

**Universidade de São Paulo
Instituto de Matemática e Estatística**

Centro de Estatística Aplicada

Relatório de Análise Estatística

RAE-CEA-21P05

RELATÓRIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA SOBRE O PROJETO:

“Dinâmica Social: uma análise a partir da variação espaço-temporal entre os indivíduos de grupos de macacos-prego (*Sapajus nigritus*) em uma área Mata Atlântica”

Augusto Kira Pedroso de Lima

Lucas Abrahão de Paiva

Lucas Belleza Spina

Victor Fossaluza

São Paulo, Julho de 2021

CENTRO DE ESTATÍSTICA APLICADA - CEA – USP

TÍTULO: Relatório de Análise Estatística sobre o Projeto: “Dinâmica Social: uma análise a partir da variação espaço-temporal entre os indivíduos de grupos de macacos-prego (*Sapajus nigritus*) em uma área Mata Atlântica”.

PESQUISADOR: Vitor Rodrigues Luccas

ORIENTADORA: Profa. Dra. Patrícia Izar Mauro

INSTITUIÇÃO: Instituto de Psicologia (IP-USP)

FINALIDADE DO PROJETO: Doutorado

RESPONSÁVEIS PELA ANÁLISE: Augusto Kira Pedroso de Lima

Lucas Abrahão de Paiva

Lucas Belleza Spina

Victor Fossaluzza

REFERÊNCIA DESTE TRABALHO: PEDROSO DE LIMA, A.K.; PAIVA, L.A.; SPINA, L.B.; FOSSALUZA, V. (2021). **Relatório de análise estatística sobre o projeto: “Dinâmica Social: uma análise a partir da variação espaço-temporal entre os indivíduos de grupos de macacos-prego (*Sapajus nigritus*) em uma área de Mata Atlântica”.** São Paulo, IME-USP, 2021. (RAE–CEA-21P05)

FICHA TÉCNICA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

BETANCOURT, M. (2018). **A Conceptual Introduction to Hamiltonian Monte Carlo**. arXiv e-prints, art. arXiv:1701.02434. Disponível em: <<https://arxiv.org/pdf/1701.02434v2.pdf>>. Acesso em: 23 de julho de 2021.

HELSKE, J. (2021). **Efficient Bayesian generalized linear models with time-varying coefficients** Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/walker/vignettes/walker.html>>. Acesso em: 8 de julho de 2021.

HOPE, A.C.A. (1968). **A simplified Monte Carlo significance test procedure**. Journal of the Royal Statistical Society Series B, 30,582-598. Doi: 10.1111/j.2517-6161.1968.tb00759.x. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/2984263>> . Acesso em: 23 de julho de 2021.

MAGALHÃES, M.N; PEDROSO DE LIMA, A.C. (2015). **Noções de Probabilidade e Estatística**. 7. ed, Edusp.

STASINOPOULOS, M.D; RIGBY, R.A.; HELLER, G.Z.; VOUDOURIS, V.; DE BASTIANI, F. (2017). **Flexible Regression and Smoothing: Using GAMLSS in R**, Chapman and Hall/CRC.

PROGRAMAS COMPUTACIONAIS UTILIZADOS:

Microsoft Word for Windows (versão 2016)

Microsoft Excel for Windows (versão 2016)

R for Windows, versão 3.5.2.

RStudio for Windows, versão 1.4.1717

R for Linux, versão 4.0.5

RStudio for Linux, versão 1.4.1717

Google Earth, versão 7.3.3.778

TÉCNICAS ESTATÍSTICAS UTILIZADAS:

Análise Descritiva Unidimensional (03:010)

Análise Descritiva Multidimensional (03:020)

Estimação Bayesiana (04:070)

Outros (05:990)

Análise de Variância com Modelos Mistos (08:030)

Séries Temporais (11:010)

ÁREA DE APLICAÇÃO

Psicologia Experimental (14:990)

Resumo

Uma importante característica na estrutura e organização social dos primatas não humanos é a distância mantida entre os indivíduos de um mesmo grupo. Apesar da sua importância, ainda existem poucos trabalhos que investigam de forma quantitativa como a variação da distância entre esses indivíduos afeta o seu sistema social, dando origem à presente pesquisa, que envolveu 3 observadores e o acompanhamento de 2 grupos de macacos *Sapajus nigritus* ao longo de mais de 150 horas, divididas entre março de 2018 e dezembro de 2019. Os dados obtidos pelos observadores serviram para investigar como esses grupos de macacos controlam a dispersão total de seus indivíduos e mantêm a estrutura e organização social.

Analisando os dados descritivamente, foi possível identificar que a distância máxima entre os indivíduos ultrapassou a maior distância registrada em momento de vocalização em apenas 4 ocasiões, de 5354 observadas. Ainda pela análise descritiva, percebe-se que a sincronia de atividades entre dois indivíduos não é influenciada pela distância entre eles. Utilizando o teste de homogeneidade, conclui-se que duplas diferentes de macacos têm distribuições diferentes de sincronia de atividades e ainda utilizando esse mesmo teste, conclui-se que a sincronia de atividades entre as três distâncias registradas a cada instante tem a mesma distribuição.

Utilizando modelos dinâmicos, obteve-se que o efeito da vocalização de macacos dominantes na distância máxima varia de acordo com o dia, porém de uma forma geral não se tem que este efeito é significativo. Por meio de modelos mistos, verificou-se que vocalizações de macacos dominantes recebem um maior número de respostas em relação à macacos não-dominantes.

Sumário

1. Introdução.....	8
2. Objetivos	9
3. Descrição do estudo	9
4. Descrição das variáveis.....	10
5. Análise estatística	11
5.1 Análise objetivo 1.....	14
5.2 Análise objetivo 2.....	18
5.3 Análise objetivo 3.....	18
5.4 Análise objetivo 4.....	23
5.5 Análise objetivo 5.....	26
6. Conclusões	31
APÊNDICE A	32
APÊNDICE B	34

1. Introdução

A distância mantida entre os indivíduos do mesmo grupo é considerada uma importante característica da estrutura e organização social de um grupo de primatas. Para medir a coesão do grupo (localização dos indivíduos mais distantes entre si), tem-se as seguintes classificações: quando há variação espaço temporal da distância entre os indivíduos de um mesmo grupo, ele é considerado do tipo *fissão* e *fusão*, isto é, a distância entre os macacos desse grupo varia ao longo do dia; já grupos que apresentam pouca variação são considerados como *coesos*.

Em um estudo prévio realizado pelo pesquisador, ao acompanhar um grupo de primatas da espécie *Sapajus nigritus* que viviam em uma região de Mata Atlântica no Parque Estadual Carlos Botelho, ele identificou que a coesão variava em curtos espaços de tempo e girava em torno de uma distância média. Com esse resultado, surgiram novas questões a respeito dos mecanismos promotores de estabilidade e união do grupo e os fatores que regem essa dinâmica da variação da distância.

O mecanismo a ser estudado é a vocalização de longa distância como ferramenta para evitar um total afastamento dos indivíduos do grupo, ou seja, quando o grupo começa a se dispersar mais do que o esperado, os indivíduos utilizam vocalizações para diminuir as distâncias interindividuais. Além disso, suspeita-se que essas distâncias influenciam na sincronia de atividades, isso é, que macacos menos distantes tendem a realizar as mesmas atividades. Logo, serão investigados dois objetivos principais: (1) se a dispersão máxima do grupo é limitada pela distância de detecção das vocalizações e (2) se a distância interindividual influencia na sincronia de atividades.

Para tais fins, serão utilizados os dados coletados pelo pesquisador utilizando a metodologia de varredura instantânea, que consiste em registrar as variáveis observáveis a cada 5 minutos. A principal variável, coesão do grupo, será medida por três observadores com o apoio de um aparelho GPS, permitindo obter, a cada varredura, a distância entre os indivíduos da unidade social.

2. Objetivos

Os principais objetivos desse projeto são:

1. Analisar descritivamente a distância máxima entre indivíduos, a vocalização e a dominância, por local;
2. Analisar descritivamente a distância máxima entre indivíduos e determinar a relação com a distância limite de detecção de vocalização observada (348,08m);
3. Analisar descritivamente a associação entre sincronia de atividade e distância entre indivíduos;
4. Associar o número de respostas por vocalização de acordo com a dominância do indivíduo;
5. Investigar o efeito da vocalização de indivíduos dominantes na distância máxima de dispersão.

3. Descrição do estudo

No Parque Estadual Carlos Botelho (PECB), foram acompanhados dois grupos de macacos-prego da espécie *Sapajus nigritus*, grupo 1 com 8 indivíduos e grupo 2 com 9, durante um período de 65 dias, onde cada dia apresentou um número de observações diferentes dos demais. Esse acompanhamento foi realizado de forma disjunta por 3 observadores, ou seja, os 3 observadores acompanharam apenas um dos grupos por vez. O grupo a ser acompanhado era aquele que fosse encontrado primeiro pelos observadores, e o mesmo era observado por um período do dia. Vale ressaltar que os grupos não eram acompanhados pelo mesmo período de tempo e nem pelo mesmo número de dias, visto que os observadores não priorizaram a escolha do grupo, e sim o acompanhamento daquele que fosse encontrado mais rapidamente, seja o 1 ou o 2. Além disso, os períodos também não foram iguais, pois poderiam iniciar a coleta das informações em horários diferentes, por exemplo, há dias em que os observadores iniciaram o acompanhamento pela manhã e dias em que iniciaram pela tarde, finalizando também em horários diferentes.

Uma vez que um grupo foi encontrado, cada observador se posicionou embaixo do indivíduo que representasse aproximadamente uma extremidade (tentando formar uma espécie de cerca em volta dos indivíduos), e de 5 em 5 minutos, realizou um registro. Os registros também

eram feitos caso houvesse uma vocalização por parte de um dos macacos, interrompendo o intervalo de 5 minutos. No total, considerando os dois grupos, foram coletados 5354 registros. Cada registro contém 3 coordenadas geográficas (via GPS) e anotações das demais variáveis de interesse.

4. Descrição das variáveis

1. **Distância máxima** (metros): distância interindividual máxima dentre as 3 obtidas a partir das coordenadas geográficas dos observadores por instante
2. **Elevação média** (metros): média entre as 3 medidas de elevação obtidas a partir das coordenadas geográficas dos observadores por instante
3. **Distância interindividual** (metros): distância entre 2 indivíduos obtida a partir das coordenadas geográficas dos observadores por instante
4. **Comportamento**: Catação, Comendo, Descansando, Deslocando, Forrageando, Deslocando e forrageando
5. **Vocalização**: 0 - se o macaco de um dos observadores não vocaliza e 1 - se o macaco de um dos observadores vocaliza
6. **Local**: Topo de morro (T), Encosta (E), Vale (V)
7. **Dominância**: Dominante (sim), Não dominante (não)
8. **Posição Social**: Dominante, Macho subordinado, Fêmea subordinada e Jovem
9. **Classificação**: CP, Caveira, Dom, Goku, Fe, Lu, Pali, Nat e Jovem 1 (jovens do grupo 1) e Jovem 2 (jovens do grupo 2)
10. **Sincronia de atividades**: 0/1 - indicador de indivíduos realizando o mesmo comportamento simultaneamente
11. **Número de respostas**: número de respostas recebidas logo após cada vocalização
12. **Categoria de distância**: Distância máxima, Distância mínima, Distância do meio - classificação das três distâncias observadas a cada varredura comparando entre elas mesmas

5. Análise estatística

Inicialmente, foi feita uma tabela com as medidas-resumo para obter uma ideia da heterogeneidade do número de observações por dia e outra para o número de vocalizações por dia.

Tabela 1 Medidas-resumo para o número de observações por dia

mínimo	1° quartil	mediana	média	3° quartil	máximo
16	53	84	82,37	118	158

Tabela 2 Medidas-resumo para o número de vocalizações por dia

mínimo	1° quartil	mediana	média	3° quartil	máximo
0	2	5	4,79	7	15

Como pode-se ver pelas tabelas acima, há uma grande variabilidade por dia, tanto do número de observações como do número de vocalizações, assim, resolveu-se construir gráficos para cada dia ao invés de apenas um gráfico com todas as observações. No total, obteve-se 65 gráficos de séries temporais da distância máxima, que foram agrupados pelo número de vocalizações (Figuras 1 a 4 e B.1 a B.12).

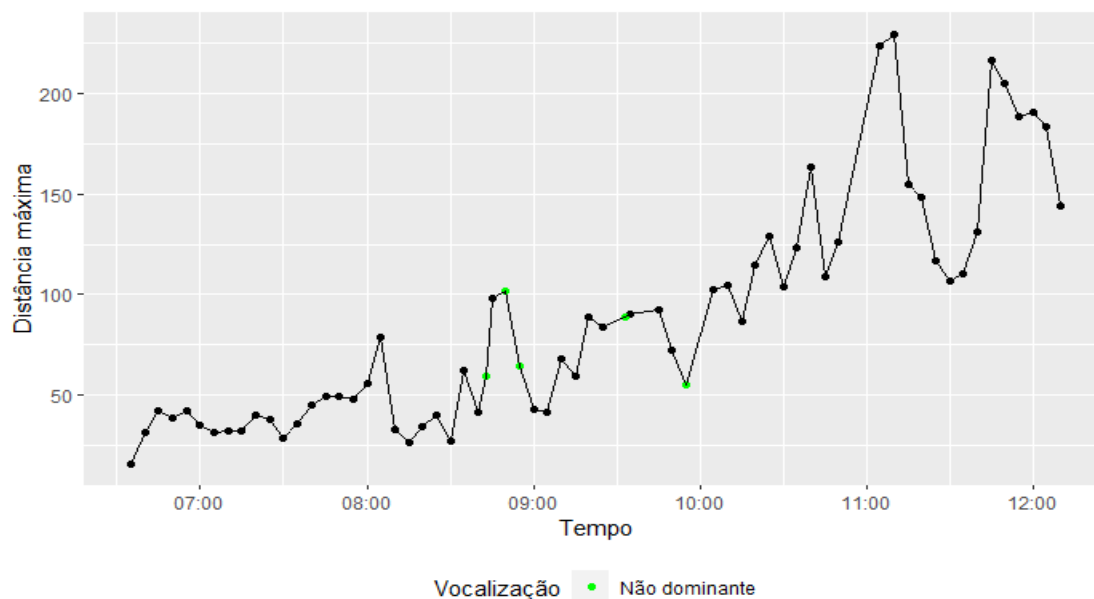


Figura 1 Série temporal da Distância máxima dia 29/04/2018

A Figura 1 mostra uma série temporal com tendência positiva, com as vocalizações feitas por macacos não dominantes. Percebe-se que a vocalização parece não influenciar a tendência da série.

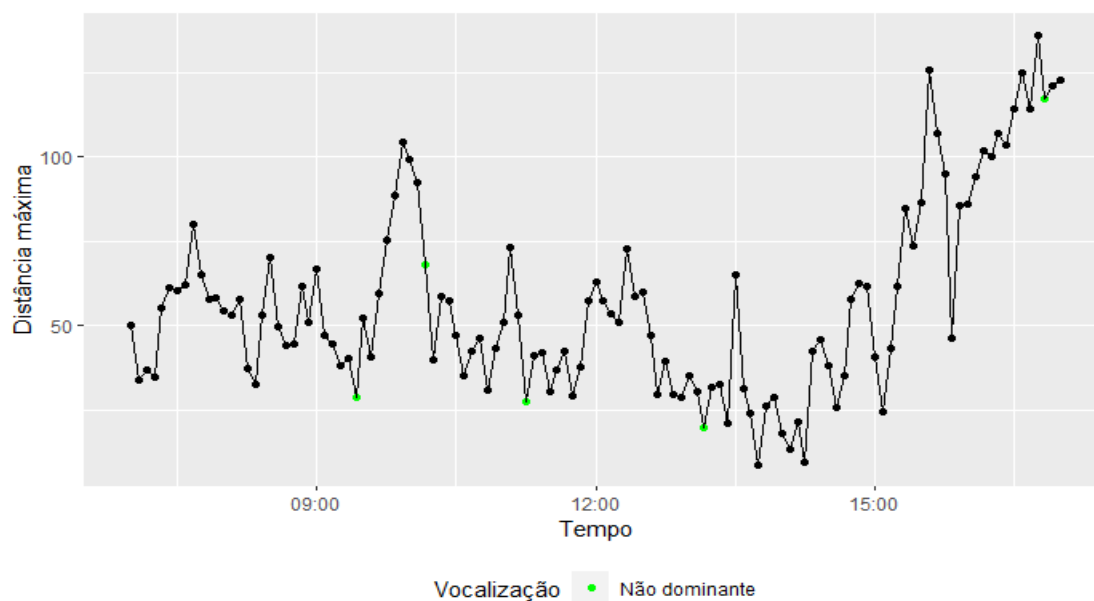


Figura 2 Série temporal da Distância máxima 08/06/2018

Como pode-se observar na Figura 2, a série apresenta alta variabilidade, inicialmente com uma tendência fraca negativa e mais para o final com uma tendência positiva. Novamente só há vocalizações de macacos não dominantes, sendo elas feitas em pontos de mínimos locais, em sua maioria.

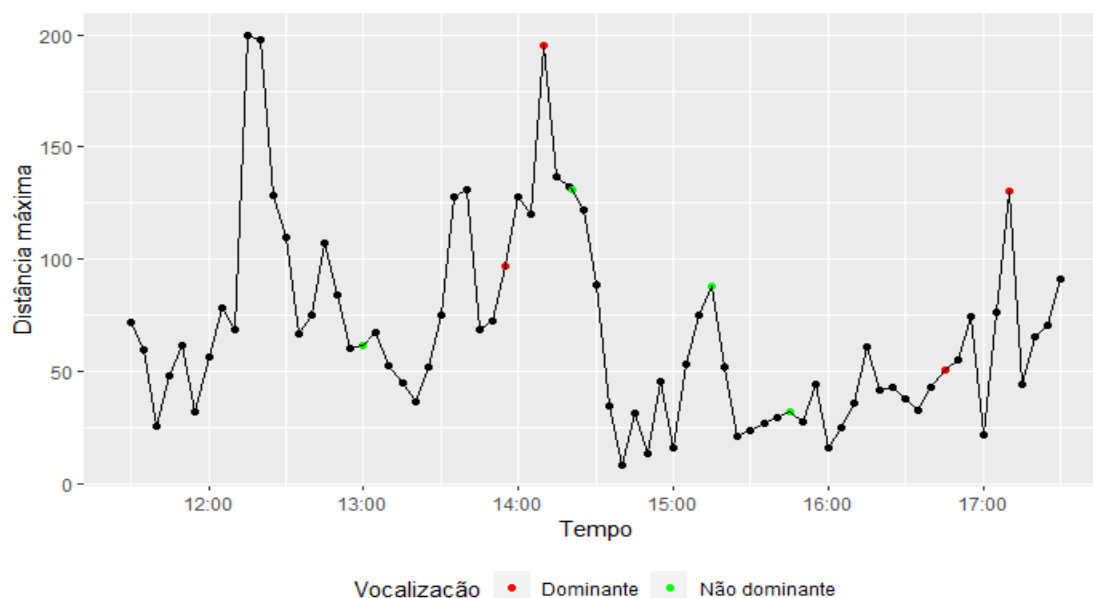


Figura 3 Série temporal da Distância máxima 20/06/2019

Observando a Figura 3, percebe-se uma série com vocalizações de macacos dominantes e não dominantes, com algumas vocalizações ocorrendo em pontos de máximo local, aparentemente influenciando na distância máxima dos instantes seguintes.

