separately, it is possible that individuals have different home range sizes and travel different distances each day.

Although mesocarnivore species have not gained much attention from researchers, they have potentially important ecological functions in distinct environment contexts (Roemer et al. 2009). The crab-eating fox, for example, can contribute to plant recruitment by accelerating seed germination from their fruit consumption (Cazetta and Galetti 2009). And while this species adapts its diet (Lemos and Facure 2011, Bianchi et al. 2014) and uses habitats that are available (Michalski et al. 2006, Bianchi et al. 2016), forest habitats in anthropized areas seem to be important for the species (Berta 1982, Trovati et al. 2007, Di Bitetti et al. 2009, Ferraz et al. 2010, Dotta and Verdade 2011, Lemos et al. 2011, Marchiori 2016).

In this context, animal movement patterns can have a myriad of ecological consequences and, their understanding is important when linking ecosystem processes with different environmental contexts, such as, distance moved by the animals or even the time it takes to cross their home range could influence seed dispersal distances and dynamics of infectious disease propagation (Roemer et al. 2009). Assessing movement responses in space use, we can evaluate how animal movement changes with differing environmental conditions. So, we GPS-tracked 31 crab-eating foxes (*Cerdocyon thous*) (10 females and 21 males) in two contrasting forest landscapes in Brazil to evaluate whether a) home range size, b) home range crossing time, c) home range overlap and d) distance moved per day is predicted by landscape type. In the same study area, between 0.24 individuals/km² were estimated to inhabit the floodplain/field landscape, and 0.41 individuals/km² in the forest landscape (Desbiez et al. 2010). Thus, as they did not show significant variation in group size and because of their flexible behavior, we expect the species to be less likely to move far distances daily to obtain their resources regardless of the landscape type. Also by not selecting specific habitats, using what is available, we expect that there will be no variation in size between home ranges in the two landscapes. But based on the higher population density in the forest landscape as reported by Desbiez et al (2010) and possibly, higher environmental quality, we expect that the greater number of neighboring territories could increase spatial overlaps and also increase home range crossing time (indicating of greater spatial tolerance) by the trade-off between cost and benefit of maintaining territories.

2- Material and methods

2.1 Study area and movement data

The range of two landscapes were defined by the circular buffer of 1 km around all location points of animals monitored in each landscape, both located on Nhecolândia Pantanal, Brazil (Figure 01). The Pantanal biome in the Nhecolândia region is world's largest wetland, which floods seasonally between January and June (Rodrigues and Leite 2020), and the rhythm and intensity of the flooding depends on local rainfall and water drained from the high areas surrounding it, the plateau of *Bacia do Alto Paraguai* (WWF-Brasil et al. 2017). Forest cover was approximately 15% in the PFL and 49% in the CFL (Table S1). Both landscapes are approximately 6 km away from each other and have large rural properties with traditional livestock-rearing systems, with low population density

(Rodrigues and Leite 2020) and are composed of large water bodies (“baías” and “Salinas”), grasslands and forested savanna (“cordilheiras”) (Silva et al. 2011 apud Rodrigues and Leite 2020).

We GPS-tracked 31 crab-eating foxes, 20 with collars in the CFL (10 were monitored in 2012 and 10 in 2013) and 11 in the PFL (6 were monitored in 2016, 4 of these were recaptured and 5 more animals were collared in 2017). Almost all of these individuals were monitored during the dry season (from mid-June to early December), except for the individuals monitored in 2013 and at the end of the id13 monitoring period, when the flooding begins. The monitoring period varied among individuals (minimum of 19 to maximum 107 days – Figure S1).

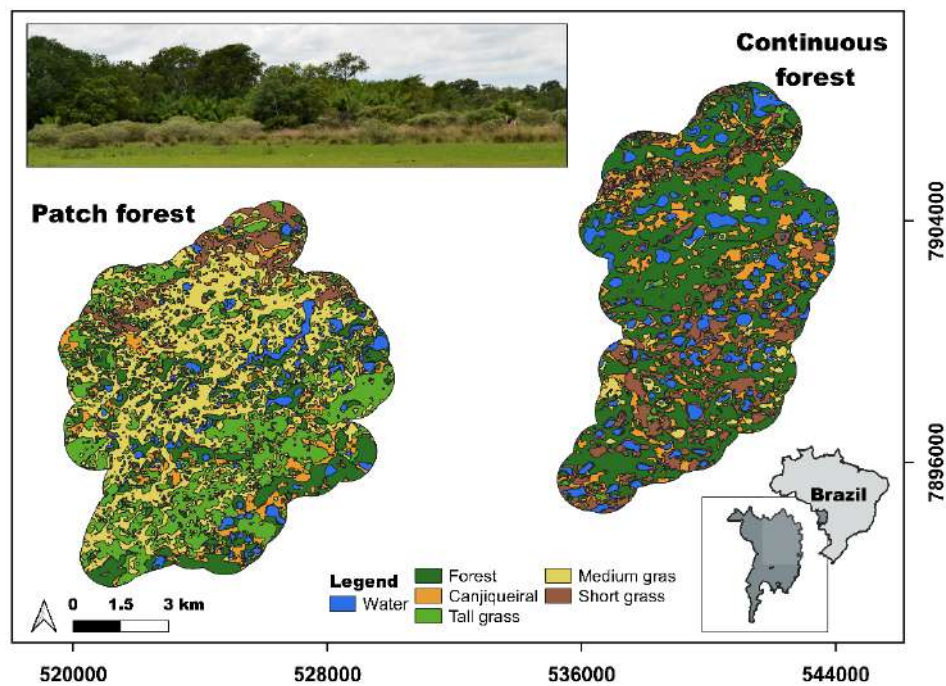


Figure 01 – Study area location in Pantanal biome (point inside of dark gray polygon), Brazil. A circular buffer of 1-km around the GPS location points of all tracked *Cerdocyon thous* delimits the study area in the patched forest landscape (14.85% forest) and continuous forest landscapes (49.20% forest). Photo shows forest (top), shrublands (“canjiqueiral”), tall grass and short grass of landscape.

2.2 Space use and movement analysis

Home range and home range overlap

We used autocorrelated kernel density estimation (AKDE) to estimate home range and home range crossing time only in individuals with a residency movement strategy,

indicated by the variogram (ctmm – continuous-time movement modeling – package in R software) (Calabrese et al. 2016). As AKDE models movement as continuous-time process, we did not standardize and interpolate missing locations.

Since crab-eating foxes live in territorial social groups (Macdonald and Courtenay 1996), we believe that this estimator could better reflect the space use of individuals, including areas not used but located in their territory and therefore, not accessible to other groups. These areas without access, such as the aquatic environment, can be important sources of water and food, such as crustaceans and amphibians consumed by crab-eating foxes in the region (Bianchi et al. 2016).

We also decided to use AKDE because it provides a confidence interval, a measure of accuracy in the estimate of home range (Calabrese et al. 2016) as well as expressing this uncertainty in AKDE overlap estimates and making it possible to assess if the overlap values estimated are statistically different from each other (Winner et al. 2018). In addition, this estimator proved the position autocorrelation time (corresponding to home range crossing time). Home range crossing time indicates how long, on average, the animal travels from one side of its home range to the other (Noonan et al. 2019). Also, AKDE is more accurate when calculating spatial use with different sampling designs, such as sampling duration and frequency of data collection (Calabrese et al. 2016).

Although the territory borders are dynamic (Potts and Lewis 2014), we estimated the home range overlap to understand the crab-eating foxes' territorial behavior. So, the estimated home range overlap is a representation of the ratio of the intersection between static space use of individuals (home range), ranging from 0 to 1, where 0 implies that the two distributions do not share a common area and 1, the two distributions are identical (Winner et al. 2018). We aggregated individuals monitored at the same time of the year and the home range overlap between individuals was also estimated using the ctmm package (Calabrese et al. 2016). All individuals monitored in the same year had temporal data overlap, except in 2013, in which we have individuals grouped into three periods of monitoring between January and July (see Figure S1 Supplementary Information). Despite this, we believe that these individuals did not significantly change their spatial organization due to the low temporal difference in monitoring between them. We considered all individuals to evaluate the landscape effects, including those with high spatial overlap, as we do not know if the group individuals always move together (MacDonald 1983, Oliveira 2002, Bianchi 2009, Campanha 2014) and thus, if they have the same home range.

Daily activity pattern and average distance traveled per day

We estimated daily activity patterns by taking the average of the distance traveled per hour using successive regular relocations with intervals of 30-minutes intervals of individuals in each landscape type. Similarly, the distance moved per day (*Dist*) was measured as the sum of Euclidean distance between successive relocations (*step length*) of regular trajectories of each individual *j* at monitoring day *n* (equation 1). Thus, we discretized the trajectories to 30 minutes intervals between each relocation, obtaining 48 fixed points per day. After that, we calculated the average of distance moved per day (*Average*) summing the entire distance moved per day (*Dist*) of monitoring day *n* from individual *j* and divided by the total monitoring day of each individual (equation 2).

$$Dist_{nj} = \sum_1^{48} step\ length_n \quad (1)$$

$$Average_j = \sum_1^n Dist_{nj}/n \quad (2)$$

3- Results

Space use and movement

Home range size and home range crossing time – one-year period

Of the 31 monitored individuals, only 2 did not present a residency movement strategy according to the absence of an asymptote in the animal's semivariance (see semi-variograms in the supplementary material of chapter 04). Of those who showed residency behavior, the home range size and home range crossing time (Figure 02 and Table S2) were higher in the forest landscape than in the patchy landscape. We also observed a trend in the increase of home range crossing time as their home range increases (Figure 02). In addition, home ranges were smaller in the rainy season (2013) compared with the dry season (2012), but home range crossing time did not differ between seasons (Figure 03 and Table S2).

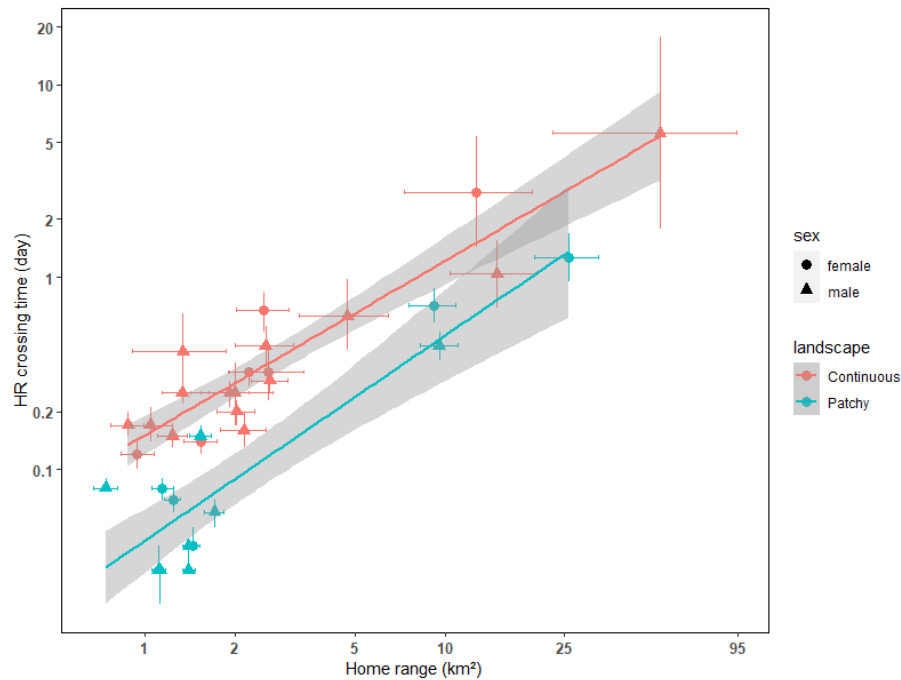


Figure 02 – Relation between home range size and home range crossing time of crab-eating foxes in two contrasting landscapes, continuous forest and patchy forest (with approximately 50% and 15% of forest cover, respectively) in the Pantanal – MS, Brazil.

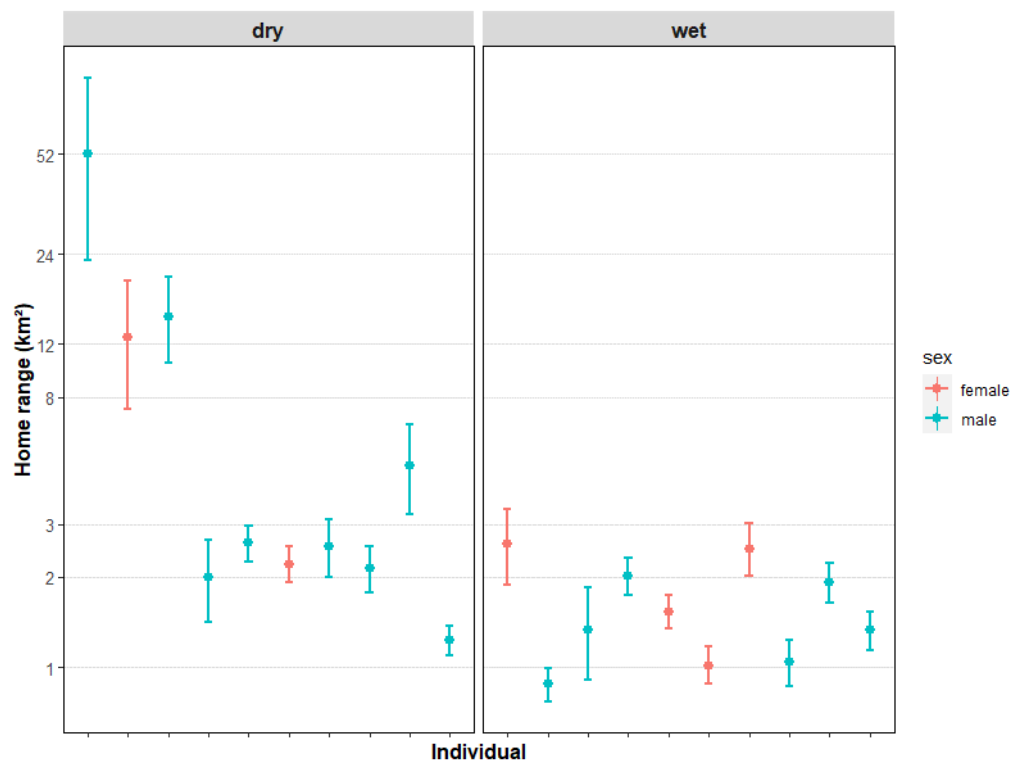


Figure 03 – Home range size of crab-eating foxes in the dry and rainy season on continuous forest landscape in the Pantanal – MS, Brazil.

Home range overlap

We identified constricted territorial areas among males in the patchy landscape, with only one male, id17, having a high overlap with the other 2 males, id16 (0.46, 95% CI 0.41-0.50) and Lucky (0.30, 95% CI 0.27-0.34) (Figure 03, 04 and Table S3). Conversely, males in the continuous landscape, had low home range overlap with 5 other males (with variation of home range overlap between 0.15 to 0.28 with other males - id164900); 3 individuals (id150011, id150102, id164820) overlapped their home range with all other monitored males; and even observed males with completely overlapping home ranges (id150312-id150402, with overlap of 0.98, 95% CI 0.90-1). However, in the flood season of 2013, six males had no or low overlap between them (id1649671-id165252, with 0.07, 95% CI 0.05-0.1 and, id1649671-id164957, with 0.09, 95% CI 0.03-0.23) and only one males-males had overlap of 0.48 (95% CI 0.40-0.56 - id164886-id1652521).

Unfortunately, we only monitored a few females in the same year; 4 of them in 2013, 2 in 2016 and 4 in 2017 (Figure 03, 04 and Table S3). In 2013, females had a small home range overlap between them, with the highest relation being between id163181 and id1651941 with 0.39 (95% CI 0.27-0.52). Two females (Lana and Mel), both monitored in 2016 and 2017, had high spatial overlap between them in both years (0.78, 95% CI 0.70-0.86 and 0.92, 95% CI 0.90-0.93 respectively – Figure 03, 04 and Table S3). Except for this relationship between Lana and Mel, the other females monitored in 2017 did not overlap in their home ranges, ranging from 0 to 0.04 (95% CI 0.02-0.06).

Regarding intersex spatial relations, females in the continuous forest landscape ranged from no to low (around of 0.03), and medium (around of 0.30) with other males and high overlap with at least one male (around of 0.81). In the other landscape, females have high spatial overlap with at least one male (above 0.84) (Figure 03, 04 and Table S3), except for female id18, who had no overlap with monitored males. Interestingly, half of the home range areas of females, Lana and Mel, also overlapped with another male, id17 (around 0.45). We also observed in 2016 the male Lucky, had high overlap with Lana and Mel (respectively, 0.93 95% CI 0.91-0.95 and 0.84 95%CI 0.76-0.90); but in 2017, another male, id16, had high overlap with these females (Mel 0.98 95% CI 0.97-0.98 and Lana 0.95 95% CI 0.94-0.96).

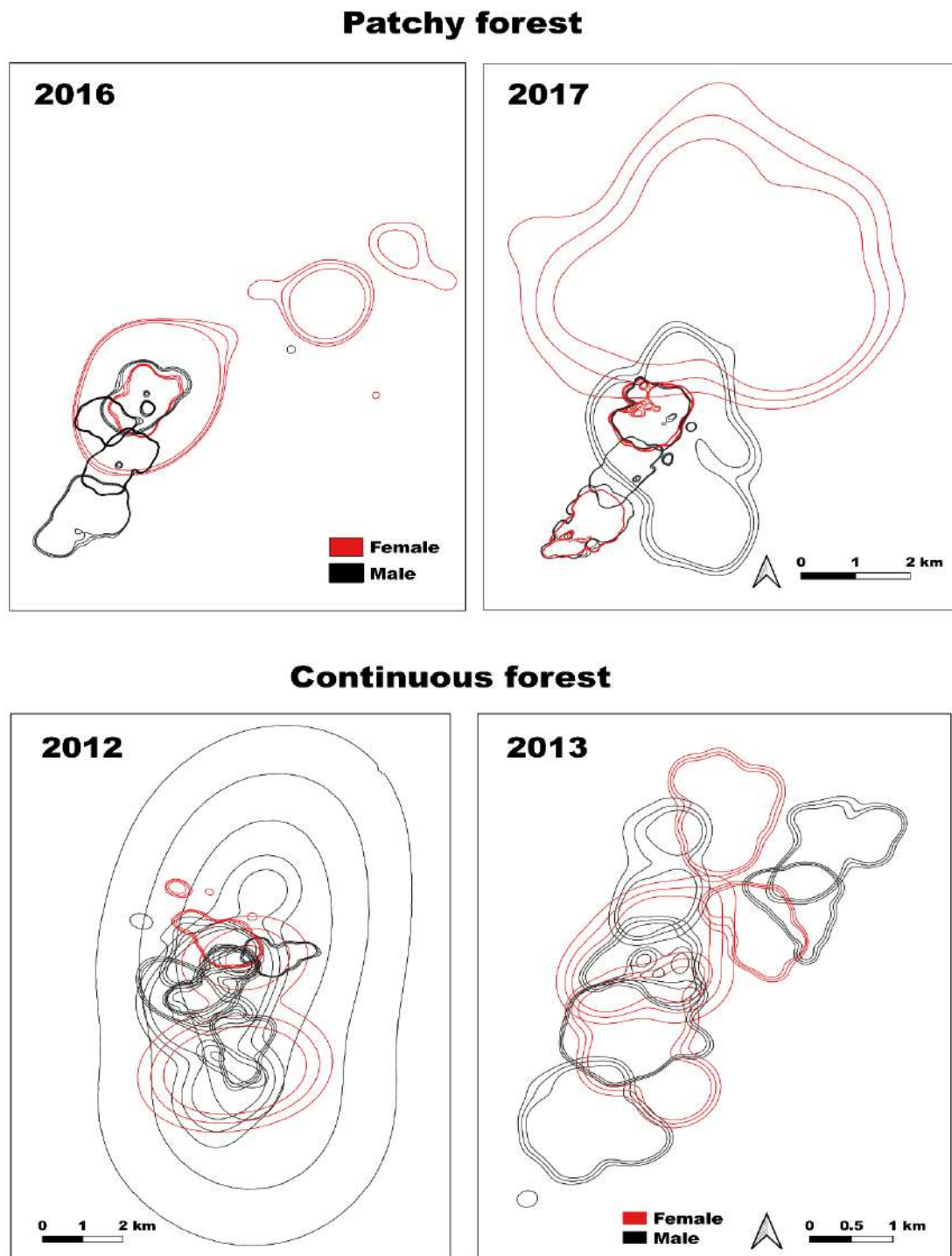


Figure 03 – Spatial distribution of crab-eating foxes home ranges illustrates intra- and intersexual relations by landscape. Individuals' home ranges are separated by year and landscape, patchy forest landscape in first row and continuous forest landscape in second row.

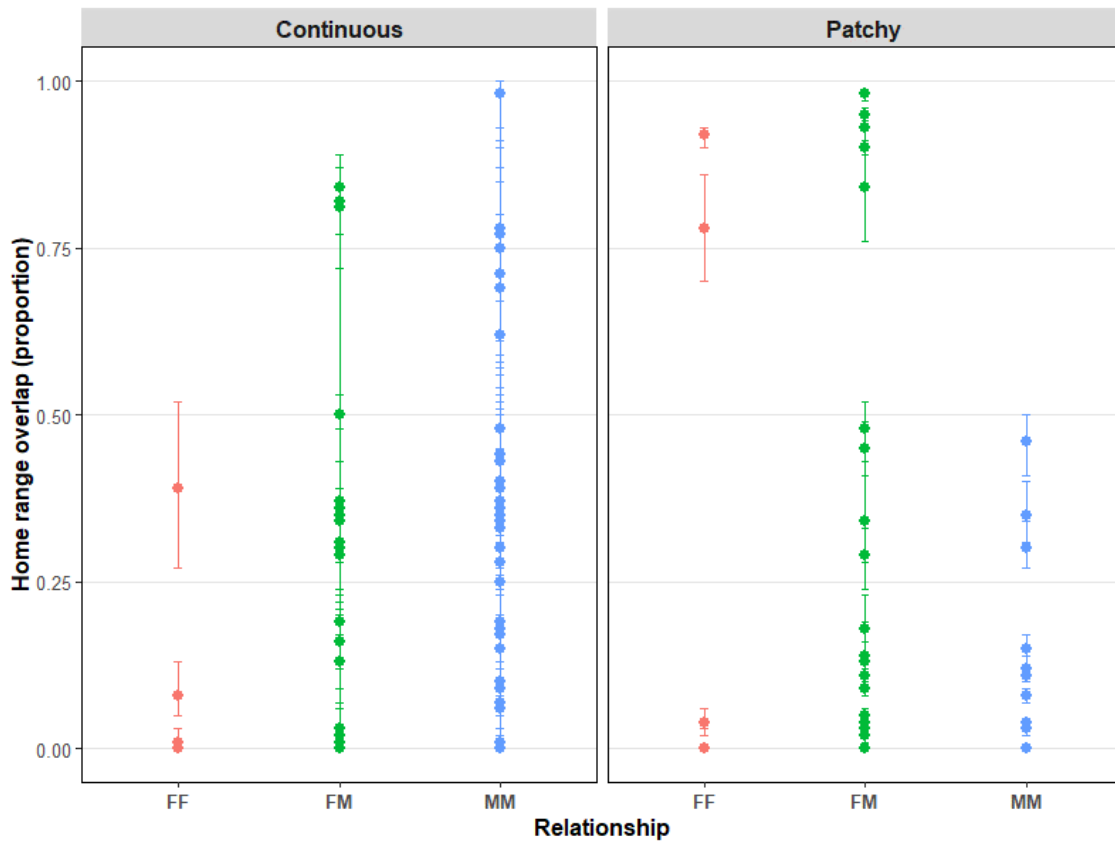


Figure 04 – Home range overlap of crab-eating fox monitored in two contrasting forest landscapes, continuous forest landscape (~50% forest cover) and patchy forest landscape (~15% forest cover) in the Pantanal – MS, Brazil. The proportion of home range overlap intra- and intersexual relationships between two individuals are indicated in each colored column. FF: female – female; FM: female – male; MM: male – male.

Average distance

The average distance traveled per day was no different between the two landscapes nor between the sexes (Figure 05). Males in the forest landscape moved an average of 5.78 km/day (variation between 1.38 and 7.96 km/day) and females, 4.92 km/day (variation between 2.6 and 6.02 km/day). In the patchy forest landscape, males moved an average of 5.93 km/day (variation between 2.98 and 7.63 km/day) and females, 5.65 km/day (variation between 3.22 and 7.89 km/day). The average distance traveled over the days of four animals can be found in the supplementary material (Figure S4): an elderly male, a male found dead, a lactating and a pregnant female.

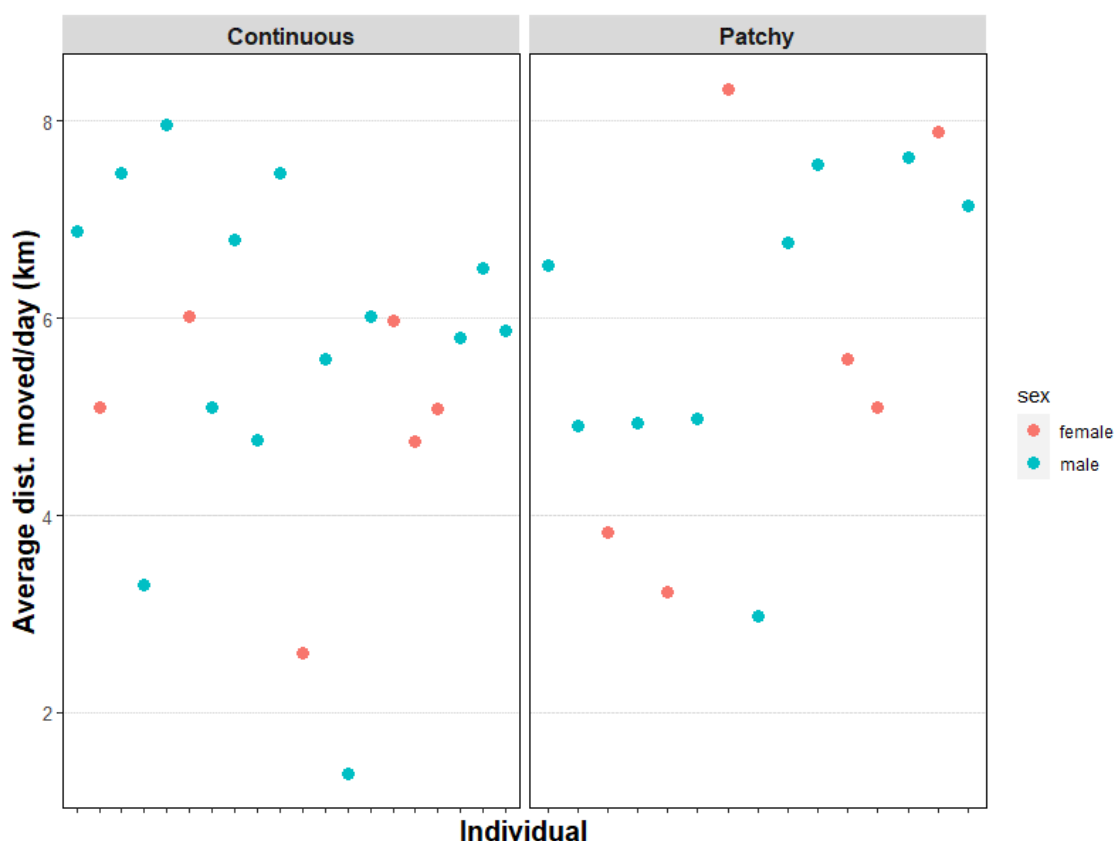


Figure 05 – Average distance traveled/day of crab-eating foxes in two contrasting landscapes, continuous forest and patchy forest (with approximately 50% and 15% of forest cover, respectively) in the Pantanal – MS, Brazil.

Activity pattern

The crab-eating foxes had an increasing displacement of around 14 hours and decreased considerably between 8 and 14 hours in both landscapes (Figure 06). In the patchy landscape, they significantly increased movement at 18 hours (481 m) and 4 hours (249 m); in the continuous landscape, it was around 19 hours (318 m) and 5 hours (235 m). In addition, we observed that individuals in a forest landscape have greater intraindividual variation and a lower average hourly displacement compared to the landscape population with intermediate forest cover (Figure 06).

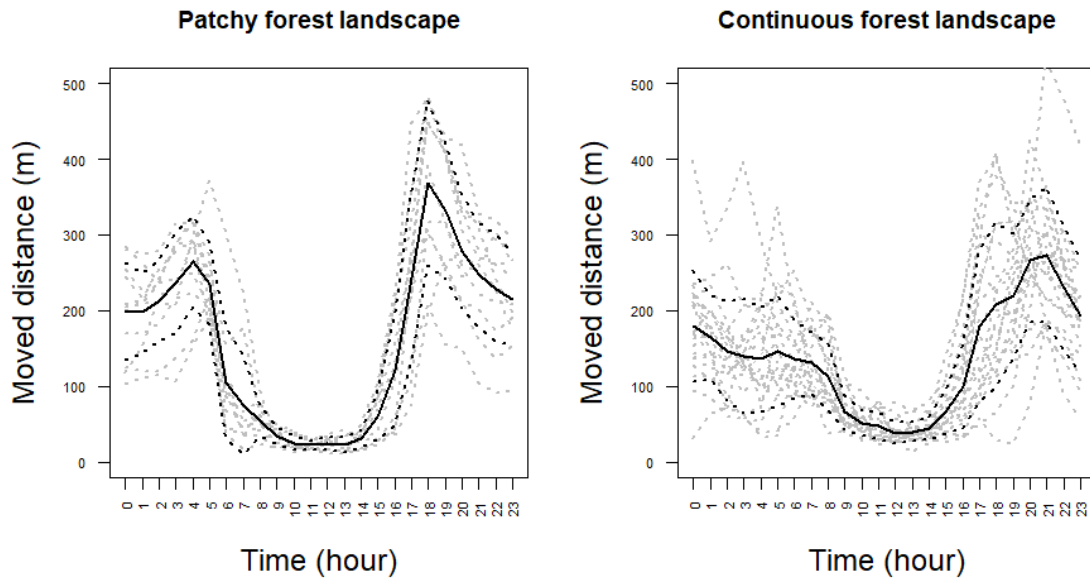


Figure 06 – Activity pattern represented by the average distance moved per hour of crab-eating foxes monitored in a patchy forest landscape and forest landscape.

