
ESTUDO DO
COMPORTAMENTO DE
RASTREAMENTO VISUAL NA
CORUJA BURQUEIRA

MESTRADO

Marcelo Guilherme de Oliveira Dias

Mestrando

Jerome Baron

Orientador

Belo Horizonte, Dezembro 2013.

. Estudo do Comportamento de Rastreamento Visual na Coruja Buraqueira

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Ciências
Biológicas – Fisiologia e Farmacologia do
Instituto de Ciências Biológicas da
Universidade Federal de Minas Gerais, como
requisito parcial à obtenção do título de Mestre
em Ciências Biológicas.

Orientador: Jerome Baron

Belo Horizonte, Dezembro 2013.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e familiares, que sempre deixaram questionar sua autoridade baseado em argumentos lógicos, base da boa prática científica. Aos meus colegas de laboratório, em especial a Cíntia Garcia, Letícia Vilela e Geanne Assunção, quais tiveram participação fundamental para que este trabalho se desenvolvesse. Ao meu orientador, que tem muito ainda para me ensinar e um rigor em seu trabalho admirável. Ao sistema de educação pública brasileira e seus professores, qual devo toda minha formação. E as nove corujas utilizadas neste trabalho de experimentação animal realizado com ética e visando o bem estar delas.

AS ESCOLHAS NO TOTEMISMO NÃO SÃO
FEITAS PELOS ANIMAIS POR SEREM
COMESTÍVEIS OU CAPAZES DE SATISFAZER
OUTRAS NECESSIDADES ECONÔMICAS OU
TÉCNICAS, MAS PORQUE OFERECEM UM
MEIO SENSÍVEL DE EXPRESSAR RELAÇÕES
ENTRE CONCEITOS.

OS ANIMAIS SÃO BONS PARA PENSAR.

LEVI-STRAUSS,
EM TOTEMISMO HOJE

RESUMO

Sob condições não controladas a aquisição de informações visuais é constantemente interrompida por eventos transitórios, tais como o piscar e movimentações de campo visual. A inclusão destes comportamentos em qualquer modelo de processamento visual é de extrema importância. No presente estudo foi utilizada uma abordagem etológica para examinar a dinâmica temporal do piscar, dos movimentos da cabeça e estabilização olhar (fixação) na coruja *Athene cunicularia*, uma espécie ativa durante o dia. As corujas têm movimentos oculares insignificantes. Desta forma o posicionamento da cabeça pode ser tomado como um indicador confiável do posicionamento dos olhos. Os resultados baseiam-se em 17 horas de filmagens em câmera de vídeo com frequência de amostragem de 25 Hz e 960x600 pixels, entre 0900 e 1600 horas, de um total de nove corujas adultas, alojadas em aviários ao ar livre. Os filmes foram analisados quadro a quadro. Quatro categorias comportamentais foram consideradas para análise: (i) "fixação visual" (caso em que os olhos e a cabeça não se movem por tempo superior a 40 ms, ou seja, acima da taxa de amostragem), (ii) "piscar" (fechamento temporário completo das pálpebras); (iii) "sacada" (movimento de cabeça), e (iv) "fora de vista" (quando nem olho era visível para o observador). Sete animais foram observados em três condições de adiantos: de manhã (Mn), tarde (Td), à tarde antes de comer (Ta), e em outras duas em condições: "repouso" (R) e "tarefa" (T), quando os animais estavam engajados na uma tarefa de discriminação de imagens. Proximalmente 77% do tempo filmado os animais ficaram visíveis para a câmera filmadora. Em média, 93 % do tempo os animais estavam em fixação visual. Para as fixações foi observada diferença significativa entre os grupos de Mn x Td e R x T (teste t, $p > 0,05$). A distribuição das durações das fixações foi ampla, variando de 80 a 25.600 ms, e inclinada negativamente com valores médios de 1,840 ms (moda: 480ms). Para corujas em repouso a moda foi de 780 ms e para as corujas em tarefa a moda foi de 240 ms. O piscar durou, em média, 235 ± 45 ms (média aritmética \pm SD; R: 290 ± 64 ms; T: 180 ± 25 ms). A duração média das movimentações de cabeça tipo sacada foi de 161 ± 144 ms (R: 260 ± 160 ms; T: 150 ± 130 ms). Os animais em repouso piscaram com maior frequência do que os animais em tarefa (média: 7.45/min contra 3.05/min, Wilcoxon, $P < 0,001$). Independentemente do estado comportamental do animal, observou-se que 85% das piscadas eram concomitantes com movimentos da cabeça (sacadas). No entanto, o fato de que a

maioria dos movimentos da cabeça exibidos não foram acompanhados pelo piscar, sugere que o mesmo não é simplesmente desencadeado por mecanismos reflexos envolvendo estimulação da córnea. Nossos resultados fornecem evidências de interação tarefa-dependente entre piscar e mecanismos de controle de movimento de cabeça, um fenômeno que também relatado em primatas.

PALAVRAS CHAVE

Coruja, piscar, movimentação de cabeça, busca visual, corujas, corujas buraqueiras *Athene cunicularia*, sacadas, espreitadas, perseguição lenta, fixação visual, análise temporal.

ABSTRACT

Under naturalistic viewing conditions, acquisition of visual information is constantly disrupted by transient events such as eye blinks and saccadic gaze shifts. Their inclusion into any realistic account of visual processing is of paramount importance. In the present study, we used an ethological approach to examine the temporal dynamics of eye blinks, head movements and gaze stabilization in the diurnally active owl *Athene cunicularia*. Owls have negligible eye movements such that head positioning can be taken as a reliable indicator of eye fixation. Our results are based on 17 hours of video recorded camcorder with frame rate of 25 Hz and 960x600 pixels, between 9:00 a.m. and 6:00 p.m., from a total of nine adult owls housed in outdoor aviaries. Digital movies were analyzed on a frame-by-frame basis. Four behavioral categories were considered for analysis: (i) “gaze” (instance where the eyes and head did not move for at least 40 ms i.e. two video frames); (ii) “blink” (complete transient closure of the eyelids); (iii) “gaze-shift” (head motion); and “out of view” (when neither eye was visible to the observer). Seven animals were observed during three circadian periods: morning (Mn), afternoon (An) and afternoon before eating (Ae). In addition, two animals were observed while “resting” (R) and when performing a two-alternative forced-choice discrimination task, a behavioral situation referred as “task” (T). For each behavioral category and state, we merged the data obtained from all animals. Behaviors could unambiguously be coded for about 77% of the total recording time. Gaze was by in large the most frequent behavior with significant difference between groups Mg x An and R x T (t test, $p > 0.05$). The distribution of gaze durations was broad, ranging from 80 to 25,600ms, and negatively skewed with median values of 1840 ms (mode: 480ms) for resting owls (RO) and 780 ms (mode: 240ms) for discriminating owls (DO). Blink episodes lasted on average 235 ± 45 ms (arithmetic mean \pm SD; RO: 290 ± 64 ms; DO: 180 ± 25 ms). Mean saccadic gaze-shift duration was 161 ± 144 ms (RO: 260 ± 160 ms; DO: 150 ± 130 ms). RO blinked significantly more often than DO (median: 7.45/min versus 3.05/min, Wilcoxon rank sum, $P < 0.001$). Independently of the behavioral state of the animal, we also found that around 85% of blinks were concomitant with head movements. However, the fact that most head movements exhibited by DO were not accompanied by blinks as they were seen to be in RO suggests that blinks were not simply triggered by reflexive mechanisms involving corneal stimulation. Our results

provide evidence for task-dependent interaction between blink and head movement control mechanisms, a phenomenon that has also been reported in primates.

KEY WORDS

Owl, blinking, head movement, visual search, burrowing owls *Athene cunicularia*, balconies, peering, smooth pursuit, visual fixation, gaze, temporal analyze.

ABREVIATURA DE SIGLAS

ANOVA - análise de variância.

At - condição ambiental de atenção por realização de tarefa.

AVI - formato de arquivo de vídeo digital sem compactação. Todos os pontos de todos os quadros recebem uma numeração digital.

Ct - coruja Catharina.

Dw - coruja Charles Darwin.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis.

IEP - intervalo entre piscadas.

IES - intervalo entre sacadas visuais.

IK - índice Kappa.

Lt.Cv - linha temporal dos comportamentos relacionados com a mudança no posicionamento do campo visual.

Lt.Fun - Linha temporal fundida, resultado da sobreposição de Lt.Ol e Lt.Cv.

Lt.Ol - linha temporal dos comportamentos relacionados com os olhos.

Mo - condição ambiental: manhã sem alimentação.

MOV - formato de vídeo digital com compactação.

P.D - piscar, duração.

P.F - piscar, frequência.

Pabak - correção do índice Kappa pela proporção de eventos.

Re - condição ambiental de repouso.

S.D - sacada duração.

S.F - sacada, frequência.

Ta - condição ambiental: tarde alimentada.

Td - condição ambiental: tarde sem alimentação.

UFMG - Universidade Federal de Minas Gerais.

Zl - coruja Zuleica.

SUMÁRIO

Agradecimentos	3
Resumo	5
Palavras chave	6
Abstract.....	7
Key words.....	8
Abreviatura de siglas	9
1. Primeiras palavras	12
2. Introdução.....	15
3. Objetivo.....	25
3.1. Objetivo geral	25
4. Materiais e Métodos	26
4.1. Métodos gerais	26
4.2. Condição experimental	26
4.2.1. Animais utilizados, <i>A. cunicularia</i>	26
4.2.2. Recintos e cercanias	28
4.2.3. Condições de gravação e armazenamento dos filmes	29
4.3. Categorização das condições ambientais e filmagem.....	31
4.4. Treinamento para a realização de tarefa visual.....	34
4.5. Definição das condutas comportamentais.....	35
4.6. Análise das imagens.....	41

4.7.	Análise dos comportamentos, dados e estatística	44
5.	Resultados	48
5.1.	Resultados gerais	48
5.2.	piscar	50
5.3.	Movimentações de campo visual: Sacada, perseguição suave e espreitadas... ..	52
5.4.	Fixações visuais	55
5.5.	Relação entre o piscar e as sacadas	58
6.	Discussão.....	66
6.1.	Resumo dos principais achados:	66
6.2.	Para onde aponta o olhar natural?	68
6.3.	Estratégias de varredura dO campo visual.....	76
6.4.	piscar e sua associação com as sacadas	81
6.5.	Direções futuras e Preocupações finais.....	92
•	Bibliografia.....	98
	Anexo – Figuras extras	106
	O Piscar	106
	As movimentações dos olhos no espaço	109
	Fixações visuais.....	113
	Relações.....	114

1. PRIMEIRAS PALAVRAS

Todo trabalho começa de algum ponto. Mas muitas vezes este ponto inicial, que alavanca a pesquisa é esquecido no produto final que colhemos anos depois, seja nas teses, dissertações ou artigos, ou aparece de forma muito discreta dado à própria dinâmica da pesquisa acadêmica, que caminha por locais muito diferentes dos inicialmente traçados.