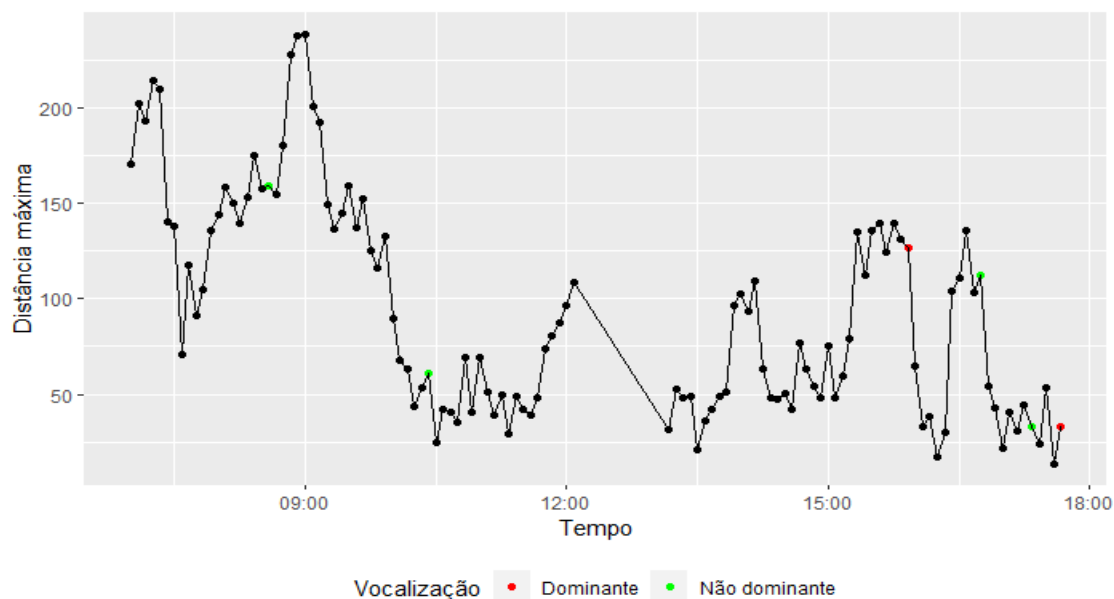


Figura 4 Série temporal da Distância máxima 24/07/2019

Na Figura 4, pode-se observar que há um período em que não se registrou observações por mais de 1 hora entre as 12h e as 13h. Além disso, é uma série com alta variabilidade e tendência levemente negativa. Nesse gráfico, o impacto das vocalizações de macacos não dominantes nas distâncias máximas futuras não apresenta um padrão específico, enquanto que após a vocalização do macaco dominante, houve uma diminuição na distância máxima, mesmo que temporária.

5.1. Análise do objetivo 1

Na Figura 5, pode-se perceber que a maior parte das vocalizações ocorrem no local topo de morro, seguido pelo local encosta. O local vale foi onde observou-se menos vocalizações. Vale ressaltar também que os macacos passam a maior parte do tempo no local encosta, entretanto é o local onde menos vocalizam.

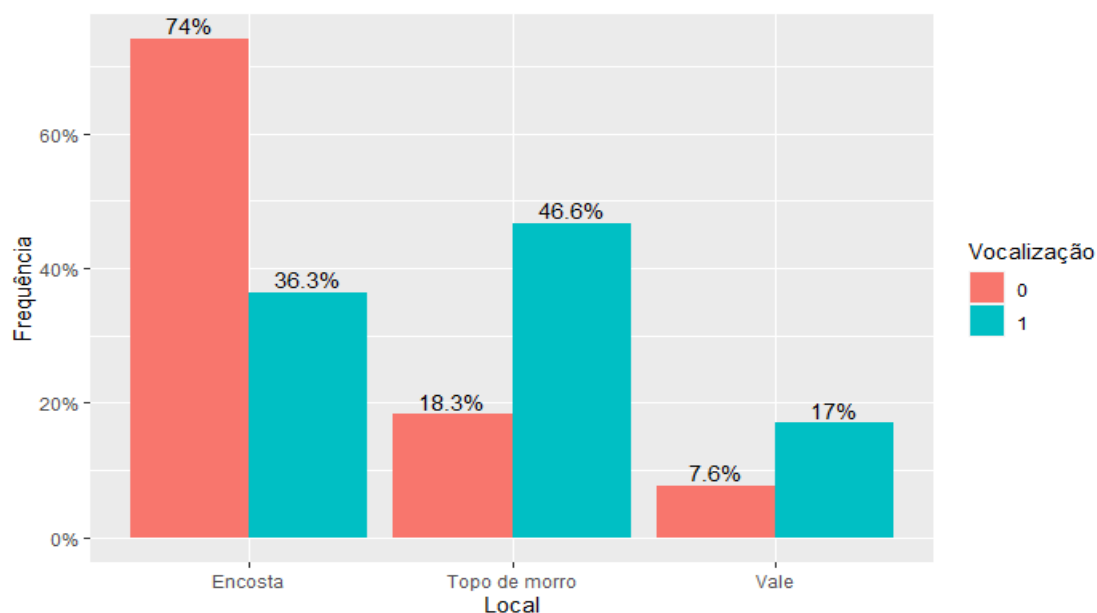


Figura 5 Gráfico de barras de Vocalização por Local

Na Figura 6, observa-se que nos locais encosta e topo de morro a proporção de vocalização é praticamente a mesma. No vale há uma maior proporção de vocalização de dominante em comparação com os outros locais, pela amostra.

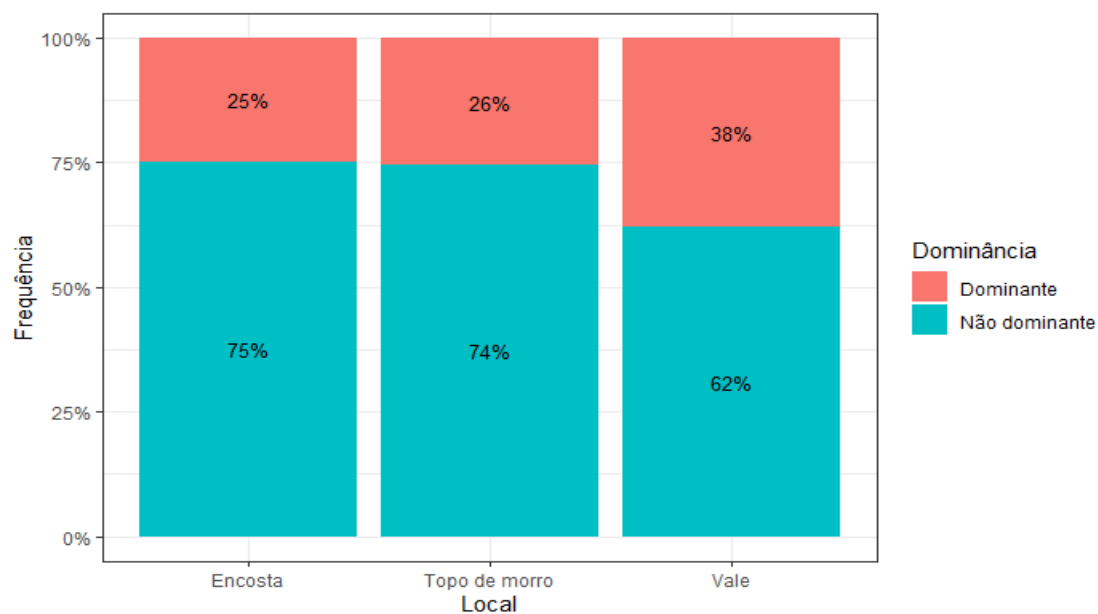


Figura 6 Gráfico de barras empilhadas da distribuição da Dominância por Local

Percebe-se pela Figura 7 que a grande maioria das distâncias máximas registradas se concentram em até 100 m. Vale ressaltar que a curva se assemelha à densidade de probabilidade de uma distribuição gama.

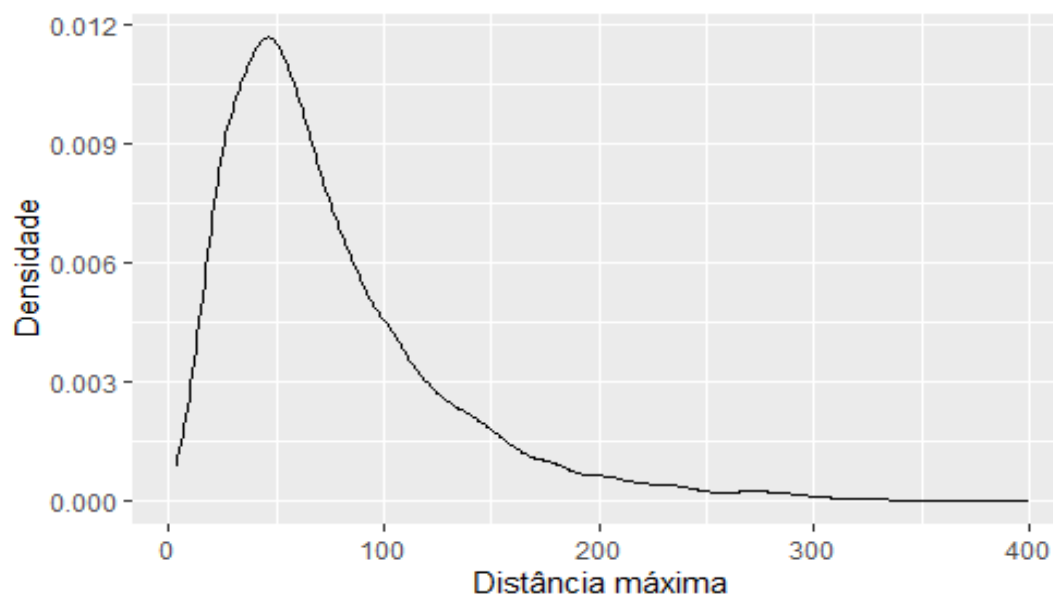


Figura 7 Gráfico da densidade da Distância máxima

Nas Figuras 8 e 9, independentemente do local, pode-se notar que a maioria das vocalizações têm distâncias máximas menores do que 200m. Percebe-se que a variabilidade na encosta é menor do que nos demais locais; além disso, observa-se que a densidade na encosta se assemelha mais ao gráfico da Figura 7, enquanto os locais topo de morro e vale apresentam densidades similares e com picos menores, o que implica em uma maior variabilidade.

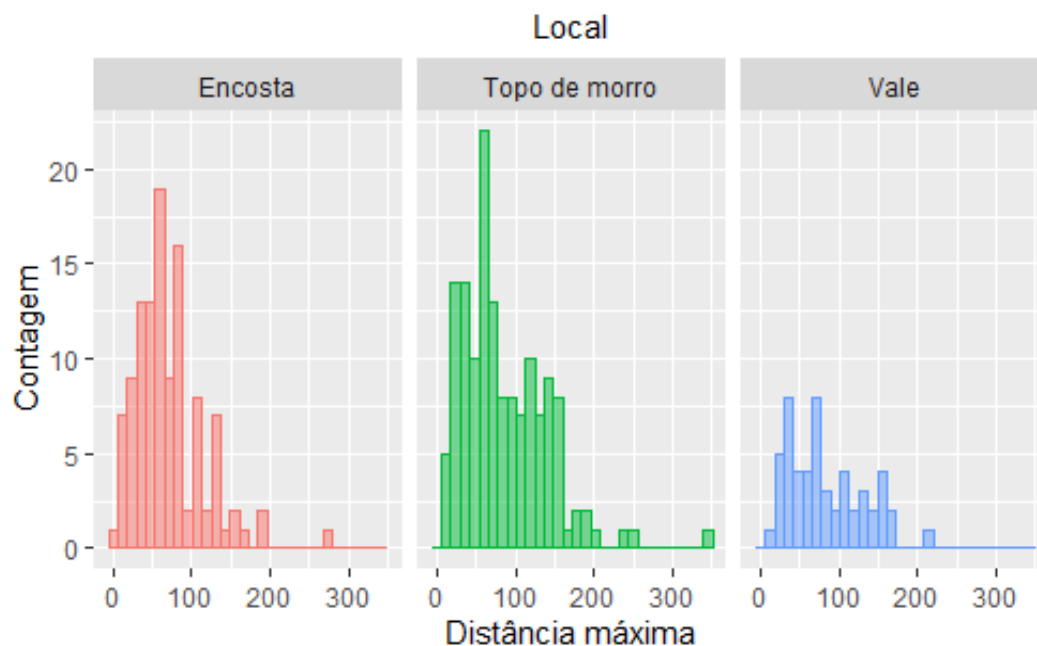


Figura 8 Histograma da Distância máxima no momento de Vocalização por Local

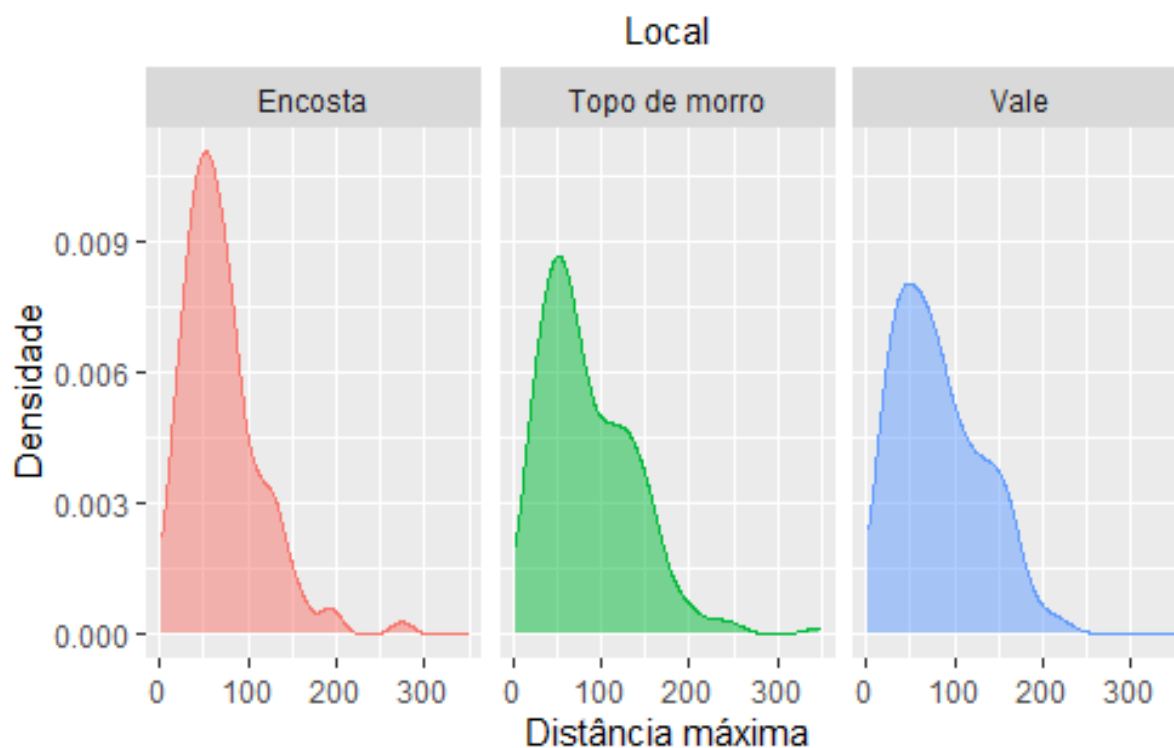


Figura 9 Gráfico de densidade da Distância máxima no momento de Vocalização por Local

5.2. Análise objetivo 2

Analisando a Tabela 3, percebe-se que dos 5354 registros, apenas 4 apresentaram distância máxima acima do limite de detecção de vocalização encontrado de 348 m, o que corresponde a menos de 0,1% da amostra.

Tabela 3 Comparação da distância máxima observada em cada instante com a distância máxima observada (limite) em um instante de vocalização

Distância máxima observada	
Acima do limite	Abaixo do limite
4 (0,07%)	5350 (99,93%)

5.3. Análise objetivo 3

Constata-se pela Figura 10 que, na maioria das observações, os macacos acompanhados estão realizando atividades diferentes (assíncronas), seguido por comendo com em torno de 25% das observações. Para os outros comportamentos, as ocorrências são pouco frequentes nos dados.

Analisando os *box plots* da Figura 11, percebe-se que há ocorrência de múltiplos *outliers* em todas as categorias de comportamento, principalmente nos comportamentos com maior número de ocorrências. Olhando as medianas dos *box plots*, percebe-se que a maioria delas se encontram próximas à mesma distância interindividual (em torno de 45m), com exceção da categoria descanso, cuja distância interindividual mediana é menor. Vale ressaltar que todos os *box plots* indicam uma distribuição assimétrica à direita, assim como a própria distribuição das distâncias máximas.