4 - Discussion

Our results indicate an interrelation between landscape context and the spatial structure of a territorial generalist carnivore population. Home range and home range overlap were greater in the continuous forest landscape. The high spatial overlap between the monitored individuals and may be indicative of some degree of tolerance in conspecific space use in a continuous forest landscape. In the absence of neighboring territories, foxes have re-established contact between territories with other neighbors to reduce potential invasion of their territory (Potts et al. 2013).

Cooperative carnivores tend to select economic territory which smaller territories are associated with greater competitors and food, and greater social group (Sells et al. 2021). Although the crab-eating fox is known to show plasticity in habitat use (Ferraz et al. 2010) and in its diet (Lemos and Facure 2011), our results indicated distinct movement behavior when in a different environmental context. This changing behavior in movement patterns as food availability within the home range has also been reported for deer (Ranc et al. 2021), supporting the cognitive capacity of terrestrial mammals.

Other factors that could influence the home range sizes and territories could be the territorial group size and the density of competitors (Kittle et al. 2015, Sells et al. 2021). Although the species lives in a territorial group, the number of individuals does

not seem to vary significantly due to reports of sightings of only couples or small family groups (Macdonald and Courtenay 1996, Oliveira 2002, Maffei and Taber 2003, Rocha 2006, Bianchi 2009, Santos Júnior 2013, Campanha 2014, Bianchi et al. 2016). The population density in the same region of the study area, Pantanal of Nhecolândia was estimated between 0.24 individuals/km² in the field landscape and 0.41 individuals/km² in the forest landscape (Desbiez et al. 2010). In this way, the high population density (possibly high competition) in the forest landscape is one of the factors of the home range and their overlaps are smaller. We also conclude that males appear to be territorial only in the patch landscape and that these territories appear to be home to at least two females and one male. Territories are dynamic, contracting or expanding slowly over time, as individuals move and deposit their territorial markings (elastic disc hypothesis) (Potts and Lewis 2014). As a consequence, when we measure over a finite time window, home range of animals in adjacent territories will overlap slightly (Potts and Lewis 2014). But future studies must be conducted to assess these factors.

Larger territories require greater movement (e.g., to defend the territory and access prey resources) (Sells 2019), but in our results, the distance moved per day did not differ between the two landscapes, even though the home range and time to cross their area was greater in the forest landscape. This circumstance may indicate a different use of space inside of their home range. This difference in the use of space can also be supported by the greater presence of daily periodic movements (represents the animal's movement to return to a point periodically over time) in animals of patch landscape (see results of chapter 4). Also, the daily activity patterns did not differ between the studied landscapes, but in the less forest landscape, they had distinct intraindividual variations in the patterns of daily activity.

The seasonal variation in the home range size, in our results, may be related essentially to the constriction of available space due to flooding during the rainy season in the Pantanal. Although Bianchi (2009) reports no significant difference in the home range size of the seven individuals monitored by radio collars during the dry and rainy seasons.

When a territory resident is removed, neighbors can expand their territory to decrease potential invasion (Potts et al. 2013) or another individual can move to occupy this space (Macdonald and Courtenay 1996, Bianchi 2009). Also, competition may have a particular influence in dispersal decisions of young individuals resulting in population spatial rearrangement (Sells 2019). Thus, the home range switch observed in the male,

Lucky, between the two years of monitoring, may be related to the possible absence of the elderly male id03 or even the avoidance behavior caused by the id16 male, in which he started to occupy his territory (Figure S5 – supplementary material). Interestingly, the two females (Lana and Mel) that used the same area as the Lucky, the male, did not change their area of use and started to share it with the male id16.

Predicting the impact of environmental changes on the ability of species to survive and reproduce is challenging, because often the changes that occur are so fast that animals are often unable to adapt to use the new environments. Understanding subjacent mechanisms that drive the movement of animals and their interactions in natural landscapes is the first step in predicting the effects of habitat variation on the spatial structure of populations, even more so when dealing with a species that also inhabits landscapes with substantial human modification.

Acknowledgment

This study was supported by grants, fellowships, and scholarships from: São Paulo Research Foundation (FAPESP – Process 2013/50421-2, 2016/11595-3 and 2019/04851-1), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES – Finance Code 001 and CAPES/PROAP 817737/2015), National Council for Scientific and Technological Development (CNPq – Universal 425746/2016-0). We are grateful to Heitor Herrera for support and permission to develop the study in his farm. We also thank Filipe, Patrícia, Thiago, Rafael, Carlinhos, André, Lilian, Jeferson, Mateus, Wanessa and Graziela who helped with the fieldwork.

5 - Reference

- Berta, A. 1982. Mammalian species. *Mammalian Species*:1–4.
- Bianchi, R. D. C. 2009. Ecologia de Mesocarnívoros em uma área no Pantanal Central, Mato Grosso do Sul. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.
- Bianchi, R. D. C., R. C. Campos, N. L. Xavier-filho, N. Olifiers, M. E. Gompper, and G. Mourão. 2014. Intraspecific, interspecific, and seasonal differences in the diet of three mid-sized carnivores in a large neotropical wetland. *Acta Theriologica* 59:13–23.
- Bianchi, R. D. C., N. Olifiers, M. E. Gompper, and G. Mourão. 2016. Niche Partitioning among Mesocarnivores in a Brazilian Wetland. *PLoS ONE* 11:e0162893.
- Di Bitetti, M. S., Y. E. Di Blanco, J. A. Pereira, A. Paviolo, and I. J. Pérez. 2009. Time Partitioning Favors the Coexistence of Sympatric Crab-Eating Foxes (*Cerdocyon thous*) and Pampas Foxes (*Lycalopex gymnocercus*). *Journal of Mammalogy* 90:479–490.

- Burt, W. H. 1943. Territoriality and home range concepts as applied to mammals. *Journal of Mammalogy* 24:346–352.
- Calabrese, J. M., C. H. Fleming, and E. Gurarie. 2016. ctm: an R package for analyzing animal relocation data as a continuous-time stochastic process:1124–1132.
- Campanha, L. C. 2014. Spatial ecology of crab-eating foxes in a large Neotropical wetland. Federal University of Mato Grosso do Sul.
- Cazetta, E., and M. Galetti. 2009. The Crab-eating Fox (*Cerdocyon thous*) as a secondary seed disperser of *Eugenia umbelliflora* (Myrtaceae) in a restinga forest of southeastern Brazil. *Biota Neotropica* 9:271–274.
- Desbiez, J., R. E. Bodmer, and W. M. Tomas. 2010. Mammalian densities in a neotropical wetland subject to extreme climatic events. *Biotropica* 42:372–378.
- Dotta, G., and L. M. Verdade. 2011. Medium to large-sized mammals in agricultural landscapes of south-eastern Brazil. *Mammalia* 75:345–352.
- Elbroch, L. M., P. E. Lendrum, H. Quigley, and A. Caragiulo. 2015. Spatial overlap in a solitary carnivore: Support for the land tenure, kinship or resource dispersion hypotheses? *Journal of Animal Ecology* 85.
- Fahrig, L. 2007. Non-optimal animal movement in human-altered landscapes. *Functional Ecology* 21:1003–1015.
- Ferraz, K. M. P. M. de B., M. F. de Siqueira, P. S. Martin, C. F. Esteves, and H. T. Z. Do Couto. 2010. Assessment of *Cerdocyon thous* distribution in an agricultural mosaic, southeastern Brazil. *Mammalia* 74:275–280.
- Kittle, A. M., M. Anderson, T. Avgar, J. A. Baker, G. S. Brown, J. Hagens, E. Iwachewski, S. Moffatt, A. Mosser, B. R. Patterson, D. E. B. Reid, A. R. Rodgers, J. Shuter, G. M. Street, I. D. Thompson, L. M. Vander Vennen, and J. M. Fryxell. 2015. Wolves adapt territory size, not pack size to local habitat quality. *Journal of Animal Ecology* 84:1177–1186.
- Lemos, F. G., and K. G. Facure. 2011. Seasonal variation in foraging group size of crab-eating foxes and hoary foxes in the Cerrado Biome, Central Brazil. *Mastozoologia Neotropical* 18:239–245.
- Lemos, F. G., K. G. Facure, and F. C. de Azevedo. 2011. A first approach to the comparative ecology of the hoary fox and crab-eating fox in a fragmented human altered landscape in the Cerrado Biome at central Brazil. Page 183 in L. M. Rosalino and C. Gheler-Costa, editors. *Middle-sized carnivores in agricultural landscapes*. Nova Science, New York, NY.
- MacDonald, D. W. 1983. The ecology of carnivore social behaviour. *Nature* 301:379–384.
- Macdonald, D. W., and O. Courtenay. 1996. Enduring social relationships in a population of crab-eating zorros, *Cerdocyon thous*, in Amazonian Brazil (Carnivora, Canidae). *Journal of Zoology* 239:329–355.
- Maffei, L., and A. A. B. Taber. 2003. Área de acción, actividad y uso de hábitat del zorro patas negras, *Cerdocyon thous*, en un Bosque seco. *Mastozoología Neotropical* 10:154–160.
- Marchiori, F. A. 2016. Gradiente de profundidade no uso de matrizes agrícolas por um grande felino solitário. Universidade Federal de São Carlos.
- Michalski, F., P. G. Crawshaw, T. G. De Oliveira, and M. E. Fabián. 2006. Notes on home range and habitat use of three small carnivore species in a disturbed vegetation mosaic of southeastern Brazil. *Mammalia* 70:52–57.
- Morato, R. G., J. A. Stabach, C. H. Fleming, J. M. Calabrese, R. C. De Paula, K. M. P. M. Ferraz, D. L. Z. Kantek, S. S. Miyazaki, T. D. C. Pereira, G. R. Araujo, A.

- Paviolo, C. De Angelo, M. S. Di Bitetti, P. Cruz, F. Lima, L. Cullen, D. A. Sana, E. E. Ramalho, M. M. Carvalho, F. H. S. Soares, B. Zimbres, M. X. Silva, M. D. F. Moraes, A. Vogliotti, J. A. M. Jr., M. Habermeld, L. Rampim, L. Sartorello, M. C. Ribeiro, P. Leimgruber, B. Chapman, K. Hulthen, M. Wellenreuther, L.-A. Hansson, J. Nilsson, C. Bronmark, K. Nowell, P. Jackson, D. Macdonald, K. Crooks, M. Cardillo, A. Purvis, W. Sechrest, J. Gittleman, J. Bielby, G. Mace, L. Fahrig, R. Nathan, C.-L. Chetkiewicz, M. Boyce, C. Rodríguez-Soto, O. Monroy-Vilchis, L. Maiorano, L. Boitani, J. Faller, M. Briones, J. Horne, E. Garton, C. Fleming, W. Fagan, T. Mueller, K. Olson, P. Leimgruber, J. Calabrese, E. Sanderson, K. Redford, C.-L. Chetkiewicz, R. Medellin, A. Rabinowitz, J. Robinson, R. Morato, B. Beisiegel, E. Ramalho, L. Boulhosa, A. G. C. E. C. De Angelo, M. Di Bitetti, M. Lucherini, N. Muzzachiodi, G. Schaller, P. Crawshaw, A. Rabinowitz, B. N. Jr., S. Astete, R. Sollmann, L. Silveira, F. de Azevedo, D. Murray, S. Cavalcanti, E. Gese, D. Conde, F. Colchero, H. Zarza, N. Christensen, J. Sexton, C. Manterola, F. Colchero, D. a. Conde, C. Manterola, C. Chávez, A. Rivera, G. Ceballos, R. Sollmann, M. Furtado, B. Gardner, H. Hofer, A. Jácomo, N. Tôrres, J. Calabrese, C. Fleming, E. Gurarie, C. Fleming, Y. Subaşı, J. Calabrese, C. Fleming, J. Calabrese, T. Mueller, K. a Olson, P. Leimgruber, W. Fagan, C. Fleming, J. Calabrese, T. Mueller, K. Olson, P. Leimgruber, W. Fagan, P. Blackwell, M. Niu, M. Lambert, S. Lapoint, P. C. Jr., L. C. Jr., K. De Abreu, D. Sana, A. Nava, F. de Azevedo, D. Murray, M. Ribeiro, J. Metzger, A. Martensen, F. Ponzoni, M. Hirota, I. Leal, J. Silva, M. Tabarelli, T. L. Jr., T. Robinson, G. W. Wint, G. Conchedda, T. Van Boeckel, V. Ercoli, E. Palamara, R. Morato, V. a. Conforti, F. Azevedo, a. T. a. Jacomo, L. Silveira, D. Sana, G. Balme, R. Slotow, L. Hunter, R. Sikes, W. Gannon, C. Fleming, J. Calabrese, H. Akaike, M. Kéry, M. McCarthy, P. Royston, A. Gelman, D. Rubin, A. Gelman, J. Hill, J. Liu, W. Taylor, Z. Ouyang, R. Groop, Y. Tan, H. Zhang, C. De Angelo, A. Paviolo, T. Wiegand, R. Kanagaraj, M. Di Bitetti, M. McCarthy, M. McCarthy, P. Crawshaw, H. Quigley, R. Powell, M. Mitchell, N. Singh, L. Börger, H. Dettki, N. Bunnefeld, G. Ericsson, L. Borger, R. Boone, S. Thirgood, J. Hopcraft, J. Stabach, G. Wittemyer, R. Boone, R. Reid, J. S. Worden, G. Schaller, M. Mauritzen, A. Derocher, W. Oysten, R. May, J. van Dijk, A. Landa, R. Andersen, R. Andersen, A. Kittle, M. Anderson, T. Avgar, J. Baker, G. Brown, J. Hagens, S. Mikael, C. De Angelo, A. Paviolo, M. Di Bitetti, E. a. R. Carvalho, M. Zarco-González, O. Monroy-Vilchis, and R. Morato. 2016. Space use and movement of a neotropical top predator: the endangered jaguar. *Plos One* 11:e0168176.
- Noonan, M. J., M. A. Tucker, C. H. Fleming, T. S. Akre, S. C. Alberts, A. H. Ali, J. Altmann, P. C. Antunes, J. L. Belant, D. Beyer, N. Blaum, K. Böhning-Gaese, L. Cullen, R. C. de Paula, J. Dekker, J. Drescher-Lehman, N. Farwig, C. Fichtel, C. Fischer, A. T. Ford, J. R. Goheen, R. Janssen, F. Jeltsch, M. Kauffman, P. M. Kappeler, F. Koch, S. LaPoint, A. C. Markham, E. P. Medici, R. G. Morato, R. Nathan, L. G. R. Oliveira-Santos, K. A. Olson, B. D. Patterson, A. Paviolo, E. E. Ramalho, S. Rösner, D. G. Schabo, N. Selva, A. Sergiel, M. Xavier da Silva, O. Spiegel, P. Thompson, W. Ullmann, F. Zięba, T. Zwijacz-Kozica, W. F. Fagan, T. Mueller, and J. M. Calabrese. 2019. A comprehensive analysis of autocorrelation and bias in home range estimation. *Ecological Monographs* 89:1–21.
- Oliveira, E. N. C. de. 2002. *Ecologia alimentar e área de vida de carnívoros da Floresta Nacional de Ipanema, Iperó, SP (Mammalia, Carnivora)*. Universidade Estadual de Campinas.
- Péron, G., C. H. Fleming, R. C. De Paula, and N. Mitchell. 2017. Periodic continuous-

- time movement models uncover behavioral changes of wild canids along anthropization gradients. *Ecological mon* 87:442–456.
- Potts, J. R., S. Harris, and L. Giuggioli. 2013. Quantifying behavioral changes in territorial animals caused by sudden population declines. *American Naturalist* 182.
- Potts, J. R., and M. a Lewis. 2014. How do animal territories form and change? Lessons from 20 years of mechanistic modelling. *Proceedings of the Royal Society B* 281:20140231.
- Powell, R. A., and M. S. Mitchell. 2012. What is a home range? *Journal of Mammalogy* 93:948–958.
- Ranc, N., P. R. Moorcroft, F. Ossi, and F. Cagnacci. 2021. Experimental evidence of memory-based foraging decisions in a large wild mammal 118:1–9.
- Riotte-Lambert, L., S. Benhamou, and S. Chamaillé-Jammes. 2015. How memory-based movement leads to nonterritorial spatial segregation. *American Naturalist* 185:E103–E116.
- Riotte-Lambert, L., and J. Matthiopoulos. 2020. Environmental Predictability as a Cause and Consequence of Animal Movement. *Trends in Ecology and Evolution* 35:163–174.
- Rocha, F. L. 2006. Áreas de uso e seleção de habitats de três espécies de carnívoros de médio porte na fazenda Nhumirim e arredores, Pantanal da Nhecolândia, MS. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.
- Rodrigues, L. P., and E. F. Leite. 2020. Análise da dinâmica da paisagem do Pantanal da Nhecolândia (MS). *Ateliê Geográfico* 14:174–204.
- Roemer, G. W., M. E. Gompper, and B. Van Valkenburgh. 2009. The ecological role of the mammalian mesocarnivore. *BioScience* 59:165–173.
- Santos Júnior, T. da S. 2013. Mamíferos do Cerrado de Mato Grosso, com ênfase no uso do espaço por *Cerdocyon thous* (Carnivora, Canidae) e *Mazama gouazoubira* (Artiodactyla, Cervidae). Universidade Federal de São Carlos.
- Sells, S. N. 2019. Mechanisms driving territorial and social behavior in a cooperative carnivore. University of Montana.
- Sells, S. N., M. S. Mitchell, K. M. Podrutzny, J. A. Gude, A. C. Keever, D. K. Boyd, T. D. Smucker, A. A. Nelson, T. W. Parks, N. J. Lance, M. S. Ross, and R. M. Inman. 2021. Evidence of economical territory selection in a cooperative carnivore. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 288.
- Trovati, R. G., B. A. De Brito, and J. M. B. Duarte. 2007. Área de uso e utilização de habitat de cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous* Linnaeus, 1766) no Cerrado da Região Central do Tocantins, Brasil. *Mastozoología Neotropical* 14:61–68.
- Winner, K., M. J. Noonan, C. H. Fleming, K. A. Olson, T. Mueller, D. Sheldon, and J. M. Calabrese. 2018. Statistical inference for home range overlap. *Methods in Ecology and Evolution* 9:1679–1691.
- WWF-Brasil, Universidade Católica Dom Bosco, and F. Tuiuiú. 2017. Monitoramento da cobertura vegetal e uso do solo da Bacia do Alto do Paraguai - 2016. Brasília.

Chapter 03: Supplementary material

Table S1 – Study area land use and percentage of environment composition.

Land cover	Patch forest Area (km ²)	Continuous forest Area (km ²)
Water	4.61 (5.04%)	8.29 (10.57%)
Forest	13.61 (14.85%)	38.61 (49.20%)
<i>Canjiqueiral</i>	8.85 (9.65%)	13.91 (17.72%)
High grassland	25.33 (27.65%)	12.7 (1.62%)
Medium grassland	34.12 (37.24%)	3.95 (5.05%)
Low grassland	5.10 (5.57%)	12.43 (15.84%)

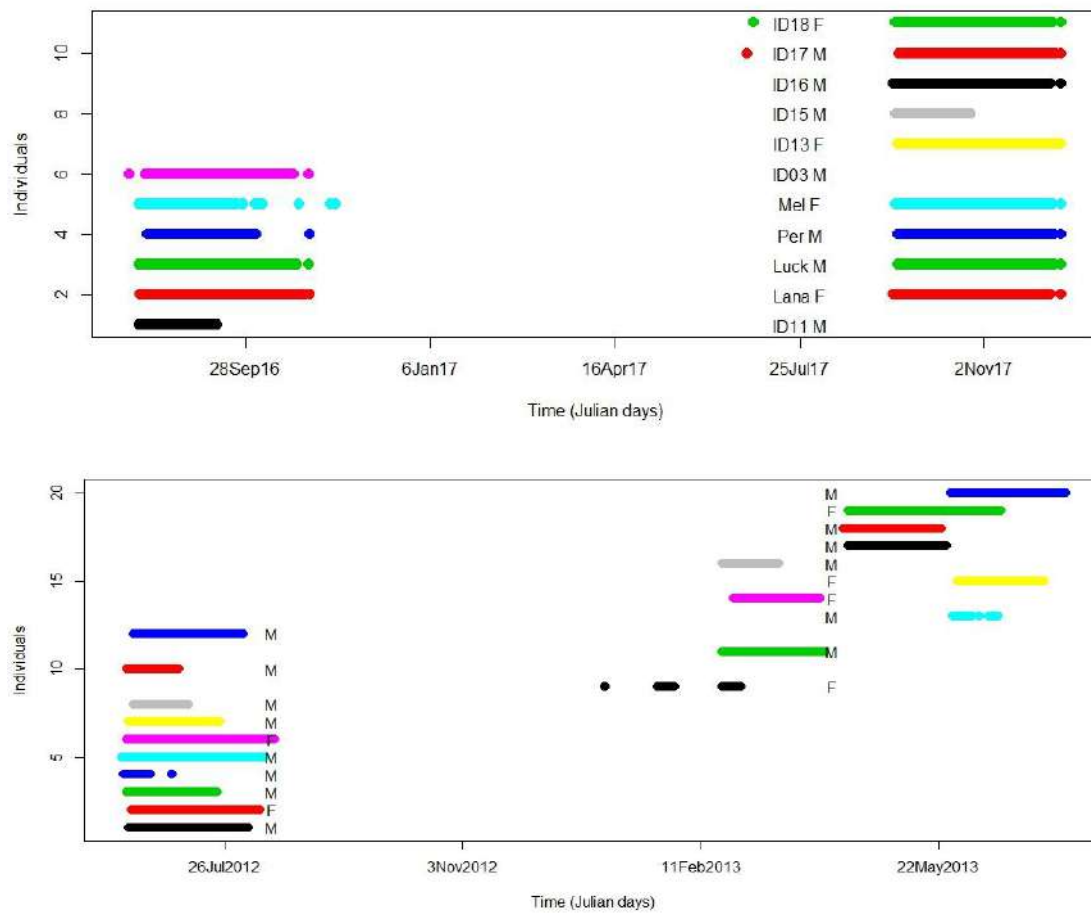


Figure S1 – Data set of GPS collared crab-eating fox in the Patchy forest landscape and Continuous forest landscape in the Pantanal, Brazil. Each colored rows indicates the monitoring period per individual; M = Male, F = Female.

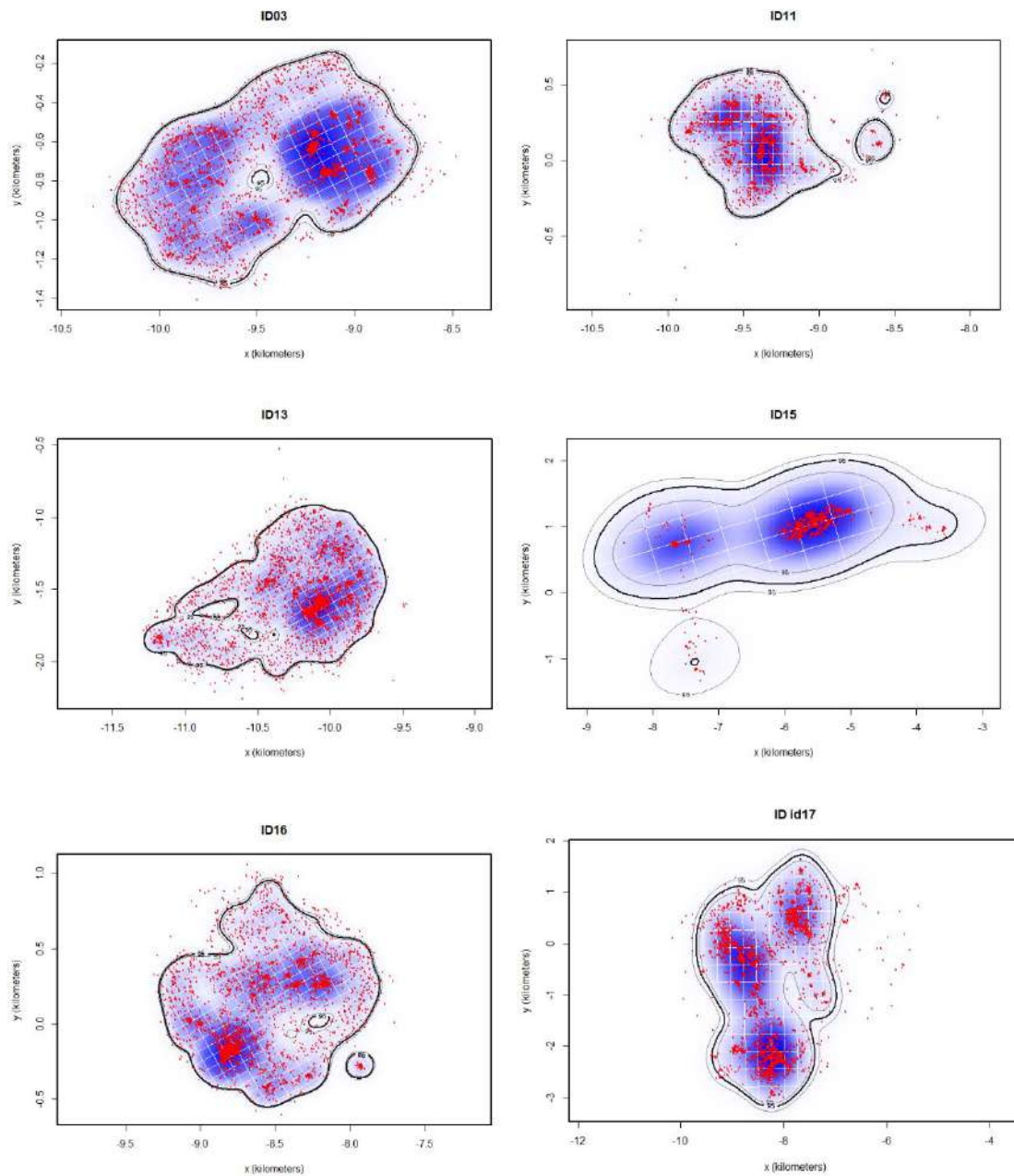
Table S2 – Home range and average distance traveled of GPS-collared crab-eating fox (*Cerdocyon thous*) at different years in two areas of the Pantanal biome, Brazil.