Meu ponto de partida foi o seguinte: Há alguns anos nosso laboratório trabalha com corujas buraqueiras (*Athene cunicularia*) introduzindo esta espécie como animal experimental no estudo da visão. Várias características fisiológicas, comportamentais, ecológicas e financeiras tornaram esta espécie viável para nossos estudos, porém, apesar de vários achados interessantes, sabíamos pouco sobre como esta espécie se comportava sem nossa influência direta. Os estudos existentes não possuíam a precisão que necessitávamos sobre o comportamento visualmente guiado destes animais e suas características peculiares. Esta brecha poderia resultar em erros muito facilmente, como por exemplo, imaginar este animal como modelo interessante para explorar a supressão neural durante o piscar. Sua movimentação ocular reduzida, que possivelmente partilha algumas vias de supressão com o piscar, eliminaria esta variável. Ou analisando a taxa de disparos em células visuais de seu telencéfalo, para durações muito acima da duração das fixações visuais encontradas para o animal em condições menos controladas, dando menor importância para a análise dentro de uma faixa fisiologicamente significativa. Seria como estudar uma fisiologia da exceção¹.

¹Estudar a “fisiologia de exceção” seria estudar um estado fisiológico em uma condição raramente encontrada em condições não controladas para um dado animal, como por exemplo estudar como os camelos se comportam em um ambiente ártico ou antártico, ou analisar estímulos estáveis por dezenas de minutos na retina de coruja, condições extremamente improváveis.

Konrad Lorenz, ao falar do estudo em laboratório e suas possíveis alterações comportamentais o compara com o estudo de uma patologia, pontuando muito bem:

DA MESMA MANEIRA QUE A PATOLOGIA EM GERAL É UMA DAS MAIS IMPORTANTES FONTES DE CONHECIMENTO DA FISILOGIA, E EXATAMENTE COMO A DEFICIÊNCIA PATOLÓGICA DE UMA DADA FUNÇÃO FAZ O PESQUISADOR PERCEBER UM DADO MECANISMO, TAMBÉM O ESTUDIOSO DO COMPORTAMENTO MUITAS VEZES APRENDE ALGO DA MAIOR IMPORTÂNCIA, TENDO COMO BASE PERTURBAÇÕES PATOLÓGICAS DO COMPORTAMENTO (LORENZ, 1993, P.75).

E ainda a seguir coloca que *“não há peso nenhum em afirmações sobre a não existência de um comportamento particular em um animal cativo”*.

Foi minha tarefa de explorar o comportamento visual das corujas em ambientes menos controlados e evitar um viés perigoso para o estudo da dinâmica de respostas das células visuais e dos mecanismos de supressão. Por quanto tempo uma coruja olha um objeto? Que tipos de movimentos elas fazem? Como o piscar se relaciona a movimentação de cabeça?

É bastante interessante observar obstinadamente um animal. Muitos comportamentos que passavam despercebidos na nossa vivência diária dentro do laboratório mostraram relações claras e importantes, e o que seria um estudo relativamente rápido caminhou para um estudo comportamental maior e o desenvolvimento de novos trabalhos seguindo esta linha, além de deixar bastante evidente como o comportamento visual das aves deve ser pensado de maneira diferente do nosso comportamento, ou até mesmo como nosso olhar sobre a natureza, uma ideia abstrata, nos influencia. Observar sistematicamente as filmagens das corujas também permitiu que percebêssemos alguns detalhes, como a maneira rápida que estas

controlam a íris, ou a possibilidade de piscadas monoculares em algumas condições específicas.

Mesmo dentro das limitações impostas ao estudo do comportamento visual das corujas em cativeiro, o simples fato de termos observado estes animais fora do laboratório projetou alguns passos para a compreensão do sistema visual, mostrando a importância de se conhecer bem o seu animal de estudo, e em diferentes condições. Mas seria interessante lembrar que muitos de nossos achados se deram não pelo olhar sistematizado durante os meses de análise, mas também pelo fato de ao analisarmos não estávamos atrás de um só comportamento, ou um só sistema sensorial (a visão no nosso caso), mas olhar a coruja como um todo.

2. INTRODUÇÃO

A menos que ocorra um controle deliberado, como encontrado em alguns protocolos experimentais que empregam animais com olhos e cabeça fixos e afastadores palpebrais, a captura de informações visuais pelos sujeitos é interrompida dezenas de vezes por minuto por comportamentos efêmeros, na ordem de décimos de segundo. Grosseiramente, os comportamentos que causam estas interrupções podem ser divididos em duas categorias: os relacionados às movimentações de campo visual e os relacionados ao piscar.

A movimentação de campo visual é resultado da movimentação dos olhos e/ou de sua conjugação com os movimentos da cabeça e/ou do corpo (HAYHOE; BALLARD, 2005; HENDERSON, 2003; MCCLUSKEY; CULLEN, 2007), com diferentes velocidades de execução. As mais costumeiras, as sacadas, um movimento balístico entre dois pontos qual os olhos se direcionam, possuem velocidade em humanos de aproximadamente 200-500°/segundo (GANDHI, 2012), suprimindo a necessidade de reposicionar os olhos em diferentes pontos do espaço diante da heterogeneidade da retina (qual possui apenas uma pequena área de alta resolução, a fóvea), a limitação do campo visual, e as diferentes demandas na realização de tarefas, bem como a relação com outros órgãos de sentido. No caso das sacadas, apesar de não ocorrer um bloqueio da captura de imagens, a velocidade de movimentação pelo campo visual é tal que ocorre perda de informações, sobretudo pela deterioração da resolução espacial (LAND, 1999). As sacadas podem ocorrer dezenas de vezes por minuto, variando em velocidade, duração e frequência conforme o tipo de tarefa qual o indivíduo está atrelado e a amplitude dos movimentos necessários na sua realização (HAYHOE; BALLARD, 2005; HENDERSON, 2003; LAND; HAYHOE, 2001).

A Sacada não é única maneira de realocar o olhar. Isto também pode se dar por meio de movimentos lentos, chamados perseguição suave (em inglês, *smooth pursuit*), um tipo de movimentação dos olhos que acompanha alvos em movimento, geralmente refratados na fóvea. Este tipo de movimento não está sob controle voluntário, não sendo possível iniciar a perseguição suave em um ambiente estacionário, ou suprimi-lo completamente em um ambiente com objetos em movimento (KOWLER, 2011). Outra maneira de realocar o olhar se dá pelos movimentos de cabeça estereotipados com componente essencialmente translacional, ou espreitada (em inglês, *peering*). Estes, que são movimentos com pronunciado componente de movimentação no eixo horizontal ou vertical do animal, podem ser base de estimativa de distância através do fenômeno de paralaxe (COLLETT, 1978). Neste caso, objetos próximos se deslocam mais rapidamente que objetos distantes. Possivelmente a espreitada é de grande valia para a captura de presas durante a caçada de corujas *Tyto alba*, embora sem evidência direta para tal (FUX; EILAM, 2009; VAN *et al.*, 2002). Há uma última maneira de movimentar o campo visual, dada pelo próprio deslocamento do indivíduo pelo espaço, que parece ser de extrema importância para a localização visuo-espacial em aves e na sua capacidade de estimar distâncias (ver revisão em MARTIN, 2007).

O piscar, outra categoria de comportamento que interrompe a captura visual, também gera uma diminuição transitória altamente perturbadora na luminosidade (BURR, 2005), uma atividade motora com componente reflexo, que protege os olhos contra danos e oxigena a córnea. Sua frequência de ocorrência é de 10-15 vezes por minuto em humanos, durando aproximadamente 100-150 ms (BURR, 2005). Na maioria dos vertebrados o piscar é acompanhado pelo fechamento da membrana

nictitante, tecido que auxilia na limpeza e oxigenação da córnea, sendo vestigial em muitas espécies de primatas, como nos humanos².

Apesar da alta frequência de ocorrência de interrupção da captura de informações visuais, o piscar e a sacada não são geralmente percebidas, criando um contraste gritante com a qualia de continuidade e homogeneidade de uma cena visual (WURTZ *et al.*, 2011). É descrito para sacadas, mecanismos antecipatórios que aumentam a atividade neural para a área correspondente a um ponto futuro do espaço qual os olhos se direcionarão, antes mesmo do início da movimentação ocular correspondente. É possível que estes mecanismos sejam os responsáveis pela sensação de continuidade de campo (MANNING *et al.*, 1983; WURTZ, 2008) e que sacadas e piscar partilhem várias etapas de supressão em comum (JOHNS M, CROWLEY K, CHAPMAN R, TUCKER A, 2009) apesar de serem comportamentos distintos; um gerando estímulos muito rápidos, e o outro abaixando a luminosidade e interrompe a captura.

Além de suas funções intrínsecas de varredura do campo visual dado pelas sacadas, e a limpeza, proteção e oxigenação da córnea dado pelo piscar, estes eventos transitórios também são importantes para evitar a adaptação dos receptores em diversos pontos do sistema visual (DITCHBURN; GINSBERG, 1952). A adaptação no sistema visual se dá porque o mesmo evolui para enxergar mudanças de padrão, as células da retina, por exemplo, se forem constantemente desafiadas por um estímulo constante se adaptam a este estímulo (MARTINEZ-CONDE; MACKNIK, 2008).

Se tomarmos esses comportamentos transientes em uma série temporal sistemática, veremos que eles são intercalados pelos períodos de fixação visual

² Talvez vestigial em todas as espécies, porém no levantamento bibliográfico não encontramos dados sobre o tema.

(ANASTASOPOULOS *et al.*, 2009). É durante estes períodos de fixação que efetivamente toda a captura de estímulos visuais ocorre (WURTZ, 2008). A duração média da fixação em humanos em alguns protocolos visualizando imagens projetadas varia bastante, tomando um valor médio de 330 ms (HENDERSON, 2003), porém, mesmo dentro dos períodos de fixação, microssacadas oculares, pequenas movimentações 12 min arc, foram descritas para diversas espécies (MARTINEZ-CONDE; MACKNIK, 2008). Proporcionalmente, 12 minutos de arco equivale a movimentos na escala de um centímetro a 3 metros de distância do observador.

A função destas microssacadas em condições mais naturalísticas, isto é, com cabeças e olhos livres em um ambiente menos controlado, são um tanto controversas, dado que apenas 0,06% das movimentações de campo visual totais poderiam ser classificadas nesta condição como microssacadas (MALINOV *et al.*, 2000).

Sacadas, piscar e fixações visuais são parâmetros comportamentais importantes que permitem compreender a dinâmica de como informações visuais são capturadas e para acessar os mecanismos subjacentes da atenção visual e planejamento de ações. O aumento na frequência de sacadas pode melhorar a capacidade de analisar o ambiente, o que pode estar relacionado a um maior risco de predação, como é sugerido para passariforme *Aphelocoma californica* quando no solo, e para corvos americanos quando empoleirados (FERNÁNDEZ-JURICIC *et al.*, 2010). Diferentes taxas de movimentação de cabeça em diferentes espécies de rapina podem indicar diferentes estratégias de caça associada a seus respectivos habitat (ROURKE *et al.*, 2010). Saber quais regiões do espaço o olhar é direcionado é uma eficiente ferramenta de reflexão sobre processos cognitivos e de sua dependência com uma dada tarefa, como mostrou o clássico estudo de Yarbus (YARBUS, 1967), onde um mesmo indivíduo, olhando para uma mesma pintura, mudava significativamente o padrão e os locais para qual direcionava os olhos,

conforme diferentes informações que necessitava extrair desta imagem. Porém a impressão subjetiva da movimentação de campo visual pode ser bastante diferente do ato motor em si, como registrado na atividade de leitura desde o final do século XIX (HUEY, 1900).