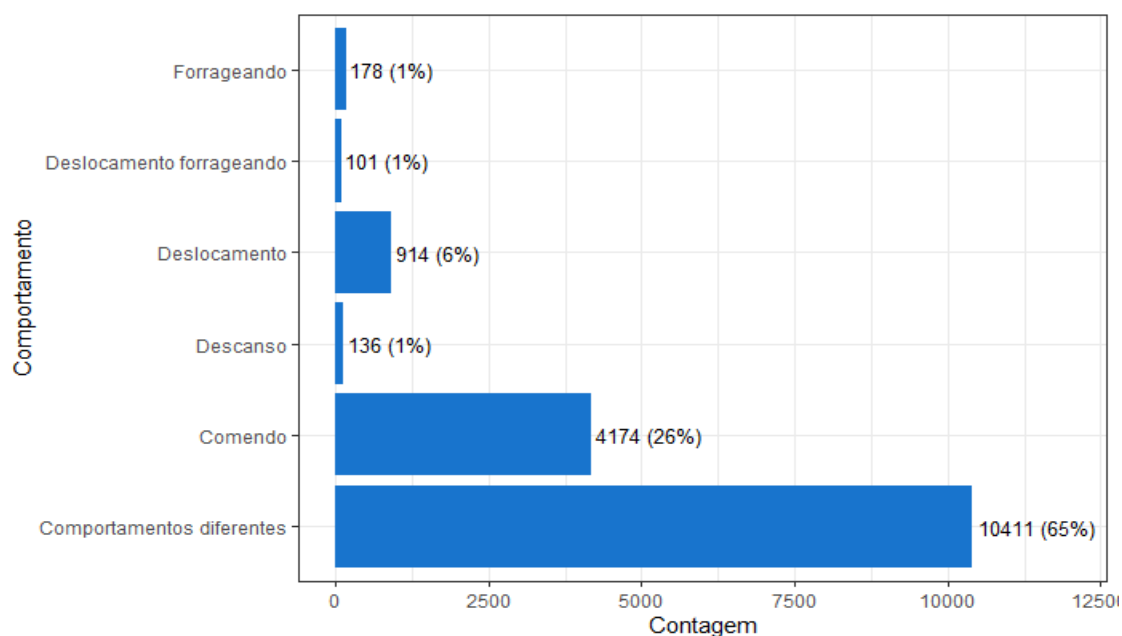


Figura 10 Gráfico de barras da distribuição dos comportamentos por Sincronia de atividade

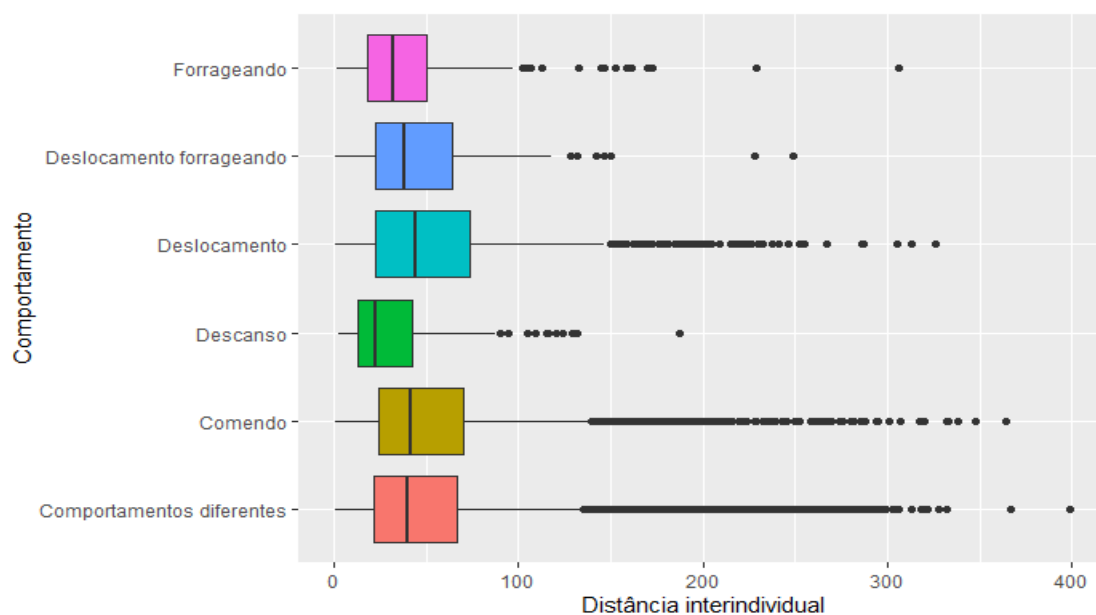


Figura 11 Box plots da Distância interindividual por Comportamento

As Figuras B.13 e B.14 são análogas às Figuras 10 e 11, respectivamente, considerando trios de macacos em vez de duplas. Nelas, percebe-se que a categoria “comportamentos diferentes” tem um aumento de 15 pontos percentuais quando consideramos trios ao invés de duplas de macacos. A distribuição da sincronia de atividades dos trios é semelhante à das duplas.

Na Figura 12, em azul está o *box plot* das distâncias interindividuais com macacos realizando a mesma atividade simultaneamente e, em rosa o *box plot* das distâncias interindividuais com macacos realizando atividades diferentes para um mesmo momento. Os *boxplots* não apresentam muitas diferenças, tendo valores parecidos para mediana, primeiro e terceiro quartis, e apresentando distribuições assimétricas à direita.

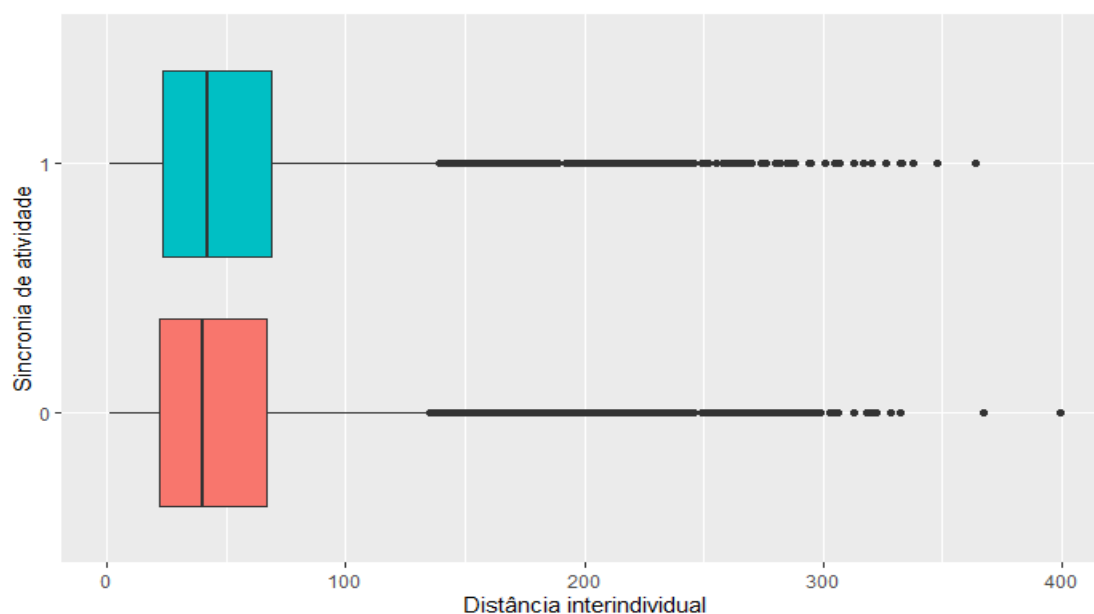


Figura 12 *Box plots* da Distância interindividual por Sincronia de atividade

Observa-se, na Figura 13, que na maioria das combinações das duplas, o comportamento se assemelha muito ao gráfico da Figura 10, onde na maioria das observações o comportamento é assíncrono, seguido da categoria comendo. Analisando com mais cuidado, percebe-se que a dupla Dominante e Jovem não teve, em nenhum dos registros, comportamento síncrono de descanso e a dupla Macho subordinado e Dominante tem uma proporção consideravelmente menor de comportamentos assíncronos que as demais duplas e “compensando” com mais registros (proporcionalmente) em atividade síncrona comendo.

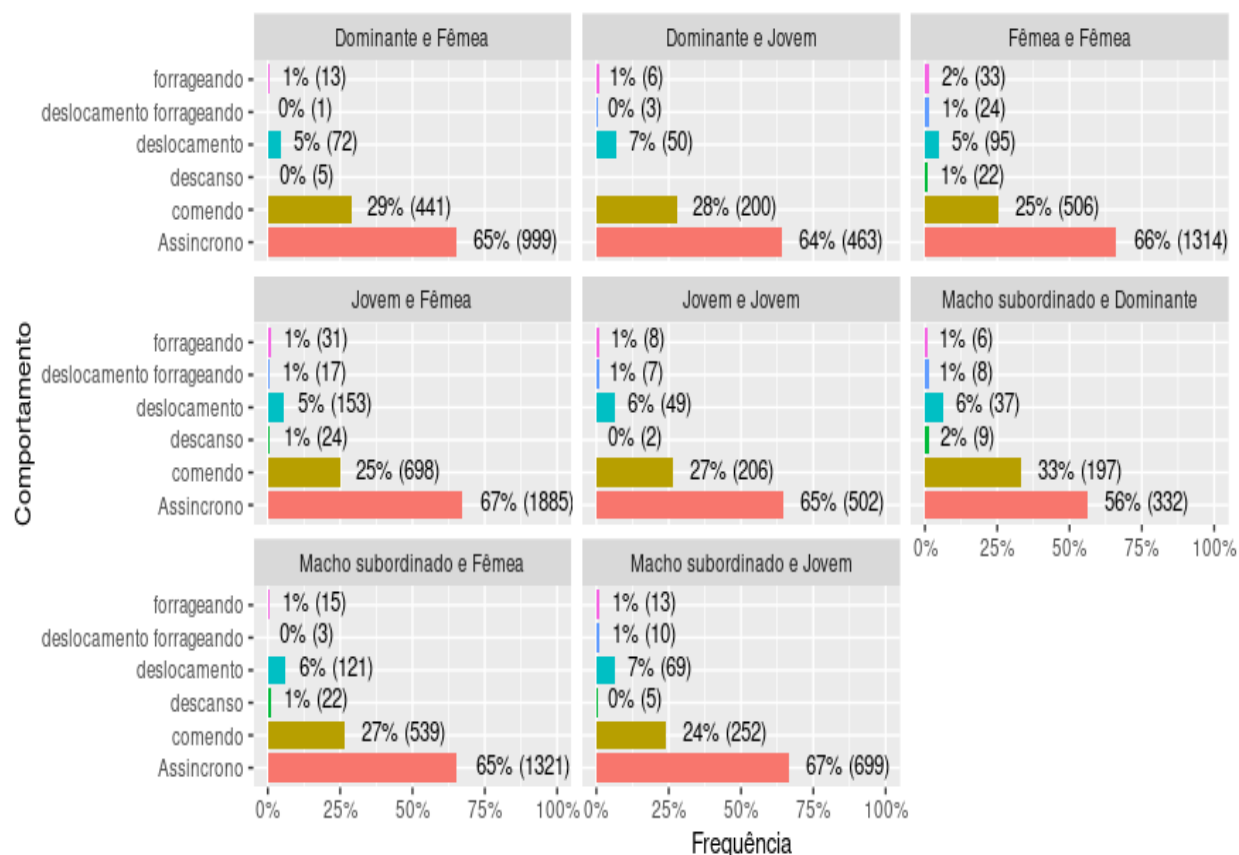


Figura 13 Gráficos de barras das distribuições de Comportamento por Posição Social

Assumindo independência entre o comportamento das duplas e realizando o teste de homogeneidade (Magalhães e Pedroso de Lima, 2015) entre todas as duplas exceto Macho subordinado e Dominante, e Dominante e Jovem (que são as duas duplas em que se percebe uma diferença maior na distribuição), rejeita-se que elas sejam iguais (valor- $p = 0,002$), ao nível de significância de 5%. Considerando apenas se o comportamento é síncrono ou assíncrono e realizando novamente o teste de homogeneidade para as mesmas duplas consideradas no teste anterior, obtêm-se o mesmo resultado: rejeita-se que as distribuições sejam iguais ao nível de significância de 5% (valor- $p < 0,001$). O valor- p utilizado nos testes foi simulado (Hope, 1968), pois há comportamentos em que a frequência de sincronia é próxima a zero e quando isso acontece, a aproximação assintótica da distribuição da estatística do teste pela distribuição Qui-quadrado pode não ser adequada.

O teste de homogeneidade ter rejeitado que as distribuições sejam iguais pode ser explicado pelo número elevado de categorias de comportamentos e de duplas e também por ser um teste rigoroso.

Vale ressaltar que as duplas consideradas são aquelas acompanhadas pelos observadores, que estão, em geral, posicionados nos extremos, o que pode introduzir um viés nas conclusões, pois o comportamento dos macacos mais centralizados do grupo não é frequentemente registrado.

A Figura 14 mostra a frequência de sincronia para cada uma das 3 distâncias observadas por registro. Pelo gráfico, as proporções de sincronia da distância mínima, da distância do meio e da distância máxima aparentam ser iguais. Supondo independência entre a sincronia de cada categoria de distância, foi realizado o teste de homogeneidade, com a finalidade de confirmar se há de fato a igualdade entre estas proporções. A hipótese a ser testada é de que as três proporções em questão são iguais; considerando o nível de significância de 5%, o resultado foi de que não se rejeita essa hipótese (valor-p = 0,576), confirmando a suspeita inicial.

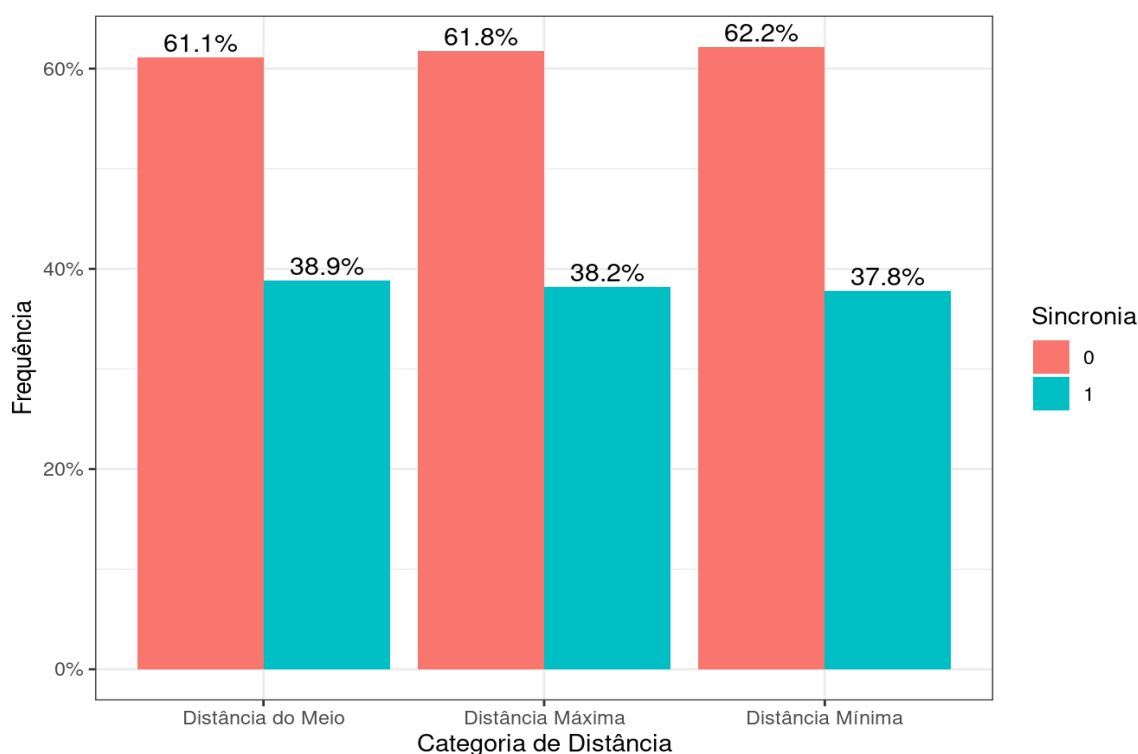


Figura 14 Gráficos de barras das categorias de distância pela sincronia.

5.4. Análise objetivo 4

Pelo gráfico da Figura 15, percebe-se que a maioria das vocalizações coletadas na amostra são realizadas por macacos não dominantes.

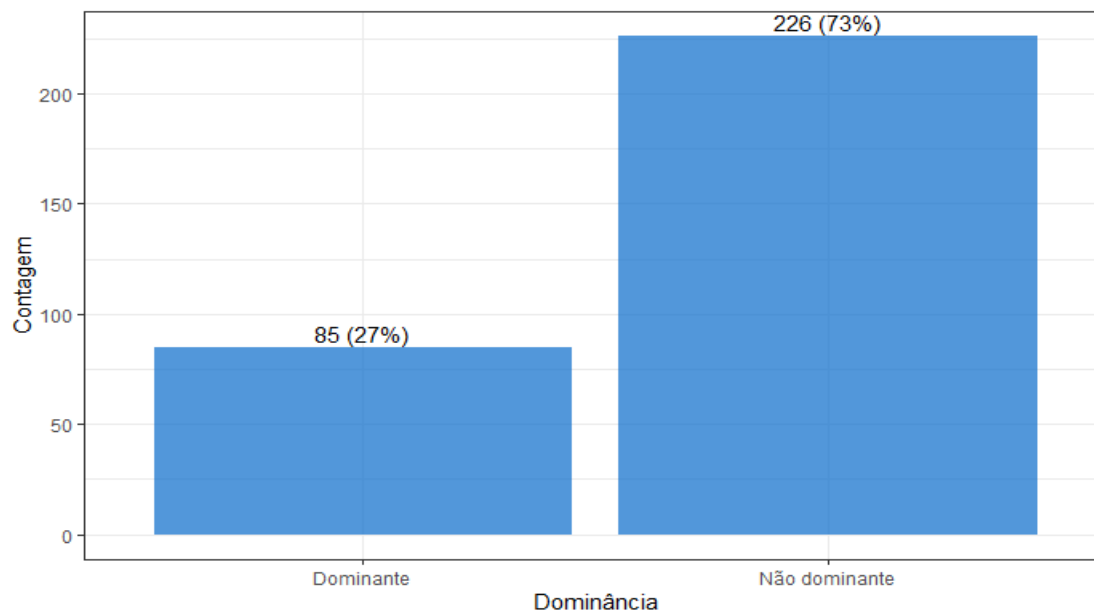


Figura 15 Gráfico da distribuição de Vocalizações por Dominância

Pelo gráfico da Figura 16, verifica-se que todas as vocalizações de macacos dominantes receberam pelo menos uma resposta, enquanto a maioria das vocalizações de macacos não dominantes não recebeu respostas.

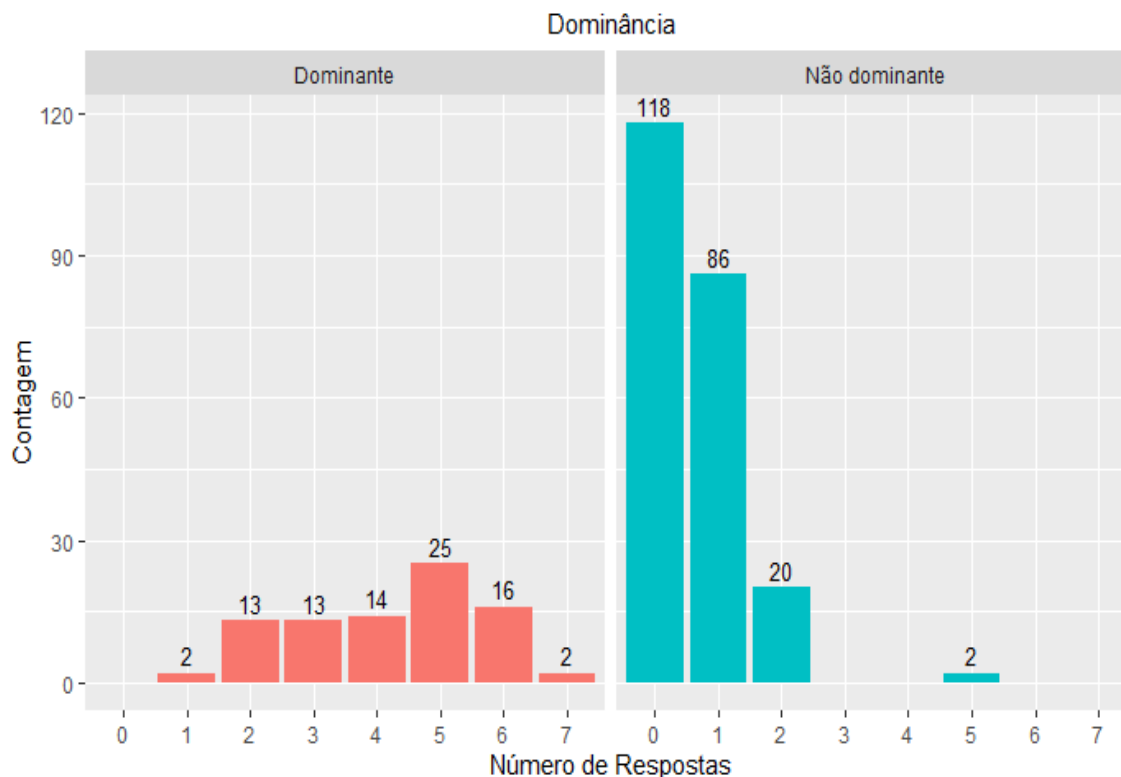


Figura 16 Gráfico do número de respostas por Vocalização pela Dominância

A partir da análise descritiva feita, o objetivo é encontrar resultados estatisticamente significativos mostrando o efeito da dominância no número de respostas por vocalização. No total, são 10 classificações de macacos: CP, Caveira, Dom, Goku, Fe, Lu, Pali, Nat e Jovem 1 e Jovem 2. Os macacos CP e Caveira são os dominantes de seus respectivos grupos. Vale ressaltar que para a análise, apesar de existir mais de um macaco jovem por grupo, pela impossibilidade de diferenciá-los, considera-se que há apenas um macaco jovem em cada grupo e todos os registros de algum macaco jovem são como medidas repetidas dele; Jovem 1 representa os macacos jovens do grupo 1 e Jovem 2 representa os macacos jovens do grupo 2. O macaco Pali não vocalizou durante o período de observação e portanto essa classificação não será considerada no modelo. Como há uma hierarquia nos grupos, a suposição de independência entre os macacos não parece adequada, e, portanto, torna-se necessária a utilização de um modelo misto (Stasinopoulos et al., 2017), que tem essa nomenclatura por apresentar uma parte de efeitos fixos e outra de efeitos aleatórios para lidar com a correlação entre as observações.