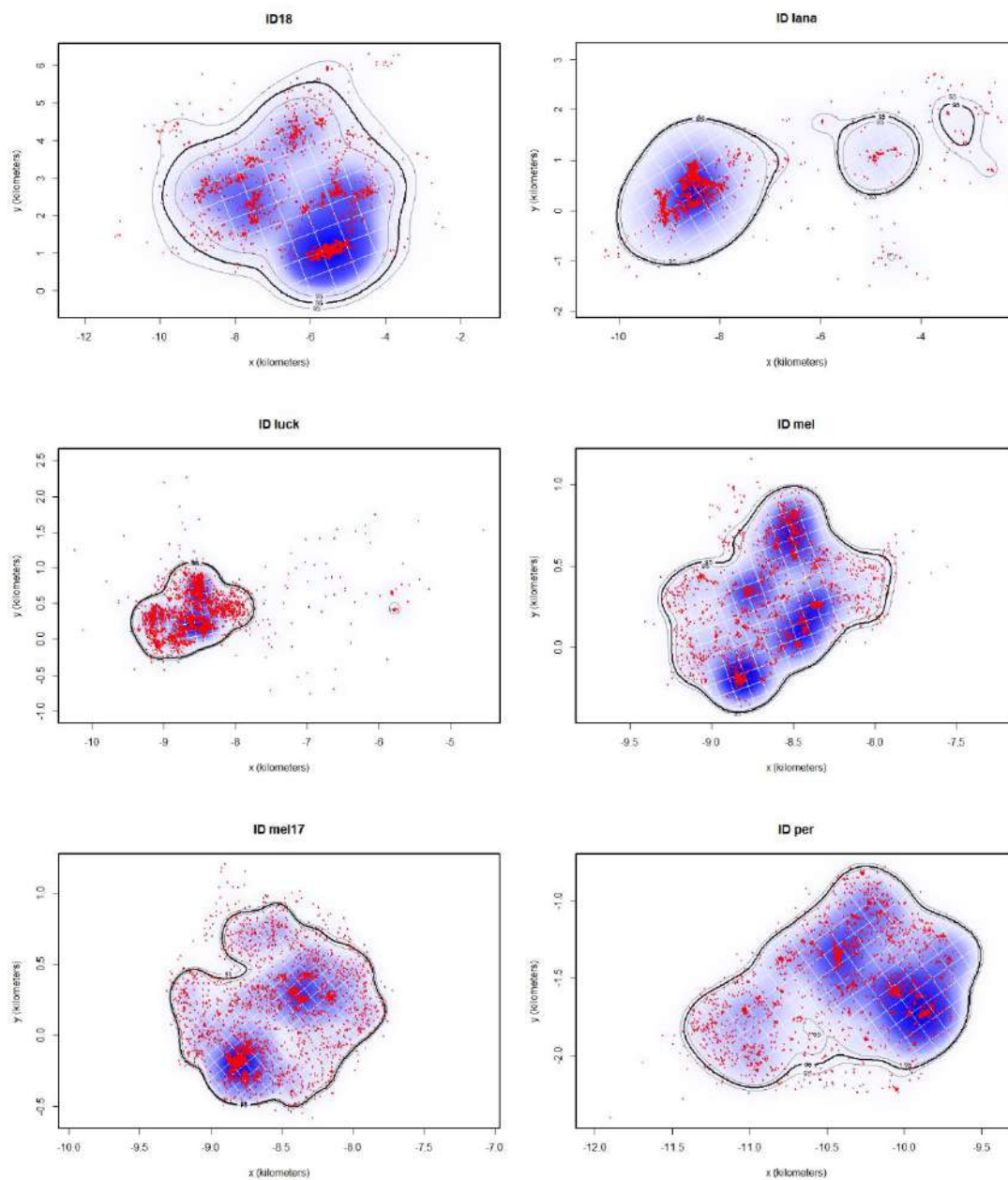
Individual	Sex	Weight (kg)	AKDE (km ²) (95% CI)	HR crossing time (day) (95% CI)	Average distance traveled (km/day)
<i>Continuous</i>					
<i>Year 2012</i>					
150011	male	NA	52.16 (22.83 - 93.41)	5.61 (1.77 - 17.79)	6.88
150041	female	4.75	NM		5.09
150102	male	6.5	14.95 (10.39 - 20.32)	1.04 (0.69 - 1.56)	7.48
150312	male	7	1.99 (1.42 - 2.66)	0.25 (0.17 - 0.36)	3.3
150402	male	7.4	2.61 (2.26 - 2.98)	0.29 (0.25 - 0.34)	7.96
150462	female	6.1	2.22 (1.91 - 2.54)	0.32 (0.27 - 0.34)	6.02
150552	male	6.1	2.52 (1.99 - 3.11)	0.44 (0.34 - 0.56)	5.1
150681	male	7.1	2.13 (1.78 - 2.52)	0.16 (0.13 - 0.20)	6.79
164820	male	7.1	4.72 (3.25 - 6.47)	0.63 (0.42 - 0.97)	4.76
164900	male	7	1.23 (1.1 - 1.38)	0.15 (0.13 - 0.17)	7.48
<i>Year 2013</i>					
163181	female	6.5	2.57 (1.89 - 3.37)	0.32 (0.23 - 0.45)	2.6
164886	male	4	0.88 (0.77 - 0.99)	0.17 (0.15 - 0.20)	5.59
164957	male	5.8	1.34 (0.9 - 1.86)	0.41 (0.26 - 0.65)	1.38
1649671	male	6.7	2.02 (1.74 - 2.32)	0.20 (0.17 - 0.23)	6.02
165164	female	7.6	1.53 (1.34 - 1.74)	0.14 (0.12 - 0.16)	5.98
165194	female	5.7	0.94 (0.83 - 1.07)	0.10 (0.12 - 0.14)	4.75
1651941	female	6	2.49 (2.01 - 3.02)	0.67 (0.52 - 0.84)	5.08
165224	male	4	1.08 (0.9 - 1.29)	0.17 (0.14 - 0.21)	5.8
165252	male	6.8	1.94 (1.65 - 2.25)	0.25 (0.21 - 0.29)	6.51
1652521	male	5	1.33 (1.14 - 1.53)	0.25 (0.22 - 0.30)	5.88
<i>Patchy</i>					
<i>Year 2016</i>					
id03	male	5	1.1 (1.05 - 1.16)	0.03 (0.03 - 0.04)	6.54
id11	male	4.5	0.74 (0.67 - 0.81)	0.08 (0.08 - 0.09)	4.91
lana	female	4	9.16 (7.58 - 10.88)	0.71 (0.58 - 0.87)	3.82
luck	male	4.5	1.53 (1.4 - 1.67)	0.15 (0.14 - 0.17)	4.93
mel	female	5	1.14 (1.05 - 1.24)	0.08 (0.07 - 0.09)	3.22
per	male	6.5	1.7 (1.58 - 1.83)	0.06 (0.05 - 0.07)	4.98
<i>Year 2017</i>					
id13	female	5.8	1.17 (1.11 - 1.22)	NA	8.33
id15	male	5.62	NM		2.98
id16	male	5.95	1.39 (1.33 - 1.46)	0.04 (0.03 - 0.04)	6.77
id17	male	6.2	9.56 (8.24 - 10.99)	0.44 (0.37 - 0.52)	7.56
id18	female	5.88	25.77 (19.85 - 32.46)	1.27 (0.95 - 1.69)	5.58
lana	female	5.48	1.24 (1.16 - 1.31)	0.07 (0.06 - 0.08)	5.09
luck	male	6.14	1.12 (1.07 - 1.17)	0.03 (0.02 - 0.03)	7.63
mel	female	6.78	1.44 (1.36 - 1.52)	0.04 (0.04 - 0.05)	7.89
per	male	7.05	1.4 (1.33 - 1.46)	0.03 (0.03 - 0.04)	7.14

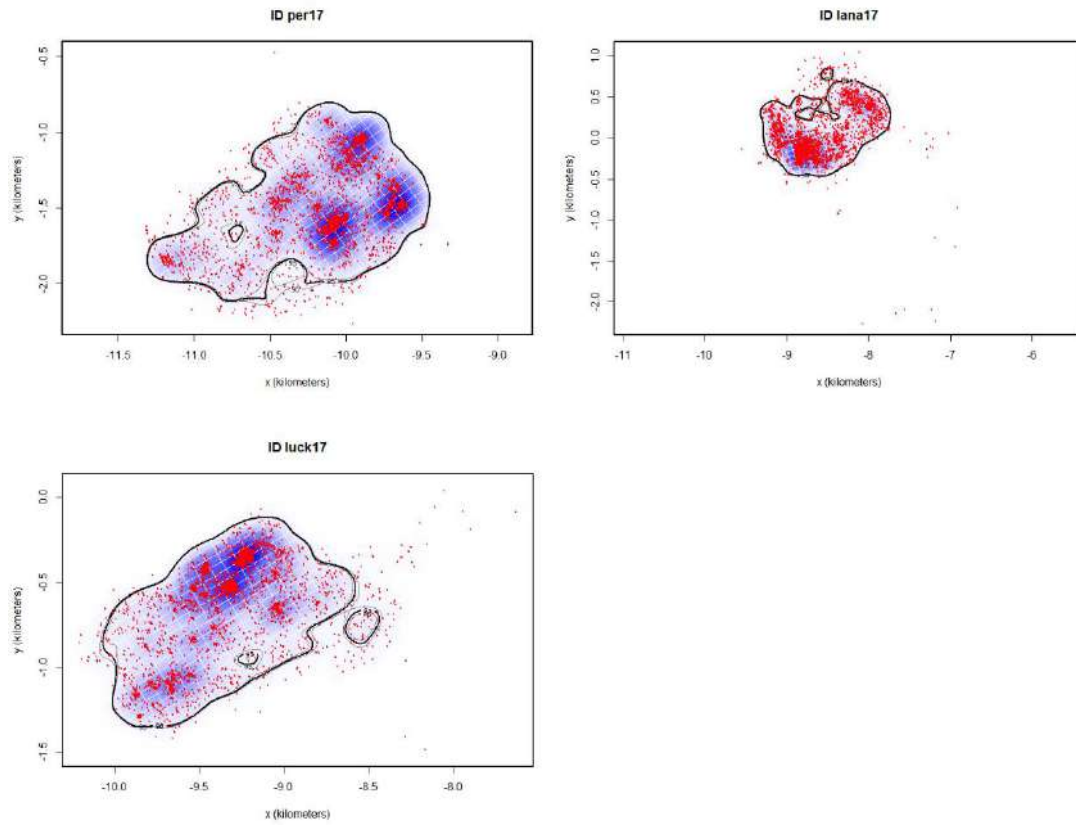
*NM = not applicable, has a non-residency movement (classified by variogram).

Figure S2 – Home range of GPS-monitored crab-eating fox in a) patched forest landscape and b) continuous forest landscape.

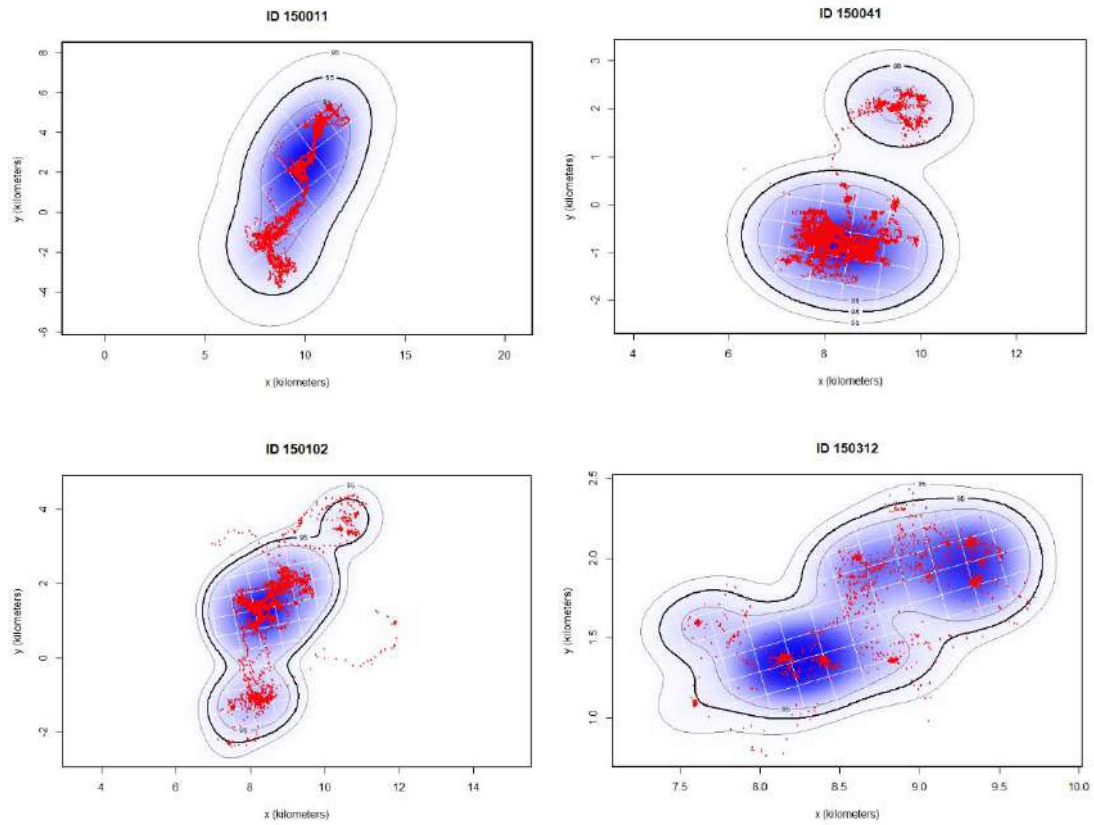
a) patched forest landscape

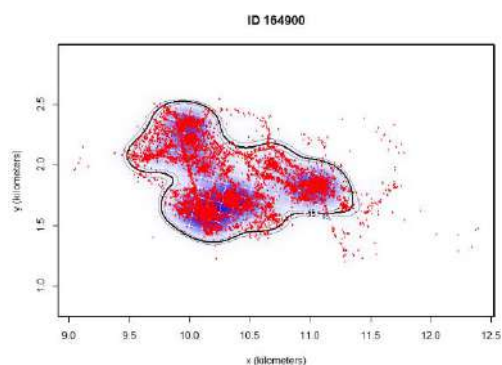
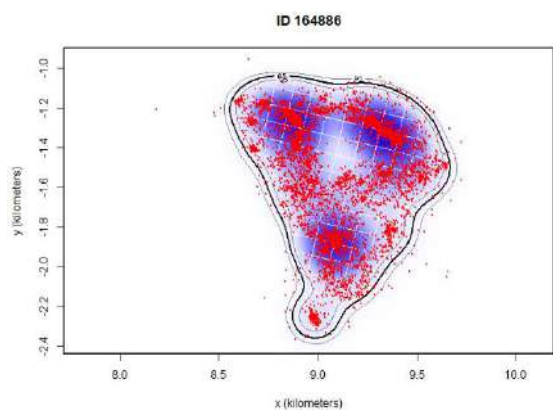
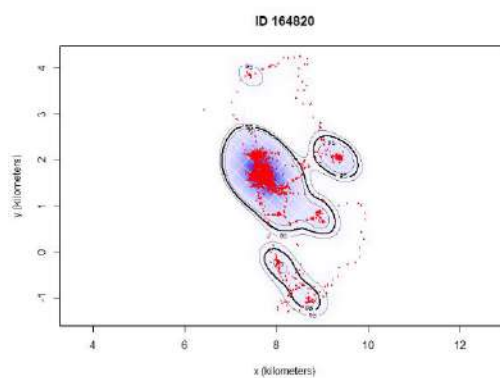
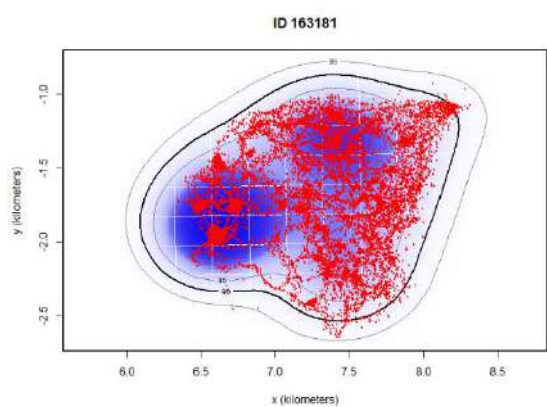
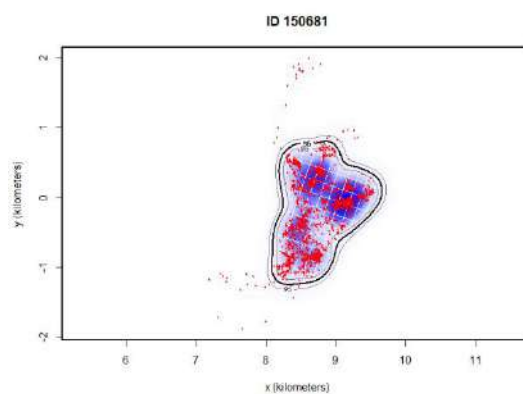
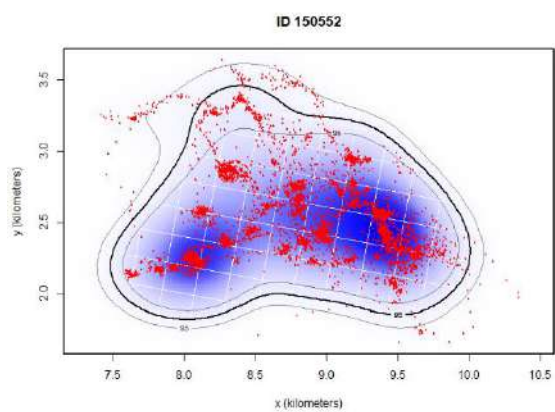
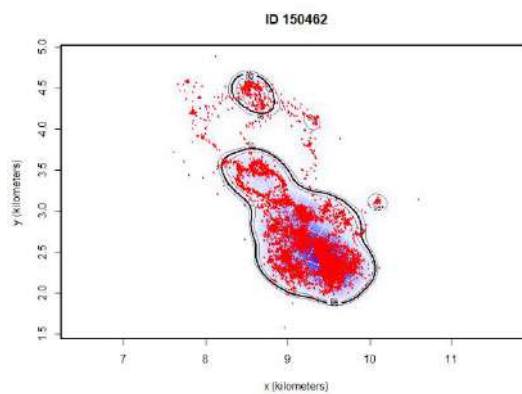
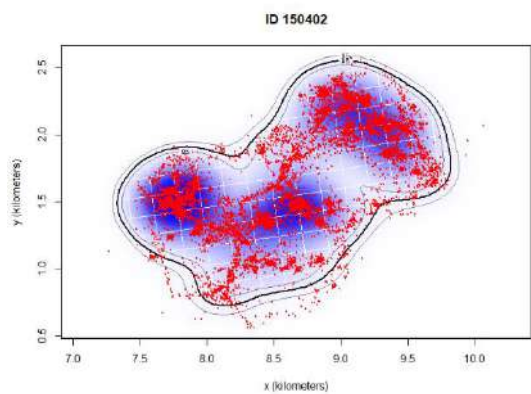


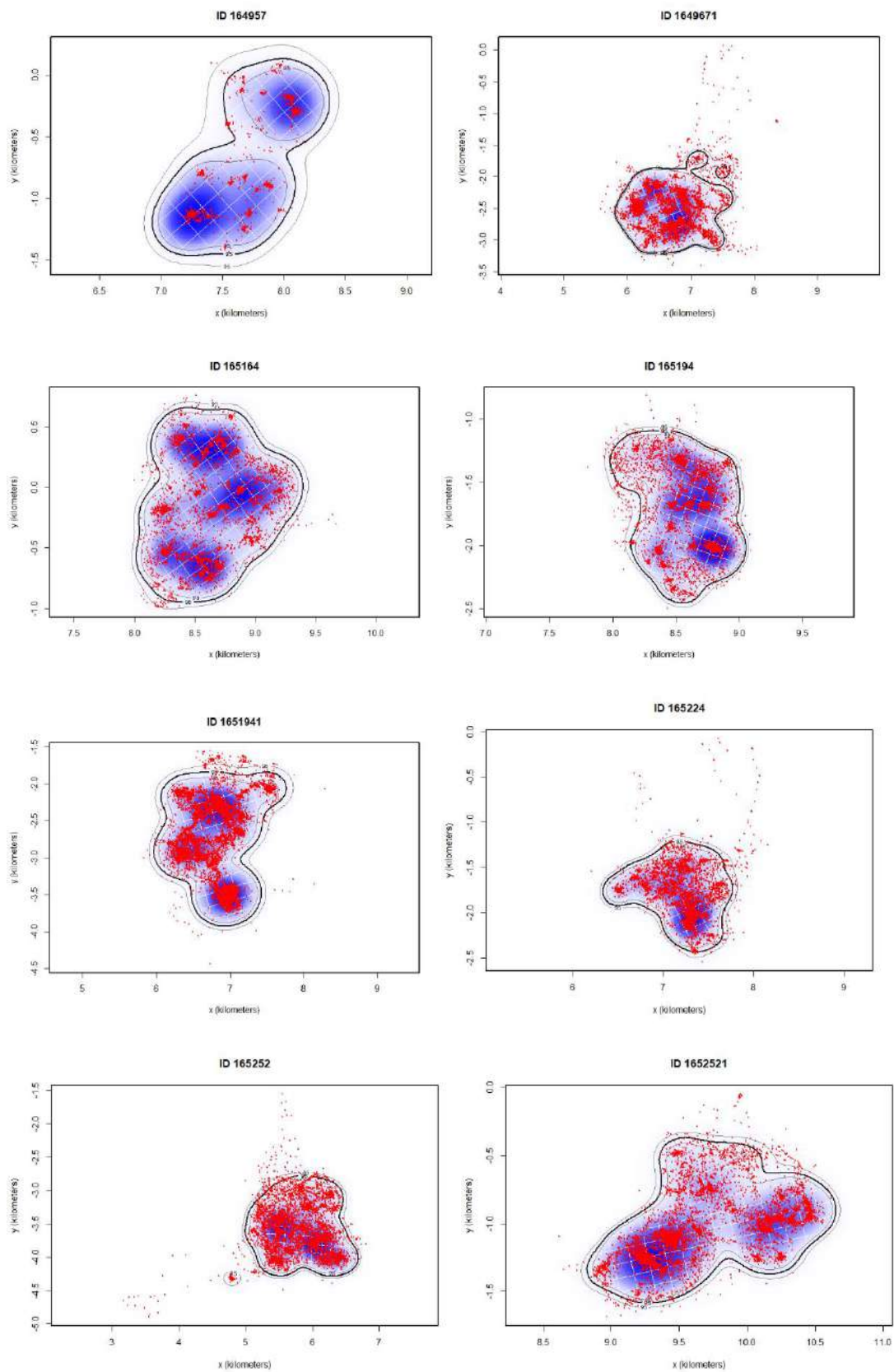




b) Continuous forest landscape







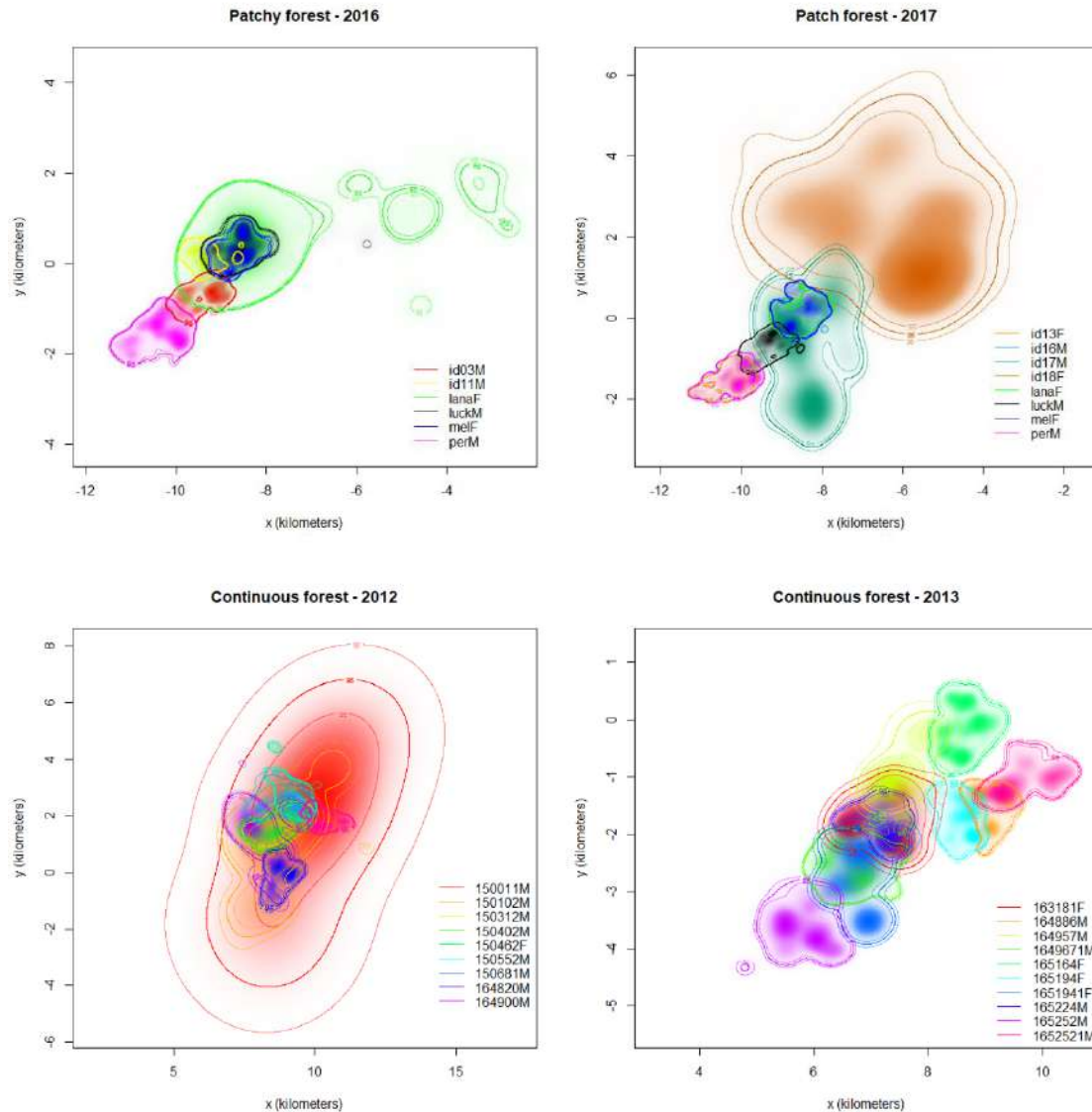


Figure S3 – Spatial distribution of crab-eating fox (*Cerdocyon thous*) individuals home ranges by year in Patch forest landscape (first row) and Continuous forest landscape (second row), Pantanal biome, Brazil.

Distance moved per day

Although the id03 male is considered old due to its well-worn dentition in its capture, it had an average distance covered of 6.54 km/day. The non-resident male id15, found dead in late October 2017, had a slight increase in distance traveled on October 8th and then a sharp decline in distance moved on October 13th. The lactating female showed a decline in her distance moved only at the end of her monitoring, this effect being possibly the beginning of the flood in her home range (personal observation of the flood by monitoring the female in the field). The pregnant female, on the other hand, presented

oscillations in the distance moved between days, presenting 4 days with low distance moved throughout the entire monitoring period.

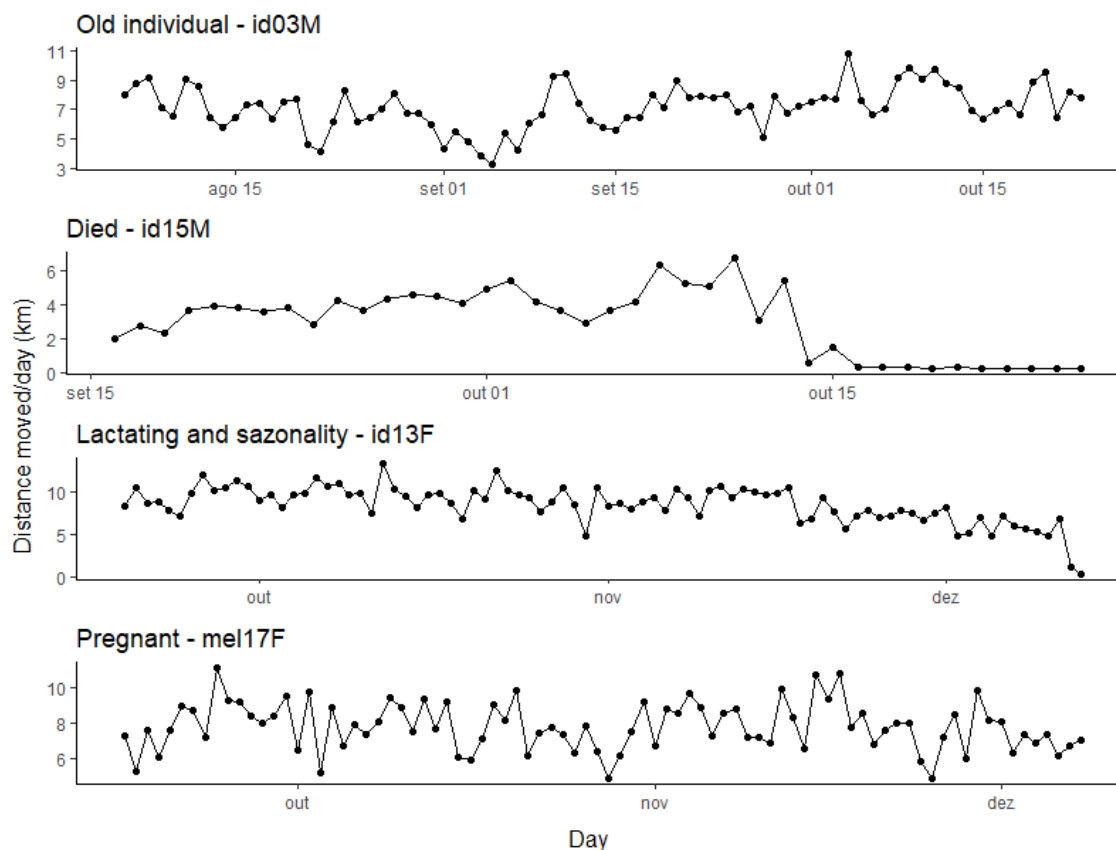


Figure S4 – Average distance moved per day of some individuals with different stage of life.

Switching home range

We observed that male luck, had high overlap with females mel and lana in 2016 (respectively, 0.93 95% CI 0.91-0.95 e 0.84 95%CI 0.76-0.90), but in 2017 another male, id16, had high overlap with these females (mel 0.98 95% CI 0.97-0.98 e lana 0.95 95% CI 0.94-0.96). Then, we visualized the spatial distribution of home range of these males, and we observe that “luck” switched his space use, to the same area of neighbor elderly male “id03” used in 2016 (the age was estimated evaluating the teeth condition when the animal was captured) (Figure S4). But, we don't have any information about id03 in 2017 or id16 in 2016 for a better understanding of the spatial dynamics of population.

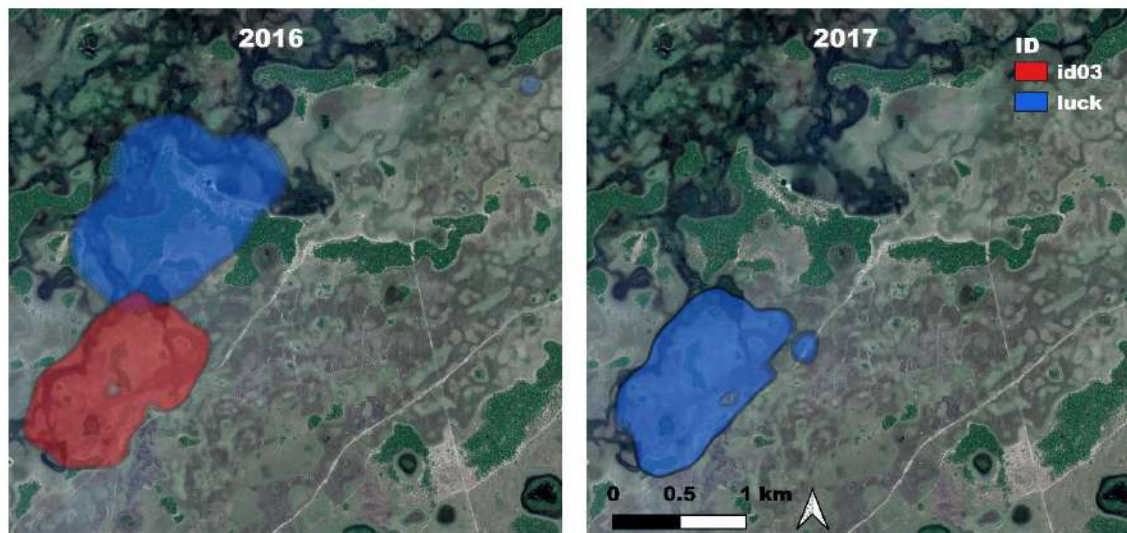


Figure S5. A crab-eating fox (ID luck) switching its space use during the two-year time series of monitoring (2016 – blue dots; 2017 – black dots). The area that it started to use is the same as the male (ID03 – gray dots) that was monitored only in 2016.