As características do piscar dependem também do estado comportamental do sujeito. Por exemplo, o aumento da frequência do piscar está correlacionado com estados de sonolência, durante um diálogo, em casos de abuso de álcool, na doença de Parkinson, etc. Já uma redução na sua frequência está associado com a realização de tarefas que necessitam de atenção, como na leitura, assistir vídeos ou dirigir (ANTONIO A.V. CRUZ, DENNY M. GARCIA, CAROLINA T. PINTO, 2011). Aves de hábito diurno piscam em maior frequência que as de hábitos noturnos, mesmo em espécies sem proximidade filogenética como corujas e garças o (*Nyctiocorax nyctiocorax*) (KIRSTEN; KIRSTEN, 1983).

Uma interessante associação temporal entre sacadas e piscar é descrita em espécies de mamíferos tão diversas quanto porcos da índia e primatas (EVINGER *et al.*, 1984; RIGGS *et al.*, 1987), bem como é citado em aves, apesar de não haver até o momento estudo sistemático neste grupo, mostrando a importância adaptativa desta associação. A sincronia entre sacadas e piscar parece acompanhar a amplitude dos movimentos sacádicos: 97% das sacadas acima de 33° em humanos são acompanhadas por um piscar simultâneo (EVINGER, C *et al.*, 1994).

Uma das possíveis explicações para esta associação seria dada por um mecanismo de arco-reflexo desencadeado pela estimulação da córnea durante a movimentação dos olhos. Porém diversos estudos descartaram esta como causa direta da associação entre as sacadas e o piscar, a revelia da função protetora do arco-reflexo

córneo palpebral. De fato a atividade do *orbicularis oculi*, músculo responsável pelo fechamento da pálpebra, se inicia antes mesmo do início da sacada e se mantém presente mesmo quando os indivíduos realizam sacadas com os olhos fechados (EVINGER, C *et al.*, 1994)³. A sincronia entre movimentação de cabeça e sacada, pelo contrário, parece ser finamente orquestrada tendo em vista o contexto qual o organismo está envolvido. Em uma tarefa de direcionar os olhos para um dado alvo, voluntários associam com maior frequência a sacada e o piscar durante o retorno ao ponto de origem e não durante o direcionamento a este alvo (WILLIAMSON *et al.*, 2005).

A associação entre sacadas e o piscar possui duas funções, segundo Forgarty: (1) Proteção dos olhos durante o movimento e (2) lubrificação da córnea sem interferir com a visão (FOGARTY; STERN, 1989). Gandhi e associados sugerem ainda uma função fisiológica mais fina, além da manutenção da saúde do olho. Ela seria importante no auxílio da supressão da atividade neural em sacadas maiores que 20° (GANDHI, 2012) dado que os mecanismos de supressão neural para sacadas abaixo desta faixa são mais rápidos (brisk).

Já os períodos de fixação visual, quando associadas a uma tarefa, são classificados em quatro categorias segundo LAND *et al.* (1999); (1) Localização de um objeto, quando a fixação não está relacionada a uma atividade motora presente, mas podem estar relacionadas a uma atividade futura (PELZ; CANOSA, 2001), (2) Direcionamento, por exemplo, quando nosso olhar acompanha o movimento da mão até tocar um objeto, ou o direcionamento de um objeto até uma posição em particular; (3) Guiar, quando a manipulação envolve mais de um objeto; e (4) Checar, quando a fixação é usada para checar se uma tarefa é realizada corretamente, como quando

³ Também podemos pensar que este mecanismo de arco-reflexo se fixou ao longo da evolução, ou foi aprendido, a tal ponto que antes do desencadear do estímulo, o reflexo já se daria.

enchemos uma garrafa com água. A duração das fixações pode variar enormemente, parecendo maior quanto mais significativo é o objeto dentro de um dado contexto (HAYHOE; BALLARD, 2005; PELZ; CANOSA, 2001).

Apesar do estudo das fixações e sacadas possuir uma longa história, é relativamente recente os estudos realizados fora do laboratório, em condições mais naturalísticas. A grande maioria dos trabalhos foram realizados em condições controladas⁴. Nestas condições experimentais o corpo e a cabeça dos sujeitos experimentais se encontravam fixos em um aparato de registro e apenas um dos olhos tem seus movimentos mensurados (CHALUPA; WERNER, 2004, p.1340).

Este trabalho teve como objetivo a caracterização temporal e as inter-relações das três principais classes de comportamento presentes na captura de informações visuais; movimentações de campo visual (sacadas, perseguição suave e espreitadas), piscadas (monocular ou binocular) e fixações, sob diferentes condições ambientais (variação de horário) e sob demanda de tarefa que envolve a atenção do animal (distinção de imagens), utilizando a técnica gravação e análise em vídeo quadro a quadro em corujas buraqueiras (*Athene cunicularia*), na condição de semi-campo (cativeiro). Até onde alcança nosso conhecimento, não foi realizado nenhum estudo sistemático que abrangesse estas três classes comportamentais em conjunto para aves, apesar da clara evidência da associação entre elas. A visão é de particular importância nas aves, visto seu passado evolutivo como animais diurnos e os habitat que hoje ocupam, podendo ser considerados, apesar da importância de todos os órgãos de sentido na sobrevivência, animais visuais (COOK *et al.*, 1996). A visão tem papel fundamental nas atividades mais diversas da grande maioria das aves, como caça, comunicação,

⁴ Também conhecidas como “não naturais”. Cabe lembrar que o próprio conceito de “natural” é um conceito socialmente construído. Este conceito no tronco ocidental, é visto como uma espécie de sinônimo para algo não deliberadamente construído pelo homem (LATOURE, 1996, 2009; LEACH, 1989)

demarcação de locais de vida, pistas reprodutivas e de desenvolvimento. Na Coruja buraqueira, espécie comum de campos abertos e cerrados brasileiros, isto não é diferente. A espécie se alimenta principalmente de insetos e pequenos vertebrados (HELMUT SICK, 1997; MRYKALO, 2005), e pode ser classificada como caçadora de senta e espera (GALL *et al.*, 2010). Seu período de atividade se alonga por todo o dia, bem como em noites iluminadas (HELMUT SICK, 1997).

Corujas têm se mostrado modelos animais de grande valia para o estudo sensorial (para revisão ver WAGNER *et al.*, 2012). As peculiaridades de seu sistema visual as tornam animais muito interessantes. Se por um lado elas possuem grandes semelhanças com o sistema visual de primatas e felinos, os dois grupos mais estudados e com grande importância adaptativa do sentido da visão, permitindo analogias apesar dos mais de 200 milhões de anos de divergência evolutiva (BARON *et al.*, 2007; PINTO; BARON, 2009, 2010), por outro elas possuem diferenças marcantes, permitindo eliminar algumas variáveis durante as pesquisas, sem grandes intervenções do experimentador.

Seus grandes olhos, além de facilitarem o acesso e o estudo de sua anatomia, restringem a capacidade de movê-los em aproximadamente 2° (STEISBACH; MONEY, 1973). Desta forma a movimentação de campo visual das corujas pode ser inferida através da movimentação de sua cabeça e/ou corpo. Como impacto direto disto, a movimentação de campo visual depende do recrutamento, de forma bastante fina, de um conjunto de músculos muito maior e diferente daqueles encontrados em outros animais que possuem movimentação ocular, como primatas e felinos, recrutando, sobretudo, a musculatura do pescoço e do tronco. Uma relação de peso bastante diversa e proporcionalmente absurda se comparado com a movimentação somente dos olhos. O

mover de cabeça de corujas buraqueiras significa mover mais de 10% de seu peso corporal.

Diferentemente da grande maioria das aves e de outras rapineiras, corujas possuem a via retino-talamo-fugal mais desenvolvida que a via retino-teto-fugal, terminando em uma área análoga funcional do córtex visual primário de primatas (BARON *et al.*, 2007; MEDINA; REINER, 2000). Seus olhos são os mais frontalizados dentre as aves (MARTIN, 2007), o que resulta no maior campo binocular deste grupo possivelmente utilizado para extrair pistas estereoscópicas (VAN *et al.*, 2002). Em contra partida há um grande campo cego atrás da cabeça. Possivelmente a conhecida capacidade de mover a cabeça das corujas se deva mais a seu grande campo cego, do que a restrição da movimentação ocular, visto que outras aves com olhos mais lateralizados e também relativamente fixos no crânio, não possuem grande grau de liberdade na movimentação da mesma (por exemplo o falcão peregrino). Corujas buraqueiras possuem uma única área de maior resolução onde o olhar é centrado (visão gaze). As demais rapineiras, como águia e falcões, possuem duas regiões na retina de cada olho especializadas para a visão de alta acuidade: a fóvea profunda e fóvea superficial, uma próxima do eixo óptico e outra no eixo visual, respectivamente (TUCKER, 2000). Diferentemente da coruja *Tyto alba*, alvo de diversos trabalhos, a coruja buraqueira possui uma fóvea bem definida.

Todas estas características anatômicas, fisiológicas e o contexto ambiental possivelmente influenciam no padrão das principais classes de comportamento presentes no rastreamento visual da coruja buraqueira; movimentação de cabeça, fixações visuais e o piscar. Através da comparação com estudos similares realizados em outras espécies, como primatas, roedores e outras espécies de aves, com ampla

diferença estrutural, compreender melhor a relação destes comportamentos na interação entre sujeito e meio.

3. OBJETIVO

3.1. OBJETIVO GERAL

O presente projeto possuiu o objetivo de caracterizar quantitativamente a frequência e a duração de comportamentos oculomotores relacionados à busca visual da coruja buraqueira (*Athene cunicularia*), usando uma abordagem etológica.

Objetivos específicos

1. Determinar a frequência e a duração do piscar, em seus subtipos, as piscadas mono- e binoculares.
2. Determinar a frequência e a duração das movimentações de cabeça (olhos) no espaço, em seus subtipos de movimentações, as sacadas, movimentações lentas e espreitadas.
3. Determinar a frequência e a duração das fixações visuais, ou seja, os períodos quais o animal estava com a cabeça fixa e os olhos abertos.
4. Investigar a variação de frequência e duração dos comportamentos diante de diferentes períodos do dia (manhã X tarde) e tempo de jejum (tarde logo após alimentação X tarde e jejum de 24 horas) e condições atencionais, dado pela presença de uma tarefa que demanda atenção do animal versus controle.
5. Investigar relações temporais entre os comportamentos de movimentação de olhos no espaço e o piscar.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. MÉTODOS GERAIS

Este experimento foi subdividido em duas etapas. A primeira consistiu em um levantamento que privilegiou um maior número de animais (8), por períodos mais curtos (sessões de 10 minutos), buscando identificar variações nas três principais categorias comportamentais analisadas no presente trabalho em períodos de alimentação e horário diferentes. O objetivo principal dessa primeira etapa foi de padronizar o protocolo experimental para a segunda etapa; um estudo com tempo de gravação mais prolongado e sessões maiores (30 minutos) e menos animais (2) olhando as mesmas três categorias características da busca visual na *A. cunicularia*, agora sob demanda de atividade que envolvia a atenção do animal versus grupo controle. Em ambas as etapas lançou-se mão de uma câmera filmadora e subsequente análise quadro a quadro das filmagens.