No modelo, foi considerado o número de respostas por vocalização como variável resposta e as variáveis dominância, local e distância máxima como explicativas e ainda

classificação como efeito aleatório. As variáveis local e distância máxima entram no modelo como variáveis de controle, não sendo o foco de interesse do estudo. A distribuição utilizada foi a binomial negativa pois foi observada sobre dispersão na amostra (variância é maior do que a média).

Feito o ajuste, foi conduzida uma análise gráfica de diagnóstico do modelo a fim de verificar sua adequabilidade, apresentada nas Figuras B.26, B.27 e B.28. Nas Figuras B.26 e B.27 não foi detectado nenhum comportamento atípico que indicasse que o modelo está inapropriado para os dados. A Figura B.28, no entanto, mostrou alguns pontos invadindo as bandas de confiança assintóticas (linhas verdes pontilhadas), que são um indicador de possíveis problemas em uma das suposições. Como a construção que leva ao gráfico dessa figura é rigorosa e a maioria dos pontos encontram-se fora dessas bandas, não se descarta que o modelo esteja bem ajustado e seu resultado seja válido. Vale ressaltar que a Figura B.28 contém quatro gráficos de diagnóstico, pois os resíduos de modelos de contagem são aleatórios.

Por fim, o resultado obtido foi de que a variável explicativa dominância tem efeito sobre a variável número de respostas, apresentando um valor-p menor que 0,001, e, portanto, ao nível de 5% de significância rejeita-se a hipótese de que não existe efeito da variável dominância. As demais variáveis incluídas também estão presentes nas estimativas apresentadas na Tabela A.1. Por fim, para interpretar o coeficiente obtido, precisa-se obter a exponencial do coeficiente estimado, uma vez que o ajuste é feito utilizando o $\ln(\mu)$ (logaritmo natural da média). Portanto, estima-se que em média o número de respostas por vocalização de macacos não dominantes é 0,1494 vezes o número de resposta por vocalização de macacos dominantes.

5.5. Análise objetivo 5

Ao analisar os demais gráficos de séries temporais (Figuras B.1 a B.12), percebe-se que após vocalizações do macaco dominante, as distâncias máximas subsequentes (considerando a distância máxima até 30 minutos após a vocalização) não seguem um mesmo comportamento. Observando a média das distâncias máximas nesse intervalo, há casos em que ela diminui e casos em que ela aumenta, aproximadamente na mesma proporção, como pode-se ver na Tabela 4.

Avaliando as Tabelas 4 e 5, percebe-se que as proporções, em geral, são próximas, destacando-se as proporções da Tabela 4 para vocalizações de macacos dominantes, que é igual a 60,8% (aumentou) contra 39,2% (diminuiu), porém para apenas 51 registros. De uma forma geral a suspeita é de que não há um padrão consistente do comportamento dessas distâncias máximas após uma vocalização.

Tabela 4 Efeito das vocalizações na média das próximas 5 distâncias máximas por Dominância

Dominância	Média das Distâncias Máximas	
	Aumentou	Diminuiu
Dominante	28 (52,8%)	25 (47,2%)
Não dominante	95 (44,8%)	117 (55,2%)
Total	123 (46,4%)	142 (53,6%)

Tabela 5 Comparação entre as médias das 5 distâncias máximas anteriores e posteriores à vocalização

Dominância	Média das Distâncias Máximas - Antes e Depois	
	Aumentou	Diminuiu
Dominante	31 (60,8%)	20 (39,2%)
Não dominante	101 (50,0%)	101 (50,0%)
Total	132 (52,2%)	121 (47,8%)

Para investigar o efeito da vocalização de indivíduos dominantes na distância máxima, utilizou-se a metodologia de Modelos Dinâmicos (Helske, 2021). Foram selecionados 5 dias

(28/04/18, 02/11/18, 03/11/18, 15/12/18, 14/01/19) em que houve pelo menos 2 vocalizações de macacos dominantes. Apesar de cada vocalização ser um evento pontual, considerou-se que o seu efeito dura em torno de 25 a 30 minutos, portanto, nos 5 registros seguintes foi considerado como se o macaco estivesse vocalizando. Como controle, incluímos a elevação média no modelo. Nos gráficos da Figura 17, para os dias 28/04/18, 03/11/18 e 15/12/18, foi feita uma análise descritiva das vocalizações de macacos dominantes, da elevação média e da distância máxima do grupo pelo tempo do respectivo dia. A Figura B.29 contém a análise descritiva correspondente aos demais dias.

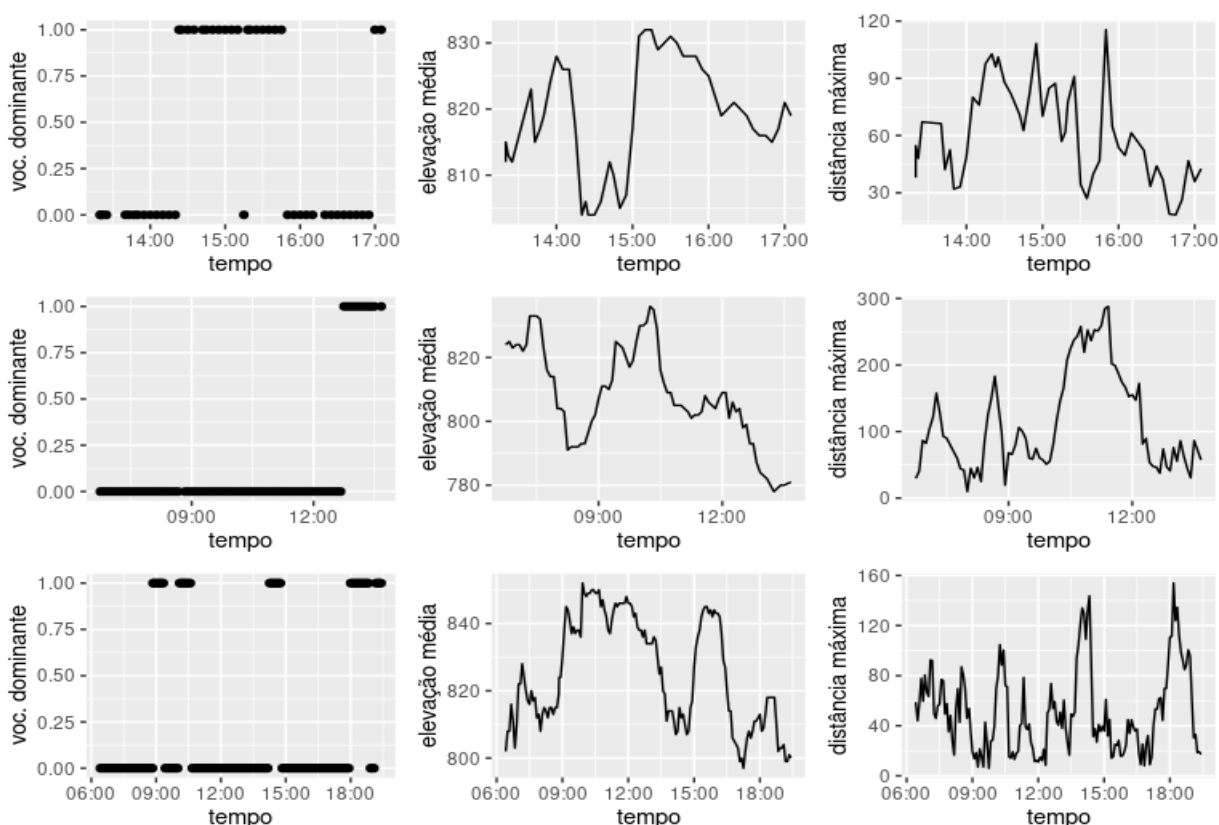


Figura 17 Descrição das variáveis vocalizações de macacos dominantes, elevação média e distância máxima para os dias 28/04/18, 15/12/18 e 03/11/18

Analisando a primeira coluna da Figura 17, percebe-se que no terceiro dia as vocalizações estão mais “afastadas” do que nos outros dias. Na segunda coluna estão as séries temporais de elevação média em que não se percebe nenhum padrão muito bem estabelecido. A última coluna

corresponde às séries temporais da distância máxima, que é a variável resposta no modelo proposto.

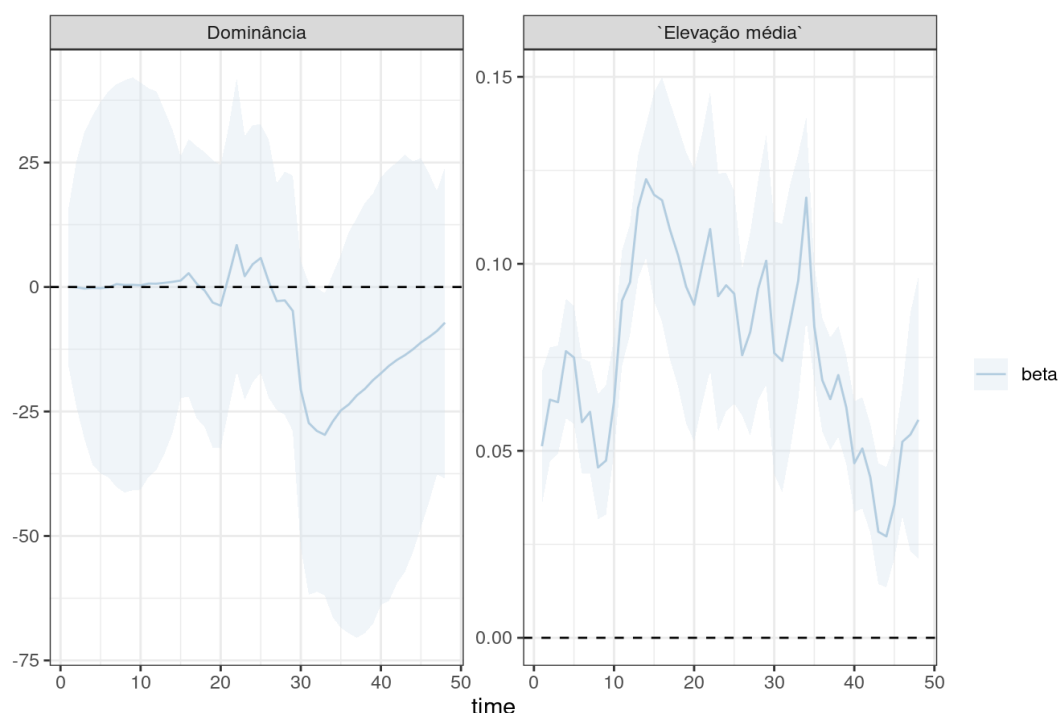


Figura 18 Série temporal do efeito das variáveis de interesse ao longo do dia 28/04/18

Na Figura 18, o gráfico à esquerda ilustra a série temporal do efeito da vocalização do macaco dominante ao longo do tempo, isso é, qual a influência da vocalização de macacos dominantes em cada instante. Além da série indicar a estimativa pontual do efeito em cada instante, o gráfico mostra também a banda com 90% de credibilidade (acredita-se que o verdadeiro valor do efeito da vocalização de macacos dominantes está contido nesse intervalo com 90% de probabilidade). Observa-se que na maior parte do tempo o modelo não indica que exista efeito dessa variável, pois o valor 0 está dentro da banda, porém, no tempo entre 30 e 35, nota-se que o limite superior do intervalo de credibilidade está abaixo do valor 0, indicando que há um efeito significativo dessa variável. O efeito da covariável de controle elevação média é positivo em todos os instantes. Pode-se interpretar o efeito da variável vocalização de macaco dominante como flutuante perto do valor 0 (que indica efeito nulo) até aproximadamente o instante 30, a partir do qual seu efeito é negativo (vocalização do macaco dominante está ligada com uma

diminuição da distância máxima). Já a variável elevação média tem sempre efeito positivo (quando ela aumenta, a distância máxima também aumenta).

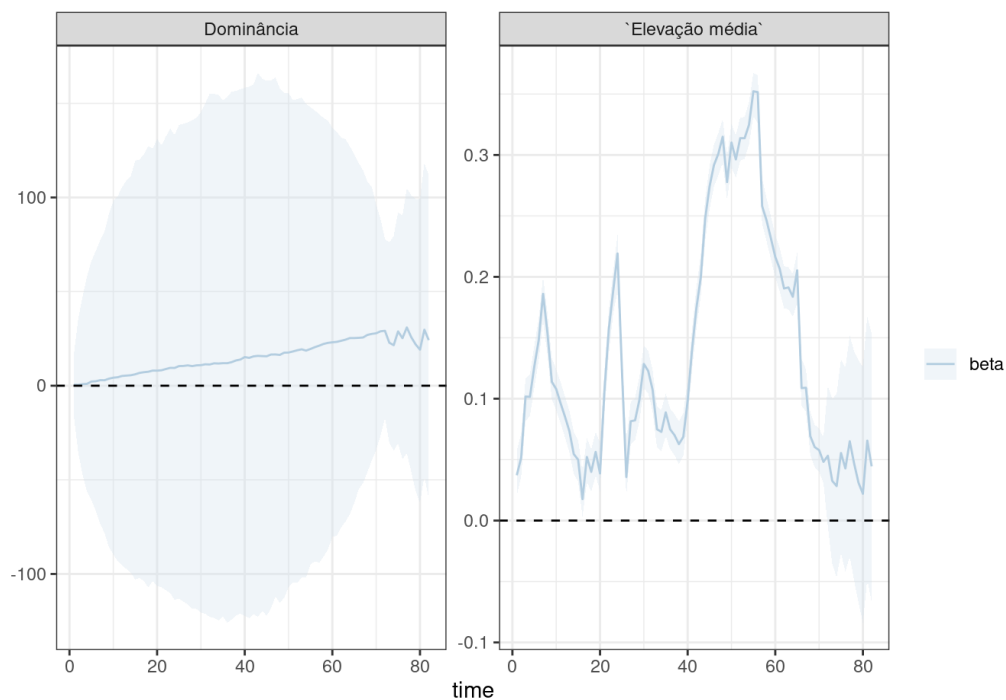


Figura 19 Série temporal do efeito das variáveis de interesse ao longo do dia 03/11/18

Para o dia 03/11/18 (Figura 19), percebe-se que o intervalo de credibilidade contém o 0 ao longo de todos os instantes, portanto, para esse dia o efeito da vocalização de macacos dominantes foi nulo (a vocalização de macacos dominantes não influencia a distância máxima). A variável elevação média tem efeito positivo ao longo de todo o dia, exceto no final, onde pode-se observar que o intervalo de credibilidade contém o 0.

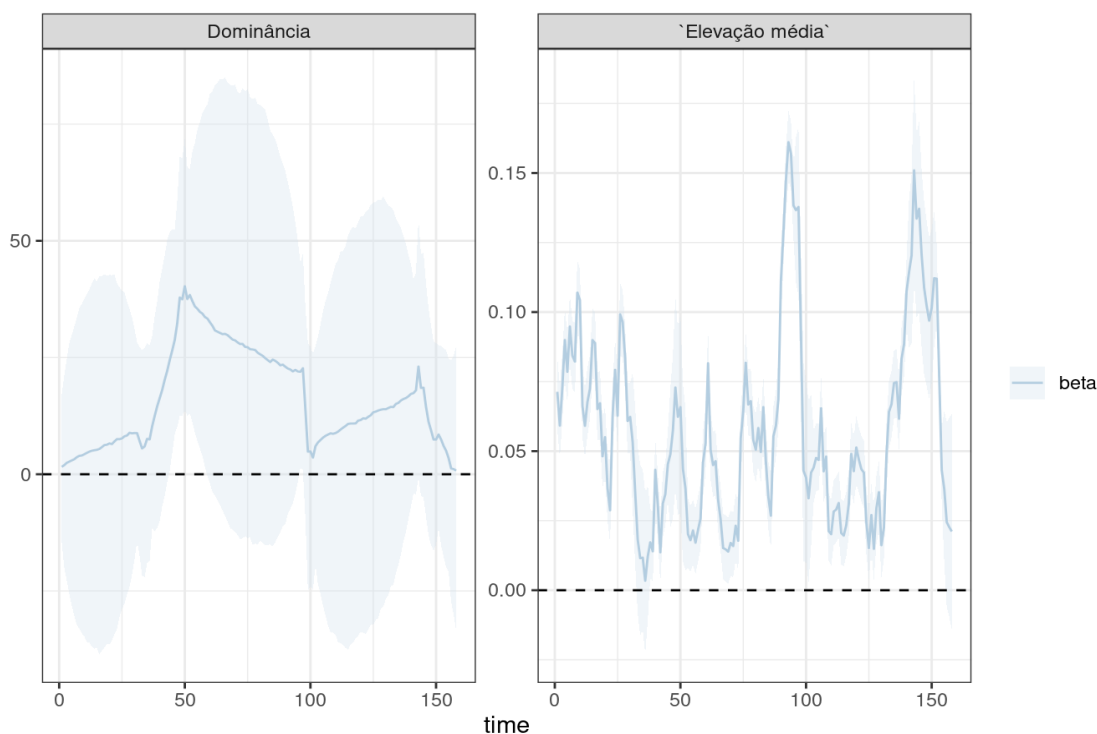


Figura 20 Série temporal do efeito das variáveis de interesse ao longo do dia 15/12/18

Observando a Figura 20, percebe-se um efeito positivo da variável vocalização de macaco dominante na distância máxima (vocalização do macaco dominante está ligada com um aumento da distância máxima) ao longo de todo o dia 15/12/18, com o limite inferior do intervalo de credibilidade estando acima do valor 0 perto dos instantes 50 e 100. Assim como nos dias já analisados, a elevação média contribui novamente de forma positiva para a distância máxima. Para os dias que correspondem às Figuras B.15 e B.16, percebe-se um efeito de vocalização semelhante ao dia correspondente a Figura 19.