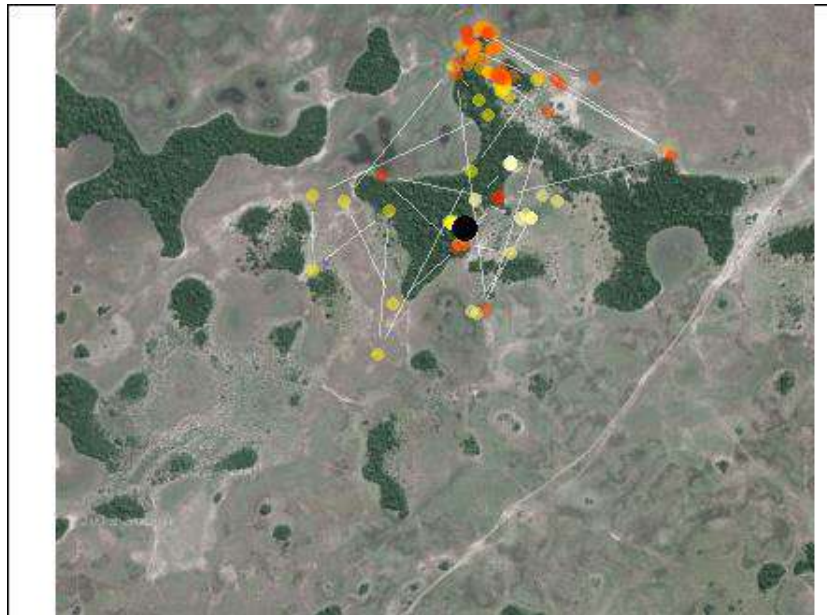
Table S3 – Home range overlap between individuals each year monitored in the forest landscape and forest patch landscape.

Individual	Home range overlap (95% CI)									
Continuous										
Year 2012	150011M	150102M	150312M	150402M	150462F	150552M	150681M	164820M	164900M	
150011M										
150102M	0.75 (0.52 - 0.93)									
150312M	0.37 (0.24 - 0.52)	0.77 (0.61 - 0.91)								
150402M	0.36 (0.24 - 0.5)	0.78 (0.67 - 0.87)	0.98 (0.9 - 1)							
150462F	0.35 (0.24 - 0.48)	0.31 (0.21 - 0.43)	0.36 (0.21 - 0.53)	0.29 (0.23 - 0.36)						
150552M	0.39 (0.26 - 0.54)	0.44 (0.32 - 0.58)	0.43 (0.3 - 0.57)	0.36 (0.28 - 0.44)	0.81 (0.72 - 0.89)					
150681M	0.33 (0.19 - 0.5)	0.34 (0.25 - 0.45)	0.06 (0.03 - 0.12)	0.07 (0.05 - 0.1)	0	0.01 (0 - 0.02)				
164820M	0.40 (0.24 - 0.59)	0.71 (0.56 - 0.85)	0.62 (0.43 - 0.8)	0.69 (0.57 - 0.8)	0.16 (0.07 - 0.31)	0.35 (0.2 - 0.53)	0.18 (0.09 - 0.34)			
164900M	0.28 (0.2 - 0.39)	0.19 (0.12 - 0.27)	0.17 (0.08 - 0.3)	0.10 (0.07 - 0.13)	0.16 (0.12 - 0.2)	0.15 (0.09 - 0.23)	0	0.06 (0.02 - 0.18)		
Year 2013	163181F	164886M	164957M	1649671M	165164F	165194F	1651941F	165224M	165252M	1652521M
163181F										
164886M	0									
164957M	0.50 (0.3 - 0.72)	0								
1649671M	0.37 (0.28 - 0.48)	0	0.09 (0.03 - 0.23)							
165164F	0.01 (0 - 0.03)	0	0.19 (0.09 - 0.35)	0						
165194F	0.08 (0.05 - 0.13)	0.34 (0.29 - 0.39)	0.03 (0.01 - 0.09)	0.02 (0 - 0.03)	0.01 (0 - 0.03)					
1651941F	0.39 (0.27 - 0.52)	0	0.02 (0.01 - 0.06)	0.82 (0.77 - 0.87)	0	0				

165224M	0.84 (0.77 - 0.89)	0	0.30 (0.15 - 0.51)	0.25 (0.2 - 0.31)	0.01 (0 - 0.02)	0.01 (0 - 0.02)	0.30 (0.22 - 0.39)		
165252M	0	0	0	0.07 (0.05 - 0.1)	0	0	0.13 (0.09 - 0.17)	0	
1652521M	0	0.48 (0.4 - 0.56)	0	0	0	0	0	0	0
<i>Patchy</i>									
<i>Year 2016</i>	id03M	id11M	lanaF	luckM	melF	perM			
id03M									
id11M	0.08 (0.07 - 0.09)								
lanaF	0.18 (0.14 - 0.23)	0.34 (0.28 - 0.41)							
luckM	0.04 (0.03 - 0.04)	0.35 (0.31 - 0.4)	0.84 (0.76 - 0.9)						
melF	0.05 (0.04 - 0.06)	0.29 (0.24 - 0.33)	0.78 (0.7 - 0.86)	0.93 (0.91 - 0.95)					
perM	0.12 (0.11 - 0.15)	0	0.03 (0.01 - 0.04)	0	0				
<i>Year 2017</i>	id13F	id16M	id17M	id18F	lanaF	luckM	melF	perM	
id13F									
id16M	0								
id17M	0.02 (0.01 - 0.02)	0.46 (0.41 - 0.5)							
id18F	0	0.04 (0.03 - 0.06)	0.13 (0.09 - 0.19)						
lanaF	0	0.95 (0.94 - 0.96)	0.48 (0.43 - 0.52)	0.04 (0.02 - 0.06)					
luckM	0.09 (0.08 - 0.1)	0.11 (0.1 - 0.12)	0.30 (0.27 - 0.34)	0	0.14 (0.13 - 0.16)				
melF	0	0.98 (0.97 - 0.98)	0.45 (0.41 - 0.49)	0.04 (0.03 - 0.06)	0.92 (0.9 - 0.93)	0.11 (0.1 - 0.12)			
perM	0.9 (0.89 - 0.91)	0	0.03 (0.02 - 0.03)	0	0	0.15 (0.14 - 0.17)	0		

Chapter 04

Periodic movement



Resumo

Entender como os animais utilizam a sua área de vida pode nos fornecer indícios dos fatores que impulsionam as decisões de movimento e assim, nos levar a percepções importantes sobre a ecologia da espécie. Espécies generalistas são previstas de utilizarem recursos conforme a sua disponibilidade ao longo do tempo, podendo ser menos propensas a se mover para rastrear os recursos. Apesar deste pressuposto, ainda não sabemos como os animais se movem e exploram a sua área de vida. Neste capítulo eu exploro como o cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*), um carnívoro generalista territorial, usa o espaço dentro de sua área de vida. Para isso, eu avaliei o movimento periódico de 35 séries temporais de 31 indivíduos monitorados em dois contextos ambientais naturais, uma paisagem florestal e uma paisagem de manchas florestais. Os padrões de movimentos periódicos foram mais presentes e com alta significância na periodicidade diária em indivíduos na paisagem de manchas florestais do que na paisagem florestal. Estes resultados indicam que os animais na paisagem de manchas florestais parecem utilizar manchas de recursos dentro de sua área de vida pela indicação da maior presença de movimentos de circulação e; de que possuem comportamentos territoriais mais acentuados pela maior presença de movimentos periódicos diários, indicando um possível comportamento de patrulha territorial. Somado a característica generalista da espécie, o seu comportamento de movimento periódico dentro de uma área restrita, a área de vida, pode aumentar a probabilidade de ameaças a espécie por intensificar o seu movimento em ambientes hostis presentes dentro de sua área de vida (e.g., rodovias). Desta forma, mais estudos do uso do espaço de mamíferos generalistas devem ser incentivados para o melhor entendimento da ecologia e potenciais ameaças destas espécies, especialmente em ambientes altamente cíclicos, como as paisagens agrícolas

Palavras-chave: área de vida, periodicidade, carnívoro, uso do espaço.

1. Introdução

A dinâmica espaço temporal dos recursos pode moldar os padrões de movimento dos animais que os rastreiam (Berger-Tal and Bar-David 2015, Abrahms et al. 2021). Animais em ambientes previsíveis, com pouca variação ao longo do tempo ou que mudam de forma sazonal, tendem a rastrear os recursos direcionando os seus movimentos em momentos adequados para acessá-los (e.g. época de floração ou frutificação) (Abrahms et al. 2021). Para espécies generalistas, este comportamento pode ser menos propenso de ocorrer devido a sua

característica flexível, usando habitats e itens alimentares conforme a disponibilidade na paisagem (Abrahms et al. 2021). Apesar disso, animais que se movimentam com maior fidelidade a certos locais, como a área de vida, podem obter maior previsibilidade da disponibilidade de recursos pelas experiências anteriores (Berger-Tal and Bar-David 2015, Riotte-Lambert and Matthiopoulos 2020) e assim, influenciar nas decisões de movimento direcionados (Abrahms et al. 2021).

Agregado a memória espacial de longo prazo, as experiências recentes parecem influenciar nas decisões de movimento em mamíferos terrestres (Oliveira-Santos et al. 2016, Ranc et al. 2021), sendo elas adaptativas de acordo com o histórico recente da disponibilidade de recursos (Ranc et al. 2021). A preferência por um local específico também pode moldar os padrões de movimento dentro da área de vida. Em um experimento manipulativos com cervos indicaram que eles possuem uma preferência por um local específico de forrageamento e, quando este estava inacessível, buscaram locais alternativos, mas retornaram ao local de preferência assim que o recurso voltou a estar acessível (Ranc et al. 2021). Desta forma, a memória espacial auxilia na localização dos recursos e pode impulsionar os movimentos a locais parcialmente previsíveis espacialmente e temporalmente, sendo vantajoso o animal retornar a estes locais previamente visitados e reforçados pela memória de curto prazo (Ranc et al. 2021). O tempo no qual o animal retorna a estes locais podem ainda nos dar indícios da importância destes ambientes específicos (Powell 2012).

Em alguns casos em que a espécie é territorial, este pode ser um dos impulsionadores dos movimentos periódicos no uso do espaço (Péron et al. 2017). Em mamíferos territoriais, espera-se que eles retornem ao longo das fronteiras do seu território para renovar as marcas de cheiro à medida que a taxa de cheiro decaia ao longo do tempo (Potts and Lewis 2014, Berger-Tal and Bar-David 2015), desencadeando o processo de movimento periódico (Péron et al. 2017). Além da territorialidade, os retornos para manchas de recursos podem resultar em padrões de sequências repetidas e ordenadas de visitas (Abrahms et al. 2021). Este comportamento rotineiro no uso do espaço contudo, pode não corresponder a existência de uma periodicidade nos níveis de atividade comportamental, nos padrões de atividade e repouso diário (Péron et al. 2016); mas pode ser em resposta aos ciclos dos recursos, a evitação dos horários de atividade humana ou mesmo restrições na disponibilidade de habitat em áreas antropizadas (Péron et al. 2017). Búfalos africanos mostraram uma periodicidade no nível de atividade, na qual repousam em horários mais quentes do dia, mas eles não apresentaram uma periodicidade no uso do espaço (Péron et al. 2016).

Desta forma, o entendimento dos padrões de movimento na escala de área de vida pode nos levar a percepções importantes sobre a ecologia da espécie, podendo nos ajudar a identificar fatores que poderiam ser importantes para o estabelecimento da fidelidade e restrição no uso do espaço. Também serviriam de base para entender como esta fidelidade pode afetar processos ecológicos, como as interações sociais e epidemiologia. Diante disso, o cachorro-do-mato, um carnívoro territorial generalista, pode ser um bom modelo para avaliar a ocorrência e entender os padrões de movimento na escala de área de vida, uma vez que ocorrem em uma ampla variedade de ambientes.

O cachorro-do-mato é reconhecido como uma espécie generalista por apresentar plasticidade comportamental, consumindo uma ampla variedade de itens alimentares e capaz de ocupar desde paisagens naturais a agrícolas (Ferraz et al. 2010, Dotta and Verdade 2011, Lemos et al. 2011b). Apesar desta generalidade, a espécie parece ser dependente de ambientes florestais nativos (Berta 1982, Trovati et al. 2007, Di Bitetti et al. 2009, Ferraz et al. 2010, Dotta and Verdade 2011, Lemos et al. 2011b, Marchiori 2016) e de paisagens heterogêneas (Ferraz et al. 2010). Além disso, é uma das espécies mais atropeladas (Lyra-Jorge et al. 2008, Lemos et al. 2011b, Santos Júnior 2013, Freitas et al. 2015, Ascensão et al. 2017, Abra et al. 2021), com relatos de retaliações devido ao conflito com animais domésticos (Courtenay and Maffei 2004, Lemos et al. 2011a, 2011b) e de compartilhar doenças de animais domésticos, como a sarna sarcóptica (Beisiegel et al. 2013) e cinomose (Hübner et al. 2010).

Diante do exposto, aqui eu busco avaliar os padrões de movimento periódicos, avaliando a presença da periodicidade diária e circularidade na área de vida em diferentes contextos ambientais, uma paisagem florestal e uma paisagem de manchas florestais. Para os cachorros-do-mato monitorados em dois períodos de ano consecutivo, verifico se os padrões de movimento são consistentes nos dois anos. Por ser uma espécie sedentária (resultados do capítulo 1 desta tese) e com capacidade de memória espacial, eu espero que o cachorro-do-mato possua um padrão de movimento orientado aos locais de seus recursos potenciais, possuindo um padrão periódico em sua trajetória, independente do contexto da paisagem. Além disso, eu espero que indivíduos na paisagem de manchas florestais possuam maior taxa de circularidade em comparação com a paisagem florestal contínua, de forma a indicar o reforço da renovação de suas marcas territoriais.

2. Material e métodos

2.1- Área de estudo

O estudo foi realizado em dois locais ($18^{\circ}59'S/56^{\circ}37'W$ e $19^{\circ}04'S/56^{\circ}53'W$) da região do Pantanal da Nhecolândia, Mato Grosso do Sul (Figura 1). A vegetação é caracterizada por um mosaico de campos inundáveis, Cerrado, floresta semidecidual e mata ciliar (Pott et al. 2011) com temperaturas médias anuais variando entre $22,5^{\circ}C$ e $26,5^{\circ}C$ (Gonçalves et al. 2011). Os períodos de inundações dependem da água provinda das chuvas do Planalto da Bacia do Alto Paraguai e das chuvas locais na qual apresenta lento escoamento devido a sua topografia plana (Gonçalves et al. 2011), mas em geral o pico de inundação ocorre entre janeiro e junho (Rodrigues and Leite 2020).

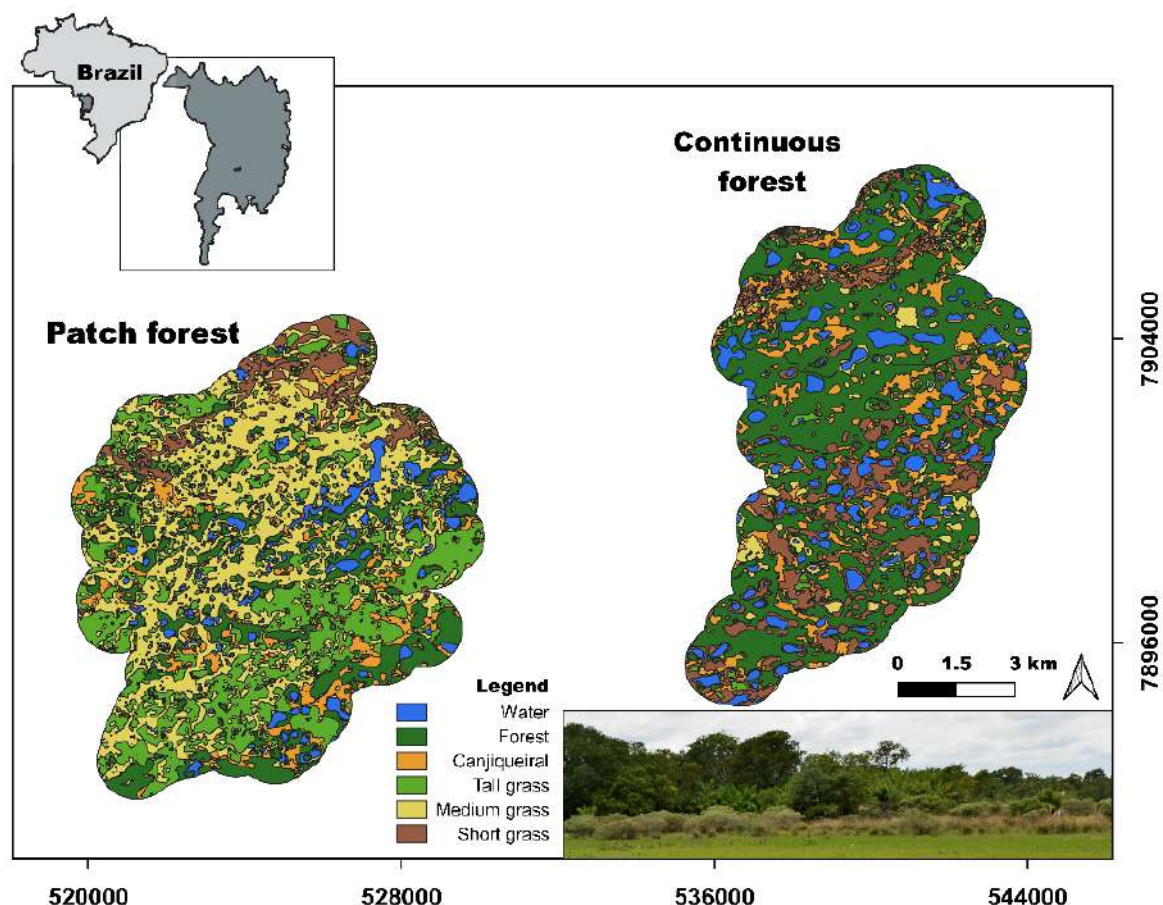


Figura 01 – Contexto ambiental das duas paisagens em que os cachorros-do-mato foram monitorados e sua localização dentro do bioma Pantanal (círculo central no polígono cinza escuro). A foto retrata a vegetação florestal, canjiqueiral (arbustos), gramínea alta e gramínea baixa classificadas nas duas paisagens mapeadas.

2.2.- Monitoramento dos cachorros-do-mato

O monitoramento dos indivíduos por GPS ocorreu em períodos de 2012 e de 2013 na paisagem florestal contínua, com coleta de dados a cada 5 minutos de intervalo e, na paisagem de manchas florestais, com intervalos de registros de 30 minutos em 2016 e de 2017. A duração da amostragem foi diferente entre os indivíduos devido a diferença na data de captura e da duração da bateria (Tabela 01). Todos os indivíduos foram monitorados na época de seca, exceto os do período do ano de 2013 na qual foi em época de cheia.

No Pantanal da Nhecolândia, região de meu estudo, a espécie consome insetos, anfíbios, crustáceos e frutos de árvores como o chico-magro (*Guazuma ulmifolia*) e mangaba (*Hancornia speciosa*) na estação seca e; insetos, frutos dos arbustos de canjiqueira (*Byrsonima orbignyana*) e araticum (*Annona dioica*) na estação chuvosa (Bianchi et al. 2014).

2.3- Padrões de movimento dentro da área de vida

Eu analisei os padrões periódicos no uso da área de vida pela avaliação de dois tipos de movimento: o processo médio-periódico e a circulação. Apenas os indivíduos considerados residentes foram incorporados nas análises de comparação entre as paisagens. O primeiro representa o movimento do animal em retornar a um ponto periodicamente ao longo do tempo e o segundo, representa o efeito de rotação no movimento, indicando em média, o período que o animal repassa pelas mesmas vizinhanças a cada número estimado de dias (Figura 02, adaptado Péron et al. 2021).

O processo médio-periódico foi especificado para períodos de um dia e foi baseado no periodograma de *Lomb-Scargle*. Este método é acessível para análises contendo dados de localizações ausentes, variações nos intervalos de amostragem, assim como a possível presença natural da autocorrelação temporal dos dados de movimento (Péron et al. 2016). Eu avaliei a altura dos picos no período de um dia nos periodogramas para inferir a significância do padrão periódico de cada indivíduo e em alguns casos, associados as séries temporais harmônicas indicadas pelos melhores modelos de movimento selecionados (descrições abaixo). Para testar os possíveis artefatos periódicos (e.g. ruído de fundo autocorrelacionado temporalmente), eu apliquei um diagnóstico visual, conforme recomendações de Péron et al. 2016. O diagnóstico visual foi avaliado contrastando os picos gerados pelos dados de rastreamento (pontos pretos no periodograma) com os picos gerados pela programação da amostragem de coleta de dados nos periodogramas (pontos vermelhos) de cada indivíduo (ver mais detalhes em Péron et al. 2016, 2017 e 2021 e na figura explicativa dos resultados, Figura 03). Já a significância visual foi avaliada pela comparação entre os picos dos dados (pontos pretos no periodograma) e a

variação normal em torno da tendência suave do periograma dos dados (pontos pretos no periodograma) (Figura 03). A largura do pico é um artefato produzido pelo periodograma e possui pouca informação biológica sobre a periodicidade em si e assim, aumentei a resolução da frequência do número de pontos para calcular o periodograma (ver detalhes em Péron et al. 2016).

Para explicar o movimento de cada indivíduo, várias possibilidades de modelos combinados entre harmônicos e circularidade foram ajustados, na qual eu selecionei o modelo mais plausível pelo Critério de Informação de Akaike. Todas estas etapas de criação de modelos e seleção foram realizadas utilizando funções do pacote “ctmm” (Calabrese et al. 2016). As séries harmônicas correspondem as mesmas informações dos periodogramas, mas também indicam que o padrão espacial do movimento repetido é diferente de uma elipse (Péron et al. 2016). Apesar disso, ele não consegue gerar informações interpretáveis sobre a forma específica do padrão espacial repetido dentro da área de vida (ver detalhes em Péron et al. 2016). A quantidade das séries harmônicas é indicada de acordo com o melhor modelo selecionado e desta forma, eu apresento o valor resultante para cada indivíduo.

O processo de movimento de circulação representa um padrão semelhante a circulação de uma partícula de carga no campo magnético e nem sempre é visível nos periodogramas (Péron et al. 2017), mas os modelos que ajustam a circulação podem ser fornecidos automaticamente pelas funções existentes no pacote “ctmm”. Assim, eu avaliei a existência da periodicidade combinada com a circulação nos processos de movimento individuais. Quando a ocorrência do processo de circulação, eu indiquei o período de circulação apontado pelo resultado da seleção de modelos, sendo os valores negativos representando a circulação anti-horária e os positivos, a circulação no sentido horário.

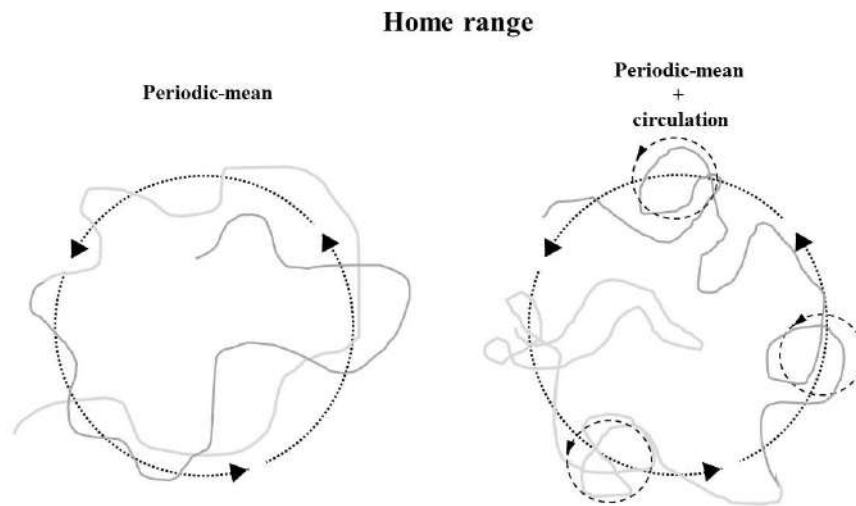


Figura 02 – Representação dos movimentos periódicos e de circulação dentro da área de vida. Setas tracejadas representam a direção hipotética da trajetória de movimento, sendo a maior, indicando o movimento periódico (ambas as figuras) e o menor, a circulação (figura da direita). Os tempos estimados pelo modelo *Lomb-Scargle periodogram* indicam quanto tempo o indivíduo demora para completar tais movimentos.

3. Resultado

Os padrões de movimentos periódicos foram mais presentes na paisagem de mancha florestal do que na paisagem florestal contínua. (Figura 04, para maiores detalhes, ver Tabela S1 e periodogramas no Material suplementar deste capítulo). Na paisagem de mancha, 11 indivíduos (6 machos e 4 fêmeas) apresentaram movimentos periódicos de um dia e 8 indivíduos (5 machos e 4 fêmeas) a circulação. Já na paisagem florestal, 5 indivíduos (3 machos e 2 fêmeas) com movimentos periódicos de um dia e 6 indivíduos (3 machos e 3 fêmeas) com movimento de circulação. Os dois processos de movimentos periódicos (período de 1 dia e circulação) nem sempre ocorreram no mesmo indivíduo. Dos quatro animais monitorados (lana, luck, mel e per) em dois períodos de ano consecutivo (2016 e 2017) na paisagem de manchas, apenas a mel apresentou a mesma consistência de ocorrência no período de um dia e na circulação. Além disso, os picos dos dados nos periodogramas, indicando a significância da periodicidade diária, são altas na paisagem de manchas florestais em comparação com a florestal.

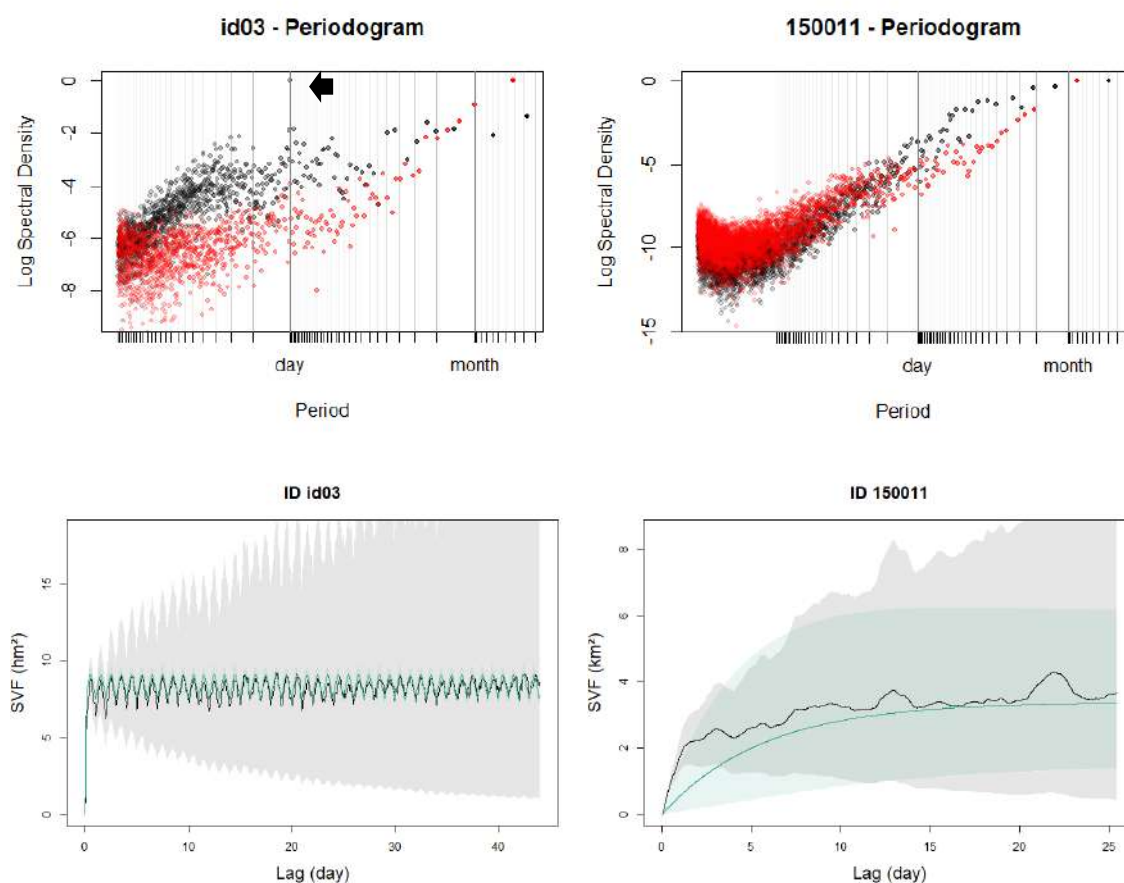


Figura 03 – A indicação da periodicidade diária foi assumida pela combinação das interpretações visuais do periodograma (primeira linha) e do variograma (segunda linha) e, das indicações dos harmônicos pelos resultados do modelo *Lomb-Scargle periodogram*. Primeira coluna indica um indivíduo com periodicidade diária, apresentando um pico diário no periodograma (seta preta) e o melhor modelo ajustado aos dados, indicando a presença de harmônicos no variograma (linha verde). Já a segunda coluna, indica a ausência da periodicidade diária no indivíduo, sem a presença de um pico diário no periodograma e harmônicos no variograma. Pontos vermelhos indicam o periodograma do cronograma da amostragem de dados e servem como base para avaliar se as periodicidades indicadas pelos modelos se trata de um artefato da amostragem dos dados (ler Péron et al. 2016 para maiores detalhes).