4.2. CONDIÇÃO EXPERIMENTAL

4.2.1. ANIMAIS UTILIZADOS, *A. CUNICULARIA*.

Foram ao todo utilizados nove corujas buraqueiras (*Athene cunicularia*) durante a pesquisa, obtidos por doação do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) (Licença nº02015.004197/03), que também autoriza o uso desses animais para pesquisa através da autorização de manejo da fauna silvestre N° 3106.6995/2012-MG . As aves foram alocadas em quatro dos onze recintos do nosso viveiro de aves, que possui dimensão total de aproximadamente 30 m², gradeado em

malha metálica com distância de 2,5 cm entre feixes. Os demais recintos estavam ocupados por outras corujas (30) de três espécies diferentes.

Os animais utilizados na primeira etapa do estudo foram escolhidos pela distribuição nos recintos na data de início do projeto, que possui distribuição possivelmente aleatória dado que é determinada por diversos fatores como data de chegada do animal do IBAMA, utilização em outras pesquisas, etc. Este procedimento visou evitar realocação de animais nos viveiros, o que poderia ser fator de estresse e modificações comportamentais. Na segunda etapa dois animais foram utilizados, também selecionados por fatores externos ao experimento, isto é, a disponibilidade dos animais em relação aos outros experimentos realizados no laboratório na data de início do treinamento determinou a entrada dos mesmos no processo de treinamento comportamental. Um dos animais Zuleica (Zl) selecionados para a segunda fase também participou da primeira etapa do estudo. Todos os animais utilizados foram, antes do início das gravações, submetidos a exame de fundo de olho, atestando a integridade de suas retinas. Uma forte diferença no comportamento de um dos animais foi determinante para a exclusão de seus dados da primeira etapa do projeto. Esta coruja (Charles Darwin, Dw) durante todas as sessões de filmagem permaneceu estática, olhando para um local fixo, muito diferente dos demais animais gravados, realizando piscadas monoculares em frequência quatro vezes superior ao segundo maior valor registrado em outro animal encontrado para este comportamento. Por não apresentarem evidente dimorfismo sexual (contudo ver THOMSEN, 1971) não foi possível discriminar o sexo dos animais.

As corujas foram alimentadas durante à tarde, 16-19h, com roedores, aproximadamente 35 gramas por animal/dia, exceto quando realizando testes comportamentais com restrição alimentar. Neste caso as corujas ficaram pelo menos 24

horas em jejum antes do início das sessões de filmagem. Os procedimentos adotados foram aprovados pelo Comitê de Ética em Experimentação Animal, UFMG (protocolo 005/04 e posteriormente protocolo 91/2010).

4.2.2. RECINTOS E CERCANIAS

Dois recintos de repouso idênticos (frente: 200cm, lateral: 250cm, altura: 200cm) foram utilizados na primeira fase, com quatro animais cada um. Os recintos possuíam um bloco cerâmico (20cmx20cmx30cm) em sua região central, galhos nas laterais, bem como pequenos buracos cavados pelas corujas. Na segunda fase do experimento, dois recintos (frente: 110cm, lateral: 246cm, altura: 200cm), com uma coruja cada, foram utilizados para o treinamento dos animais. A execução da tarefa visual discriminativa será explicada melhor explicada no tópico 3.4. Devido a uma enfermidade de um dos animais (Catharina, Ct), que impossibilitava o mesmo de voar, o aparato para apresentação de imagens foi colocado no chão do recinto em cada repetição na apresentação de imagens. Para este caso, um poleiro de partida para o animal foi fixado no centro do recinto experimental a 18 cm de altura do chão e uma divisória foi colocada a 60 cm de distância do poleiro para que, a partir de um determinada distância, a coruja não pudesse mais mudar sua escolha. Já no recinto de treinamento da coruja Zuleica (Zl), uma caixa de apresentação de imagens foi acoplada à sua porta, a cerca de 120 cm do chão, não sendo necessária a entrada do treinador durante as sessões. O poleiro de partida do animal, estava a 120 cm do solo e a 170 cm porta. O período de aclimatação das corujas, em ambas as etapas, foi superior a 60 dias, sendo que elas já se encontravam no viveiro a tempo superior a 274 dias (274-1340 dias, média de 994).

Nas cercanias do viveiro existe um pequeno bosque na face oeste, e as demais faces são voltadas para o edifício do Instituto de Ciências Biológicas. Com o objetivo de minimizar a influência de sons e movimentos de origem antrópica nos experimentos, que em geral eram mínimos nesta área, as filmagens foram realizadas nos fins de semana. As condições de umidade foram monitoradas, variando entre 65-80%. A temperatura oscilou entre 19°- 26°C.

4.2.3. CONDIÇÕES DE GRAVAÇÃO E ARMAZENAMENTO DOS FILMES

As gravações foram realizadas utilizando-se uma câmera modelo GR-D350UB JVC, com 25 Hz de frequência de captura e resolução de 960x600 pontos (pixels). A câmera foi posicionada de 2,5 - 3 metros de distância da abertura do viveiro, em cima de um tripé, tendo foco e aumento óptico alterados manualmente (Fig. 1 e 2). O responsável pelo manuseio da câmera manteve-se em total silêncio durante as filmagens, não realizando movimentos bruscos, ou outros tipos de comportamentos que pudessem chamar a atenção dos animais. Não foi utilizado qualquer aparato que ocultasse tanto o equipamentos de filmagem como o operador do campo de visão dos animais. Mas se deve resaltar que o longo período que os animais estão no viveiro (em média superior a dois anos), com contato diário com humanos, sendo alimentados praticamente todos os dias por eles e tendo seus recintos varridos a cada dois dias, a presença dos mesmos não é das mais perturbadoras. A coruja buraqueira em ambientes urbanos exhibe habituação à presença de seres humanos perto de seus ninhos, dependendo do grau de perturbação em seu ambiente (VICTOR *et al.*, 2002). De qualquer forma, antes do início de cada sessão de gravação, um período de 10 minutos foi respeitado, para evitar comportamentos díspares influenciados pela chegada do

experimentador. Como nota, relato que em raríssimos casos as corujas fixavam visualmente o experimentador ou a câmera, exceto a coruja Dw que teve seus dados excluídos.



Figura 1 - Sessão de gravação de coruja em repouso. Experimentador maneja a câmera a 2,5 metros de distância da entrada da porta do recinto N° 5.



Figura 2 - Esquerda: Ângulo de visão da câmera de filmagem. Direita: Plano detalhe da coruja sendo filmada. A distância da objetiva da câmera até a coruja é de cerca de 2,5m.

Após o término das sessões de gravação as imagens foram convertidas de seu formato original AVI em fita magnética miniDv, para o formato MOV utilizando o programa Quick time[®]. A economia de espaço gerada foi de 10x (6 Gb para no 600 Mb

por hora de gravação). Não foi explicitado o algoritmo de compactação de tal formato, então realizamos um breve estudo com o objetivo de saber se haveria perda de quadros durante a compactação. Para tal, um cronômetro foi filmado durante cinco minutos. Analisando as imagens, não houve perda de qualquer quadro, independente do formato analisado. Qualitativamente não percebemos qualquer diferença entre filmes no formato AVI ou MOV.

É importante salientar que a face da coruja, alvo dos principais objetivos deste trabalho, normalmente ocupava grande percentagem do enquadramento da câmera, como podemos perceber nas figura 3, mostrando uma sequencia de 10 quadros de filmagem. Esta estratégia foi adotada para melhorar tanto a precisão na caracterização dos comportamentos por parte dos experimentadores, bem como amenizar qualquer erro associado ao algoritmo de compactação que, em geral se aplica a pequenos conjuntos pixels invariantes em quadros sequenciais.

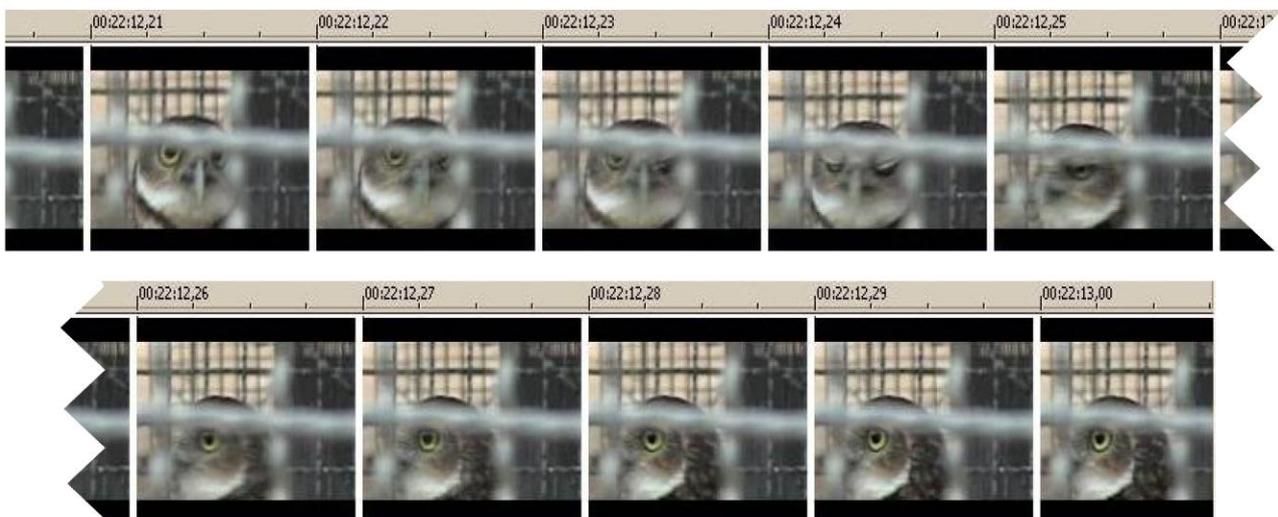


Figura 3. Sequência de 10 quadros com a coruja realizando uma sacada para sua direita e uma piscada dupla concomitantemente.

4.3. CATEGORIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS E FILMAGEM

Na primeira etapa oito corujas buraqueiras foram filmadas, individualmente por dez minutos em três condições ambientais diferentes; período da manhã (9-12h), período da tarde (15-18h) onde os animais estavam a pelo menos 24h sem alimentação (24-38h), e período da tarde logo após a alimentação, totalizando 30 minutos de gravação por animal. Nesta condição apenas um experimentador foi necessário para operar a câmera filmadora. Estas condições ambientais foram nomeadas como *manhã sem alimentação* (Mo), *tarde sem alimentação* (Td) e *tarde alimentada* (Ta). Não houve a categoria alimentada/manhã, já que os animais no viveiro estão acostumados a serem alimentados somente no período da tarde e alimentá-los pela manhã implicaria em uma mudança no hábito de manutenção dos animais.

Na segunda etapa, duas corujas (Ct e Zl) foram filmadas individualmente, em duas condições ambientais diferentes; uma onde o animal realizava uma tarefa de discriminação entre duas imagens (At), recebendo um reforço positivo (um pequeno pedaço de carne) somente se acertasse a figura qual foi previamente condicionada (ver tópico 3.4 e 3.5). Esta condição demandou dois experimentadores, um operador da câmera filmadora e outro conduzindo a tarefa de visual. A segunda condição ambiental desta etapa, o animal estava em repouso no viveiro (Re). A definição do estado de repouso é a não realização da tarefa visual. Para as duas condições, as gravações foram conduzidas no período da tarde, com corujas alimentadas no dia anterior, também se respeitando um período de 10 minutos para aclimatação dos animais com a chegada dos experimentadores antes do início das gravações. Foram filmadas sete horas e meias na condição de tarefa visual, divididos em sessões de 30 minutos (9 sessões para o animal Ct, 6 sessões para Zl) e cinco horas e meia de corujas em repouso, também em sessões de 30 minutos (7 sessões Ct, 4 sessões Zl). O total de horas filmadas no trabalho foi de 17 horas de gravação, 4 horas na primeira etapa e 13 horas na segunda.