As Figuras B.17 a B.21 mostram os valores de distância máxima preditos pelo modelo com os valores observados dos cinco modelos.; para todos os dias considerados, pode-se ver que o modelo se ajustou adequadamente aos dados. As Figuras B.22 a B.25 são referentes à análise de diagnóstico; todas as cadeias presentes nessas figuras são estacionárias (variam em torno de uma média constante), indicando um bom ajuste. Uma outra forma de realizar a análise de diagnóstico para os modelos dinâmicos é através do E-BFMI (Betancourt, 2018), que para os modelos considerados não indicou comportamento patológico das cadeias (indicaram um ajuste adequado).

6. Conclusão

Pode-se concluir que o estudo foi capaz de mostrar descritivamente que a distância limite de detecção de vocalização parece ser um limitante para a distância máxima (apenas 4 dos 5354 registros ficaram acima dela); a distância interindividual não parece afetar a sincronia de atividades entre 2 indivíduos quaisquer, e em todas as combinações de posição social dos indivíduos, a frequência das atividades não parece mudar. Vocalizações de macacos dominantes recebem mais respostas do que vocalizações de macacos não dominantes.

As vocalizações de macacos dominantes têm efeitos variados na distância máxima do grupo dependendo do dia; dos 5 dias analisados, houve dias em que o efeito da vocalização de dominantes foi de aumento, houve dias em que não se observa efeito significativo e houve dias em que se observa um efeito de diminuição da distância máxima. De uma forma geral, não se observa efeito significativo de vocalização de macacos dominantes (e nem de não dominantes) na distância máxima.

APÊNDICE A

Tabelas

Tabela A.1 - Estimativas, erros padrões e valores-p dos efeitos fixos do modelo misto com apenas efeitos principais

Efeitos Fixos	Estimativa	Erro Padrão	Valor-p
Intercepto	1,444	0,103	<0,001
Não dominante	-1,901	0,101	<0,001
Topo de morro	-0,109	0,103	0,293
Vale	-0,003	0,123	0,981
Distância máxima	-0,0001	0,001	0,888

APÊNDICE B

Figuras

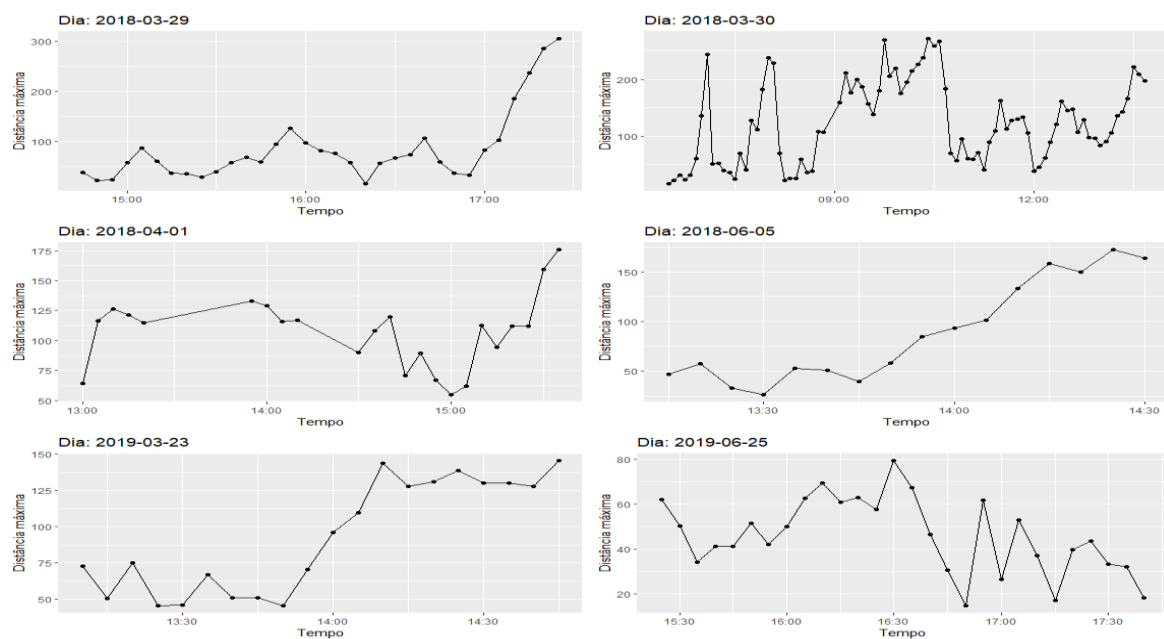


Figura B.1 Séries temporais da Distância máxima ao longo dos dias em que não se registrou vocalização

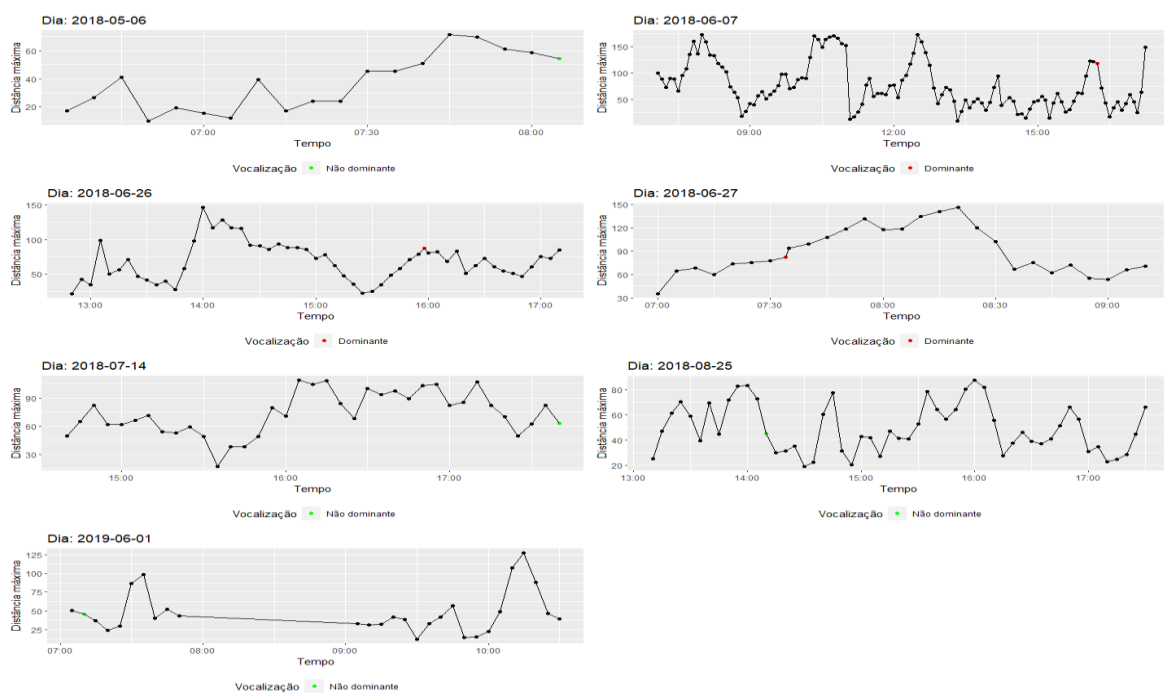


Figura B.2 Séries temporais da Distância máxima ao longo dos dias em que se registrou 1 vocalização

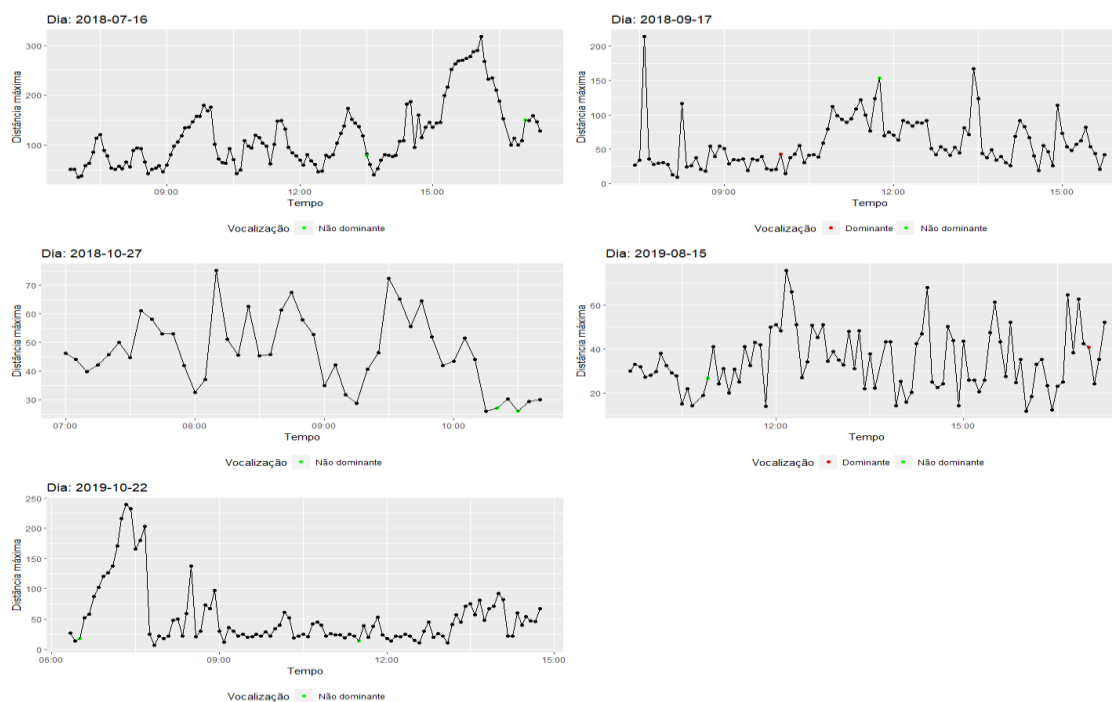


Figura B.3 Séries temporais da Distância máxima ao longo dos dias em que se registrou 2 vocalizações

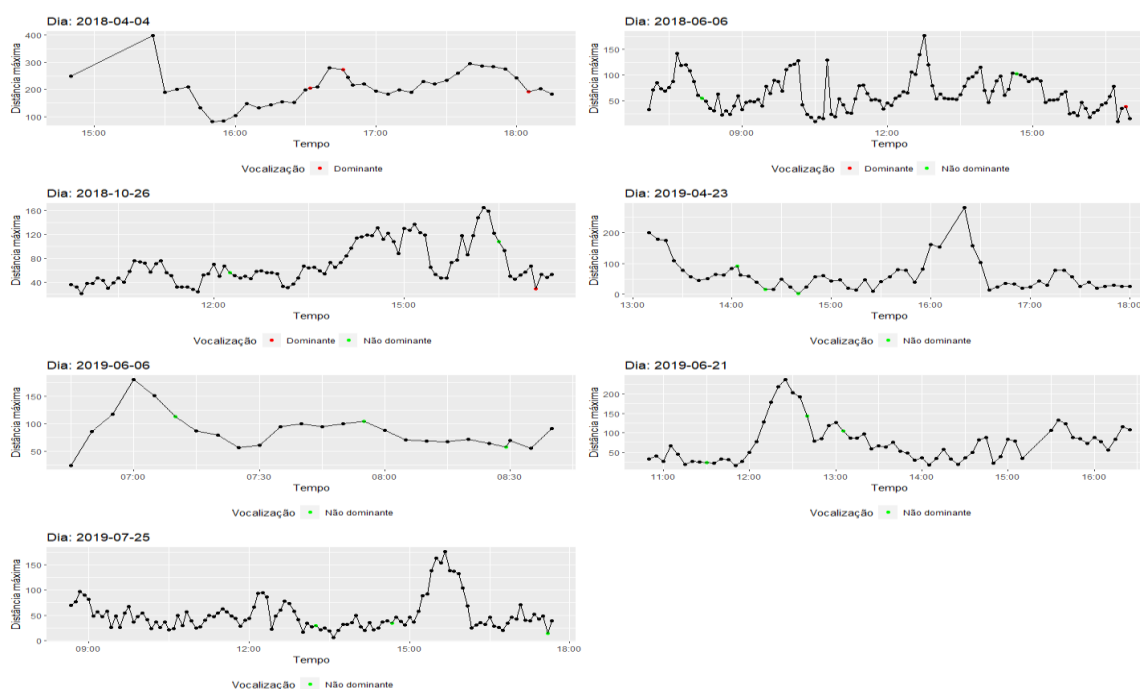


Figura B.4 Séries temporais da Distância máxima ao longo dos dias em que se registrou 3 vocalizações

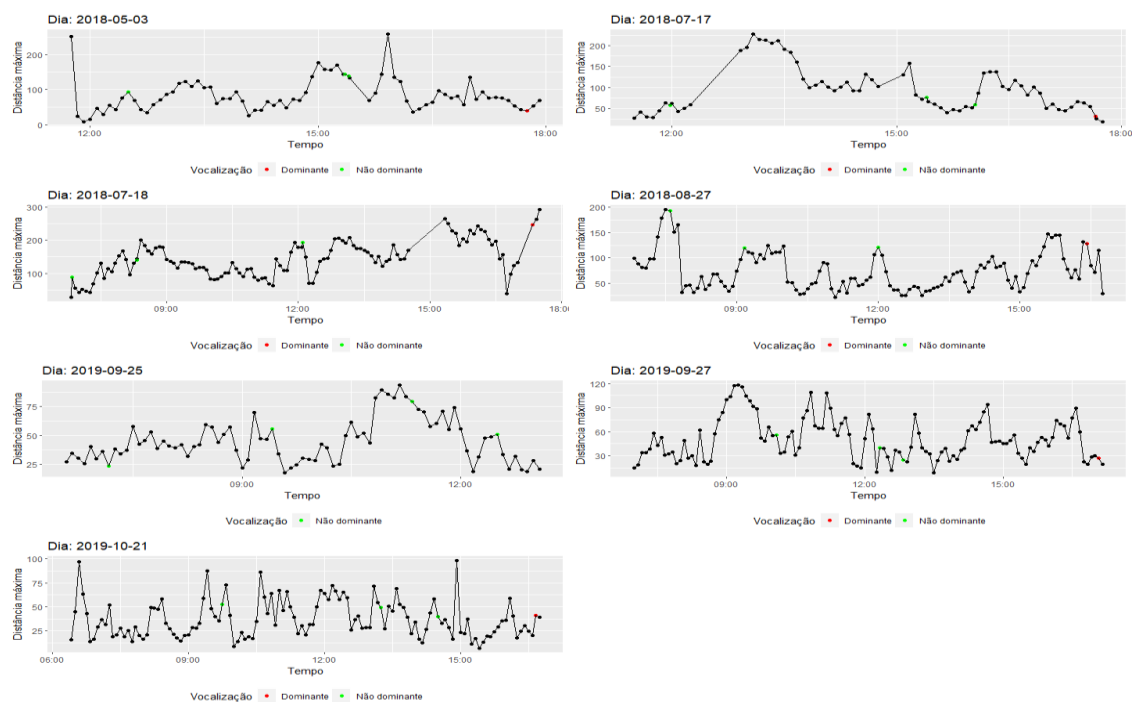


Figura B.5 Séries temporais da Distância máxima ao longo dos dias em que se registrou 4 vocalizações

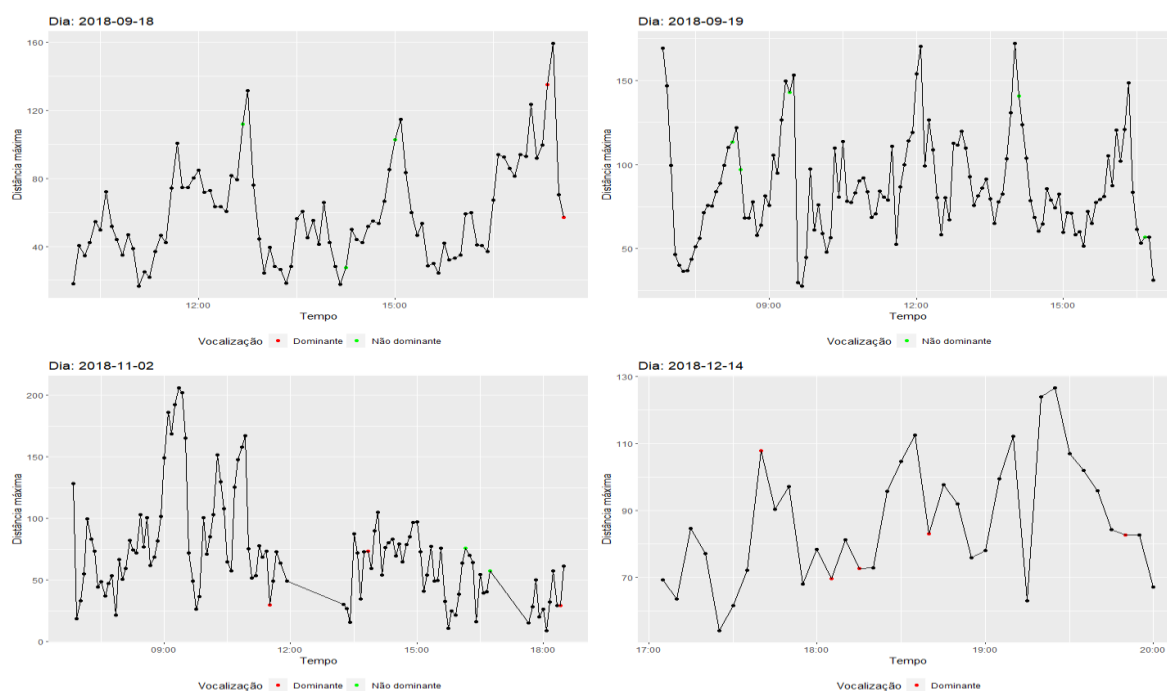


Figura B.6 Séries temporais da Distância máxima ao longo dos dias em que se registrou 5 vocalizações