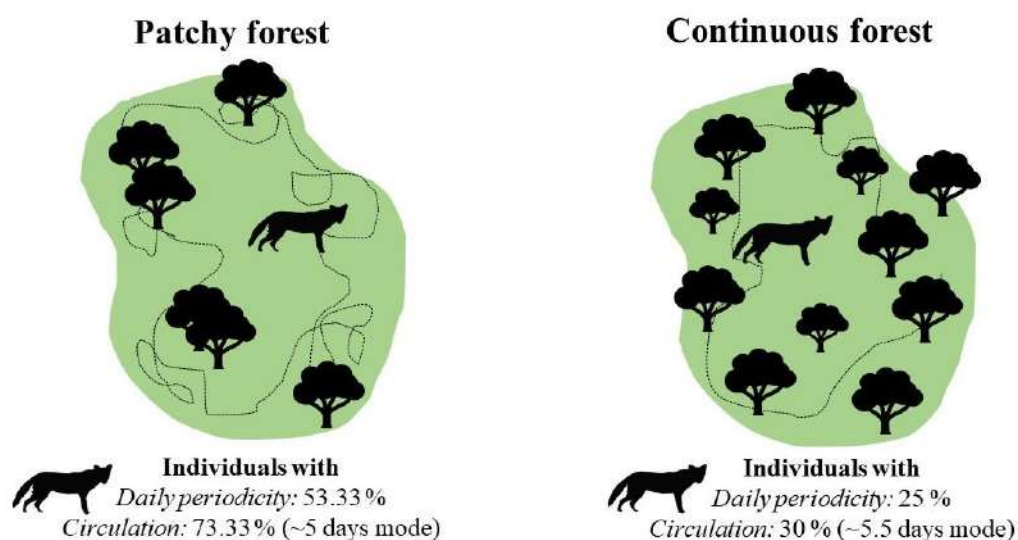


Figura 04 – Cachorros-do-mato na paisagem de mancha florestal (figura a esquerda) apresentaram maior ocorrência no padrão de movimento periódico diário e de circulação em comparação com a paisagem florestal (figura a direita). Movimento periódico diário representa o comportamento em retornar ao mesmo ponto diariamente e a circulação, representa o efeito de rotação no movimento, indicando em média, o período que o animal repassa pelas mesmas vizinhanças a cada número estimado de dias, sendo para ambas as paisagens, uma moda de aproximadamente 5 dias.

4. Discussão

Muitos estudos enfocam abordagens para avaliar as estratégias de movimento, como o estabelecimento de área de vida (Morato et al. 2016), mas poucos estudos abordam como os animais utilizam as suas áreas de vida (Péron et al. 2016, 2017). A restrição espacial dentro da área de vida pode pressionar os animais a responderem aos eventos dinâmicos de seus recursos (Riotte-Lambert and Matthiopoulos 2020) fazendo com que retornem a locais específicos e no tempo adequado e assim, gerar padrões de movimentos periódicos (Berger-Tal and Bar-David 2015, Abrahms et al. 2021). Ainda que seja uma espécie generalista, meus resultados indicaram que os cachorros-do-mato apresentam movimentos periódicos, podendo responder as variações espaciais e temporais dos recursos dentro de sua área de vida em paisagens naturais, sem uma expressiva modificação na cobertura de sua vegetação nativa.

Estas respostas podem também estar associado ao fato de que animais que se movimentam com maior fidelidade no uso do espaço podem obter maior previsibilidade da disponibilidade de recursos (Berger-Tal and Bar-David 2015, Riotte-Lambert and

Matthiopoulos 2020) e assim, influenciar nas decisões de movimento direcionados (Abrahms et al. 2021). Desta forma, o movimento de circulação (período de repasse pelas mesmas regiões) poderia indicar estratégias de exploração espaciais dos recursos dentro de sua área de vida. A frequência de circulação maior em ambientes menos produtivos foi observada em outro canídeo territorial, o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) (Perón et al. 2017). Os autores supõem que esta resposta possa ser devido ao ciclo de recuperação dos recursos serem mais curtos se comparado a ambientes mais produtivos, necessitando o retorno em intervalos curtos de tempo. Podendo explicar os meus resultados nas quais os cachorros em paisagem de manchas florestais apresentaram maiores variações, entre 1.87 e 24.7 dias no período de circulação em comparação com a paisagem florestal, com variação entre 2.66 e 7.92 dias.

Dependendo do cenário ambiental em que uma população está inserida, diferentes níveis e tipos de previsibilidade ambiental podem atuar em diferentes escalas de uso do espaço (Berger-Tal and Bar-David 2015, Riotte-Lambert and Matthiopoulos 2020). Ambientes com baixa previsibilidade na oferta dos recursos podem levar a ausência de padrões de movimentos consistentes (Abrahms et al. 2021). Desta forma, a variação nos padrões de movimentos periódicos (presença/ausência) entre os indivíduos da mesma paisagem e em indivíduos monitorados em anos consecutivos pode indicar uma resposta temporal adaptativa aos recursos e na escala da área de vida. Futuras investigações são necessárias para melhor compreender os fatores em várias escalas espaciais que impulsionam estas diferentes motivações de movimento na área de vida inseridos em um mesmo contexto de paisagem.

Mamíferos territoriais tendem a retornar ao longo das fronteiras do seu território para renovar as marcas de cheiro (Potts and Lewis 2014, Berger-Tal and Bar-David 2015), podendo desencadear os movimentos periódicos. Semelhantemente, o comportamento territorial do cachorro-do-mato encontrado em meus resultados também poderia explicar os padrões de sequências periódicas nos movimentos de alguns indivíduos. Outros dois carnívoros também apresentam movimentos periódicos e os autores relatam que estes padrões podem estar relacionados ao comportamento territorial do lobo-guará e coiote (*Canis latrans*) (Perón et al 2017). Este comportamento periódico no uso do espaço contudo, parecem não coincidir com indivíduos do mesmo grupo social (indivíduos com alta sobreposição espacial na área de vida – ver resultados no capítulo sobre tamanho da área de vida) em cachorros-do-mato, nas quais os animais monitorados neste estudo apresentaram padrões de movimento periódicos diferentes entre si. Os mecanismos que regem a seleção e manutenção de territórios ainda permanecem incertos, principalmente quanto a espécies em que indivíduos sociais foram reportados se moverem apenas parte do tempo juntos, como cachorro-do-mato e de lobo-guará (Oliveira

2002, Bandeira De Melo et al. 2007, Campanha 2014). Assim futuras investigações podem ser promissoras para entender se estas espécies possuem estratégias sociais conjuntas para a marcação de seu território.

As explorações dos padrões periódicos no uso da área de vida aqui abordados, podem abrir novas questões sobre a ecologia e uso do espaço em mamíferos carnívoros territoriais. Além de que, a existência de um comportamento de movimento periódico apresentado neste capítulo indica a existência da habilidade cognitiva do posicionamento e a sua orientação no espaço, assim como da existência de memória espacial na espécie.

Ainda que espécies generalistas são conhecidas pela flexibilidade ecológica, podendo moldar o seu padrão de movimento a uma variedade de condições ambientais, ainda não sabemos de que forma as recorrentes mudanças nas paisagens afetam os padrões de movimento e conseqüentemente, a dinâmica ecológica desempenhada por essa espécie. Somado a característica generalista no uso do habitat do cachorro-do-mato, a periodicidade de movimento dentro sua área de vida pode potencializar a probabilidade de ameaças pela intensificação do movimento em ambientes hostis, como rodovias. Podendo explicar a sua alta taxa de atropelamentos no Brasil (Caceres 2011, Ascensão et al. 2017, 2019, Eduardo et al. 2017). Outro fator interessante a ser explorado são as possíveis diferenças nas taxas de transmissões de doenças influenciada por estas respostas comportamentais de uso do espaço entre as populações. Desta forma, mais estudos abordando o uso do espaço de mamíferos carnívoros generalistas devem ser incentivados para o melhor entendimento da ecologia e potenciais ameaças sofridas por estas espécies.

5. Referências

- Abra, F. D., M. P. Huijser, M. Magioli, A. A. A. Bovo, and K. M. P. M. de B. Ferraz. 2021. An estimate of wild mammal roadkill in São Paulo state, Brazil. *Heliyon* 7:e06015.
- Abrahms, B., E. O. Aikens, J. B. Armstrong, W. W. Deacy, M. J. Kauffman, and J. A. Merkle. 2021. Emerging Perspectives on Resource Tracking and Animal Movement Ecology. *Trends in Ecology and Evolution* 36:308–320.
- Ascensão, F., A. L. J. Desbiez, E. P. Medici, and A. Bager. 2017. Spatial patterns of road mortality of medium–large mammals in Mato Grosso do Sul, Brazil. *Wildlife Research* 44:135.
- Ascensão, F., D. Yogui, M. Alves, and E. Patrícia. 2019. Predicting spatiotemporal patterns of road mortality for medium-large mammals. *Journal of Environmental Management* 248:109320.
- Bandeira De Melo, L. F., M. A. Lima Sábato, E. M. Vaz Magni, R. J. Young, and C. M. Coelho. 2007. Secret lives of maned wolves (*Chrysocyon brachyurus* Illiger 1815): As revealed by GPS tracking collars. *Journal of Zoology* 271:27–36.
- Bastille-Rousseau, G., J. R. Potts, C. B. Yackulic, J. L. Frair, E. Hance Ellington, and S. Blake. 2015. Flexible characterization of animal movement pattern using net squared displacement and a latent state model. *Movement Ecology* 4:1–12.
- Beisiegel, B. D. M., F. G. Lemos, D. Queirolo, R. Silva, and P. Jorge. 2013. Avaliação do risco de

- extinção do Cachorro-do-mato *Cerdocyon thous* (Linnaeus, 1766) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira* 1:138–145.
- Berger-Tal, O., and S. Bar-David. 2015. Recursive movement patterns: Review and synthesis across species. *Ecosphere* 6.
- Bernardo, C. de F. P. 2018. Análise do uso do espaço por cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*) em uma paisagem do Pantanal Sul-Mato-Grossense. São Paulo State University.
- Berta, A. 1982. Mammalian species. *Mammalian Species*:1–4.
- Bianchi, R. D. C. 2009. Ecologia de Mesocarnívoros em uma área no Pantanal Central, Mato Grosso do Sul. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.
- Bianchi, R. D. C., R. C. Campos, N. L. Xavier-filho, N. Olifiers, M. E. Gompper, and G. Mourão. 2014. Intraspecific, interspecific, and seasonal differences in the diet of three mid-sized carnivores in a large neotropical wetland. *Acta Theriologica* 59:13–23.
- Bianchi, R. D. C., N. Olifiers, M. E. Gompper, and G. Mourão. 2016. Niche Partitioning among Mesocarnívoros in a Brazilian Wetland. *PLoS ONE* 11:e0162893.
- Di Bitetti, M. S., Y. E. Di Blanco, J. A. Pereira, A. Paviolo, and I. J. Pérez. 2009. Time Partitioning Favors the Coexistence of Sympatric Crab-Eating Foxes (*Cerdocyon thous*) and Pampas Foxes (*Lycalopex gymnocercus*). *Journal of Mammalogy* 90:479–490.
- Börger, L., B. D. Dalziel, and J. M. Fryxell. 2008. Are there general mechanisms of animal home range behaviour? A review and prospects for future research. *Ecology Letters* 11:637–650.
- Börger, L., and J. Fryxell. 2012. Quantifying individual differences in dispersal using net squared displacement. Pages 222–230 in J. Clobert, M. Baguette, T. G. Benton, and J. M. Bullock, editors. *Dispersal Ecology and Evolution*. Oxford University Press.
- Bracis, C., K. L. Bildstein, and T. Mueller. 2018. Revisitation analysis uncovers spatio-temporal patterns in animal movement data. *Ecography* 41:1801–1811.
- Caceres, N. C. 2011. Biological characteristics influence mammal road kill in an Atlantic Forest – Cerrado interface in south-western Brazil Forest – Cerrado interface in south-western Brazil 0003.
- Calabrese, J. M., C. H. Fleming, and E. Gurarie. 2016. ctmm : an R package for analyzing animal relocation data as a continuous-time stochastic process:1124–1132.
- Campanha, L. C. 2014. Spatial ecology of crab-eating foxes in a large Neotropical wetland. Federal University of Mato Grosso do Sul.
- Cazetta, E., and M. Galetti. 2009. The Crab-eating Fox (*Cerdocyon thous*) as a secondary seed disperser of *Eugenia umbelliflora* (Myrtaceae) in a restinga forest of southeastern Brazil. *Biota Neotropica* 9:271–274.
- Courtenay, O., and L. Maffei. 2004. South America (Neotropical): crab-eating fox *Cerdocyon thous* (Linnaeus, 1766) least concern (2004). Pages 32–38 in C. Sillero-Zubiri, M. Hoffmann, and D. W. Macdonald, editors. *IUCN/SSC Canid Specialist Group*, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.
- Desbiez, J., R. E. Bodmer, and W. M. Tomas. 2010. Mammalian densities in a neotropical wetland subject to extreme climatic events. *Biotropica* 42:372–378.
- Dotta, G., and L. M. Verdade. 2011. Medium to large-sized mammals in agricultural landscapes of south-eastern Brazil. *Mammalia* 75:345–352.
- Eduardo, J., S. Miranda, R. K. Umetsu, F. R. De Melo, F. Cristina, S. Alves, K. F. Pereira, and S. R. Oliveira. 2017. Roadkill in the Brazilian Cerrado savanna: comparing five highways in southwestern Goiás 21:337–349.
- Elbroch, L. M., P. E. Lendrum, H. Quigley, and A. Caragiulo. 2015. Spatial overlap in a solitary carnivore: Support for the land tenure, kinship or resource dispersion hypotheses? *Journal of Animal Ecology* 85.
- Facure, K., and A. A. Giaretta. 2003. Food habits of the crab-eating-fox , *Cerdocyon thous* , in an altitudinal forest of the Mantiqueira Range , southeastern Brazil. *Mammalia* 67:503–511.
- Facure, K., F. Lemos, F. Cavalcanti, M. Caetano, and D. F. Junior. 2020. Ecologia de canídeos silvestres em agroecossistemas.
- Fahrig, L. 2007. Non-optimal animal movement in human-altered landscapes. *Functional Ecology* 21:1003–1015.
- Faria-Corrêa, M., R. A. Balbueno, E. M. Vieira, and T. R. O. de Freitas. 2009. Activity, habitat use,

- density, and reproductive biology of the crab-eating fox (*Cerdocyon thous*) and comparison with the pampas fox (*Lycalopex gymnocercus*) in a Restinga area in the southern Brazilian Atlantic Forest. *Mammalian Biology* 74:220–229.
- Ferraz, K. M. P. M. de B., M. F. de Siqueira, P. S. Martin, C. F. Esteves, and H. T. Z. Do Couto. 2010. Assessment of *Cerdocyon thous* distribution in an agricultural mosaic, southeastern Brazil. *Mammalia* 74:275–280.
- Fieberg, J., and L. Börger. 2012. Could you please phrase “home range” as a question? *Journal of Mammalogy*.
- Freitas, S. R. De, A. N. De Oliveira, G. Ciocheti, M. V. Vieira, and D. Maria da Silva Matos. 2015. How landscape features influence road-kill of three species of mammals in the Brazilian savanna? *Oecologia Australis* 18:35–45.
- Fryxell, J. M., M. Hazell, L. Börger, B. D. Dalziel, D. T. Haydon, J. M. Morales, T. McIntosh, and R. C. Rosatte. 2008. Multiple movement modes by large herbivores at multiple spatiotemporal scales. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105:19114–19119.
- Giuggioli, L., J. R. Potts, and S. Harris. 2011. Animal interactions and the emergence of territoriality 7.
- Gonçalves, H. C., M. A. Mercadante, and E. T. Santos. 2011. Hydrological cycle. *Brazilian Journal of Biology* 71:241–253.
- Goulart, F. V. B., N. C. Cáceres, M. E. Graipel, M. A. Tortato, I. R. Ghizoni, and L. G. R. Oliveira-Santos. 2009. Habitat selection by large mammals in a southern Brazilian Atlantic Forest. *Mammalian Biology* 74:182–190.
- De Grissac, S., L. Börger, A. Guitteaud, and H. Weimerskirch. 2016. Contrasting movement strategies among juvenile albatrosses and petrels. *Scientific Reports* 6:1–12.
- Hübner, S. D. O., F. G. Pappen, and J. L. Ruas. 2010. Exposure of pampas fox (*Pseudalopex gymnocercus*) and crab-eating fox (*Cerdocyon thous*) from the Southern region of Brazil to Canine distemper virus (CDV), Canine parvovirus (CPV) and Canine coronavirus (CCoV). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 53:593–597.
- Juarez, K. M. 1997. Dieta, uso do habitat e atividade de três espécies de canídeos simpátricas do Cerrado. Universidade de Brasília.
- Juarez, K. M., J. Marinho, K. Macfadem Juarez, and J. Marinho-Filho. 2002. Diet, habitat use, and home ranges of sympatric canids in central Brazil. *Journal of Mammalogy* 83:925–933.
- Kays, R., M. C. Crofoot, W. Jetz, and M. Wikelski. 2015. Terrestrial animal tracking as an eye on life and planet. *Science* 348:aaa2478.
- Kittle, A. M., M. Anderson, T. Avgar, J. A. Baker, G. S. Brown, J. Hagens, E. Iwachewski, S. Moffatt, A. Mosser, B. R. Patterson, D. E. B. Reid, A. R. Rodgers, J. Shuter, G. M. Street, I. D. Thompson, L. M. Vander Vennen, and J. M. Fryxell. 2015. Wolves adapt territory size, not pack size to local habitat quality. *Journal of Animal Ecology* 84:1177–1186.
- Lemos, F. G., F. C. De Azevedo, H. C. M. Costa, and a. Joares. 2011a. Human threats to hoary and crab-eating foxes in central Brazil. *Canid News*:1–6.
- Lemos, F. G., and K. G. Facure. 2011. Seasonal variation in foraging group size of crab-eating foxes and hoary foxes in the Cerrado Biome, Central Brazil. *Mastozoologia Neotropical* 18:239–245.
- Lemos, F. G., K. G. Facure, and F. C. de Azevedo. 2011b. A first approach to the comparative ecology of the hoary fox and crab-eating fox in a fragmented human altered landscape in the Cerrado Biome at central Brazil. Page 183 in L. M. Rosalino and C. Gheler-Costa, editors. *Middle-sized carnivores in agricultural landscapes*. Nova Science, New York, NY.
- Lucherini, M. 2015. *Cerdocyon thous*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015.
- Lyra-Jorge, M. C., G. Ciocheti, and V. R. Pivello. 2008. Carnivore mammals in a fragmented landscape in northeast of São Paulo State, Brazil. *Biodiversity and Conservation* 17:1573–1580.
- Macdonald, D. W., and O. Courtenay. 1996. Enduring social relationships in a population of crab-eating zorros, *Cerdocyon thous*, in Amazonian Brazil (Carnivora, Canidae). *Journal of Zoology* 239:329–355.
- Maffei, L., and A. A. B. Taber. 2003. Área de acción, actividad y uso de hábitat del zorro patas negras, *Cerdocyon thous*, en un Bosque seco. *Mastozoología Neotropical* 10:154–160.
- Marchiori, F. A. 2016. Gradiente de profundidade no uso de matrizes agrícolas por um grande felino

- solitário Gradiente de profundidade no uso de matrizes agrícolas por um grande felino solitário. Universidade Federal de São Carlos.
- De Matos Dias, D., and A. Bocchiglieri. 2016. Trophic and spatio-temporal niche of the crab-eating fox, *Cerdocyon thous* (Linnaeus, 1766) (Carnivora: Canidae), in a remnant of the Caatinga in northeastern Brazil. *Mammalia* 80:281–291.
- Michalski, F., P. G. Crawshaw, T. G. De Oliveira, and M. E. Fabián. 2006. Notes on home range and habitat use of three small carnivore species in a disturbed vegetation mosaic of southeastern Brazil. *Mammalia* 70:52–57.
- Michalski, F., P. G. C. Jr, T. G. De Oliveira, and M. Elena. 2007. Notes on home range and habitat use of three small carnivore species in a disturbed vegetation mosaic of southeastern Brazil Notes sur le territoire et l' utilisation de l' habitat de trois espe ´ e au Sud Est du Bre ´ sil:52–57.
- Miranda, C. de S., A. C. Paranho Filho, A. Pott, F. De Engenharias, C. Grande, and C. Grande. 2018. Changes in vegetation cover of the Pantanal wetland detected by Vegetation Index: a strategy for conservation. *Biota Neotropica* 18:1–6.
- Morato, R. G., J. A. Stabach, C. H. Fleming, J. M. Calabrese, R. C. De Paula, K. M. P. M. Ferraz, D. L. Z. Kanteck, S. S. Miyazaki, T. D. C. Pereira, G. R. Araujo, A. Paviolo, C. De Angelo, M. S. Di Bitetti, P. Cruz, F. Lima, L. Cullen, D. A. Sana, E. E. Ramalho, M. M. Carvalho, F. H. S. Soares, B. Zimbres, M. X. Silva, M. D. F. Moraes, A. Vogliotti, J. A. M. Jr., M. Haberfeld, L. Rampim, L. Sartorello, M. C. Ribeiro, P. Leimgruber, B. Chapman, K. Hulthen, M. Wellenreuther, L.-A. Hansson, J. Nilsson, C. Bronmark, K. Nowell, P. Jackson, D. Macdonald, K. Crooks, M. Cardillo, A. Purvis, W. Sechrest, J. Gittleman, J. Bielby, G. Mace, L. Fahrig, R. Nathan, C.-L. Chetkiewicz, M. Boyce, C. Rodríguez-Soto, O. Monroy-Vilchis, L. Maiorano, L. Boitani, J. Faller, M. Briones, J. Horne, E. Garton, C. Fleming, W. Fagan, T. Mueller, K. Olson, P. Leimgruber, J. Calabrese, E. Sanderson, K. Redford, C.-L. Chetkiewicz, R. Medellin, A. Rabinowitz, J. Robinson, R. Morato, B. Beisiegel, E. Ramalho, L. Boulhosa, A. G. C. E, C. De Angelo, M. Di Bitetti, M. Lucherini, N. Muzzachiodi, G. Schaller, P. Crawshaw, A. Rabinowitz, B. N. Jr., S. Astete, R. Sollmann, L. Silveira, F. de Azevedo, D. Murray, S. Cavalcanti, E. Gese, D. Conde, F. Colchero, H. Zarza, N. Christensen, J. Sexton, C. Manterola, F. Colchero, D. a. Conde, C. Manterola, C. Chávez, A. Rivera, G. Ceballos, R. Sollmann, M. Furtado, B. Gardner, H. Hofer, A. Jácomo, N. Tôrres, J. Calabrese, C. Fleming, E. Gurarie, C. Fleming, Y. SubaşI, J. Calabrese, C. Fleming, J. Calabrese, T. Mueller, K. a Olson, P. Leimgruber, W. Fagan, C. Fleming, J. Calabrese, T. Mueller, K. Olson, P. Leimgruber, W. Fagan, P. Blackwell, M. Niu, M. Lambert, S. Lapoint, P. C. Jr., L. C. Jr., K. De Abreu, D. Sana, A. Nava, F. de Azevedo, D. Murray, M. Ribeiro, J. Metzger, A. Martensen, F. Ponzoni, M. Hirota, I. Leal, J. Silva, M. Tabarelli, T. L. Jr., T. Robinson, G. W. Wint, G. Conchedda, T. Van Boeckel, V. Ercoli, E. Palamara, R. Morato, V. a. Conforti, F. Azevedo, a. T. a Jacomo, L. Silveira, D. Sana, G. Balme, R. Slotow, L. Hunter, R. Sikes, W. Gannon, C. Fleming, J. Calabrese, H. Akaike, M. Kéry, M. McCarthy, P. Royston, A. Gelman, D. Rubin, A. Gelman, J. Hill, J. Liu, W. Taylor, Z. Ouyang, R. Groop, Y. Tan, H. Zhang, C. De Angelo, A. Paviolo, T. Wiegand, R. Kanagaraj, M. Di Bitetti, M. McCarthy, M. McCarthy, P. Crawshaw, H. Quigley, R. Powell, M. Mitchell, N. Singh, L. Börger, H. Dettki, N. Bunnefeld, G. Ericsson, L. Borger, R. Boone, S. Thirgood, J. Hopcraft, J. Stabach, G. Wittemyer, R. Boone, R. Reid, J. S. Worden, G. Schaller, M. Mauritzen, A. Derocher, W. Oysten, R. May, J. van Dijk, A. Landa, R. Andersen, R. Andersen, A. Kittle, M. Anderson, T. Avgar, J. Baker, G. Brown, J. Hagens, S. Mikael, C. De Angelo, A. Paviolo, M. Di Bitetti, E. a. R. Carvalho, M. Zarco-González, O. Monroy-Vilchis, and R. Morato. 2016. Space use and movement of a neotropical top predator: the endangered jaguar. *Plos One* 11:e0168176.
- Nagy-Reis, M., J. E. de F. Oshima, C. Z. Kanda, F. B. L. Palmeira, F. R. de Melo, and R. G. Morato. 2020. NEOTROPICAL CARNIVORES: a data set on carnivore distribution in the Neotropics. *Ecology* 101.
- Oliveira-Santos, L. G. R., J. D. Forester, U. Piovezan, W. M. Tomas, and F. A. S. Fernandez. 2016. Incorporating animal spatial memory in step selection functions. *Journal of Animal Ecology* 85:516–524.
- Oliveira, E. N. C. de. 2002. Ecologia alimentar e área de vida de carnívoros da Floresta Nacional de Ipanema, Iperó, SP (Mammalia, Carnivora). Universidade Estadual de Campinas.
- Oliveira, L. D. S., I. C. Gomes Varjão, L. C. Machado Pereira, and P. A. Nicola-Pereira. 2019.

- Primeiro registro de leucismo no cachorro-do-mato *Cerdocyon thous* (Linnaeus, 1766) (Carnivora: Canidae) no Brasil. *Biotemas* 32:93–98.
- Péron, G., C. H. Fleming, R. C. de Paula, and J. M. Calabrese. 2016. Uncovering periodic patterns of space use in animal tracking data with periodograms, including a new algorithm for the Lomb-Scargle periodogram and improved randomization tests. *Movement Ecology* 4:1–12.
- Péron, G., C. H. Fleming, R. C. De Paula, and N. Mitchell. 2017. Periodic continuous-time movement models uncover behavioral changes of wild canids along anthropization gradients. *Ecological monographs* 87:442–456.
- Pott, A., a K. M. Oliveira, G. a Damasceno-Junior, and J. S. V Silva. 2011. Plant diversity of the Pantanal wetland. *Brazilian journal of biology* 71:265–273.
- Potts, J. R., S. Harris, and L. Giuggioli. 2013. Quantifying behavioral changes in territorial animals caused by sudden population declines. *American Naturalist* 182.
- Potts, J. R., and M. a Lewis. 2014. How do animal territories form and change? Lessons from 20 years of mechanistic modelling. *Proceedings of the Royal Society B* 281:20140231.
- Powell, R. A. 2012. Movements, home ranges, activity, and dispersal. Pages 188–217 in L. Boitani and R. A. Powell, editors. *Carnivore Ecology and Conservation: a handbook of techniques*. Oxford University Press Inc., New York, NY.
- Powell, R. A., and M. S. Mitchell. 2012. What is a home range? *Journal of Mammalogy* 93:948–958.
- Ramos, D. L., M. A. Pizo, M. C. Ribeiro, R. S. Cruz, J. M. Morales, and O. Ovaskainen. 2020. Forest and connectivity loss drive changes in movement behavior of bird species. *Ecography* 43:1203–1214.
- Ranc, N., P. R. Moorcroft, F. Ossi, and F. Cagnacci. 2021. Experimental evidence of memory-based foraging decisions in a large wild mammal 118:1–9.
- Riotte-Lambert, L., and J. Matthiopoulos. 2020. Environmental Predictability as a Cause and Consequence of Animal Movement. *Trends in Ecology and Evolution* 35:163–174.
- Rocha, F. L. 2006. Áreas de uso e seleção de habitats de três espécies de carnívoros de médio porte na fazenda Nhumirim e arredores, Pantanal da Nhecolândia, MS. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.
- Rocha, V. J., L. M. Aguiar, J. E. Silva-Pereira, R. F. Moro-Rios, and F. C. Passos. 2008. Feeding habits of the crab-eating fox, *Cerdocyon thous* (Carnivora: Canidae), in a mosaic area with native and exotic vegetation in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 25:594–600.
- Rodrigues, L. P., and E. F. Leite. 2020. Análise da dinâmica da paisagem do Pantanal da Nhecolândia (MS). *Ateliê Geográfico* 14:174–204.
- Santos Júnior, T. da S. 2013. Mamíferos do Cerrado de Mato Grosso, com ênfase no uso do espaço por *Cerdocyon thous* (Carnivora, Canidae) e *Mazama gouazoubira* (Artiodactyla, Cervidae). Universidade Federal de São Carlos.
- Sells, S. N. 2019. Mechanisms driving territorial and social behavior in a cooperative carnivore. University of Montana.
- Sells, S. N., M. S. Mitchell, K. M. Podrutzny, J. A. Gude, A. C. Keever, D. K. Boyd, T. D. Smucker, A. A. Nelson, T. W. Parks, N. J. Lance, M. S. Ross, and R. M. Inman. 2021. Evidence of economical territory selection in a cooperative carnivore. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 288.
- da Silva, M. X., A. N. S. S. Rodrigues, F. C. Azevedo, and F. G. Lemos. 2018. Stronger together: observation on crabeating foxes (*Cerdocyon thous*) cooperatively preying their potential predator. *Mastozoología Neotropical* 25:499–503.
- Singh, N. J., L. Börger, H. Dettki, N. Bunnefeld, and G. Ericsson. 2012. From migration to nomadism: Movement variability in a northern ungulate across its latitudinal range. *Ecological Applications* 22:2007–2020.
- Souza, N. P., P. V. Furtado, and R. C. Rodrigues da Paz. 2012. Non-invasive monitoring of the estrous cycle in captive crab-eating foxes (*Cerdocyon thous*). *Theriogenology* 77:233–239.
- Tallents, L. A., D. A. Randall, S. D. Williams, and D. W. MacDonald. 2012. Territory quality determines social group composition in Ethiopian wolves *Canis simensis*. *Journal of Animal Ecology* 81:24–35.
- Tchaicka, L., E. Eizirik, T. G. De Oliveira, J. F. Cândido, and T. R. O. Freitas. 2007. Phylogeography and population history of the crab-eating fox (*Cerdocyon thous*). *Molecular Ecology* 16:819–

- 838.
- Tejera, V. H., J. Araúz, V. León, A. R. Rodríguez, P. González, S. Bermúdez, and R. Moreno. 1999. Primer registro del zorro cangrejero, *Cerdocyon thous* (Carnivora: Canidae), Para Panamá. *Scientia* 14:103–107.
- Trovati, R. G., B. A. De Brito, and J. M. B. Duarte. 2007. Área de uso e utilização de habitat de cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous* Linnaeus, 1766) no Cerrado da Região Central do Tocantins, Brasil. *Mastozoología Neotropical* 14:61–68.
- Varela, O., and E. H. Bucher. 2006. Passage time , viability , and germination of seeds ingested by foxes. *Journal of Arid Environments* 67:566–578.
- Vieira, E. M., and D. Port. 2007. Niche overlap and resource partitioning between two sympatric fox species in southern Brazil. *Journal of Zoology* 272:57–63.
- Zrzavý, J., P. Duda, J. Robovský, I. Okřínová, and V. Pavelková Řičánková. 2018. Phylogeny of the Caninae (Carnivora): combining morphology, behaviour, genes and fossils. *Zoologica Scripta* 47:373–389.