Nome e N° de registro	Branca SC0504	MAC SC0502	Diego SC0701	Benjamim SC0512	Darwin AC0807	Lima SC0608	Peter AC0806	Zuleica SC0604	Catharina SC0705
Peso	183 g	167 g	165 g	208 g	168	170 g	174 g	140 g - 155 g	162 g – 170 g
Entrada no viveiro	27 de julho 2005	7 novembro 2005	14 de agosto 2007	6 de dezembro 2005	22 de agosto 2008	8 de novembro 2006	22 de agosto 2008	6 de janeiro 2006	23 de janeiro 2007
N° do recinto.	Recinto N° 7	Recinto N° 7	Recinto N° 7	Recinto N° 7	Recinto N° 11	Recinto N° 11	Recinto N° 11	Recinto N° 11 (1ª etapa) Recinto N° 4 (2ª etapa)	Recinto N° 5
Etapas participantes	1ª etapa: variação de duas condições ambientais.	1ª etapa: variação de duas condições ambientais.	1ª etapa: variação de duas condições ambientais.	1ª etapa: variação de duas condições ambientais.	1ª etapa: variação de duas condições ambientais.	1ª etapa: variação de duas condições ambientais.	1ª etapa: variação de duas condições ambientais.	1ª etapa: variação de duas condições ambientais. 2ª etapa: comparação entre treinamento e repouso.	2ª etapa: comparação entre treinamento e repouso.
Tempo de gravação total	30 minutos	30 minutos	30 minutos	30 minutos	30 minutos	30 minutos	30 minutos	30 minutos + 300 minutos	480 minutos.
OBS.		Asa direita amputada na data de entrada do viveiro (berne).		Asa esquerda com calo ósseo, não voa.	Comportamento estranho. Dados excluídos				Asa direita com calo ósseo, não voa.

Tabela 1: Corujas utilizadas no estudo. A data de início das filmagens na primeira etapa foi 23 de maio de 2009, e da segunda etapa 23 de setembro de 2009.

4.4. TREINAMENTO PARA A REALIZAÇÃO DE TAREFA VISUAL

O protocolo de treinamento dos animais para realizarem “tarefa visual” é o mesmo encontrado na forma completa no trabalho de Garcia (GARCIA, 2010). Duas corujas adultas (Ct e ZI) foram treinadas através do condicionamento operante a realizar tarefas de discriminação visual por meio de uma tarefa de escolha espacial forçada entre um estímulo positivo e um estímulo negativo. Os estímulos consistiam em imagens coloridas de faces humanas ou figuras de objetos (10x8cm) retirados de revistas de entretenimento. Eles eram afixados na parte superior de tubos de PVC (17 cm) separados por uma distância de 50 cm. Uma tábua de madeira (58,5 cm) servia de apoio para os tubos de PVC, sendo que um dos tubos, aquele que representava o estímulo positivo, encobria um reforço (pedaço de carne). Tais aparatos eram colocados no chão a 120 cm de distância do poleiro (Ct) ou dentro da caixa de apresentação de estímulos, acopladas a porta do recinto (ZI) a 120 cm do solo, região conhecida como área de apresentação de imagens. Um pequeno pedaço de carne (~1g) foi escolhido como reforço positivo por ser um eliciador primário de alta magnitude dentro do contexto experimental, uma vez que a coruja era privada de se alimentar fora do horário em que o experimento acontecia. Os animais foram submetidos a controle de peso, baseado na medição da massa corporal da coruja antes de começar cada sessão experimental. Este controle permitiu a manutenção de um peso ideal para que o animal estivesse sempre motivado a realizar as tarefas pré-estabelecidas (80% do peso ad libidum). A fase de treinamento iniciou-se com a apresentação de um par de estímulos (S+1 e S-1) escolhidos aleatoriamente de um grupo de 5 imagens de faces humanas (estímulos positivos) e de um grupo de 5 figuras de objetos (estímulos negativos). Após bem sucedidas, as respostas dos animais aos estímulos visuais (> 80% de acerto), as sessões

de treinamento passaram a ser filmadas. Duas sessões de teste de filmagem foram executadas, tanto para ajustar o posicionamento da câmera e dos experimentadores, como para acostumar o animal com o aparato de filmagem.

As filmagens foram realizadas sem interrupções durante 30 minutos, com as seguintes fases: Subida do animal no Poleiro (0-30 segundos); Abertura da caixa de apresentação das imagens (Zl) ou entrada do experimentador (Ct), (0-30 segundos); Colocação das imagens teste (0-20 segundos); Fechamento da caixa de apresentação das imagens (Zl) ou saída do experimentador (Ct); Escolha da imagem pelo animal (0-30 segundos); Animal ingerindo alimento (reforço positivo) (0-20 segundos); Período sem atividades (1-2 minutos). Ao término deste inicializava um novo ciclo. O número de ciclos realizados por sessão variou de 6-23 (média: $15,56 \pm 4,5$).

4.5. DEFINIÇÃO DAS CONDUAS COMPORTAMENTAIS

Dado a grande frequência de ocorrência de comportamentos de interesse durante as sessões de gravação, excedendo mais de 30 registros por minuto (sessão 5.1), e os objetivos específicos do trabalho (sessão 3.2) d, a definição das condutas comportamentais foi adaptada. Optamos pelo trabalho com duas linhas temporais distintas, uma com os comportamentos relacionados à movimentação de campo visual, a outra relacionada com os comportamentos ligados ao piscar. Um grupo de comportamentos foi comum para ambas as linhas, formado pelo conjunto de comportamentos que afetaria em conjunto ambas as linhas, como por exemplo, quando o animal entra em voo, onde tanto a movimentação de campo visual, como o piscar deixariam de ser analisados. A fusão destas duas linhas temporais possibilitou a criação de uma terceira linha temporal, única, com todos os comportamentos de interesse para o trabalho, permitindo a extração dos períodos de fixação visual.

A descrição completa dos comportamentos codificados é relacionada em nosso etograma, ao final deste tópico. A primeira categoria, *Miscelânea*, reuniu os comportamentos raros, a ponto de não receberem uma categoria específica, por exemplo, vocalizações do animal, ou comportamentos frequentes, mas sem interesse para a pesquisa, como a limpeza de bico que o animal realizava após a ingestão do reforço positivo; *Tarefa de condicionamento operante*, foi o período gasto pelo animal durante a realização da tarefa visual, começando no momento em que o animal abandonava seu poleiro de observação, se alongando até quando ele abandonava a área de apresentação de imagens e/ou terminava de comer o alimento presente no reforço positivo; *Comportamento de manutenção*, reuniu apenas os períodos de sonolência do animal, os demais tipos de comportamentos de manutenção, como limpeza de penas e bico, dado a pequena relevância para nossa pesquisa foram alocados dentro da categoria *Miscelânea*; *Movimentações*, que reuniu os dois tipos de movimentação da coruja, andar e voar, não sendo necessário para o trabalho a distinção entre eles, dado a semelhança de suas características, deslocamentos de curta duração entre locais específicos e próximos do recinto (poleiro, cantos, etc.); *Comportamentos dos olhos*, reunindo os diversos tipos de piscar. Para fins deste trabalho os comportamentos relacionados a movimentação da íris foram ignorados, mas claramente eles são muito importantes e frequentes nas corujas buraqueiras; *Comportamentos da cabeça e corpo*, que reuniu os comportamentos que causam alteração no plano de fixação visual do animal; *Comportamentos simultâneos dos olhos e cabeça*, resultado da concomitância dos diversos tipos de piscar com a sacada visual; *Comportamento agonístico* que é a apresentação típica de defesa da coruja buraqueira; e *Condições de exceção*, resultado da limitação do plano de imagem da câmera filmadora, onde muitas vezes o animal saía do enquadramento. Esta categoria de fato não reuniu comportamentos do animal;

De fato, cinco comportamentos foram influenciados diretamente pelo dispositivo experimental: Três deles devido ao tempo despendido para reenquadrar e focar a coruja no plano de imagem após uma movimentação brusca; “voar ou andar”, “discriminação visual”, já que incluíram um breve período ao término do comportamento real despendido com manuseio do equipamento. Os outros três devido a influência do dispositivo, principalmente no que diz respeito à limitação do plano de captura da câmera; “piscada encoberta isolada”, “Sacada com piscar encoberto concomitante” e “Ambos os olhos fora do plano de filmagem da câmera”. Nestes casos, por trabalharmos com uma única câmera o lado oposto do animal era-nos oculto. Para minimizar a ocorrência deste tipo de influência, privilegamos o posicionamento da câmera no plano frontal do animal. Desta forma, os dois comportamentos relacionados com o piscar, qual um dos olhos estava encoberto ao plano de imagem representaram 8,5 % do total de piscadas (1378 registros) e “Ambos os olhos fora do plano de filmagem” representou 0,04% do total de tempo aproveitado em todas as gravações (4 minutos).

Devemos destacar que, dado a taxa de amostragem da câmera filmadora, de 40 ms, mesmo que o animal executasse dois comportamentos seguidos, sejam diferentes ou iguais, se não houvesse um intervalo entre estes superior ao dado pela taxa de captura, determinado principalmente pelo tempo de olhos abertos para a linha temporal dos olhos, e a coruja parada, na linha temporal de movimentação de campo visual, não haveria como distinguir se tratavam de comportamentos seguidos ou de um único comportamento de duração maior. Desta forma nossa opção para a solução deste problema foi de agrupar os comportamentos quando estes eram o mesmo (i.e duas sacadas seguidas) somando as durações, mesmo quando era clara a variação na direção e/ou na velocidade dos comportamentos, ou, quando se tratava de comportamentos diferentes, o comportamento mais raro passou a ser o dominante e ao seu tempo

acrescido o do comportamento comum adjacente (i.e. tipo espreitada seguida por sacada). A maioria destes casos ocorreu devido as sacadas, comportamentos curtos e muito frequentes, que ocorriam em seguida a demais comportamentos, sem a presença deste intervalo de fixação.

Categoria	Comportamento	Descrição
Miscelânea	Miscelânea	Miscelânea de comportamentos raros durante as gravações ou comuns, mas sem interesse para este trabalho. Por exemplo, regurgitar, limpeza do bico após a alimentação, vocalização. A maioria destes comportamentos foi anotada separadamente durante a análise dos vídeos, porém agrupados para fins práticos.
Tarefa de condicionamento operante	Discriminação visual	Comportamento dividido em etapas; inicia quando o animal começa o movimento em direção a imagem posicionada na área de apresentação, abandonando seu poleiro de observação, derruba a imagem posicionada acima de um cilindro da área de apresentação, captura o alimento posicionado dentro deteste, o ingere e abandona a área de apresentação de imagens (os dois últimos passos poderiam ocorrer em ordem inversa).
Comportamento de manutenção.	Sonolência	Caracterizado pelo fechamento binocular dos olhos de forma prolongada e vigorosa. Normalmente acompanhado por uma pronunciada queda no estado de alerta do animal.
Movimentações	Voar ou andar.	Movimentos do animal, voando ou andando, não relacionados com a realização da tarefa visual. Neste comportamento também inclui o breve período necessário para reenquadrar e refocar o animal no plano de imagem da câmera filmadora.
Comportamentos dos olhos	Piscada binocular isolada.	Evento efêmero, não superando 500 ms, que se estende desde o início do fechamento de ambos os olhos, ao mínimo perceptível pelo observador, até sua completa abertura (piscar). O animal mantém a cabeça fixa durante este período.
	Piscada encoberta isolada	Evento efêmero, não superando 500 ms, que se estende desde o início do fechamento do olho visível ao plano de filmagem da câmera, estando o outro encoberto, até sua completa abertura. O animal mantém a cabeça fixa durante este período.
	Piscada monocular isolada	Um evento efêmero, não superando 500 ms, que se estende desde o início do fechamento de um dos olhos, até sua completa abertura, estando ambos visíveis ao plano de filmagem da câmera. O animal mantém a cabeça fixa durante este período.
Comportamentos da cabeça e corpo	Sacada isolada	Movimento da cabeça efêmero, não superando 500 ms, resultante do movimento do pescoço e crânio em relação ao tronco do animal (sacada). Ao término deste comportamento é comum observar um leve trepidar da cabeça, possivelmente como resultado da desaceleração do movimento. Os olhos permanecem abertos.