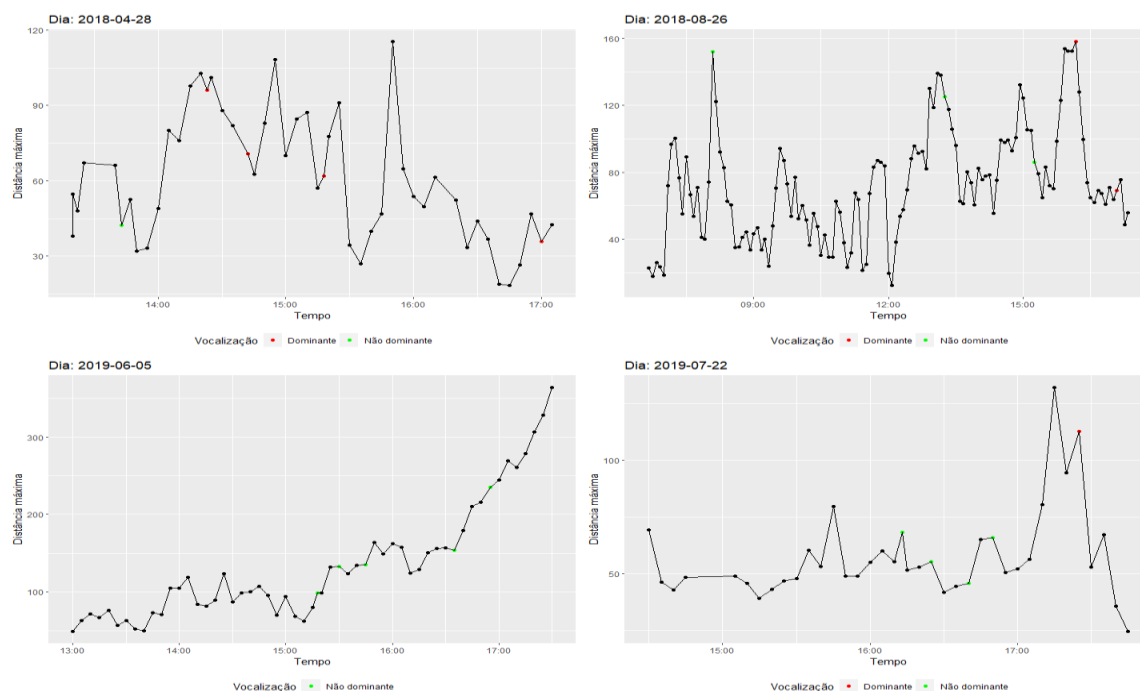


Figura B.7 Séries temporais da Distância máxima ao longo dos dias em que se registrou 5 vocalizações

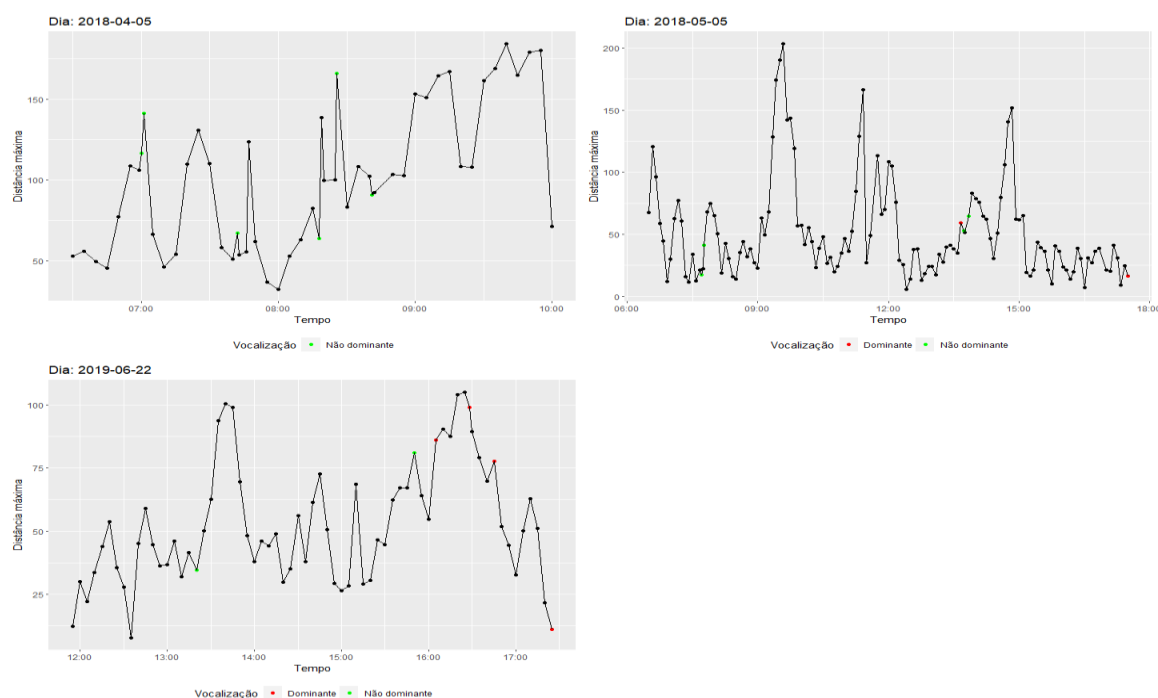


Figura B.8 Séries temporais da Distância máxima ao longo dos dias em que se registrou 6 vocalizações

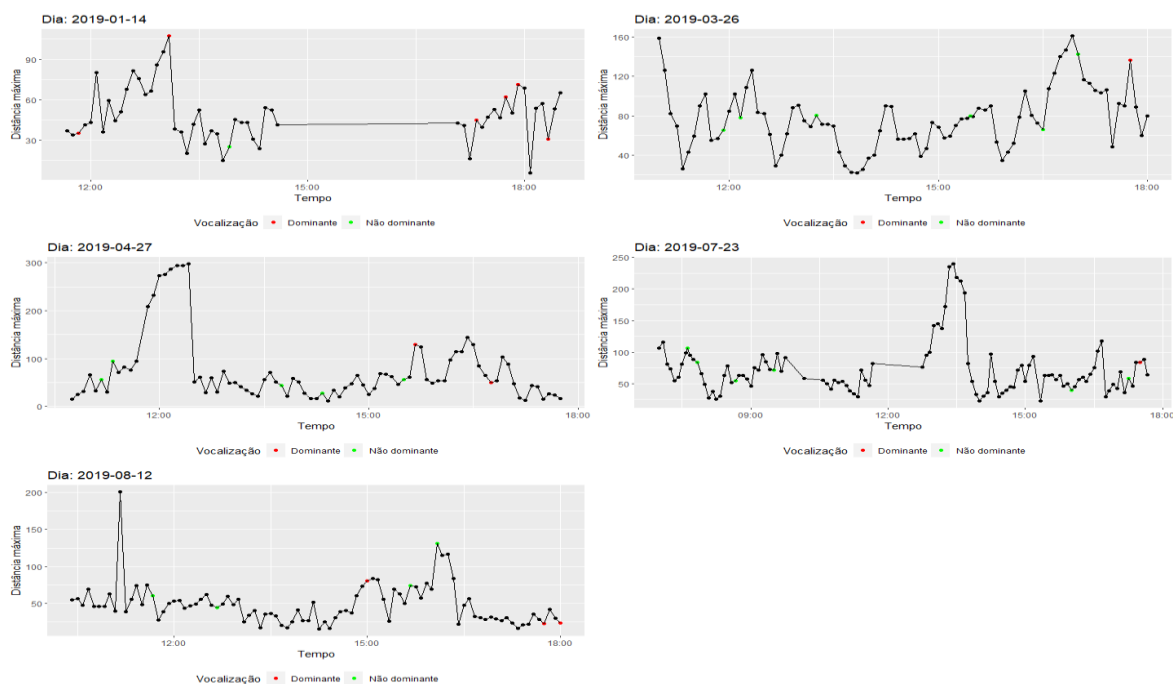


Figura B.9 Séries temporais da Distância máxima ao longo dos dias em que se registrou 7 vocalizações

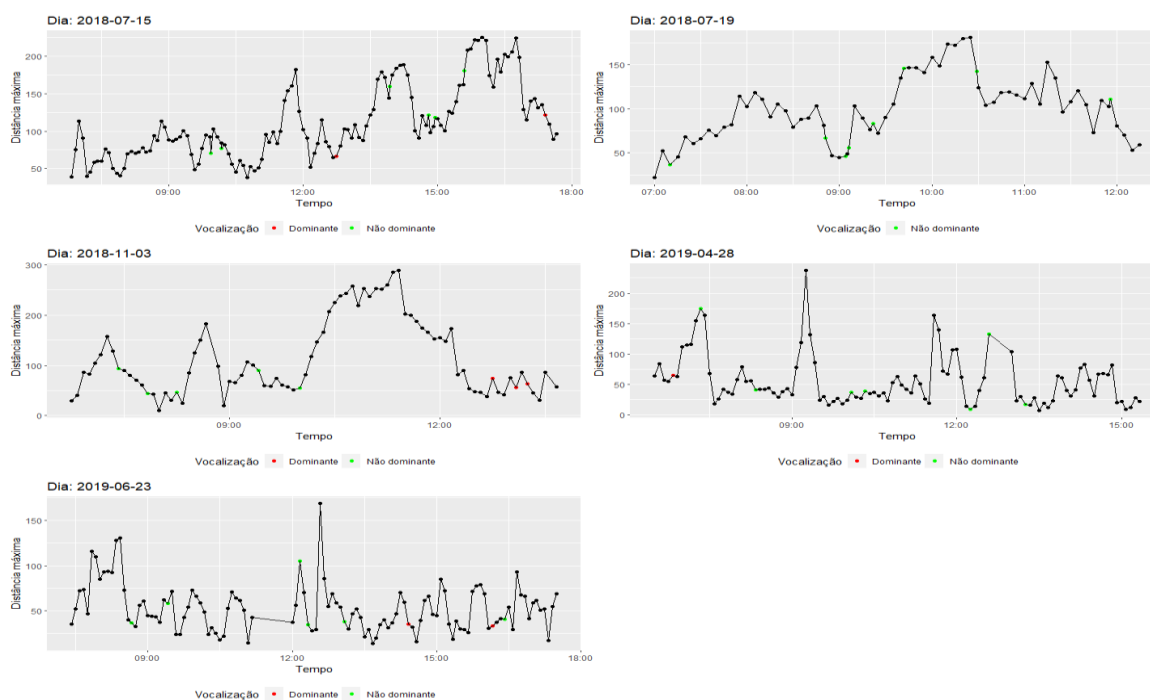


Figura B.10 Séries temporais da Distância máxima ao longo dos dias em que se registrou 8 vocalizações

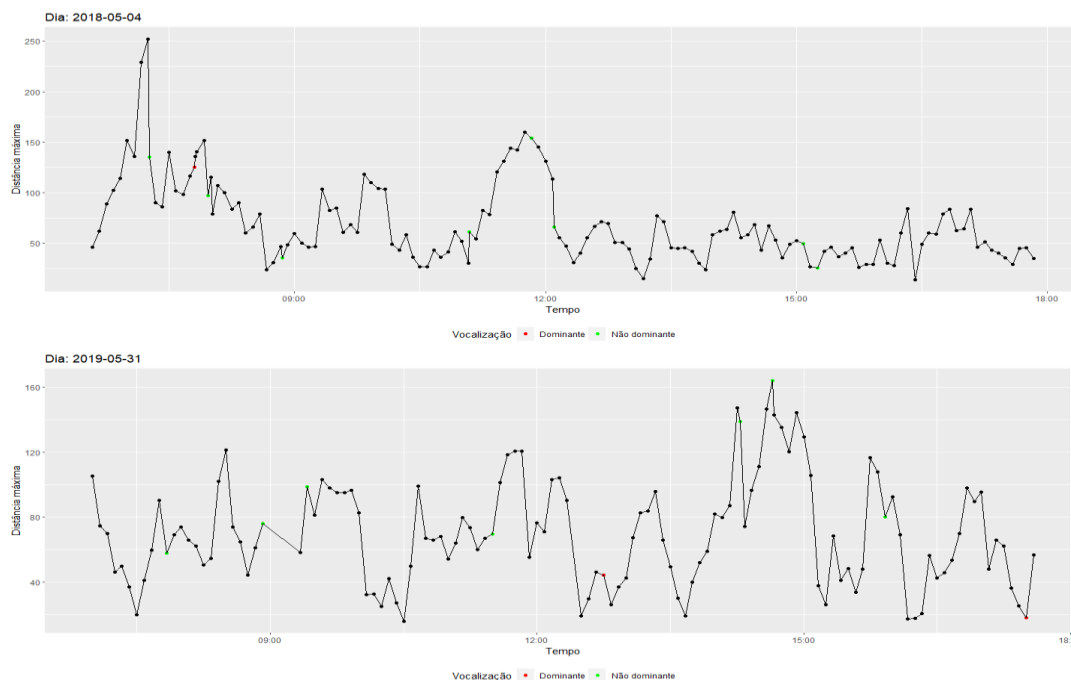


Figura B.11 Séries temporais da Distância máxima ao longo dos dias em que se registrou 9 vocalizações

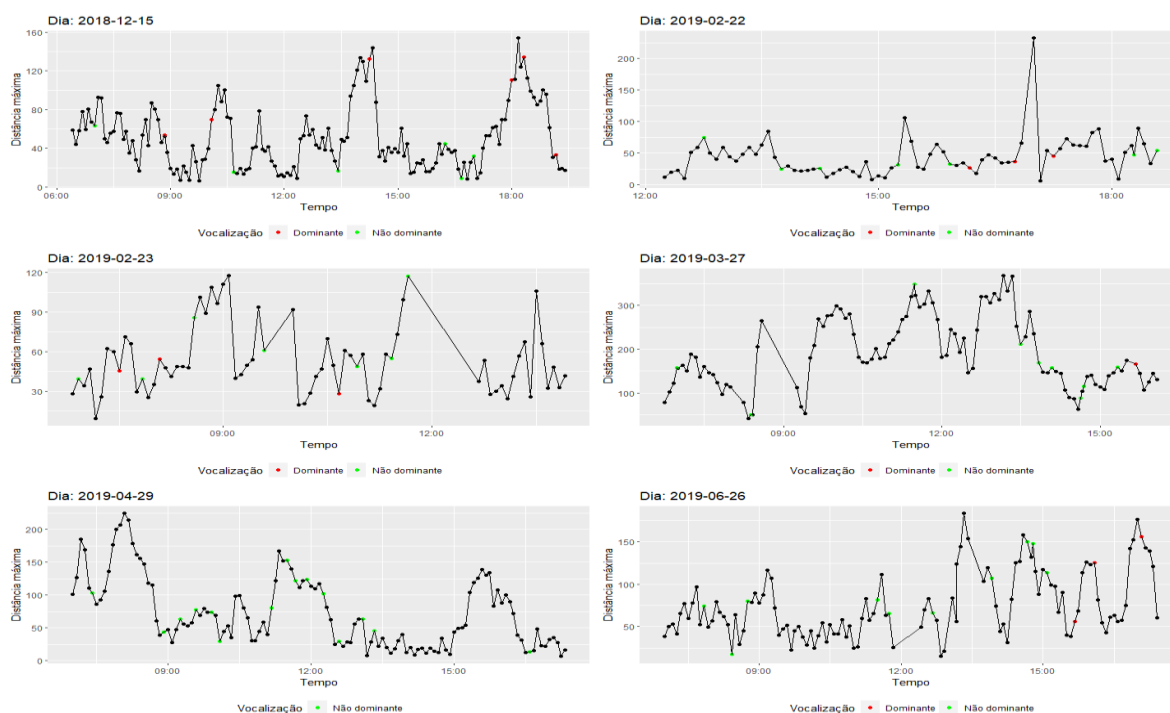


Figura B.12 Séries temporais da Distância máxima ao longo dos dias em que se registrou 10 ou mais vocalizações

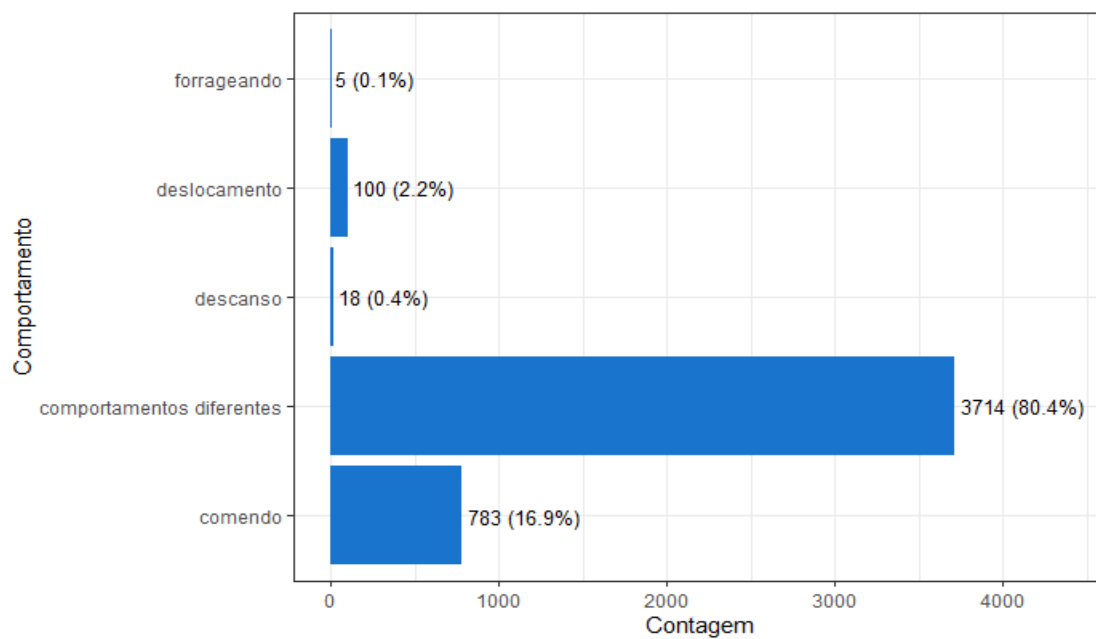


Figura B.13 Gráfico de barras da distribuição dos comportamentos por Sincronia de atividade por trios