Capítulo 04: Material suplementar

Exploração do uso do espaço dentro da área de vida de cada indivíduo de cachorro-domato em a) paisagem de manchas florestais e b) paisagem florestal. Duas figuras são apresentadas para cada indivíduo. A primeira linha do indivíduo corresponde ao periodograma e a segunda linha, o variograma.

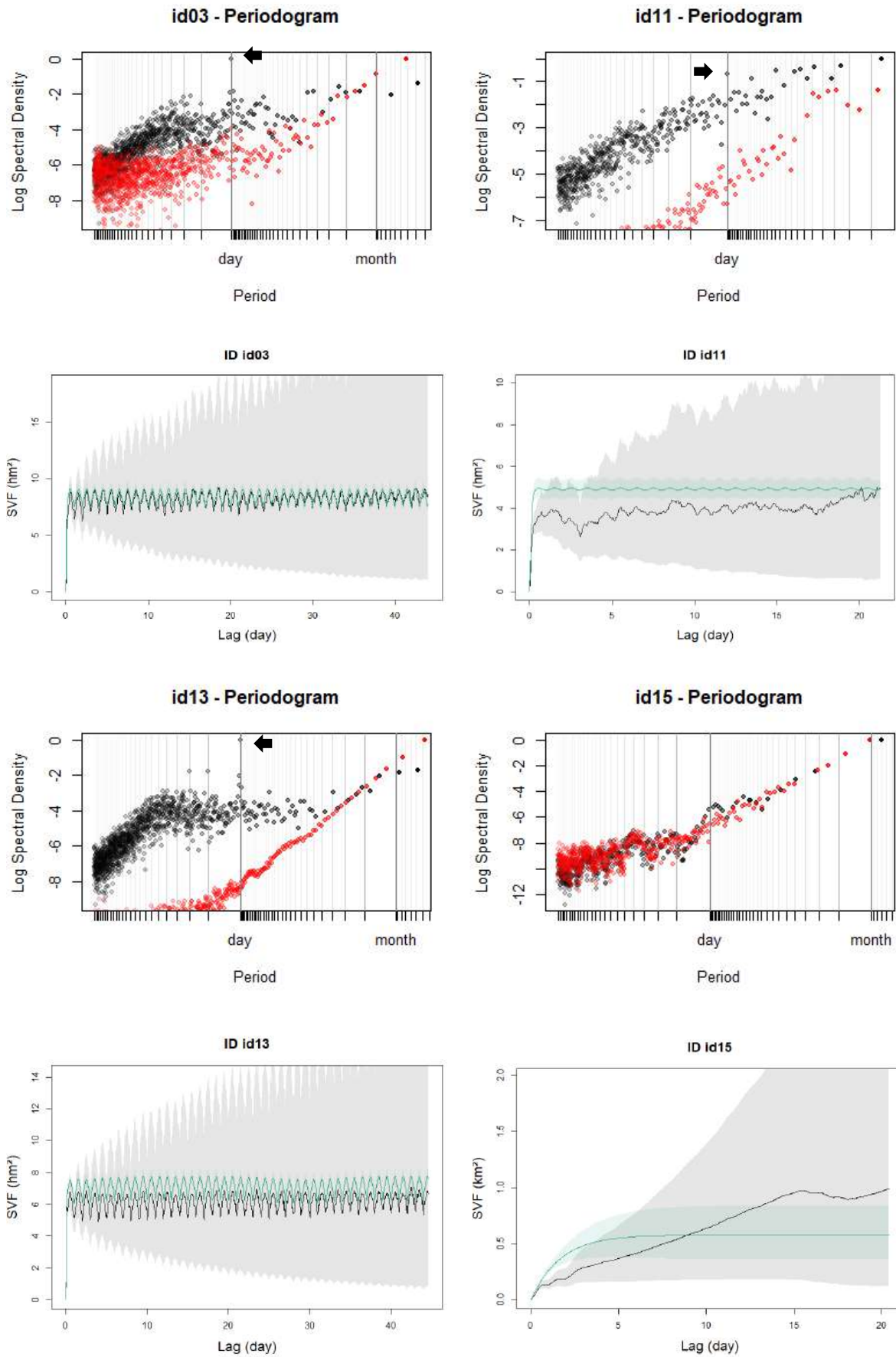
Movimento periódico - Periodograma

Periodograma preto correspondente aos dados de rastreamento e o periodograma vermelho correspondente a programação da coleta de dados de localização. A periodicidade é indicada quando há a presença de picos no eixo horizontal do periodograma preto, sendo o seu respectivo período de tempo indicado no eixo x (Perón et al. 2016, 2017 e 2021). Quando há a presença de picos no mesmo período de tempo do periodograma preto e do vermelho, a periodicidade é produzida devido a maneira como os dados foram coletados e não a sua presença real nos padrões de movimento.

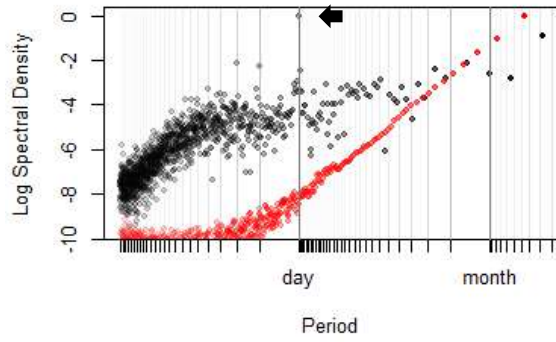
Movimento periódico – Semi-variograma

Semi-variogramas (linha preta) com o intervalo de confiança de 95% (área cinza) e a sobreposição do ajuste dos harmônicos (linha verde) com o intervalo de confiança (área verde clara) do melhor modelo selecionado pelo critério de Informação de Akaike.

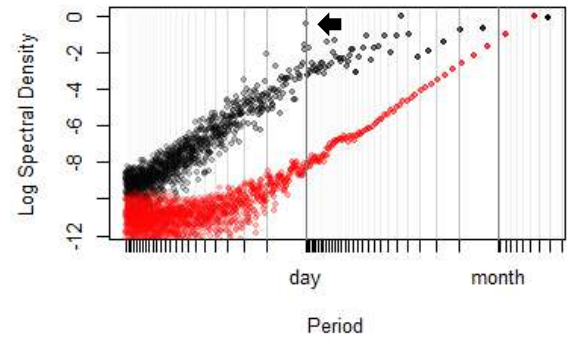
a) Paisagem de manchas florestais



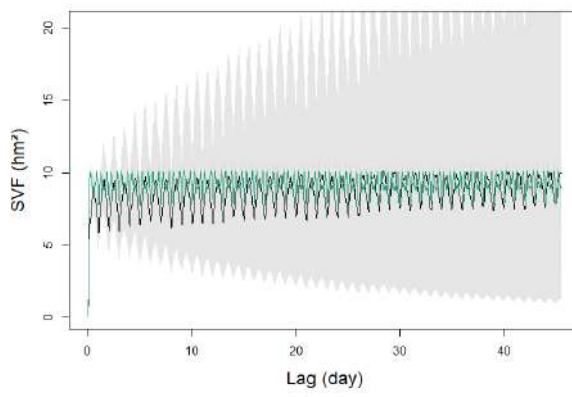
id16 - Periodogram



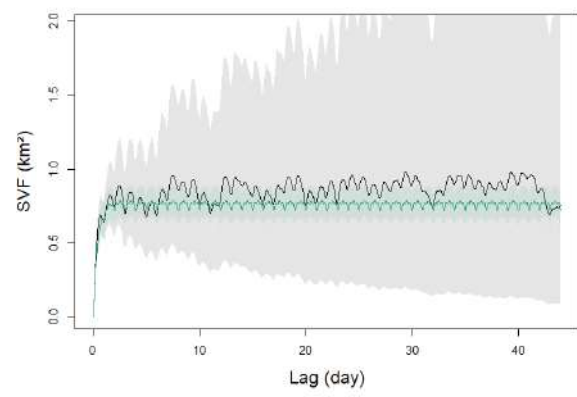
id17 - Periodogram



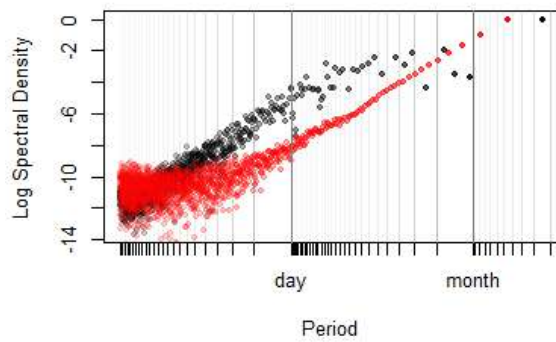
ID id16



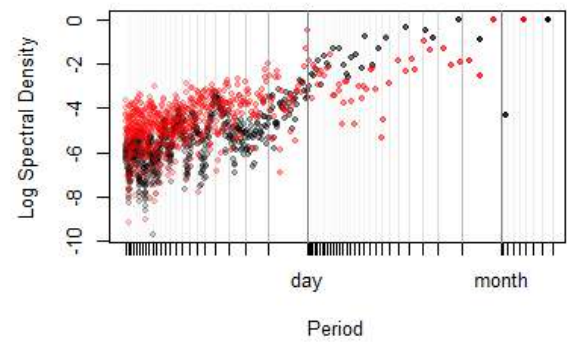
ID id17



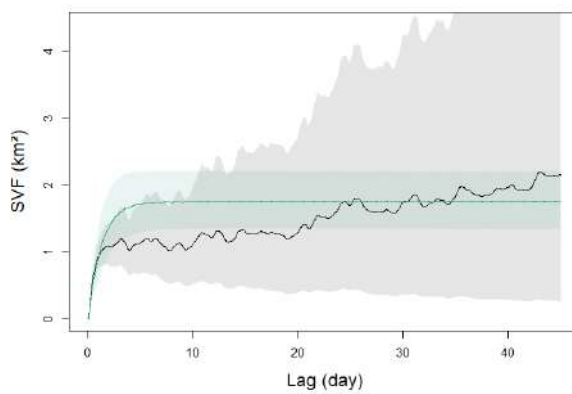
id18 - Periodogram



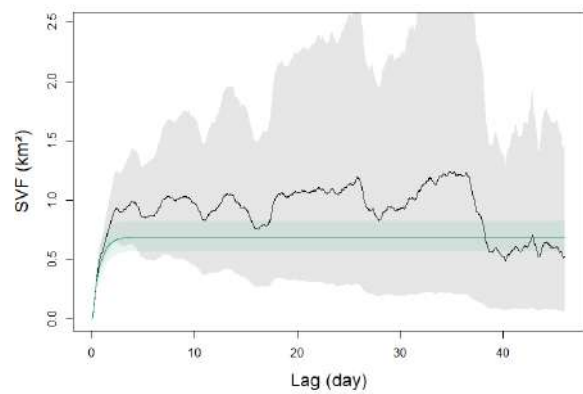
iana - Periodogram



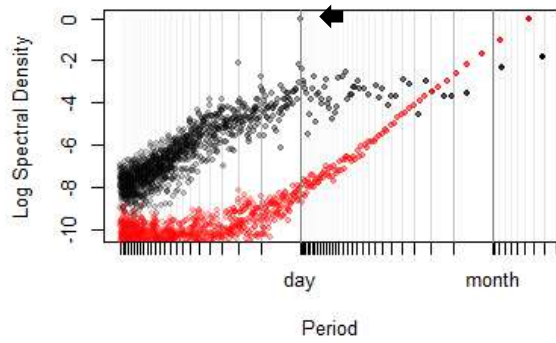
ID id18



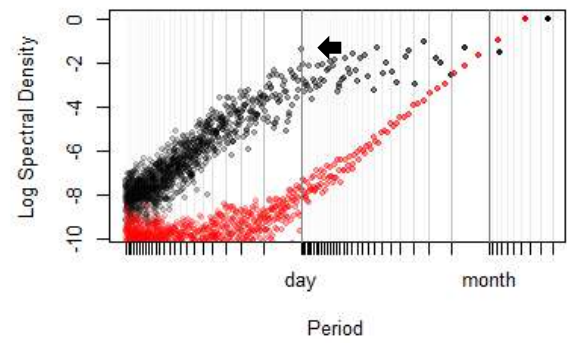
ID iana



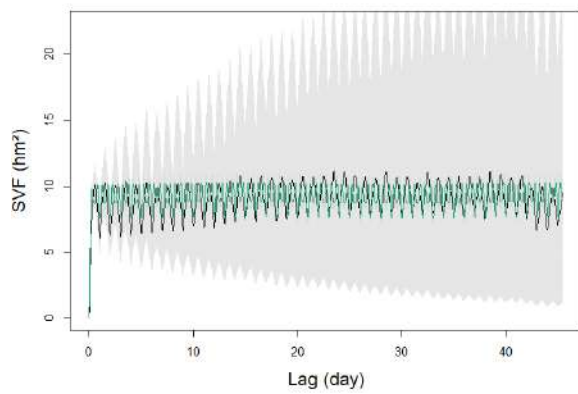
lana17 - Periodogram



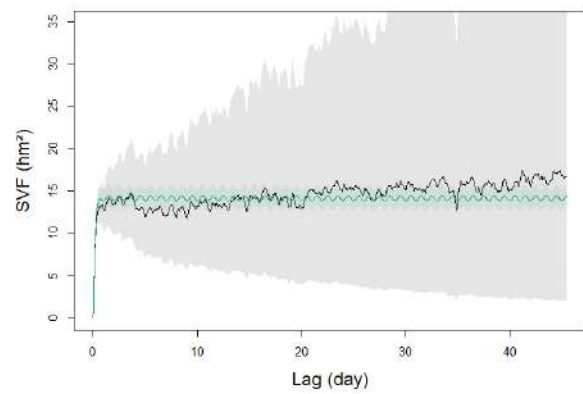
luck - Periodogram



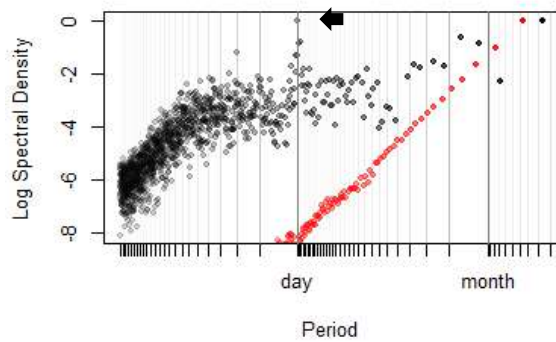
ID lana17



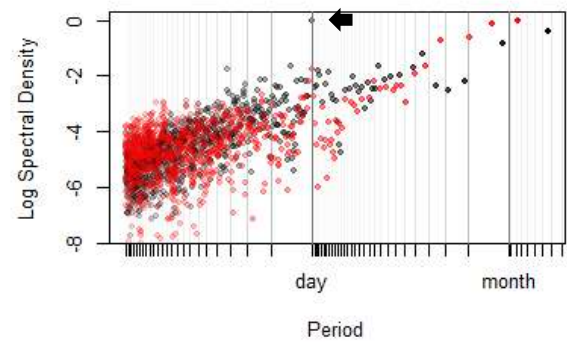
ID luck



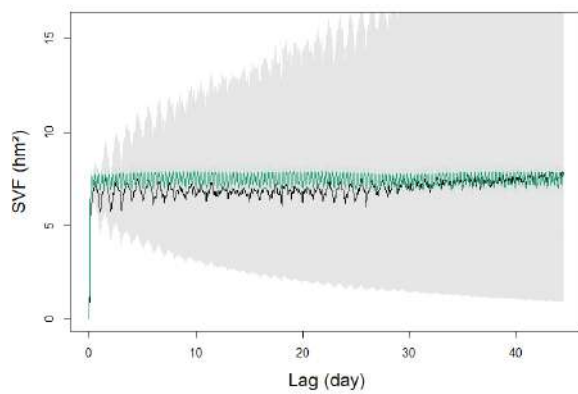
luck17 - Periodogram



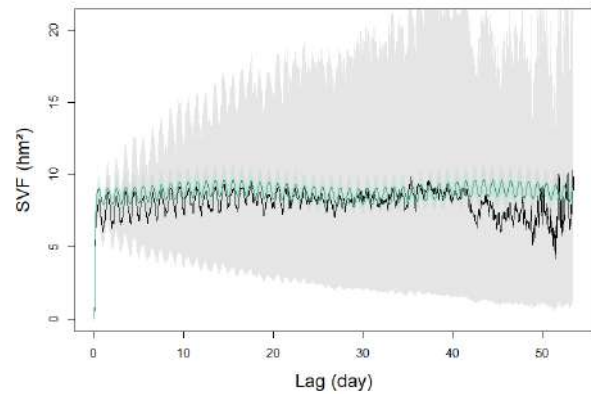
mel - Periodogram

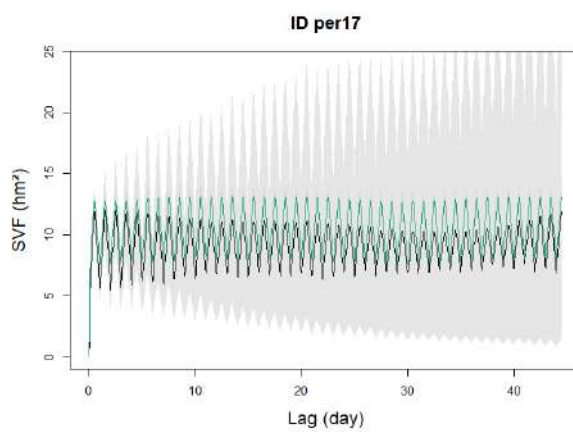
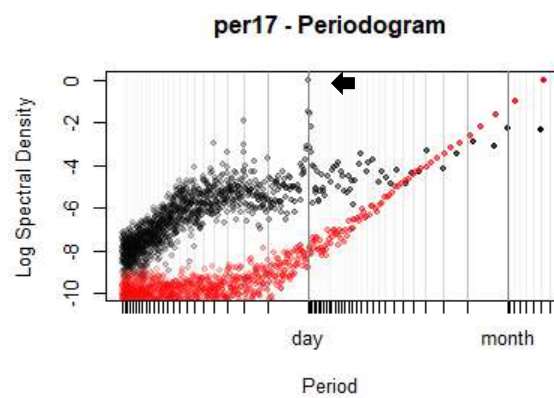
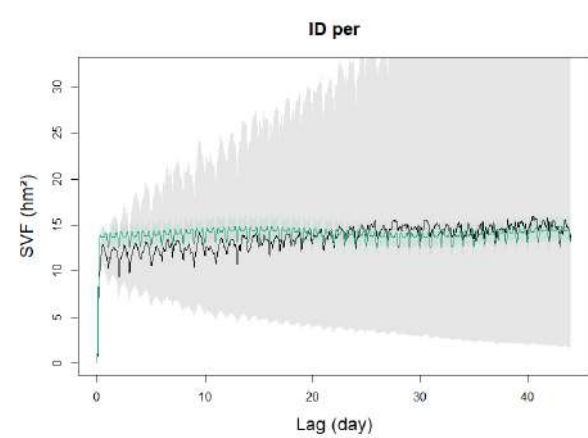
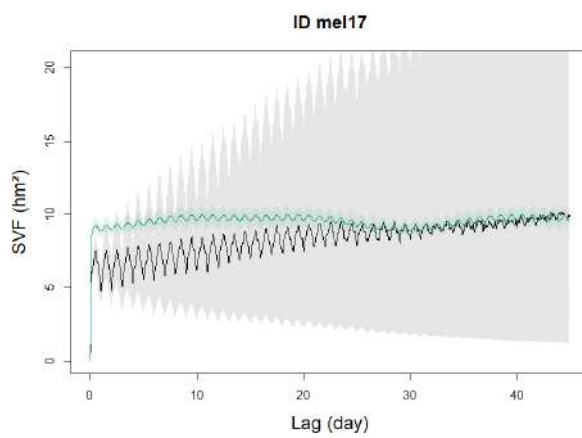
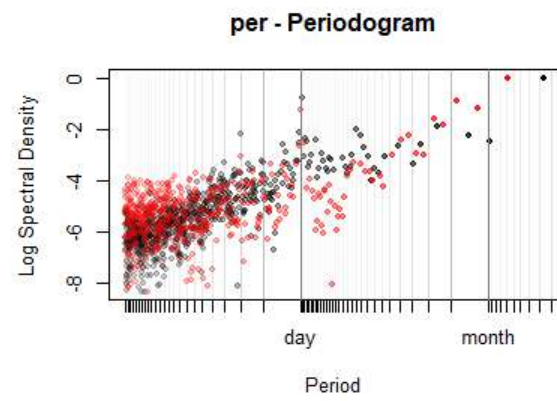
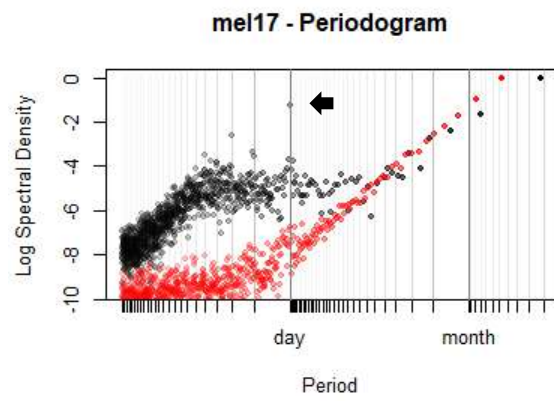


ID luck17

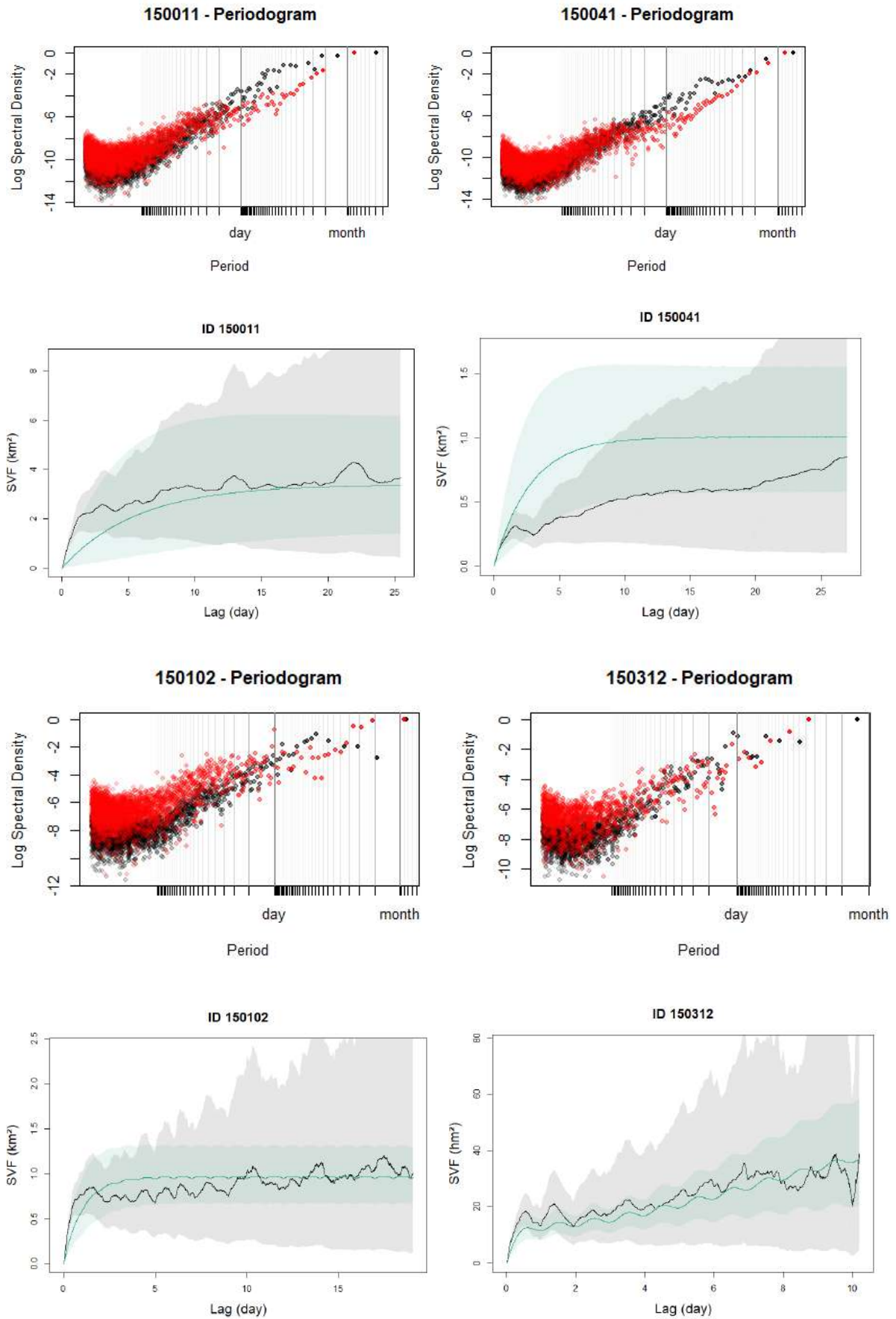


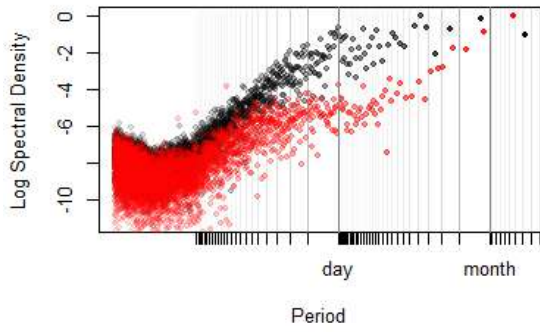
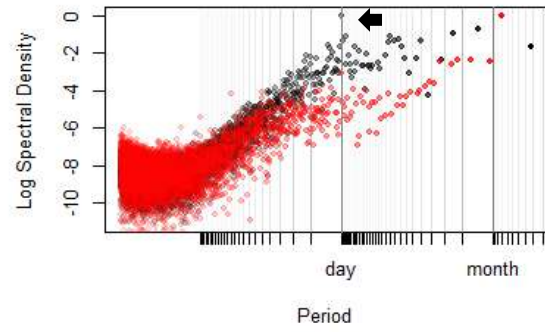
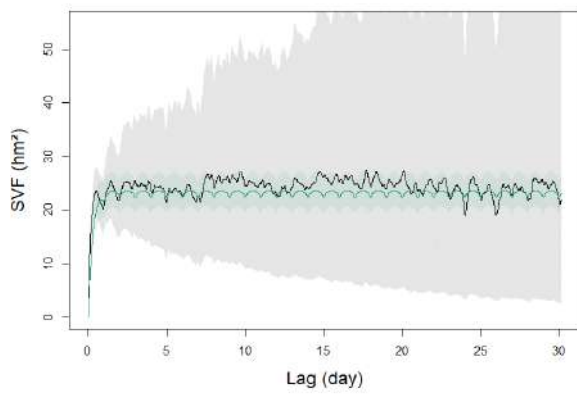
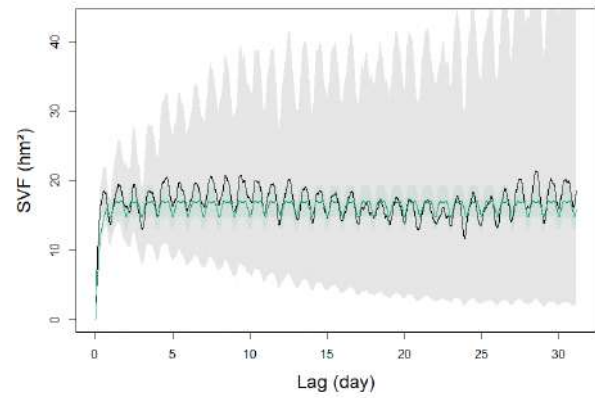
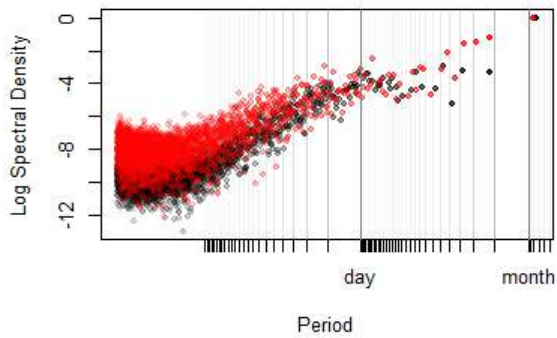
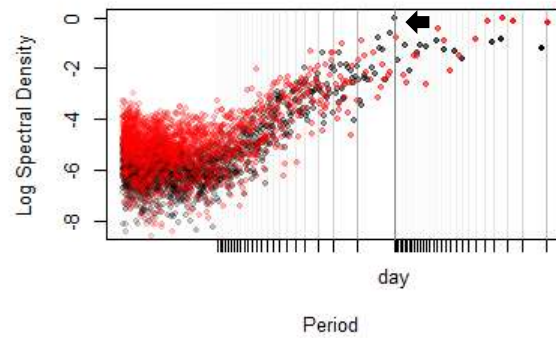
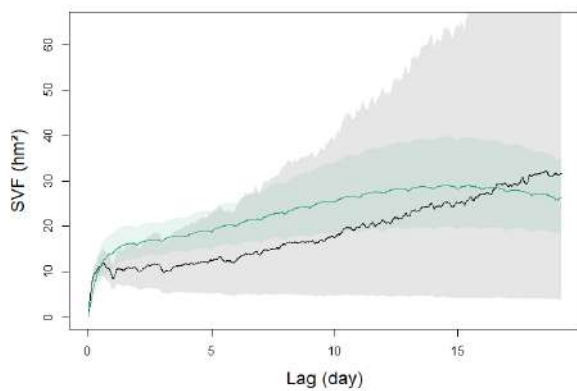
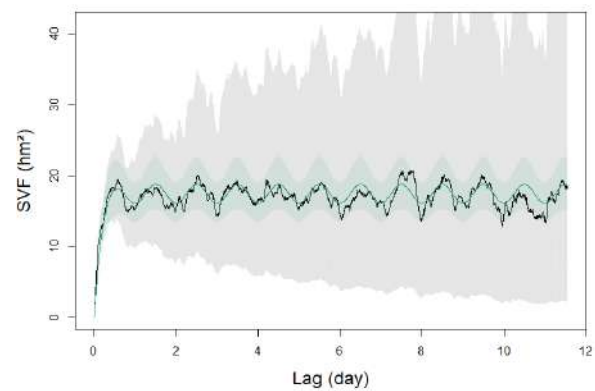
ID mel