Categoria	Comportamento	Descrição
	Perseguição suave.	Movimentos de cabeça de longa duração e baixa velocidade. (maior que 500 ms – 13 quadros filmados) como resultado da movimentação principalmente do pescoço. Normalmente apresentado quando o animal acompanha objetos em movimento. Os olhos se mantêm abertos.
	Espreitada.	Movimentação de campo visual pelo movimento da cabeça com forte componente horizontal, desencadeado pela movimentação do pescoço e do tronco do animal. Os olhos se mantêm abertos.
Comportamentos simultâneos dos olhos e cabeça.	Fixação visual	Período em que tanto olhos estão abertos como a cabeça está fixa em relação ao espaço por intervalo maior ou igual a 40 ms, dado a taxa de captura da câmera filmadora.
	Sacada com piscar binocular concomitante	Ocorrência de uma sacada (ver definição de sacada isolada) concomitante a realização de uma piscada binocular, desde que esta se iniciasse a mais ou menos 80 ms do ponto de início da sacada.
	Sacada com piscar encoberto concomitante	Ocorrência de uma sacada concomitante a realização de uma piscada, sendo somente este olho visível ao plano de filmagem da câmera (ver definição de piscada encoberta isolada), iniciando a mais ou menos 80 ms do ponto de início da sacada.
	Sacada com piscar monocular concomitante	Ocorrência de uma sacada concomitante a uma piscada monocular (ver definição de piscada monocular isolada), iniciando a mais ou menos 80 ms do ponto de início da sacada.
Comportamento agonístico.	Comportamento defensivo	A coruja assume posição assentada com movimento de balanço do corpo, semelhante ao chacoalhar do rabo de uma cascavel (Sick, 1997), normalmente associado como resposta de defesa a alguma ameaça. Neste a coruja abre as asas e eriça as penas.
Condições de exceção	Coruja fora do plano de filmagem	Tempo qual a coruja vai para fora do plano de enquadramento da câmera, por exemplo, quando esta entra no buraco.
	Ambos os olhos fora do plano de filmagem.	Período qual os dois olhos não são visíveis ao plano de filmagem da câmera, porque o animal está de costas para este.

Tabela 2- Descrição do repertório comportamental, ou etograma, para movimentos de campo visual e piscar na coruja buraqueira em linha temporal única para olhos e cabeça.

4.6. ANÁLISE DAS IMAGENS

A análise quadro a quadro das imagens foi dividida entre dois experimentadores, classificando cerca de 1,3 milhão de quadros capturados dentro dos comportamentos definidos pelo etograma, em três entradas; categoria comportamental, quadro de início e duração em, como previamente ressaltado, duas linhas temporais distintas; uma exclusiva para os comportamentos relacionados com os olhos (Lt.Ol) e outra para os comportamentos relacionados com a mudança do campo visual (Lt.Cv). Os períodos de olhos abertos e cabeça fixa dos animais foram inferidos pelas lacunas temporais criadas entre os demais comportamentos. A união das linhas temporais permitiu a categorização dos comportamentos dentro do repertório previamente estabelecido, formando a linha temporal fundida (Lt.Fun). O tempo despendido pelo experimentador na anotação de cada um dos comportamentos variou numa faixa de 15-60 segundos, anotando 2859 entradas para a primeira etapa e de 22789 para a segunda etapa, num total de 25648 anotações em aproximadamente 250 horas de análise das filmagens

Um ponto que mostra a confiabilidade deste tipo de análise é que algoritmos computacionais utilizados para realizar tarefa similar automaticamente necessitam, para seu melhor funcionamento, de uma pré-análise quadro a quadro, por parte dos programadores (OHAYON, 2005). Desta forma, é de se imaginar que a confiança de uma análise tão extensiva não perca em nada em relação às análises automáticas realizadas por algoritmos de visão computacional, exceto no tempo.

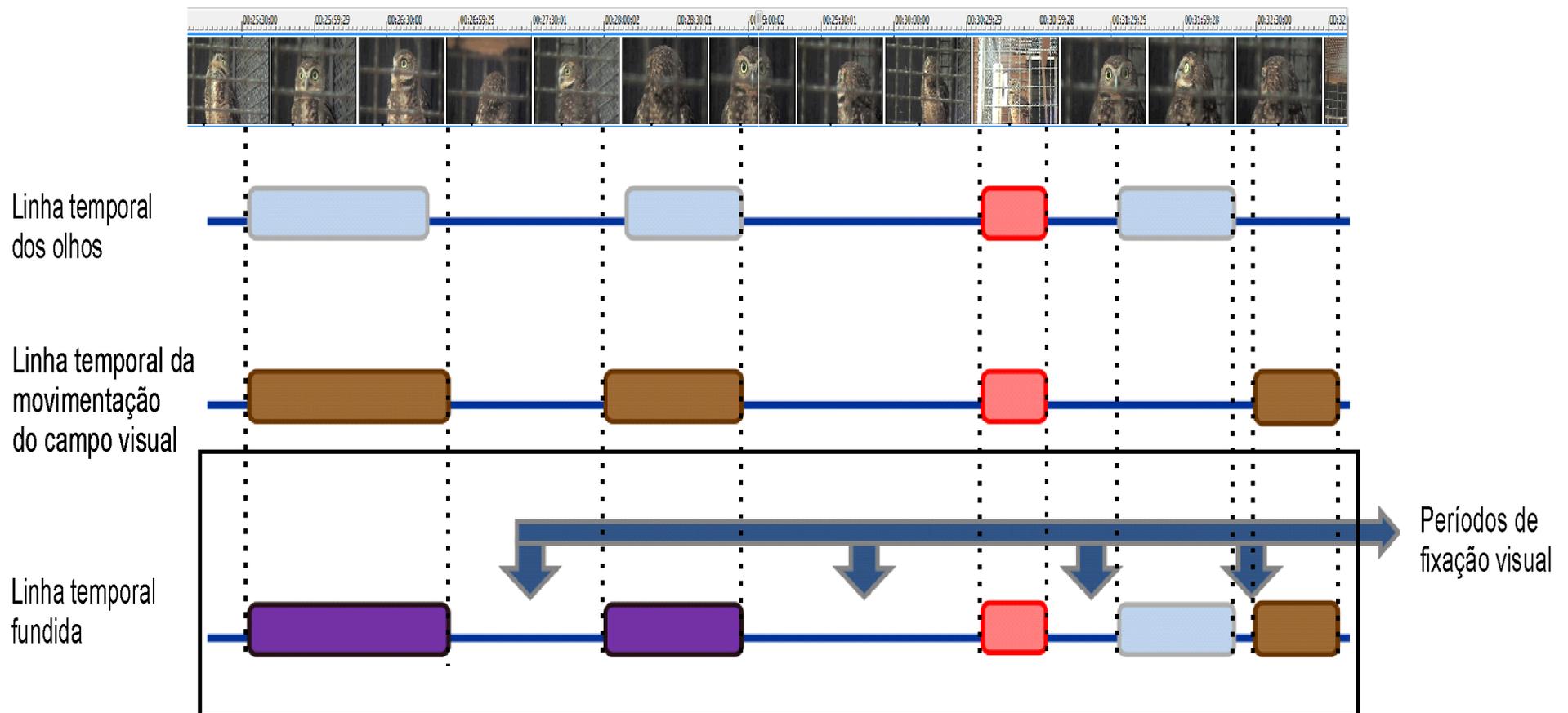


Figura 4– procedimento de união das linhas temporais e criação dos períodos de fixação visual. **Lt.OI** se refere a linha temporal para os comportamentos relacionados com os olhos, **Lt.Cv** se refere a linha temporal relacionada com os comportamentos de mudança de campo visual. **Lt.Fun** se refere a linha temporal fundida, qual define os períodos de fixação.

Falhas na anotação na tabela e diferentes avaliações por parte dos experimentadores na definição dos comportamentos poderiam gerar erros. Quatro fontes de erros de anotação foram identificadas; (1) erros na digitação dos tempos de início e/ou (2) duração, (3) anotações fora da ordem de filmagem e (4) anotação de dois comportamentos iguais em sequência (i.e. duas movimentações de cabeça), sem uma lacuna temporal entre o término do primeiro e o início do segundo. Para corrigir, bem como estimar os erros de anotação, foram realizadas filtragens simples, como verificação da ordem crescente de anotação, facilmente perturbada em caso de erros de digitação, dado que a distância temporal entre anotações era na ordem das dezenas de quadros (90%) e nossas anotações utilizavam 4 ou 5 casas, bem como verificar anotações com valores destoantes aos esperados (i.e. um piscar acima de 1 segundo). Aproximadamente 2% de erros dentro dessas categorias foram encontrados e corrigidos. Obviamente nem todos os erros de anotação foram detectados, mas sim os erros mais grosseiros. Pequenos erros que não implicasse na mudança de ordem de anotação ou ficassem dentro de uma faixa esperada para um dado comportamento, passaram despercebidos.

A concordância entre os experimentadores foi avaliada pelo cálculo do índice kappa (IK) para uma sessão de 30 minutos preenchida separadamente. O valor obtido foi considerado alto (0,814). Como um dos comportamentos dominou os registros, fixação visual, o índice de correção PABAK foi calculado (LANTZ; NEBENZAHL, 1996), obtendo valor similar (0,821). A maior fonte de variação se deu nas categorias comportamentais não relacionados com os olhos ou a cabeça. Vale lembrar que essa categoria não influenciou em nenhum dos dados gerados por este estudo, apenas no tamanho das amostras. O valor kappa, tomando somente as categorias comportamentais relacionadas com os olhos, a cabeça ou de ambos, foi mais baixo em relação ao

conjunto total de comportamentos (0,698), possivelmente como consequência do efeito esperado da prevalência de um dos comportamentos, porém o valor de correção PABAK sofreu alta para 0,931. O índice de concordância Kappa é considerado perfeito quanto acima de 0,81 (LANDIS; KOCH, 2012).