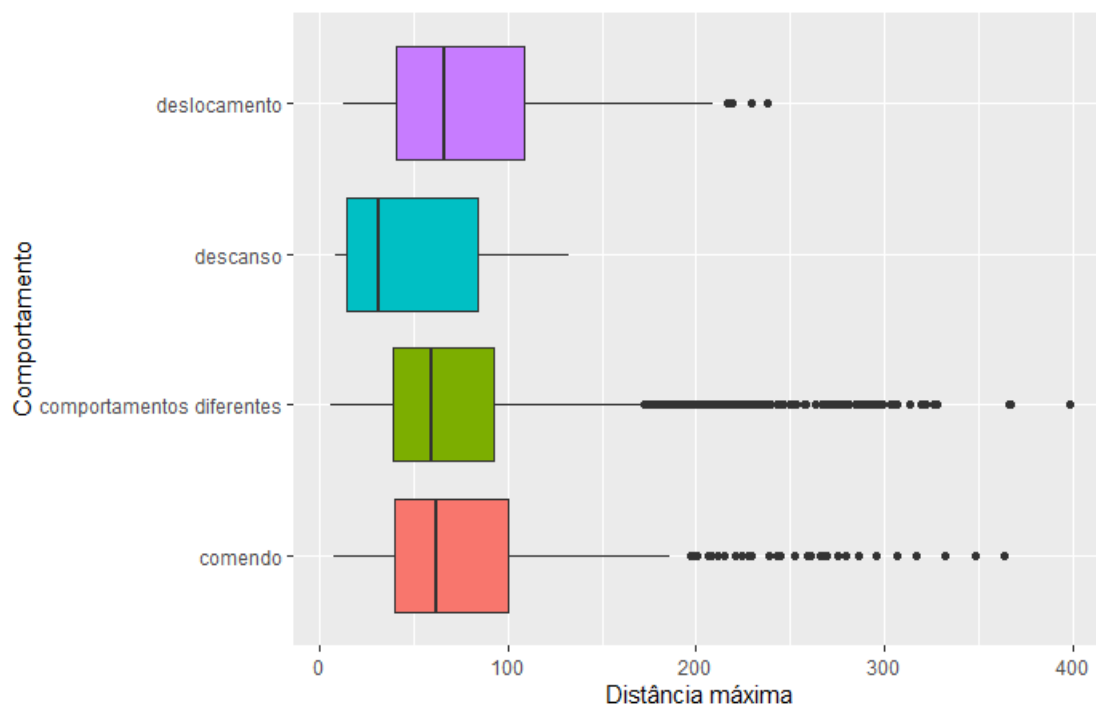


Figura B.14 Boxplots da Distância interindividual por Comportamento por trios

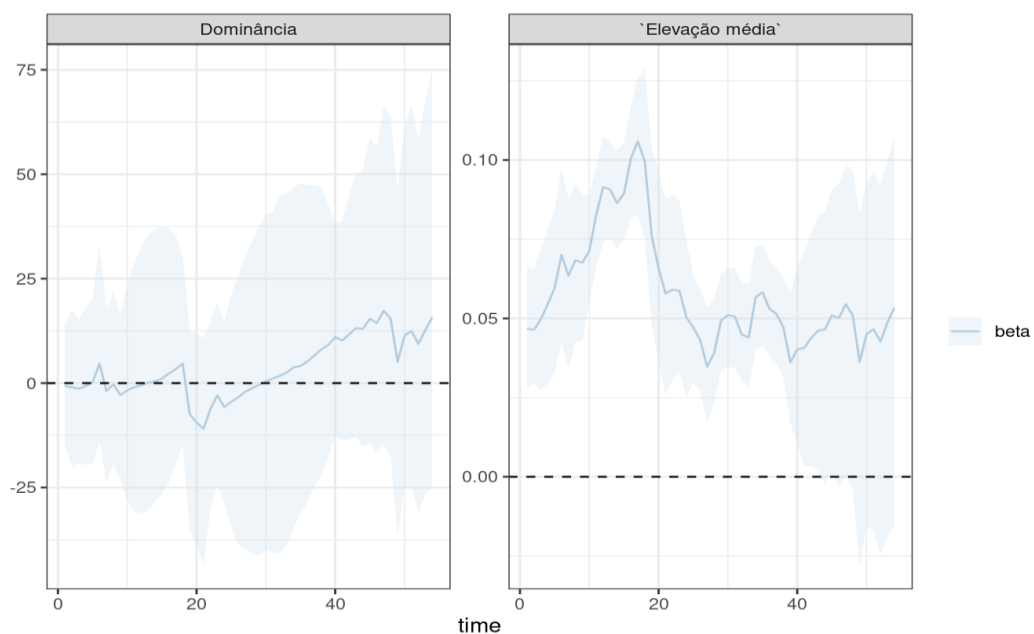


Figura B.15 Série temporal do efeito das covariáveis ao longo do tempo para o dia 14/01/2019.

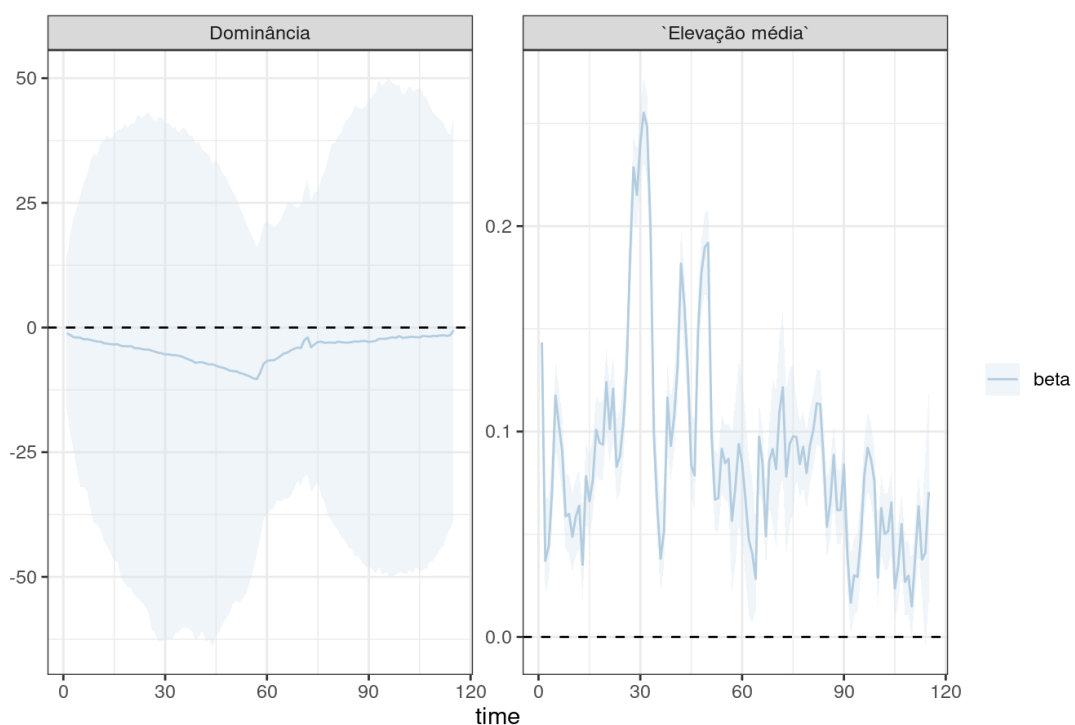


Figura B.16 Série temporal do efeito das covariáveis ao longo do tempo para o dia 02/11/2018.

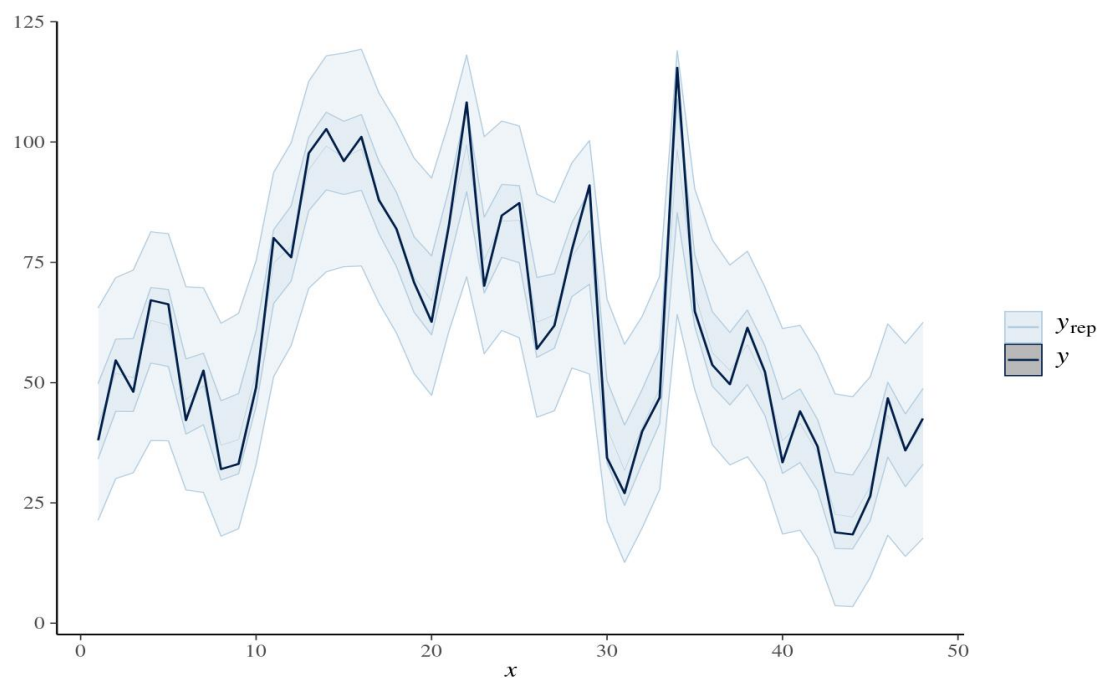


Figura B.17 Valores preditos (azul claro) e observados (azul escuro) do ajuste do dia 18/04/2018

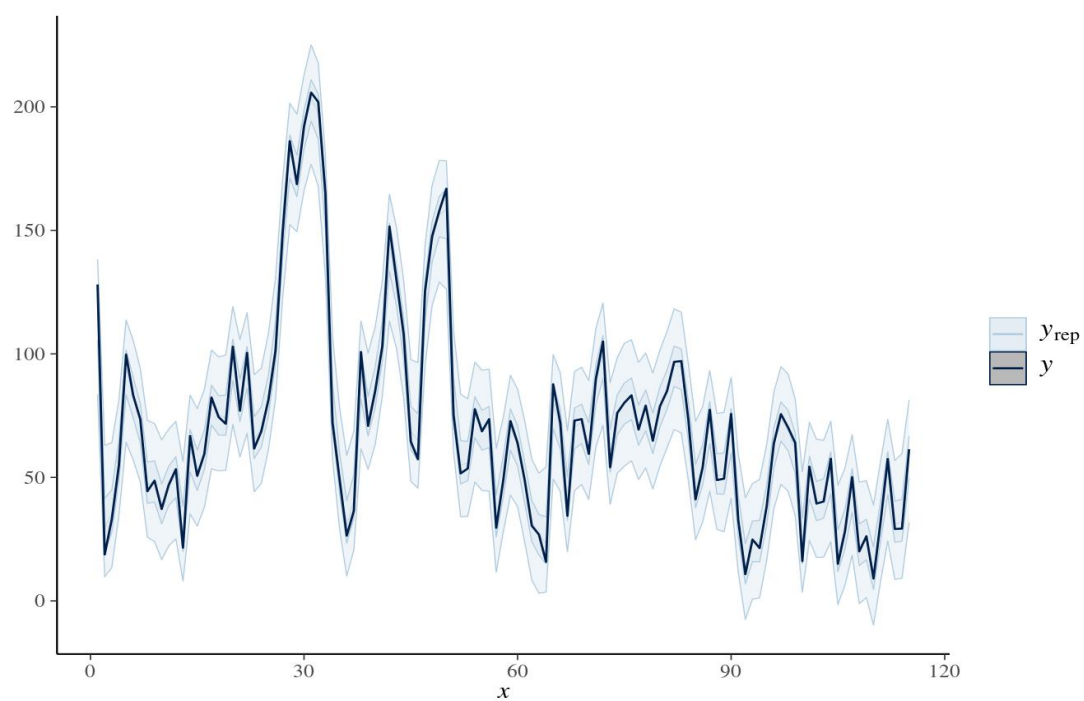


Figura B.18 Valores preditos (azul claro) e observados (azul escuro) do ajuste do dia 02/11/2018

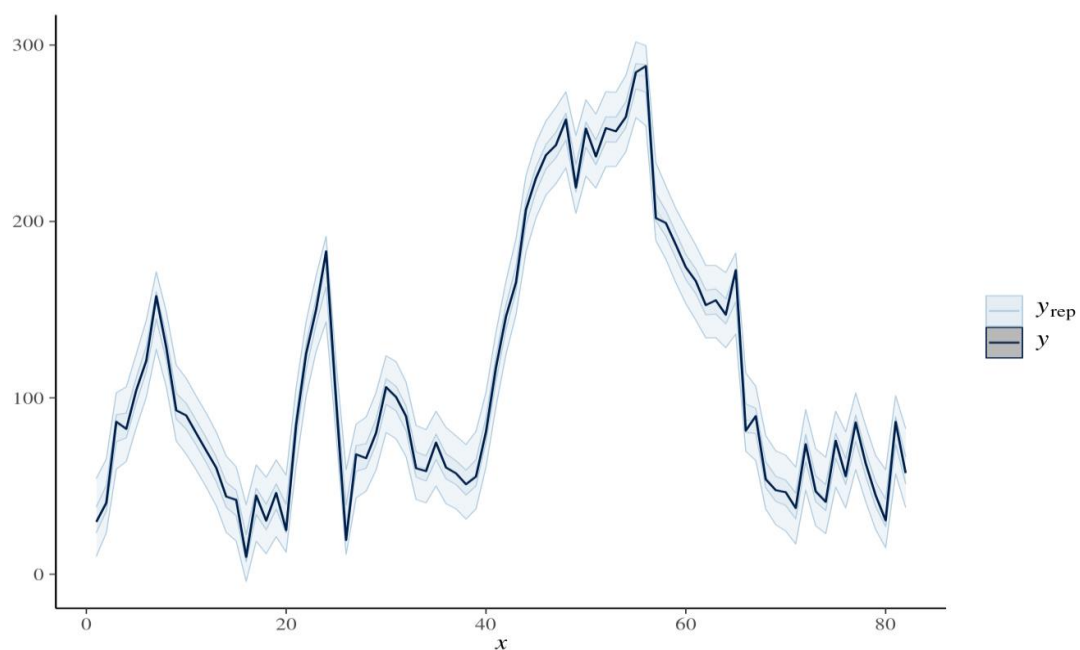


Figura B.19 Valores preditos (azul claro) e observados (azul escuro) do ajuste do dia 03/11/2018

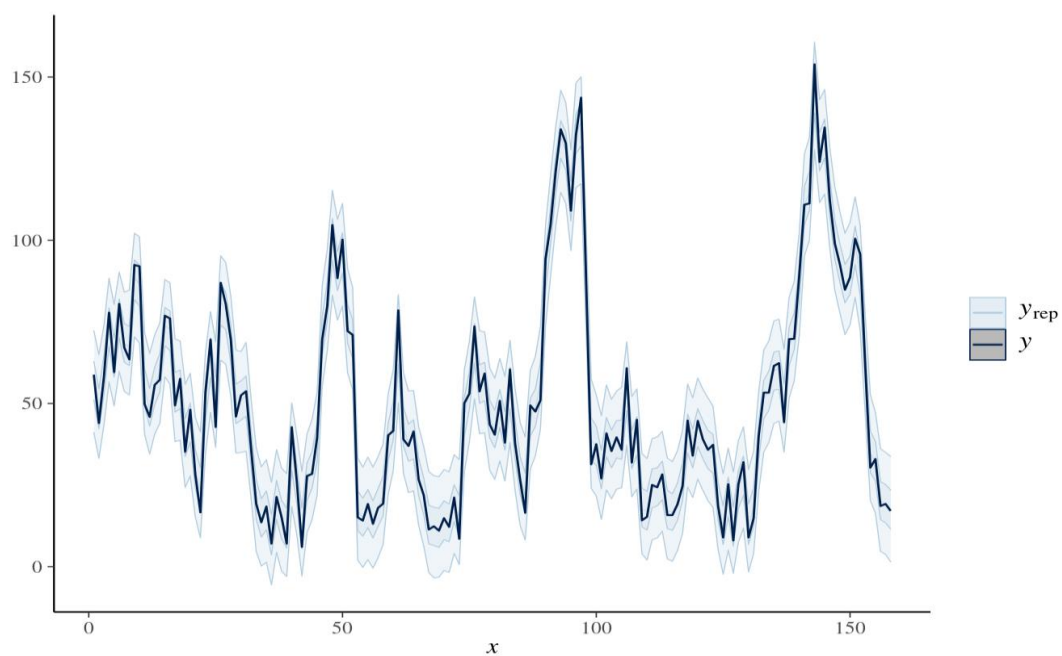


Figura B.20 Valores preditos (azul claro) e observados (azul escuro) do ajuste do dia 15/12/2018

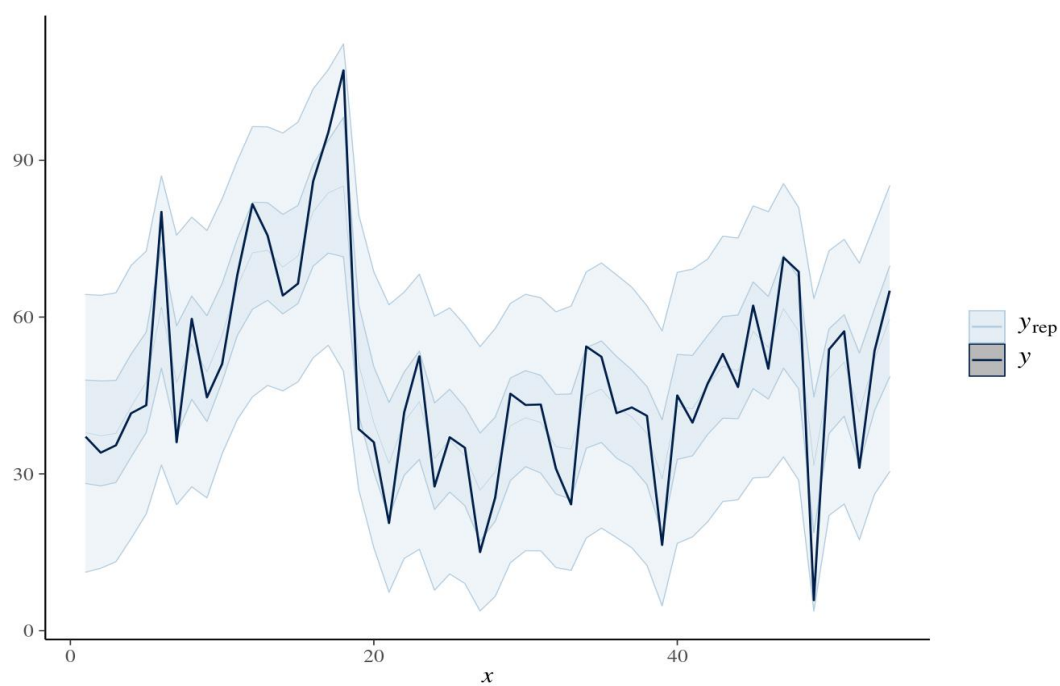


Figura B.21 Valores preditos (azul claro) e observados (azul escuro) do ajuste do dia 14/01/2019