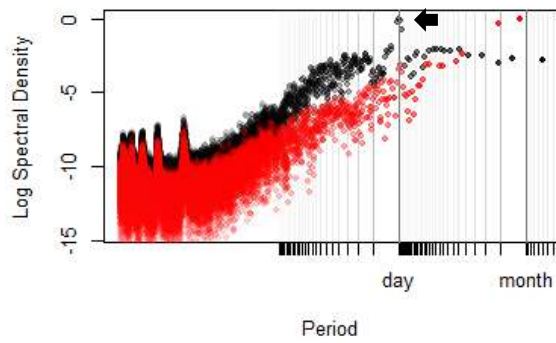
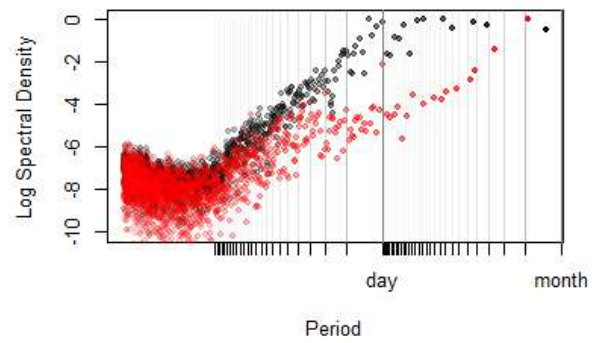
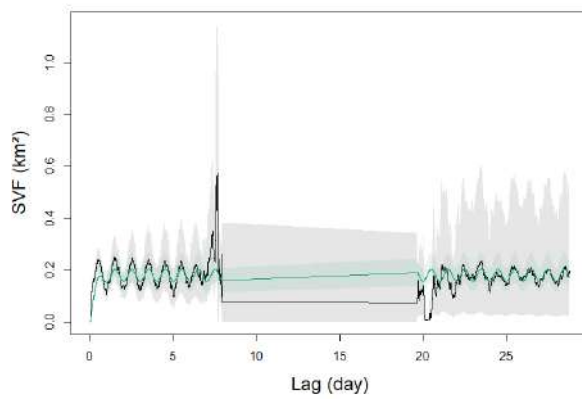
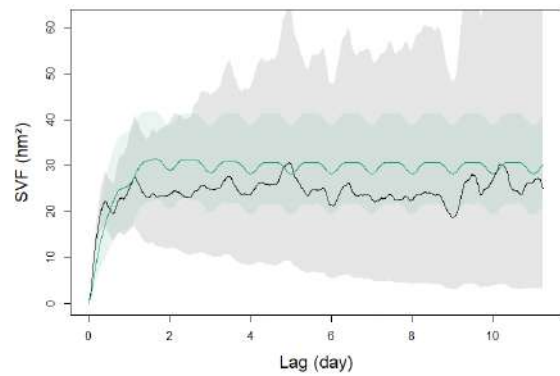
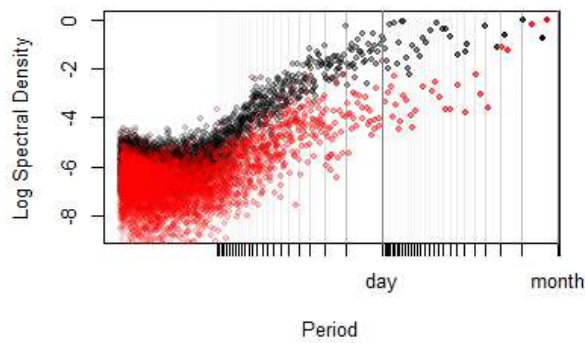
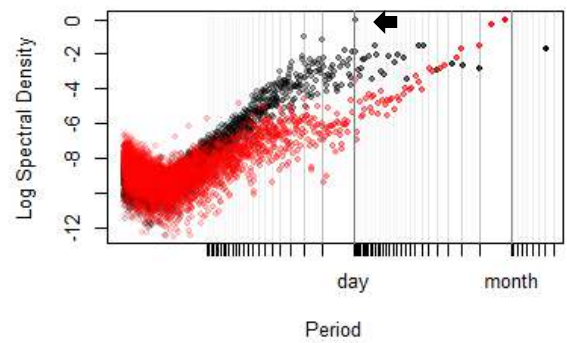
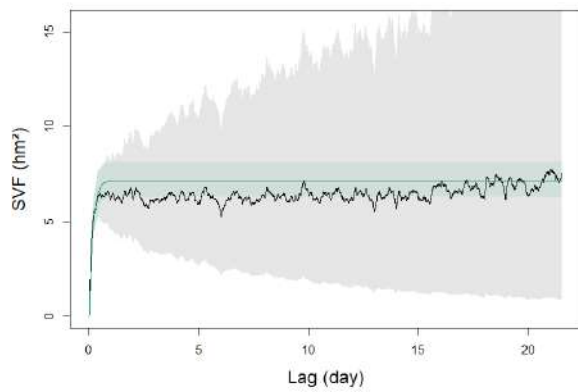
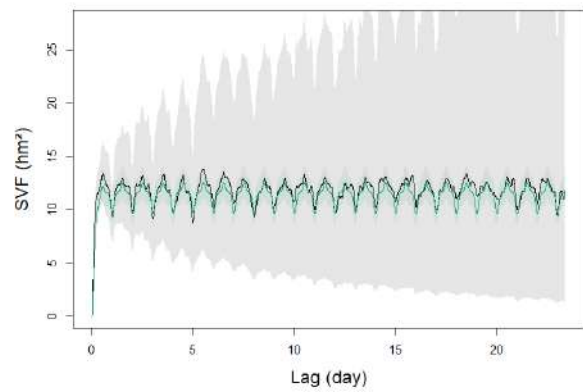




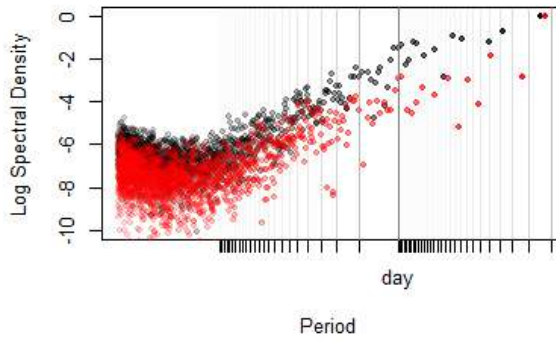
b) Paisagem florestal



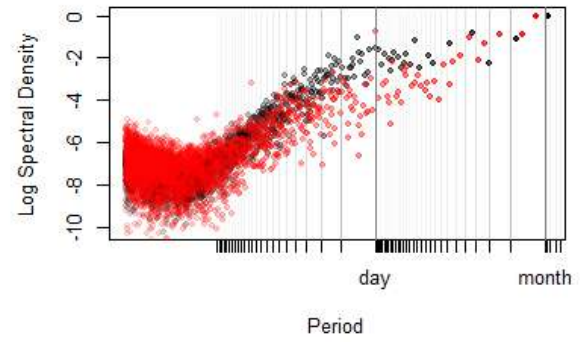
150402 - Periodogram**150462 - Periodogram****ID 150402****ID 150462****150552 - Periodogram****150681 - Periodogram****ID 150552****ID 150681**

163181 - Periodogram**164820 - Periodogram****ID 163181****ID 164820****164886 - Periodogram****164900 - Periodogram****ID 164886****ID 164900**

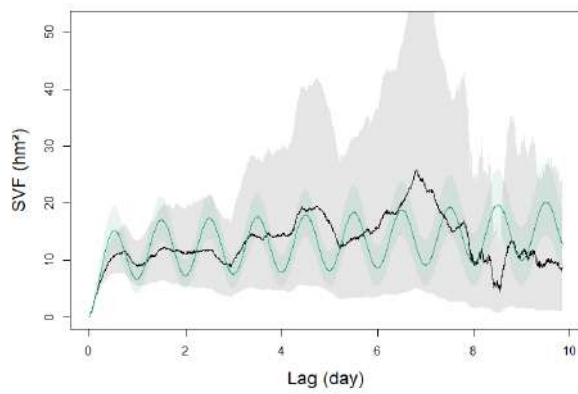
164957 - Periodogram



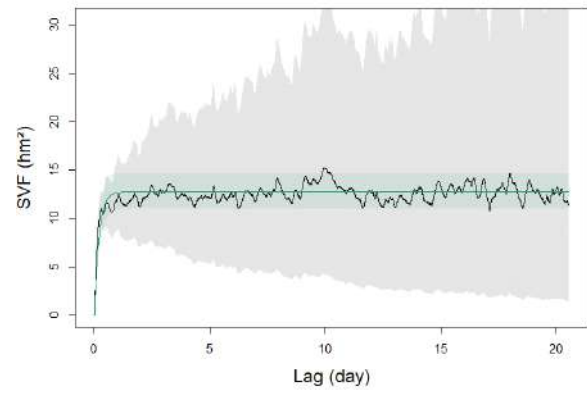
1649671 - Periodogram



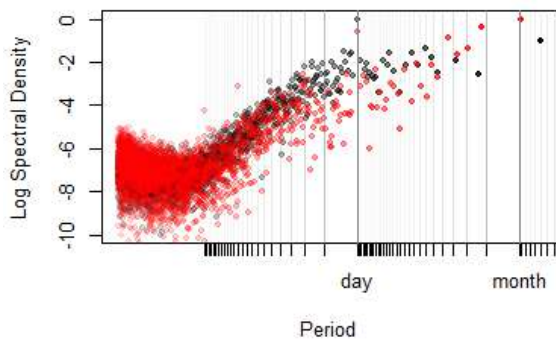
ID 164957



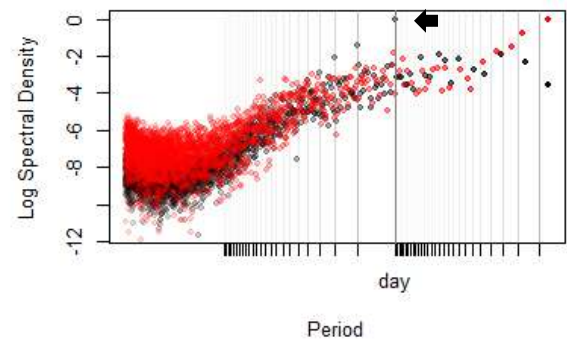
ID 1649671



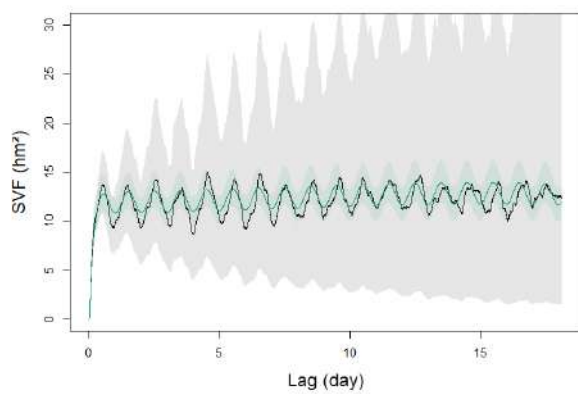
165164 - Periodogram



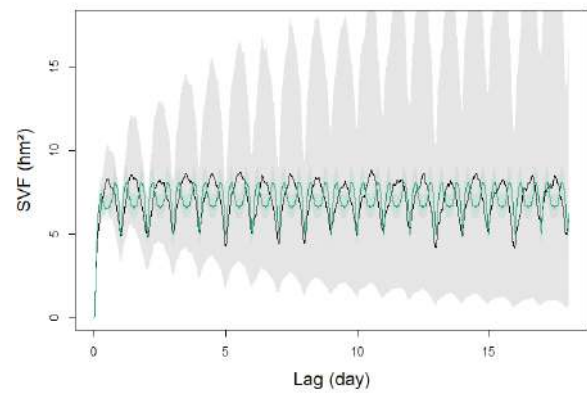
165194 - Periodogram



ID 165164



ID 165194



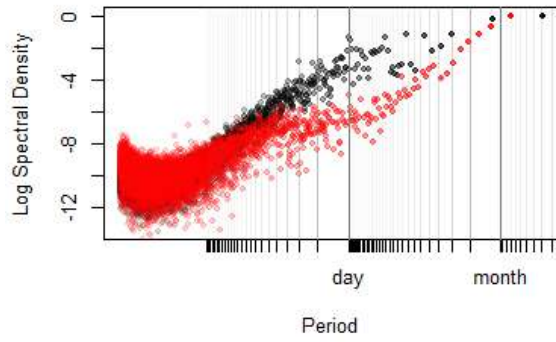
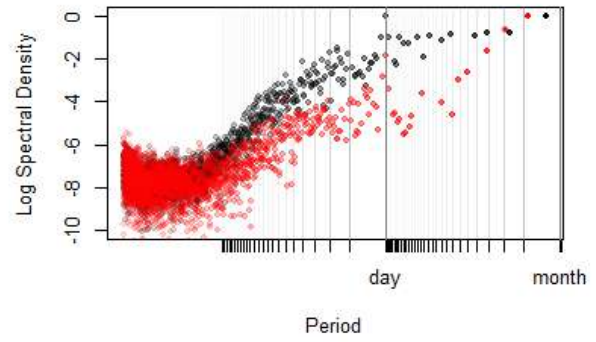
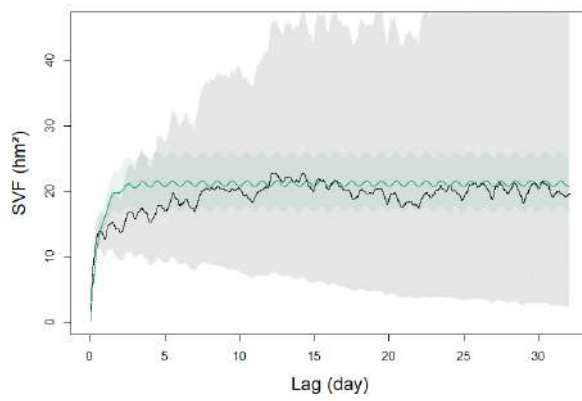
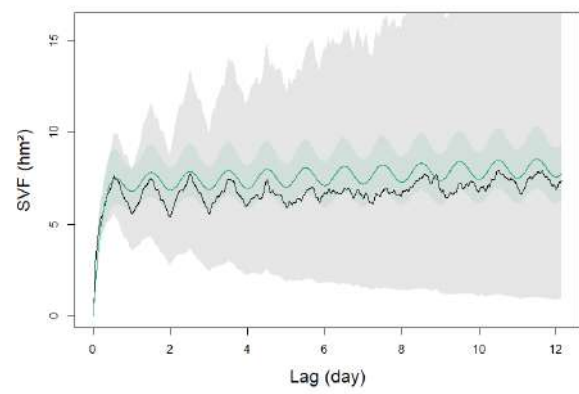
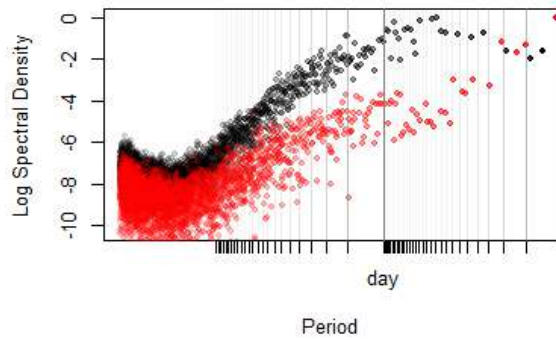
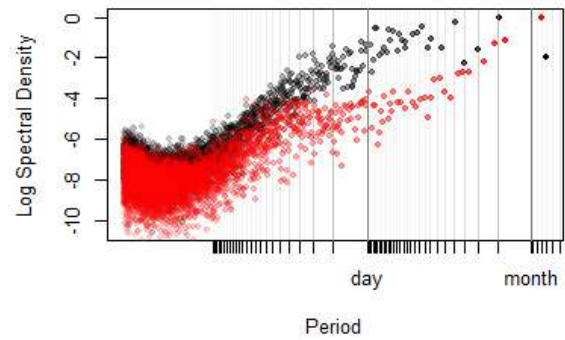
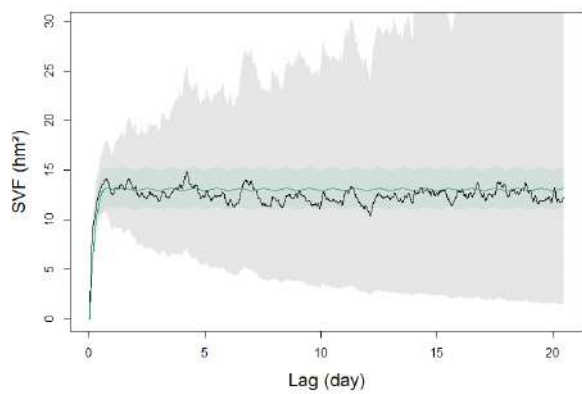
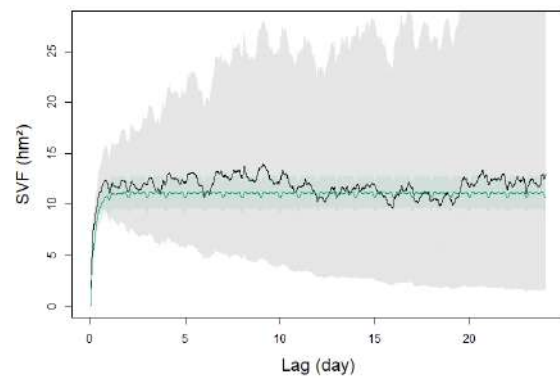
1651941 - Periodogram**165224 - Periodogram****ID 1651941****ID 165224****165252 - Periodogram****1652521 - Periodogram****ID 165252****ID 1652521**

Tabela S1 - Padrões de movimentos periódicos em cachorros-do-mato. A ocorrência do período de um dia foi avaliado visualmente nos periodogramas e a quantidade de harmônicos diários e a circulação foram estimados pelo melhor modelo ajustado aos dados de movimento. * indivíduos não residentes (ver capítulo 02 para maiores informações).

Individual	Sex	One-day period	Harmonic day	Circulation (days)
<i>Continuous</i>				
<i>Year 2012</i>				
150011	male	no	2	
150041*	female	no	1	
150102	male	no	2	
150312	male	no	1	
150402	male	no	5	
150462	female	yes	5	5.47 (3.94 - 8.97)
150552	male	no	5	
150681	male	yes	1	
164820	male	no	2	5.42 (3.67 - 10.35)
164900	male	yes	5	
<i>Year 2013</i>				
163181	female	yes	1	6.61 (3.33 - 432.92)
164886	male	no	0	
164957	male	no	1	7.92 (3.78 - inf.)
1649671	male	no	0	
165164	female	no	1	
165194	female	yes	10	6.99 (3.17 - inf.)
1651941	female	no	4	
165224	male	no	1	
165252	male	no	1	2.66 (2.10 - 3.62)
1652521	male	no	6	
<i>Patchy</i>				
<i>Year 2016</i>				
id03	male	yes	7	
id11	male	yes	1	4.95 (2.54 - 96.76)
lana	female	no	0	
luck	male	yes	1	
mel	female	yes	1	6.29 (3.01 - inf.)
per	male	no	5	7.65 (3.52 - inf.)
<i>Year 2017</i>				
id13	female	yes	5	
id15*	male	no	0	
id16	male	yes	7	1.87 (1.4 - 2.8)
id17	male	yes	4	24.7 (10.92 - inf.)
id18	female	no	1	
lana	female	yes	3	5.2 (3.04 - 18.12)
luck	male	yes	3	2.2 (1.53 - 3.88)
mel	female	yes	1	7.87 (3.43 - inf.)
per	male	yes	10	

Conclusão geral da tese

Embora seja uma espécie relativamente comum e ocorrendo em uma ampla variedade de ambientes, desde os naturais aos antrópicos, ainda pouco se sabe sobre diversos aspectos ecológicos do uso do espaço de cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*). Os mais de onze mil registros da espécie compilados no banco de dados de carnívoros no Neotrópico (Nagy-Reis et al., 2021), reforçam a divergência entre os registros de ocorrência e os conhecimentos acerca da espécie. Estas lacunas de conhecimento a respeito da ecologia da espécie confirmam a necessidade de maiores incentivos nos estudos ecológicos desta espécie em ampla variedade de condições ambientais. Além disso, estas limitações podem dificultar a avaliação do impacto das ameaças na população e consequentemente, no planejamento de ações específicas para a sua conservação a longo prazo. Principalmente quanto a informações sobre a influência das paisagens agrícolas e consequências da alta incidência de atropelamentos nas populações a longo prazo.

Por fim, esta tese contribuiu para importantes aspectos do conhecimento ecológico de um canídeo territorial generalista, o cachorro-do-mato:

- Existe uma inter-relação entre o contexto da paisagem e a organização espacial da população.
- Os cachorros-do-mato são sedentários com eventos exploratórios e, alguns indivíduos são dispersivos.
- Paisagem florestal parece aumentar a tolerância entre os coespecíficos, independentemente do sexo.
- Machos possuem um território delimitado na paisagem de mancha florestal e pode ser composto por fêmeas.
- O cachorro-do-mato apresentou hábitos crepusculares noturnos, com variação intra-individual em sua atividade diária apenas na paisagem florestal.
- O cachorro-do-mato percorreu a mesma distância por dia, independentemente dos contextos de paisagem testados neste trabalho.
- O cachorro-do-mato exibiu padrões de movimentos periódicos mais expressivos em animais na paisagem de mancha florestal.

Material suplementar da tese

Contextualização geral da coleta de dados

Capturamos os cachorros-do-mato utilizando armadilhas do tipo *Tomahawk* para médios carnívoros (13x13x30cm) e iscadas com bacon e sardinhas. As armadilhas foram instaladas ao final da tarde em locais sombreados, cobertas com folhas e verificadas na manhã do dia seguinte. A imobilização química dos animais foi por meio de aplicação de injeção intramuscular de tiletamina e zolazepan (Zoletil 50, Virbac) nas doses de 10 mg/kg. Todos os indivíduos foram pesados, suas medidas biométricas determinadas e as idades estimadas (Tabela apresentada no material suplementar do capítulo 01) e, apenas os indivíduos adultos foram equipados com colares GPS. Todos os procedimentos de manipulação dos indivíduos foram acompanhados e realizados por veterinários e também, mediante as autorizações SISBio 53089 e pelo comitê de ética CEUA-IB-UNESP-CRC, data de registro CEUA 29.04.2016.

Vinte adultos foram monitorados a cada 5 minutos na Paisagem florestal (Fazenda Nhumirim) com colares GPS e cedidos pelos parceiros da UFMS (Figura 02, 04 e Tabela 02), com um total de 207407 localizações e, 11 indivíduos, a cada meia hora, na Paisagem de borda (Figura 03, 05 e Tabela 03), com um total de 55615 localizações foram coletados durante este projeto de doutorado. Embora tenhamos realizado duas campanhas de captura (27 armadilhas por sete dias em agosto e 15 armadilhas por 5 dias em outubro) em uma paisagem com baixa cobertura florestal (< 10% de cobertura florestal), nenhum cachorro-do-mato foi capturado. Além disso, temos apenas 7 registros em 4 pontos de amostragem em 24 armadilhas fotográficas com aproximadamente 56 dias de esforço de amostragem.

Paisagem florestal (Fazenda Nhumirim)

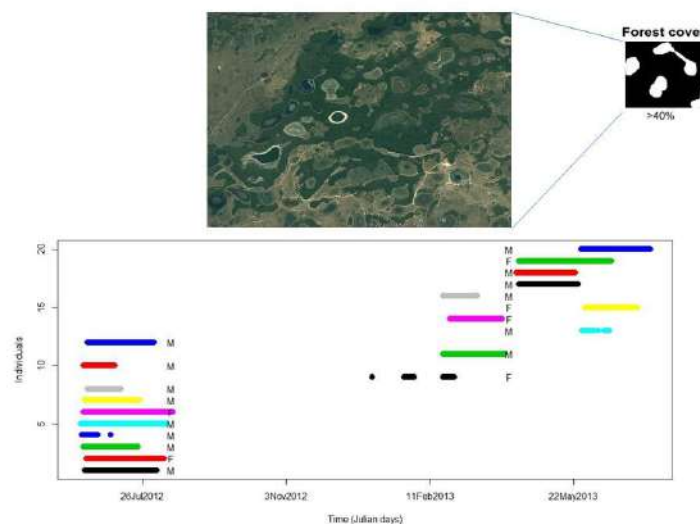


Figura 02 – Distribuição dos dados de localizações de cachorro-do-mato ao longo do tempo na Fazenda Nhumirim, Corumbá – SP. Cada linha colorida representa o período de monitoramento de um indivíduo e a sobreposição entre elas indicam o período de monitoramento simultâneo dos indivíduos. M = machos; F = fêmeas.

Paisagem de borda (Fazenda Alegria)

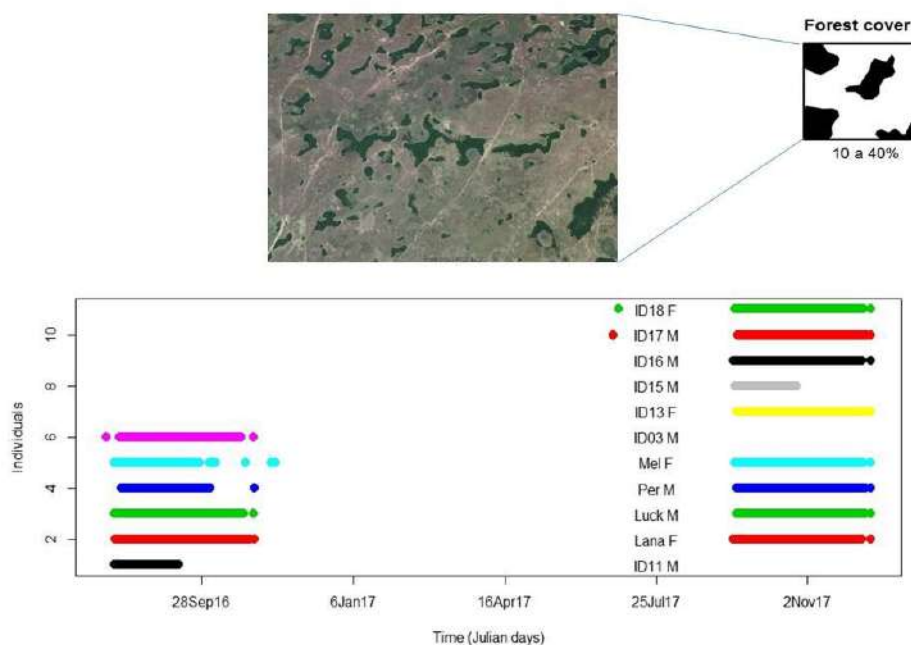


Figura 03 – Distribuição dos dados de localizações de cachorro-do-mato ao longo do tempo na Fazenda Alegria, Corumbá – SP. Cada linha colorida representa o período de monitoramento

de um indivíduo e a sobreposição entre elas indicam o período de monitoramento simultâneo dos indivíduos. M = machos; F = fêmeas.