4.7. ANÁLISE DOS COMPORTAMENTOS, DADOS E ESTATÍSTICA

Como relatado acima, a partir dos dados extraídos das fichas de campo, foram geradas três tabelas temporais para cada uma das sessões de gravação sem lacunas entre os comportamentos, isto é, onde todos possuíam um comportamento referente a cada quadro de gravação. Destas linhas temporais foram extraídas as medidas de interesse da pesquisa; duração, frequência e distribuição da população do piscar (retirados da Lt.Ol), movimentação de campo visual (Lt.Cv) e períodos de fixação de cabeça (Lt.Fun), bem como a relação destas variáveis. Para os cálculos de frequência movimentação de cabeça/corpo e fixação visual foram excluídos os tempos despendidos nos comportamentos que implicavam uma exclusividade durante sua realização, isto é, quando o animal movimentava, dormia, categoria miscelânea, realizando tarefa visual, em estado de sonolência, fora do plano da câmera e em comportamento defensivo. Para as movimentações de cabeça e corpo, a decisão de excluir estes períodos se justifica devido aos objetivos de nosso trabalho; estas movimentações de campo visual de fato estavam presentes nos períodos excluídos, mas dentro de uma miríade comportamental que implicaria uma demanda na análise extremamente laboriosa para um tempo amostral curto. Certamente o animal realizava sacadas quando se alimentava, ou realizava movimentos tipo espreitada durante seu típico comportamento agonístico, porém nosso foco de pesquisa era analisar a variação de parâmetros comportamentais nos animais em uma tarefa que envolvesse sua atenção, versus controle, e para tal estes

precisavam estar em uma janela comportamental de comparabilidade. A coruja, por exemplo, realizando uma “discriminação visual”, comportamento presente apenas na condição ambiental de tarefa visual, também executava uma série de comportamentos de movimentação de cabeça e piscadas possivelmente por razões bastante diversas daquelas que desencadearia os mesmos comportamentos no animal sob um poleiro observando a paisagem. A definição muito minuciosa de um comportamento, cria a possibilidade dele aparecer dentro de outros comportamentos. Definido o comportamento de “mover a cabeça” como qualquer minuciosa movimentação da mesma, obviamente este ocorrerá dentro de outros, como voar, andar, dormir, etc. Saber o significado destes comportamentos dentro de outros comportamentos é uma tarefa interessante (as sacadas que a coruja realiza quando se alimenta, movimentações de cabeça rápidas usando o pescoço, parece ser fruto da necessidade de manuseio do alimento). Porém gerariam perguntas distantes de nossos objetivos iniciais. Já para o cálculo de frequência do piscar, além da exclusão do tempo despendido nos comportamentos que implicavam exclusividade durante a execução, também foi excluído o tempo qual a coruja estava com os olhos fora do plano de captura da câmera.

Os dados resultantes foram categorizados por animal e/ou por sessão de gravação e calculadas médias e medianas bem como seus respectivos valores de dispersão. O conjunto de dados foi sistematicamente testado quanto a normalidade usando a modificação Lilliefors do teste de Kolmogorov-Smirnov. Se a normalidade era verificada, aplicamos o teste t para comparar a media de duas populações, ou a análise de variância (ANOVA) para a comparação de mais de duas populações. Caso a normalidade não fosse atestada optamos pelos testes Wilcoxon rank-sum para a comparação de dois grupos quanto pareados ou teste de Mann Whitney para a comparação de dois grupos não pareados, ou Kruskal-Wallis para mais de dois grupos,

equivalentes não paramétricos dos testes t e ANOVA. Para a comparação de proporções utilizamos o teste específico para esta função, o teste Z. Para estimar a correlação entre variáveis foi utilizado o índice de correlação de Spearman. O nível de significância utilizado em todos os testes foi de $p < 0,05$. Os dados serão apresentados pelas suas médias e desvio-padrão (normal) ou medianas (não normais). Eventos que variam de frequência ao longo da sessão serão apresentados pelo número de eventos por minuto.

Linhas temporais \Rightarrow	Olhos (Lt.Ol)	Campo visual (Lt.Cv)	Fusão (Lt.Fun)
Miscelânea	x	x	x
Discriminação visual	x	x	x
Sonolência	x	x	x
Voar ou andar.	x	x	x
Piscada binocular isolada.	x		x
Piscada encoberta isolada	x		x
Piscada binocular isolada	x		x
Sacada isolada		x	x
Tipo perseguição suave.		x	x
Tipo espreitada.		x	x
Fixação visual			x
Sacada com piscar binocular			x
Sacada com piscar encoberto			x
Sacada com piscar monocular			x
Comportamento defensivo	x	x	x
Coruja fora do plano de filmagem	x	x	x
Ambos os olhos fora do plano de filmagem	x		x

Tabela 3- Lista de comportamentos. Em cinza estão os comportamentos que implicam exclusividade durante sua realização

Nas análises das séries para o intervalo entre piscadas (IEP) e entre sacadas (IES), excluimos os intervalos que apresentassem a ocorrência de comportamentos de ocorrência exclusiva, pelos mesmos motivos explicitados acima. Por exemplo, em uma sequência de quatro piscadas, isto é, três intervalos, excluiríamos os intervalos quais

dentro deles a coruja voasse. Este tipo de exclusão de dados garantiu que trabalhássemos exclusivamente com o intervalo entre estas sacadas ou piscar e não pela possível interferência de outros comportamentos. Por outro lado esta decisão quebrou nossa série temporal, o que impediu a realização de autocorrelação e do fator fano, que possibilitaríamos explorar as frequências internas de ocorrência e frequências dominantes destes comportamentos, dados que seriam muito interessantes.

Já para o cálculo da série temporal da frequência de sacadas e frequência do piscar utilizamos uma janela amostral de um minuto dentro de cada sessão de gravação, e tomamos a média das médias de cada minuto. Em muitas destas janelas ocorriam “comportamentos exclusivos”, quais não computávamos seu tempo no cálculo das frequências de ocorrência, o que poderiam gerar ocorrências por minuto artificialmente altas, como no caso de termos a ocorrência de duas movimentações de cabeça em um minuto qual apenas seus 10 primeiros segundos seriam aproveitáveis, seguidos por uma movimentação de 50 segundos do animal pelo viveiro.

Nestes casos optamos então pela exclusão de todos os minutos que não apresentassem pelo menos 75% do tempo aproveitável (45 segundos) e descontando os tempos mortos (não aproveitados) no cálculo da média. Desta forma, dos 750 intervalos de um minuto disponíveis para este cálculo, realizado somente na segunda etapa do projeto, utilizamos somente 401 minutos (6h30), um aproveitamento de 53%. O valor amostral médio dentro de cada intervalo de um minuto foi de 13 minutos com mais de 75% aproveitado ($\pm 3,9$), com apenas o primeiro e o último minuto apresentando um N amostral baixo, dois, devido aos procedimentos de início e término das gravações.

5. RESULTADOS

5.1. RESULTADOS GERAIS

Ao longo do estudo foram registrados 32.903 comportamentos dentro das categorias estabelecidas na linha temporal fundida, em uma taxa de 34,11 comportamentos por minuto de gravação. O comportamento mais abundante foi “fixação visual”, com 14.898 notações, seguido por “sacada isolada”, com 12.960 anotações (figura 5). Juntos estes comportamentos representaram 84% das anotações. Os demais comportamentos somaram 4950 eventos, 20% destes nas cinco categorias comportamentais não utilizadas para as análises temporais da movimentação de cabeça e piscar (*miscelânea, tarefa de condicionamento operante, comportamento de manutenção, movimentações e condições de exceção*). A fusão das linhas temporais permitiria a união de qualquer comportamento exclusivo de cada uma das linhas, desde que ocorressem simultaneamente, porém algumas concomitâncias não foram registradas. Não houve casos do piscar concomitante à movimentações de cabeça do tipo “*perseguição suave*” e “*espreitada*”. Os casos de proximidade entre estas modalidades de movimentações de cabeça e o piscar ocorreram em 42 ocasiões, onde o piscar acompanhou o término destes comportamentos ou entre uma série de movimentações consecutivas. Estes dados estão de acordo com a literatura que apontam mecanismos de supressão do piscar durante a ocorrência de movimentações de cabeça do tipo *perseguição suave* (RAMBOLD *et al.*, 2004).

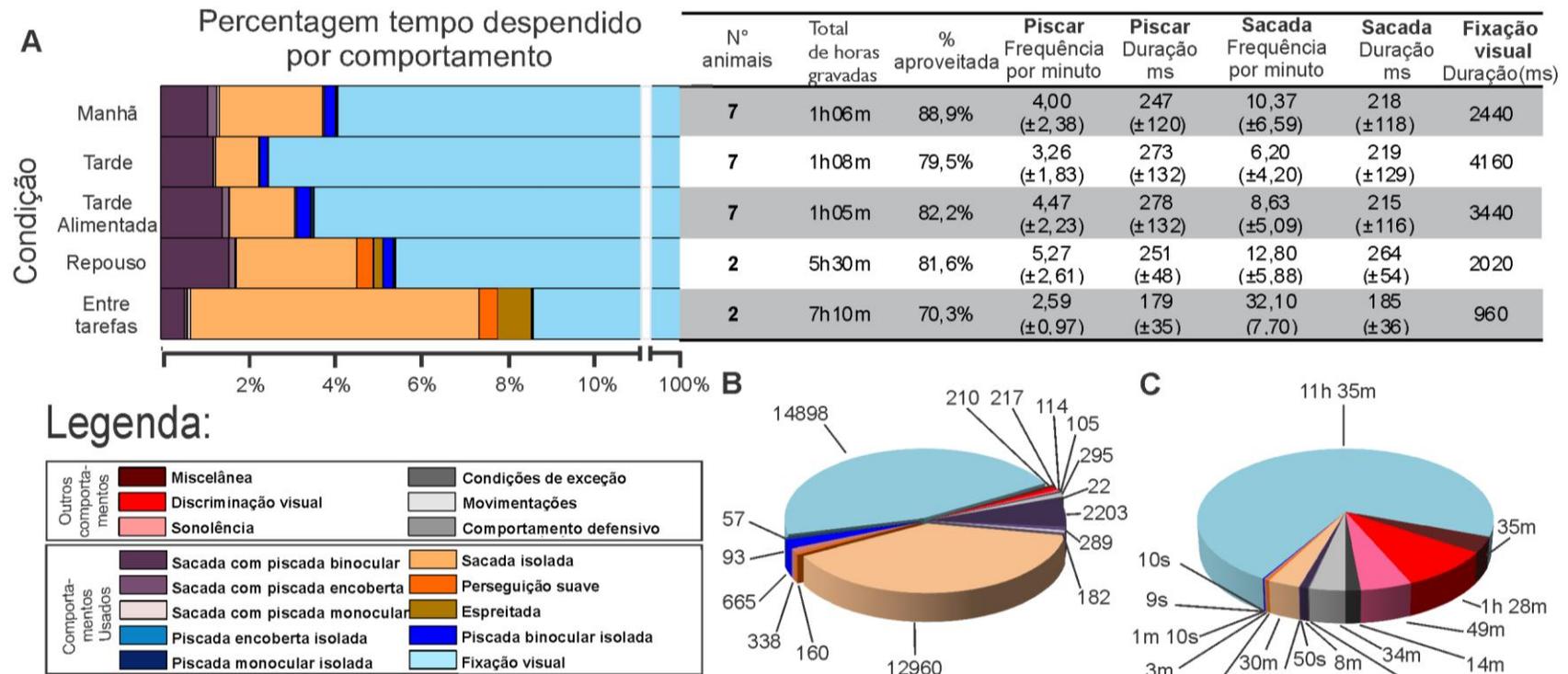


Figura 5 - Visão geral dos dados. A- distribuição do tempo despendido em cada comportamento retirando a categoria “outros comportamentos”. O comportamento “fixação visual” dominou a linha temporal em mais de 90% em todas as condições experimentais. Piscar não associado com a sacada só foi observado nas condições experimentais de repouso. A “perseguição suave” e a “espreitada” só foram observados nas sessões experimentais longas (30 min) da segunda fase do projeto. Os valores da tabela são apresentados por valores médios para frequência e duração, exceto a “fixação visual” onde os dados são os da mediana de cada condição. B – Número de comportamentos registrados durante o estudo. “fixação visual” foi o comportamento mais abundante, com mais de 14 mil registros, seguido pela “sacada”. C- tempo despendido em cada comportamento durante o estudo. Os comportamentos não utilizados na análise (outros comportamentos) ocuparam 3h40min da linha temporal, representando cerca de 20% de nosso tempo de amostragem.