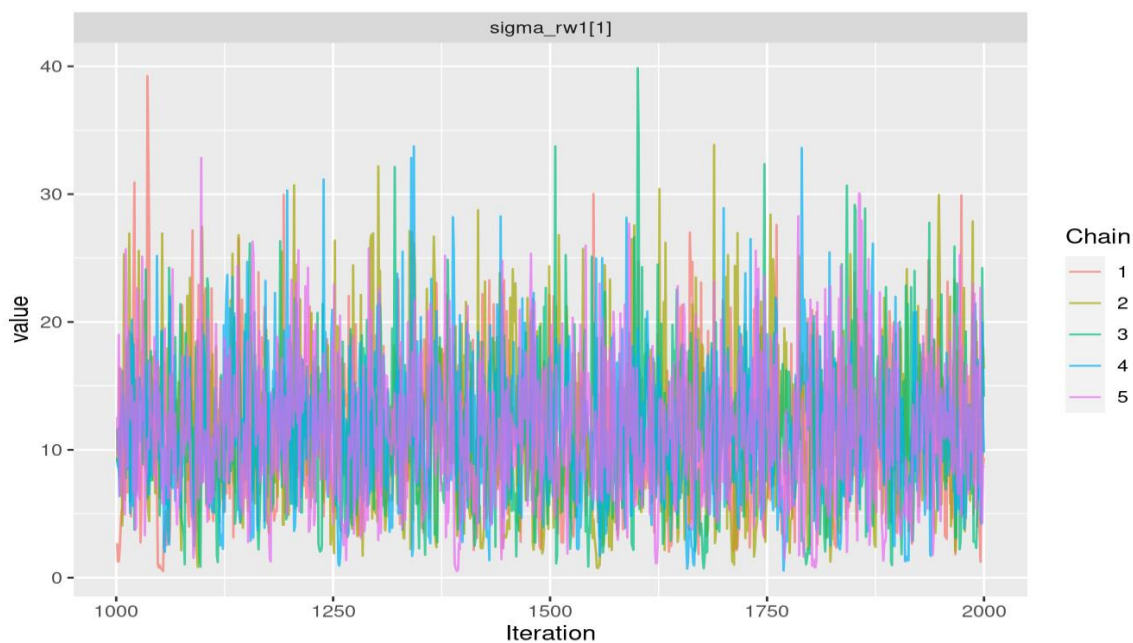


Figura B.22 Comportamento das cadeias geradas sobrepostas, para estimar a variância do erro aleatório inicial

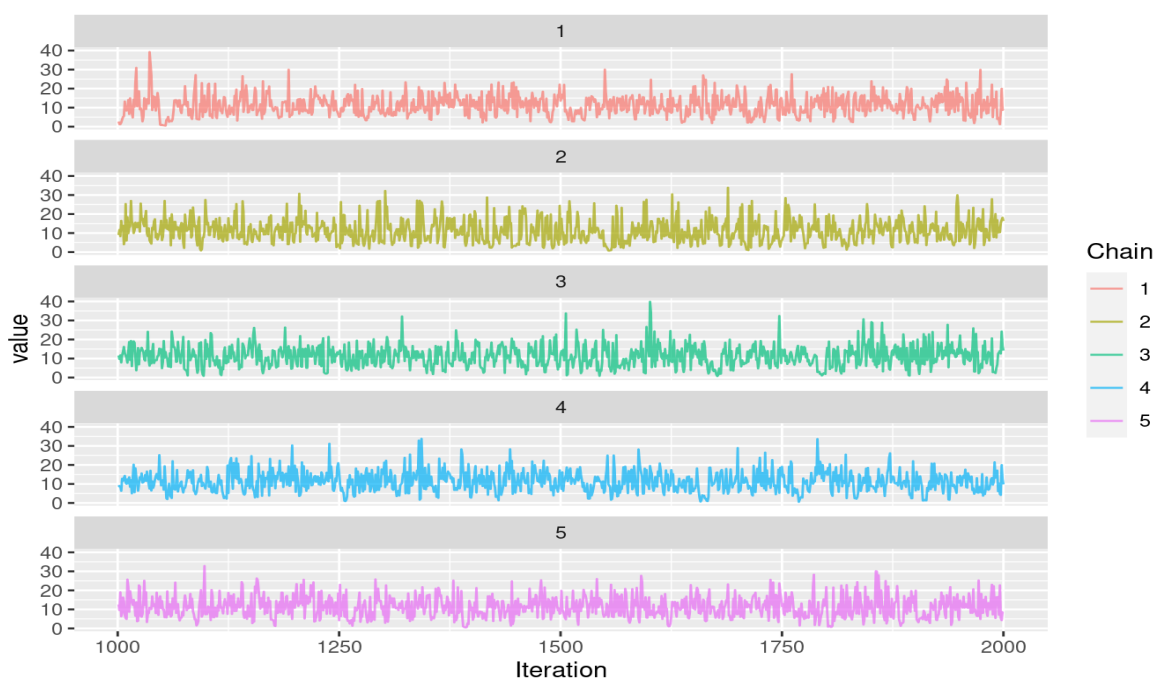


Figura B.23 Comportamento de cada uma das cadeias geradas para estimar a variância do erro aleatório inicial

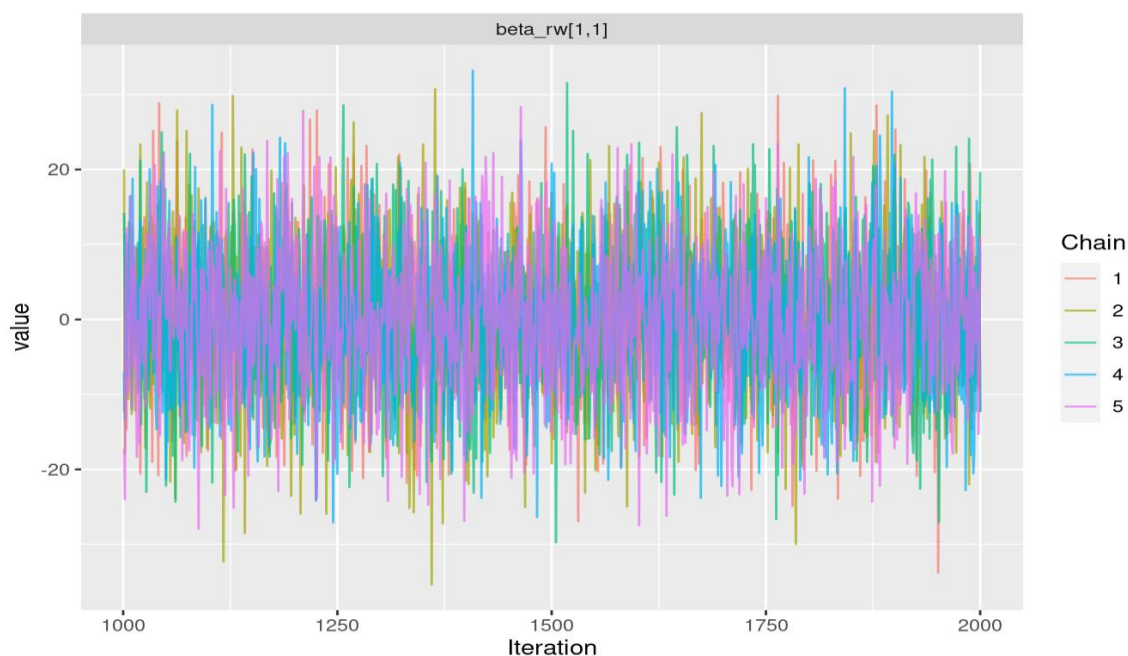


Figura B.24 Comportamento das cadeias geradas sobrepostas, para estimar o efeito da vocalização de macacos dominantes no primeiro instante

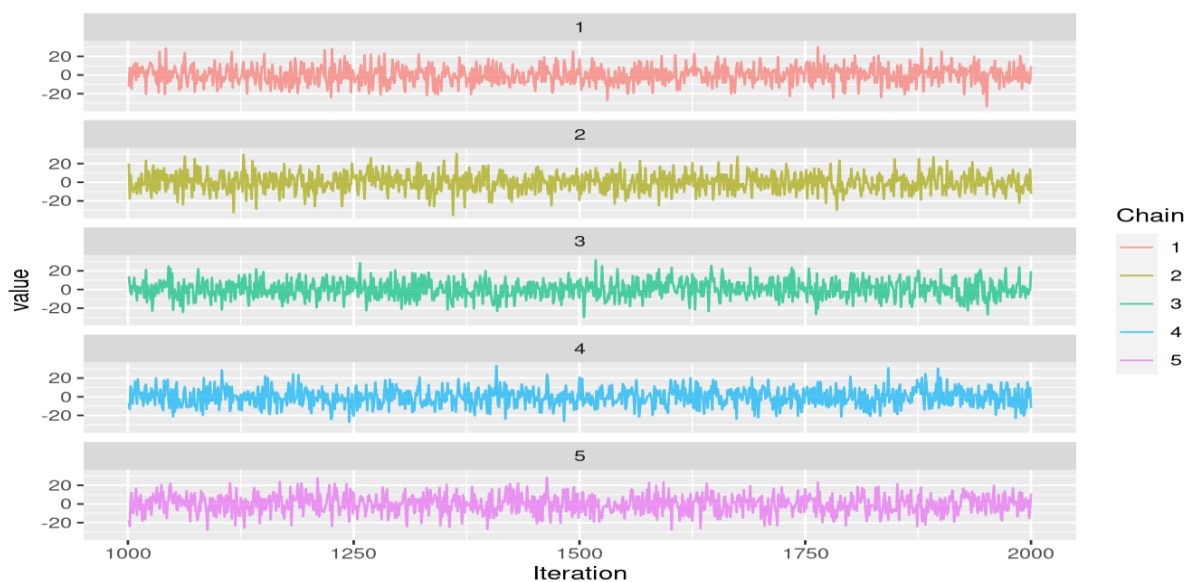


Figura B.25 Comportamento de cada uma das cadeias geradas para estimar o efeito da vocalização de macacos dominantes no primeiro instante

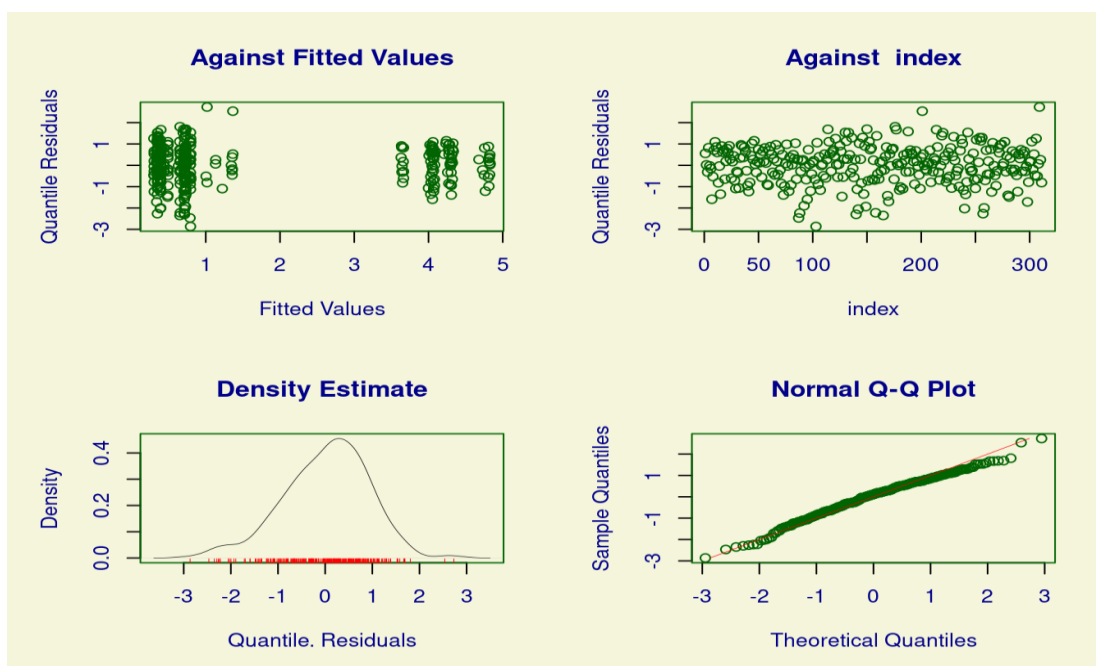


Figura B.26 Diagnóstico modelo GAMLSS com efeito aleatório de classificação (a).

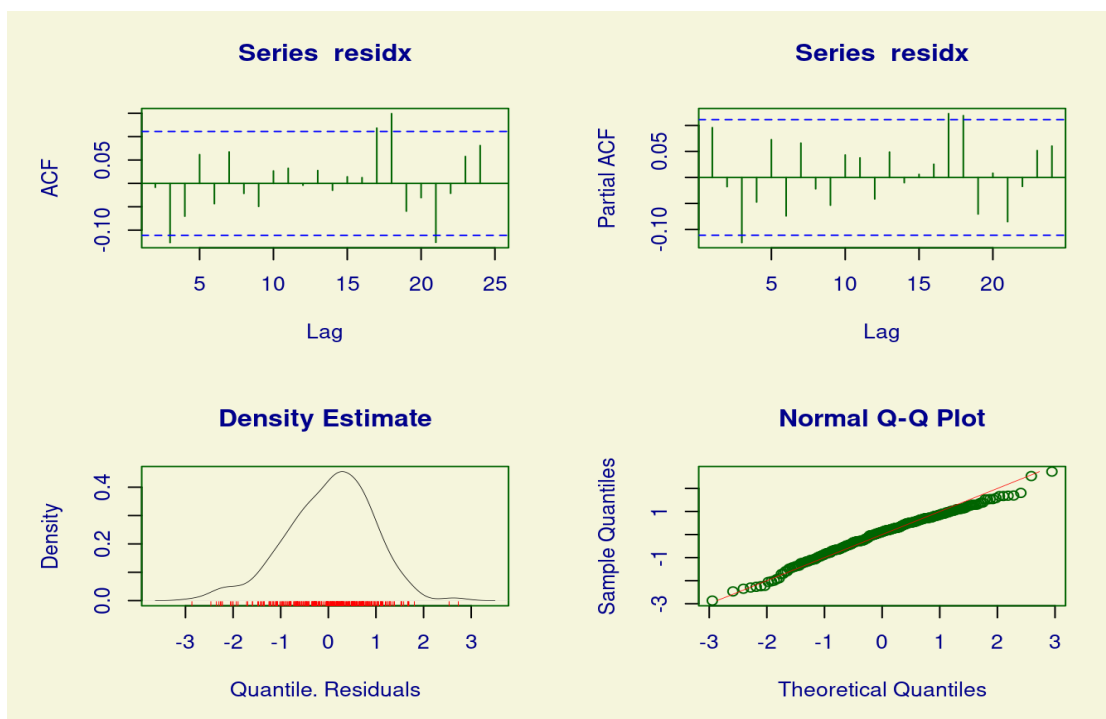


Figura B.27 Diagnóstico modelo GAMLSS com efeito aleatório de classificação (b).

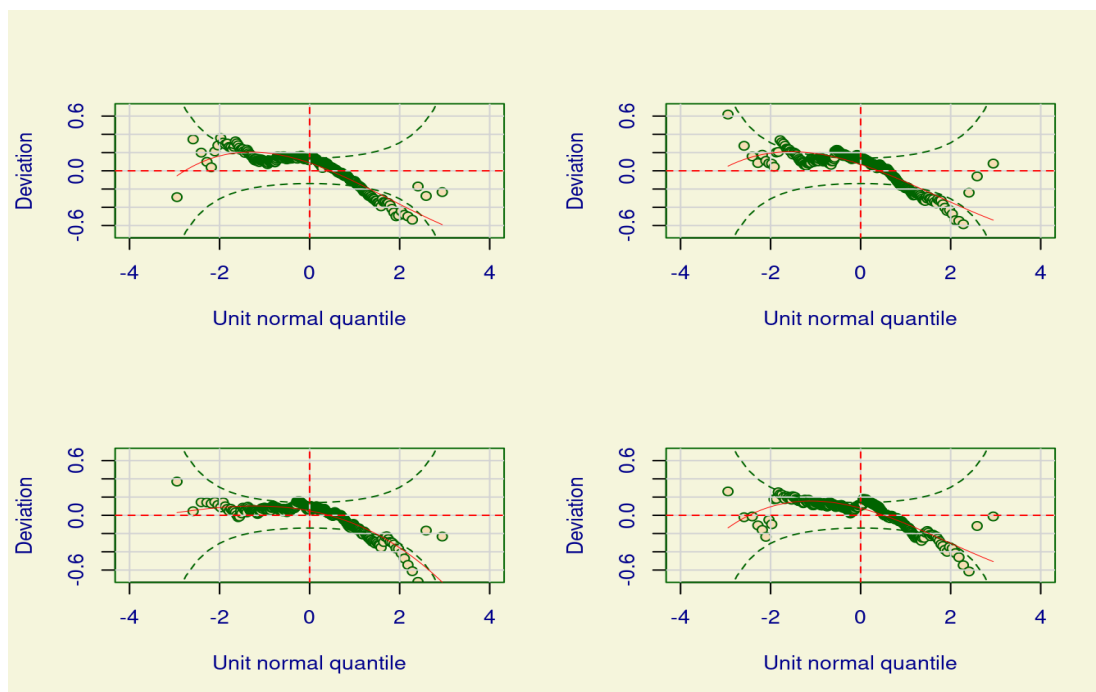


Figura B.28 Diagnóstico modelo GAMLSS com efeito aleatório de classificação (c).

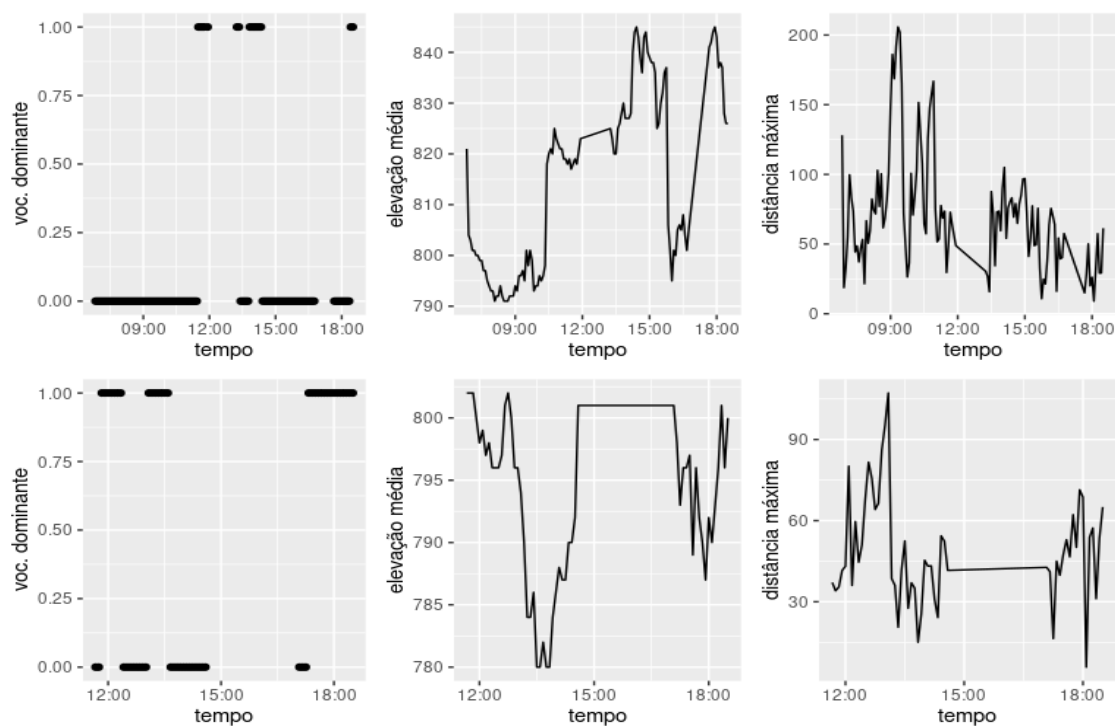


Figura B.29 Descrição das variáveis vocalizações de macacos dominantes, elevação média e distância máxima para os dias 14/01/2019 e 02/11/2018.