Tabela 02 – Descrição dos dados de monitoramento por colar GPS de cachorro-do-mato na Paisagem florestal (Fazenda Nhumirim).

Sexo	Indivíduo	Início	Fim	Total de localizações
M	15001	16/Jun/2012	05/Ago/2012	13585
F	15004	17/Jun/2012	10/Ago/2012	15384
M	15010	15/Jun/2012	23/Jul/2012	7132
M	15031	14/Jun/2012	04/Jul/2012	2312
M	15040	13/Jun/2012	12/Ago/2012	14884
F	15046	15/Jun/2012	16/Ago/2012	12977
M	15055	16/Jun/2012	24/Jul/2012	8401
M	15068	18/Jun/2012	11/Jul/2012	2918
F	16318	24/Jan/2013	28/Fev/2013	23013
M	16482	15/Jun/2012	07/Jul/2012	5130
M	16488	20/Fev/2013	04/Abr/2013	8114
M	16490	18/Jun/2012	03/Ago/2012	12697
M	16495	28/Mai/2013	16/Jun/2013	1831
M	164967	12/Abr/2013	23/Mai/2013	8165
F	16516	25/Fev/2013	02/Abri/2013	16516
F	16519	30/Mai/2013	05/Jul/2013	6751
F	165194	14/Abri/2013	17/Jun/2013	19896
M	16522	20/Fev/2013	16/Mar/2013	6655
M	16525	14/Abri/2013	25/Mai/2013	10010
M	165252	27/Mai/2013	14/Jul/2013	11036

Tabela 03 – Descrição dos dados de monitoramento por colar GPS de cachorro-do-mato na Paisagem de borda (Fazenda Alegria). Comprimento de passo indica o valor percorrido, durante meia hora, entre dois pontos sucessivos de localizações espaciais.

Sexo	Indivíduo	Início	Fim	Total de localizações	Comprimento de passo máximo (m)
M	Id03	05/Ago/2016	01/Nov/2016	4074	1182
M	Id11	01/Ago/2016	13/Set/2016	1923	871.9
F	Id13	16/Set/2017	14/Dez/2017	4068	1186
M	Id15	15/Set/2017	26/Out/2017	1948	1579
M	Id16	14/Set/2017	14/Dez/2017	4072	1249
M	Id17	17/Set/2017	14/Dez/2017	4073	1947
F	Id18	15/Set/2017	14/Dez/2017	4071	4089
F	Lana	02/Ago/2016	14/Dez/2017	8144	3647
M	Luck	02/Ago/2016	14/Dez/2017	8141	1855
F	Mel	01/Ago/2016	14/Dez/2017	6957	1210
M	Per	06/Ago/2016	14/Dez/2017	8144	1255

Coleta de dados em campo – armadilhas fotográficas

Sessenta estações de armadilhas fotográficas foram distribuídas de maneira desigual na Paisagem florestal em 2008, com esforço amostral entre 7 e 30 dias (Figura 04) e, 10 estações de armadilhas fotográficas foram distribuídas de forma desigual na Paisagem de borda em 2016, com esforço amostral entre 2 e 128 dias (Figura 05).

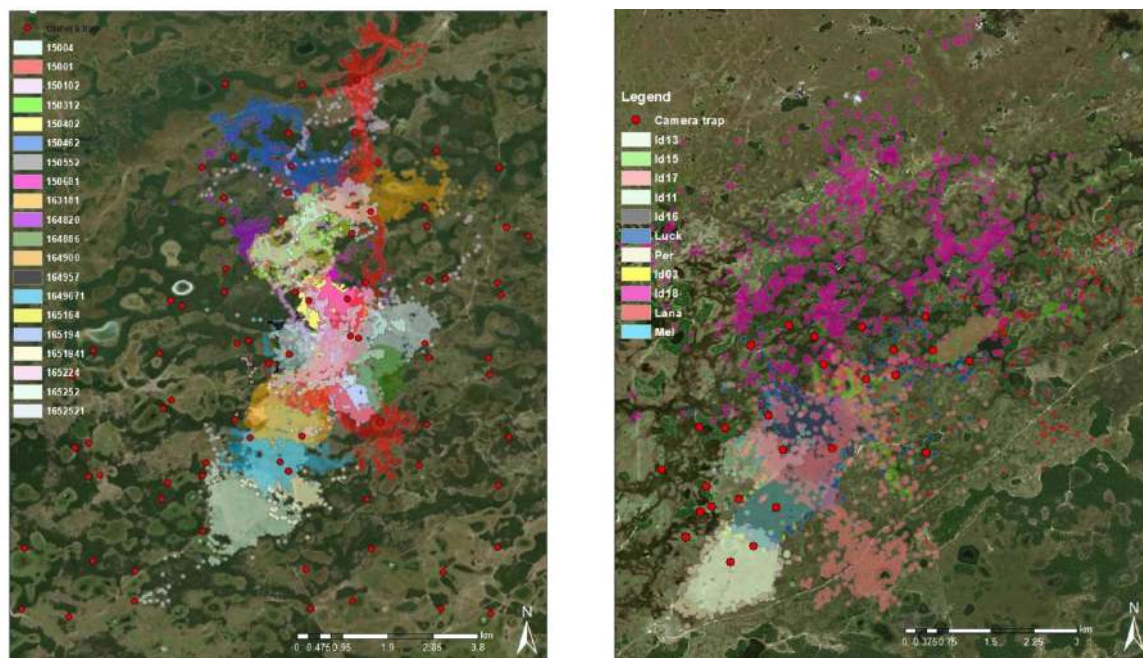


Figura 04 – Distribuição espacial das armadilhas fotográficas e das localizações de cachorros-do-mato monitorados na Paisagem florestal (a) e Paisagem de borda (b).

Outras abordagens em desenvolvimento

Movimento recursivo, ambientes e tempo de permanência

Apesar da circulação representar o quanto o animal repassa pelas mesmas vizinhanças (analisada no capítulo anterior), ele não explora a frequência de retorno a locais específicos e não informa detalhes quanto ao tempo de permanência e os horários que os animais retornaram a estes locais. Assim, eu calculei as métricas do movimento recursivo utilizando o pacote “recurse” (Bracis et al. 2018). Embora as métricas sejam geradas ao redor de um raio de influência para cada ponto de localizações, o método empregado considera a trajetória de movimento individual (Bracis et al. 2018). Por exemplo, o cálculo do número de revisitas é contabilizado pela quantidade de segmentos da trajetória do indivíduo dentro do círculo limite estabelecido (Figura 05). Já a duração de cada visita é estimada pela diferença do tempo de entrada e saída da trajetória dentro deste mesmo círculo (Figura 05). O tempo estimado nas intersecções da trajetória de entrada e saída com o círculo limite é calculado assumindo um

movimento linear a uma velocidade constante entre os pontos dentro e fora que cruzam o círculo (Bracis 2019).

Eu desconsiderei as localizações com intervalos de tempo entre localizações consecutivas menores do que 25 minutos para evitar sobreposições nos círculos limites e assim, evitar estimativas de revisitas de localizações próximas que foram pela natureza dos dados de amostragem. Apenas duas lacunas de 6 dias estavam presente no meu conjunto de dados de trajetória, exceto para o id163181 na qual apresentou uma lacuna de 22 dias consecutivos.

O valor do raio de influência para a geração das métricas recursivas ainda não possui um consenso científico, mas é recomendado que o raio não seja muito menor que o comprimento da maioria dos passos e que não seja muito grande a fim de evitar muitas sobreposições entre os círculos limites (Bracis et al., 2018). Desta forma, eu adotei a mediana do comprimento de passo a partir dos dados de todos os indivíduos monitorados, na qual pode melhor representar a tendência da distância central e não possui influência de comprimentos de passos muito distantes e/ou curtos do meu conjunto de dados se comparado ao valor da média.

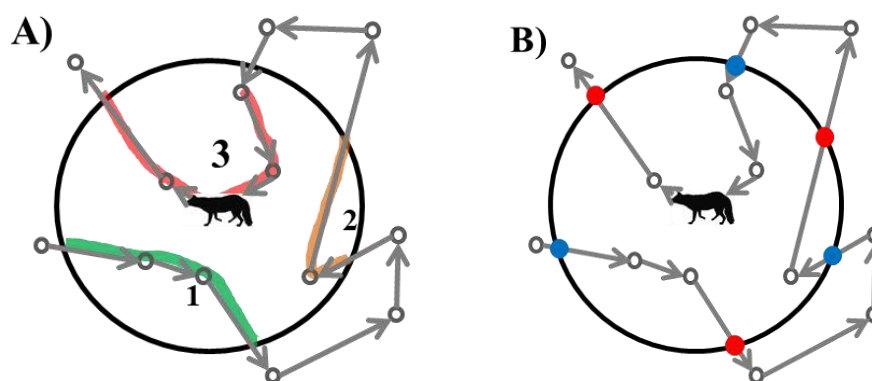


Figura 05 – Representação do cálculo das métricas de revisitas. Os parâmetros de revisitas foram extraídos sobrepondo as trajetórias de movimento (setas cinza) e os círculos limites (linha preta) gerados ao redor de cada ponto de localização focal (ilustração do animal). No exemplo, (A) o número de revisitas são indicadas para cada linha colorida (3 revisitas) observada dentro do círculo limite e o (B) horário de saída (ponto vermelho) e entrada (ponto azul) foram estimadas na interseção entre a trajetória e o círculo limite.

Várias motivações podem desencadear o retorno a certos ambientes e locais específicos. Desta forma, após quantificar e identificar as áreas com maiores retornos, eu sobrepus ao mapa de uso e ocupação de cada paisagem e extrai o tipo de ambiente na qual ele ocorria. Posteriormente, eu explorei por quanto tempo os cachorros-do-mato permaneciam neste

ambiente e em que hora do dia ele retornava a este local altamente revisitado. Com base no padrão de atividade apresentado no capítulo anterior, avaliei se estes ambientes eram utilizados nos períodos de atividade ou de descanso.

A quantidade de revisitas aos locais pelo método empregado poderia ser influenciada pelo período de monitoramento do indivíduo pelo aumento da chance temporal deste retornar a este mesmo local. Sendo assim, a quantidade de revisitas não foram abordados especificamente neste estudo, mas apenas como uma indicação da localização das áreas em que o movimento recursivo ocorre dentro das áreas de vida (Tabela 04).

O raio de influência para avaliar o padrão de movimento recursivo foi definido como sendo de 50 m. Todos os indivíduos apresentaram movimento recursivo, retornando a locais previamente visitados em todos os tipos de ambientes, mas o tempo de permanência foram diferentes ao longo das horas do dia nos locais com máximas revisitas (Figura 06).

Alguns indivíduos apresentaram mais de um local dentro de sua área de vida com a altas revisitas. O habitat destas localizações com maiores revisitas foram canjiqueira, capim alto, capim médio e floresta na paisagem de mancha e de água, canjiqueira, capim baixo e floresta na paisagem florestal. As longas durações de visitas prevaleceram durante os horários de repouso e o tipo de ambiente foi diferente entre os sexos (Figura 06). Nos locais com máximas revisitas, o ambiente florestal na paisagem de mancha apresentou retornos rápidos em todos os horários do dia, exceto para fêmeas (Figura 06). Já na paisagem florestal, as breves visitas foram em água (Figura 06).

Tabela 04 – Características das revisitas ao mesmo local dentro da área de vida de cada cachorro-do-mato. n Revisitas = quantidade máxima de retorno. n Dias = tempo de monitoramento em dias.

Indivíduo	Sexo	Habitat	n Revisitas	n Dias
<i>Florestal</i>				
<i>Ano 2012</i>				
150011	macho	canjiqueira	23	52
150041	fêmea	água	51	55
150102	macho	canjiqueira	20	40
150312	macho	canjiqueira	12	21
150402	fêmea	água	38	61
150462	fêmea	água	49	63
150552	macho	água e floresta	23	40
150681	macho	capim baixo	9	24
164820	macho	água	23	24

164900	macho	água e canjiqueira	55	48
<i>Ano 2013</i>				
163181	fêmea	floresta	23	58
164886	macho	capim baixo	34	44
164957	macho	água	18	20
1649671	macho	capim baixo	32	42
165164	fêmea	capim baixo	16	37
165194	fêmea	canjiqueira	36	37
1651941	fêmea	água	73	65
165224	macho	floresta	39	25
165252	macho	capim baixo	36	42
1652521	macho	canjiqueira	51	49
<i>Mancha</i>				
<i>Ano 2016</i>				
id03	macho	canjiqueira	95	89
id11	macho	floresta	75	43
lana	fêmea	floresta	61	93
luck	macho	floresta	98	92
mel	fêmea	floresta	55	108
per	macho	capim alto	65	89
<i>Ano 2017</i>				
id13	fêmea	capim alto	296	90
id15	macho	capim alto	102	42
id16	macho	capim médio	237	92
id17	macho	floresta	71	89
id18	fêmea	floresta	62	91
lana	fêmea	capim médio	277	92
luck	macho	canjiqueira	194	90
mel	fêmea	capim alto	196	86
per	macho	capim alto	178	90

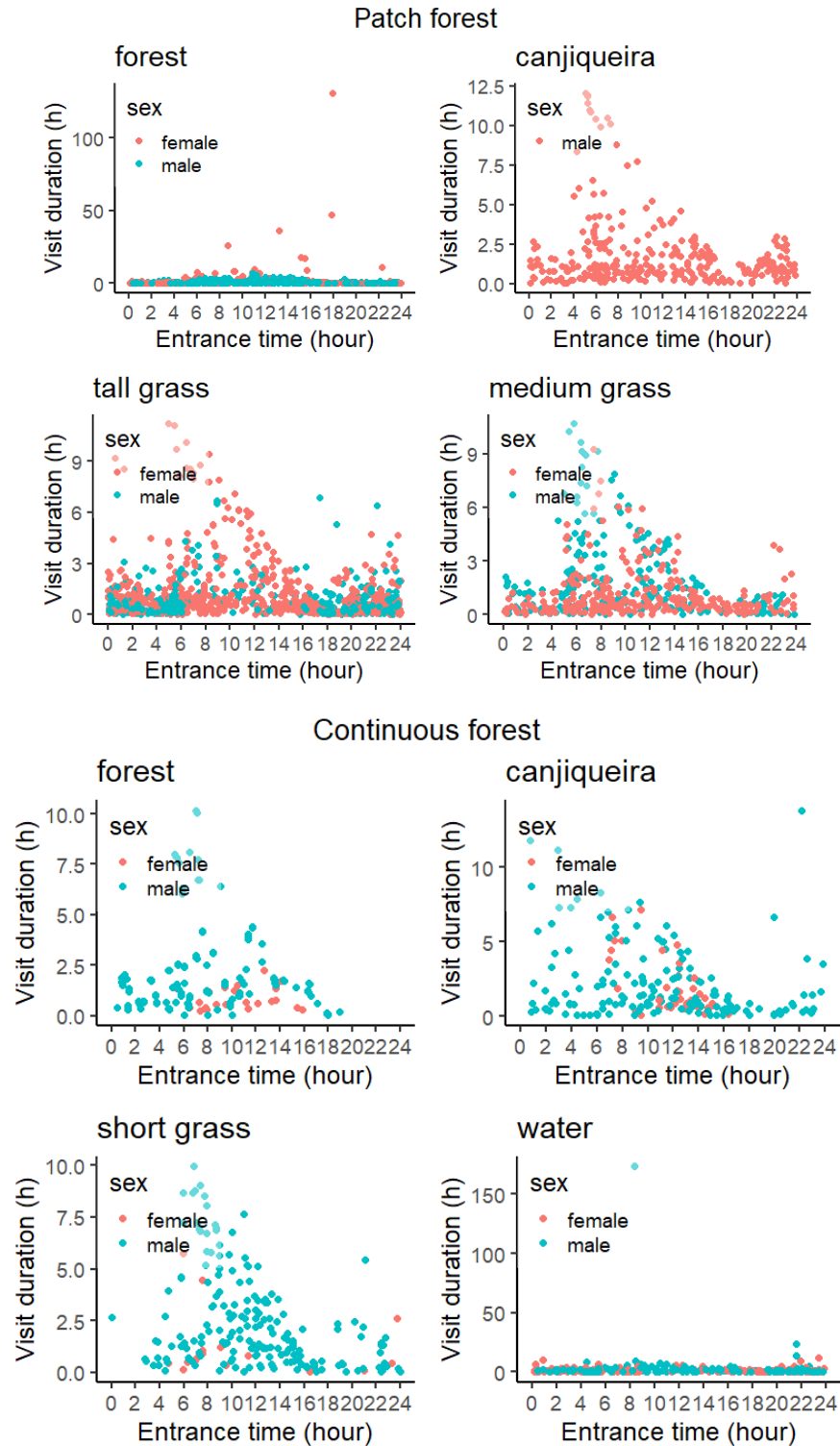


Figura 06 - Duração das visitas ao longo das horas do dia nos locais mais revisitados. Cada ponto colorido corresponde a duração de cada visita realizada ao longo do período de monitoramento dos indivíduos, sendo esta visita podendo se repetir no mesmo dia pelo mesmo indivíduo.

Com relação ao movimento recursivo, os cachorros-do-mato revisitaram os diferentes habitats em todas as horas do dia, mas a floresta e ambientes de água, respectivamente na paisagem de mancha e na paisagem florestal, parecem ser especialmente utilizados para eventos de curta duração. Estes ambientes poderiam estar sendo utilizados para a alimentação, especialmente os ambientes de água pela presença de anfíbios e crustáceos como reportados serem itens em sua dieta na estação seca na região de estudo (Bianchi et al. 2014). A floresta na paisagem de mancha parece ser também um importante ambiente para fêmeas, permanecendo por longos períodos e este pode estar relacionado ao uso de tocas, como a registrada em meus campos em 2017 (resultado apresentado no capítulo 01).

Os machos, na paisagem de mancha, parecem descansar em ambientes de canjiqueira e capim médio, acessando estes ambientes nas horas em que diminuem as suas atividades (6 horas da manhã - ver figura padrão de atividade capítulo 02) e permanecendo em torno de 10 horas. Já as fêmeas parecem utilizar capim médio e alto para o seu descanso, acessando-os em torno das 6 horas da manhã e permanecendo mais de 9 horas nestes locais. Na paisagem florestal, a floresta parece não ser utilizada a noite (entre 20 e 24 horas), período correspondente as atividades da espécie neste local (ver padrão de atividade no capítulo 02). As fêmeas da paisagem florestal parecem utilizar especialmente a floresta para o seu descanso, mas também utilizam a canjiqueira e algumas vezes, o capim baixo para o seu descanso, apresentando longas durações em sua visita entre as 6 e 14 horas do dia. Estes resultados apresentados, além da indicação de florestas como locais com altas revisitas, ressaltam a sua importância para o cachorro-do-mato e pode ser necessário a associação deste ambiente a outros habitats, como indicado por Ferraz et al. 2010.

Ainda que os métodos aplicados neste capítulo utilizam de abordagens exploratórias, eles podem fornecer ricas informações a respeito de como os cachorros-do-mato utilizam a sua área de vida. Por exemplo, além da identificação dos locais revisitados, o método empregado para entender o movimento recursivo pode informar as horas e a duração das visitas (ver outras possibilidades de métodos reportadas em Bracis et al. 2018).

Uso do espaço dos grupos sociais

Cinco grupos de indivíduos, monitorados simultaneamente no mesmo ano, apresentaram o mesmo local específico de revisitas máximas (Figura 07). A paisagem de mancha apresentou quatro grupos, sendo eles: G1 = id16, lana17 e mel17 (10 m entre id16-lana17 e lana17-mel17 e; 20 m entre id16-mel17); G2 = lana e mel (lana com 2 pontos máximos e com 12 e 13 m de distância entre o ponto de localização de mel); G3 = id13 e per17 (id13

com 2 pontos máximos e com 25 m e ~27 m de distância entre o ponto de localização de per17); Já a paisagem florestal apresentou dois grupos, o G4 = 150462 e 150552 (31 m de distância entre os pontos) e o G5 = 150102 e 150312 (65 m de distância entre os pontos). Estes indivíduos que apresentaram locais de máximas revisitas próximos (resultado apresentado no item Movimento recursivo acima) e com alta sobreposição espacial (capítulo 03) foram especialmente avaliados por se tratar possivelmente do mesmo grupo social (Figura 07).

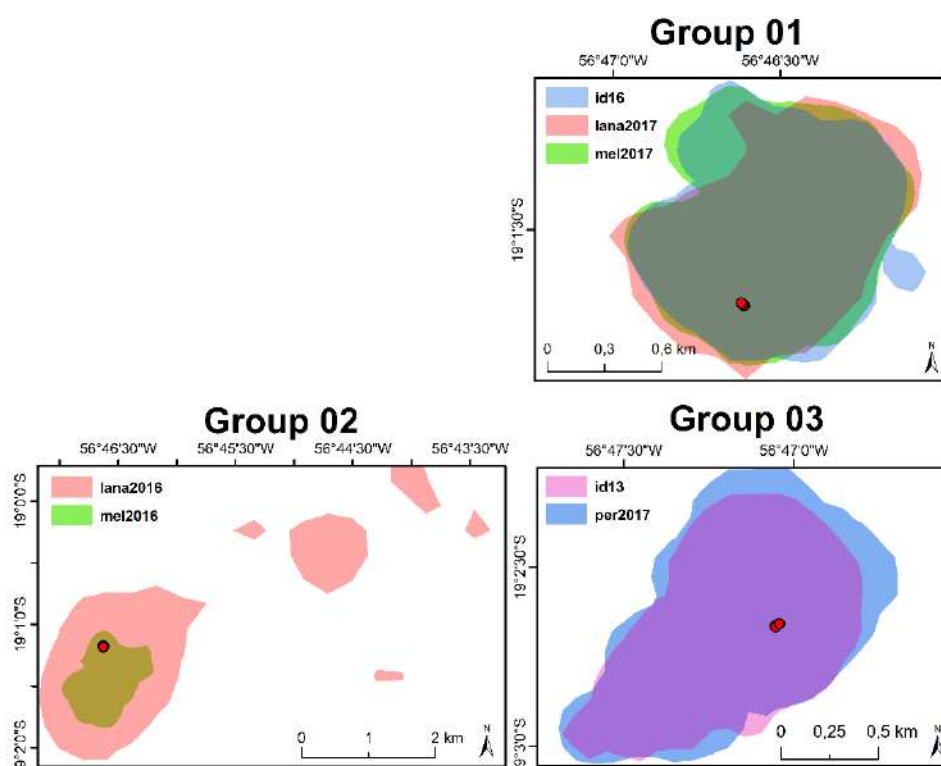


Figura 07 – Distribuição espacial das áreas de vida de cachorros-do-mato com alta sobreposição espacial e os locais com maiores quantidades de revisitas individuais (pontos vermelhos) na paisagem de manchas florestais. G1 = id16, lana17 e mel17 (10 m entre id16-lana17 e lana17-mel17 e; 20 m entre id16-mel17); G2 = lana e mel (lana com 2 pontos máximos e com 12 e 13 m de distância entre o ponto de localização de mel); G3 = id13 e per17 (id13 com 2 pontos máximos e com 25 m e ~27 m de distância entre o ponto de localização de per17)

Os resultados exploratórios indicam que os grupos sociais apresentam sobreposição espacial na escala da área de vida e em locais específicos dentro de seus territórios sociais. Apesar disto, as diferenças nos padrões de movimento periódico entre os indivíduos do mesmo

grupo social indicam que possivelmente estes podem mover-se independentemente no mesmo território. Desta forma, abordagens mais refinadas são necessárias para validar tal hipóteses.

Atividades acadêmicas



Estágio de Pesquisa no Exterior (BEPE)

Swansea Laboratory for Animal Movement (SLAM), Swansea University, País de Gales, UK, sob a supervisão do professor doutor Luca Börger. Maio 2019 a Junho de 2020.

Participação em eventos e cursos realizados

Curso de curta duração: Intelligence tools for the digital age – Coursera. Instituto de Empresa Business School, IE, Espanha. 2020.

Curso de curta duração: Machine learning for all – Coursera. University of London, Inglaterra. 2020.

Curso de curta duração: Graphic recording communicating research in an engaging way. British Ecological Society Annual Meeting. Belfast, Irlanda do Norte. 2019.

British Ecological Society Annual Meeting. Belfast, Irlanda do Norte. Com apresentação de trabalho: Same home range but fine-scale differential movements and space use in a social carnivore, the crab-eating fox. 2019

British Ecological Society Quantitative & Movement Ecology. Sheffield University, Sheffield, Inglaterra. 2019.

English Language Training Services Cambridge. Swansea University, Swansea, País de Gales. 2019.

Addressing Statistical Challenges of Modern Technological Advances. Meeting at the International Centre for Mathematical Sciences (ICMS), Edimburgo, Escócia. 2019.

AniMove course: statistics for animal tracking data. Campo Grande, MS. 2019.

Workshop on spatial and temporal dynamics of ecological networks. ICTP – South American Institute for Fundamental Research, ICTP-SAIFR, São Paulo. 2018.

Curso de ecologia de campo no sul da Bahia. 2017.

Curso de curta duração: Analysis in software GRASS GIS. 2016.

Curso de curta duração: Introduction to Bayesian statistics. 2016.

Summer school – Southern-summer school on mathematical biology. ICTP – South American Institute for Fundamental Research, ICTP-SAIFR. 2016.

Curso de campo: Ecologia e conservação de canídeos simpátricos no Cerrado, Programa de Conservação Mamíferos do Cerrado (PCMC). 2016.

Professora bolsista responsável pelas disciplinas de graduação para os cursos de Ecologia e de Ciências Biológicas

Ecologia de populações. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Rio Claro, São Paulo. 2017.

Ecologia de ecossistemas. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Rio Claro, São Paulo. 2017.

Orientação em trabalhos de Iniciação Científica e Trabalho de Conclusão de Curso de graduação

Colaboradora no Trabalho de Conclusão de Curso da aluna Giovanna Moschetti Rivolta Cidro, intitulado “Movimentação de onças-pintadas na Caatinga: seriam os poços artificiais determinantes nas áreas de revisitas?”. 2021.

Co-orientadora no Trabalho de conclusão de curso da aluna Camila de Fátima Priante Bernardo, intitulado “Análise do uso do espaço por cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*) em uma paisagem do Pantanal Mato-sul-grossense”. Bolsista Universal Cnpq 425746/2016-0.

Co-orientadora no Trabalho de conclusão de curso da aluna Letícia Jesus dos Santos, intitulado “Influência do enriquecimento ambiental nos padrões comportamentais de onça-pintada (*Panthera onca*) mantida em cativeiro no zoológico municipal de Limeira”. 2019.

Colaboradora no projeto de iniciação científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade da aluna Giovanna Moschetti Rivolta Cidro, intitulado “Movimentação de onças-pintadas na Caatinga: seriam os poços artificiais determinantes nas áreas de revisitas?”. Bolsista PIBIC/ICMBio. 2017/2018.

Colaboradora no projeto de iniciação científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade das alunas Ananda Leoni Ribeiro e Giovanna Moschetti Rivolta Cidro, Use and habitat selection of jaguars (*Panthera onca*) in Caatinga biome. Bolsista PIBIC/ICMBio. 2017/2018.

Colaboradora no projeto de iniciação científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade da aluna Priscilla Costa dos Santos, Efeitos das fases da lua na caracterização do movimento de onça-pintada (*Panthera onca*) no Pantanal sul-matogrossense. Bolsista PIBIC/ICMBio. 2016/2017

Co-orientadora da aluna Franciane Aparecida Marchiori, Gradiente de profundidade no uso de matrizes agrícolas por um grande felino, a onça-parda. UFSCar. 2016

Participação em banca

Participação em banca de Thais Lie Fukase. Aplicações de políticas ambientais no uso e descarte de cápsulas de café de uso único no Brasil. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso

(Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, São Paulo.

Palestra

Webinário do jaguar: utilizando o R em estudos com a onça-pintada. Promovido pelo grupo R-Ladies Ribeirão Preto, em 30 de novembro de 2020.

Publicações

dos Santos, P.C.; Kanda, C.Z. et al. Illuminating big cat movements: does moonlight influence jaguar space use in the Southern Pantanal? Aceito para a publicação na revista Biodiversidade Brasileira, 2021.

Nagy-Reis, M.; Oshima, J.E. de F.; Kanda, C.Z. et al. Neotropical carnivores: a dataset of occurrence of carnivores in the Neotropics. Ecology. p.ecy.3128, 2020. doi: 10.1002/ecy.3128

Rosa, C. et al. Neotropical alien mammals: a data set of occurrence and abundance of alien mammals in the Neotropics. Ecology. v.101, p.ecy.3115, 2020. doi: 10.1002/ecy.3115.

Kanda, C.Z.; Oliveira-Santos, L.G.; M. Spatiotemporal dynamics of conspecific movement can explain a solitary carnivore's space use. Journal of Zoology, v.308, pp. 66-74, 2019.

Marques, P.M.B. et al. Neotropical Xenarthrans: a data set of occurrence of xenarthran species in the Neotropics". Ecology, v.1, p.e02663, 2019.

Rodrigues, R.C, et al. Atlantic bird traits: a dataset of bird morphological traits from the Atlantic forests of South America. Ecology, v.99, p. 498, 2018.

Magioli, M. et al. Connectivity maintain mammal assemblages functional diversity within agricultural and fragmented landscapes. European Journal of Wildlife Research (2004. print), v. 1, p. 1-16, 2016.