A linha temporal fundida também foi dominada pelo comportamento “fixação visual” que preencheu 72% do tempo total de gravação. Descontando-se o tempo despendido nas cinco categorias comportamentais não utilizadas nas análises temporais, o comportamento “fixação visual” foi responsável por 93,7% do tempo de analisado (11h30min – Fig. 5a e 5c). Tempo aproveitado para nosso estudo foi de 12h22min (76,9%).

5.2. PISCAR

Durante o estudo registramos 2294 piscadas binoculares, 200 piscadas monoculares e em 308 vezes registramos o piscar quando somente um dos olhos estava visível ao plano de filmagem em sua linha temporal exclusiva (Lt.O1). Não houve variação na frequência do piscar (P.F) (média 3,98 eventos/min \pm 1,33, mediana 4,12 eventos/min) e em sua duração (P.D) (média: 260ms \pm 58,2, mediana 251ms) nas três condições ambientais da primeira fase do estudo (Mo, Td, Ta, Teste Kruskal-Wallis, $p=0,21$ e $p=0,51$) e nem diferença entre os animais, apesar do valor próximo ao estatisticamente significativo para a duração do piscar entre os animais (teste Kruskal-Wallis, $p=0,61$ e $p=0,06$, respectivamente). No enquadramento experimental da segunda fase do experimento não houve variação entre os indivíduos para frequência, porém com o valor de P próximo ao definido como estatisticamente significativo, e não houve variação em relação a duração do piscar (teste t não pareado, $p= 0,06$ e $p=0,19$, respectivamente), porém houve uma **redução** de ambos os parâmetros quando os animais foram submetidos a tarefa visual (frequência do piscar, Re: $5,26\pm 2,61$ para At: $2,59\pm 0,97$, teste t não pareado, $p= 0,0016$ e Duração do piscar, Re: $251\text{ms}\pm 48,5$ para At: $179\text{ms}\pm 35,5$, teste t não pareado, $p=0,0003$). Ou seja, os animais nas condições ambientais da manhã, tarde, ou tarde alimentados não apresentaram diferenças

estatisticamente significativa, porém na condição de tarefa visual houve uma redução tanto na frequência de piscadas e na duração de cada evento se comparado com a condição de repouso (Fig. 6).

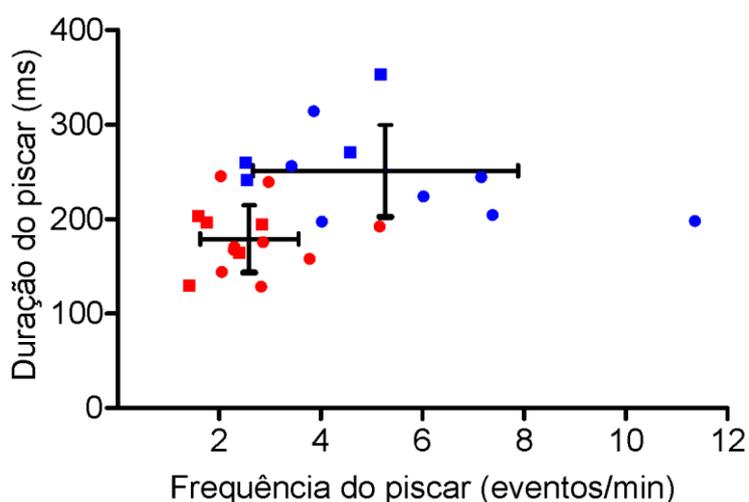


Figura 6 - Relação entre duração e frequência do piscar médios de todas as sessões de filmagem nas condições repouso (azul) e tarefa visual (vermelho). Os círculos representam os dados do animal Ct, os quadrados do animal Zl. houve **redução** estatisticamente significativa ($p < 0,05$)

Apesar da redução no número total de piscadas, a condição de tarefa visual foi marcada por um aumento na frequência das piscadas monoculares (Re: 0,208 eventos/min \pm 0,21 para At: 0,375 eventos/min \pm 0,26, Wilcoxon rank-sum test, $p=0,05$ mediana Re: 0,146 eventos/min, At: 0,292 eventos/min) e consequente aumento na proporção de piscadas monoculares em relação às demais, visto a redução no conjunto dos comportamentos relacionados ao piscar (z test, $p>0,05$). Esta categoria do piscar representou 3,6% \pm 2 dos tipos de piscar em situação de repouso, valor próximo ao encontrado nas três condições ambientais avaliadas na primeira fase do projeto (5% \pm 4) e passou a representar em condição de tarefa visual 14,8% \pm 10 do total de piscadas (Fig. 7). Não houve variação estatística na proporção de “piscadas encobertas” em nenhum dos arranjos possíveis.

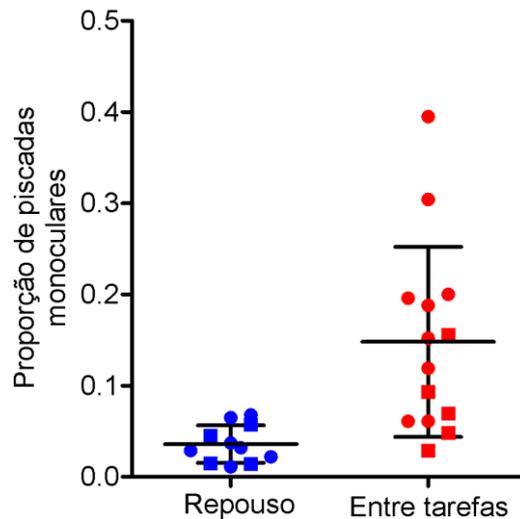


Figura 7 - Proporção de piscadas monoculares em relação ao total de piscadas em cada sessão de registro. Condição de repouso está em azul e tarefa visual em vermelho. Os círculos representam os dados do animal Ct, os quadrados do animal Zl. A proporção de piscadas monoculares. As piscadas monoculares representaram $0.036 (\pm 0.02)$ das piscadas em condição de repouso e saltaram para $0.148 (\pm 0.10)$ das piscadas em tarefa visual, sem variação estatística entre os animais (z test, $p > 0,05$).

5.3. MOVIMENTAÇÕES DE CAMPO VISUAL: SACADA, PERSEGUIÇÃO SUAVE E ESPREITADAS.

As movimentações de campo visual possuíam três possibilidades comportamentais dentro de sua linha temporal exclusiva (Lt.Cv). Dentre estas, as sacadas isoladas foram as mais abundantes, sendo registrados 14269 movimentação. Registramos 169 movimentação de campo visual “perseguição suave” e 352 movimentação de cabeça “espreitada”. Cada comportamento de movimentação foi analisado separadamente dado a marcante diferença tanto na frequência como na duração destes.

A frequência média de ocorrência de *sacada isolada* foi de $8,488 \pm 3,92$ por minuto sem diferença estatística entre os grupos experimentais ou entre os animais, respeitando o arranjo de três condições e sete animais para a estatística (Kruskal-Wallis

test, $p=0,062$ e $p=0,355$ respectivamente) na primeira etapa do projeto. Os valores médios encontrados obteve valor mais elevado para a condição Mo (11,22 eventos/min $\pm 4,88$), intermediário para Ta (8,72 eventos/min $\pm 2,91$) e mais baixo para Td (5,95 eventos/min $\pm 2,65$), os valores das medianas foram respectivamente Mo: 10,14 eventos/min, Ta: 8,557 eventos/min e Td: 5,309 eventos/min. Percebemos diferenças estatísticas somente na segunda etapa; os animais em condição de tarefa visual apresentaram um aumento de 2,66 vezes na frequência de sacadas, saltando de 12,78 $\pm 5,88$ eventos/min., na condição de repouso, para 32,09 $\pm 7,70$ eventos/min (Mann Whitney test, $p < 0,0001$, medianas Re: 14,35 eventos/min, At: 30,92 eventos/min). Porém sem variação entre os animais (Mann Whitney test, $p=0,106$).

A análise da duração das sacadas seguiu um comportamento semelhante aos encontrado na análise das frequências, porém sem variação estatística na tríade formada pelas condições da primeira etapa Mo, Ta e Td, assumindo um valor médio de 218,2ms $\pm 36,49$ e mediana de 217,1ms (Kruskal-Wallis teste, $p=0,721$ para comparação entre condições e $p=0,126$ para comparação entre animais). Em condição de tarefa visual houve uma redução na duração do movimento de sacada em 30%, passando de 261,1 ± 56 ms em condição de repouso para 184,6 $\pm 35,95$ ms em condição de tarefa visual (Mann Whitney teste, $p=0,003$, medianas de Re: 258,2 ms e At: 177,4ms), mas sem variação entre os animais (teste t não pareado, $P=0,091$) (Fig. 8).

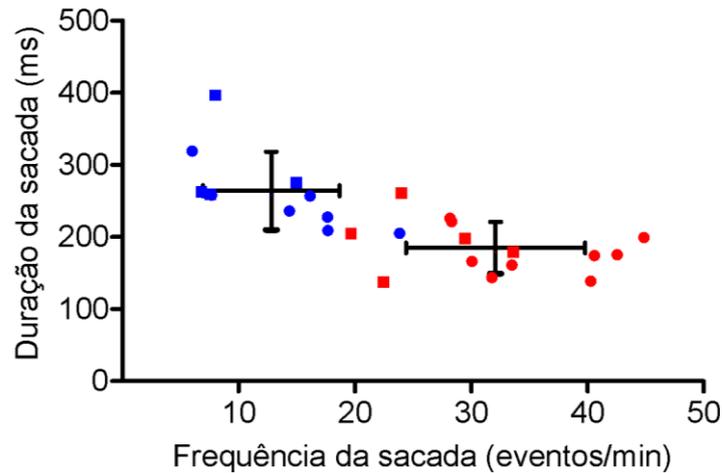


Figura 8 - Relação entre duração e frequência médios das sacadas de todas as sessões de filmagem nas condições repouso (azul) e tarefa visual (vermelho). Os círculos representam os dados do animal Ct, os quadrados do animal Zl. Os animais em condição de tarefa visual apresentaram um aumento de 2,66 vezes na frequência de sacadas, saltando de $12,78 \pm 5,88$ eventos/min., na condição de repouso, para $32,09 \pm 7,70$ eventos/min (Mann Whitney test, $p < 0,0001$, medianas Re: 14,35 eventos/min, At: 30,92 eventos/min). Porém sem variação entre os animais (Mann Whitney test, $p=0,106$). Em condição de tarefa visual houve uma redução na duração do movimento de sacada em 30%, de $261,1 \pm 56$ ms em condição de repouso para $184,6 \pm 35,95$ ms em condição de tarefa visual (Mann Whitney teste, $p=0,003$, medianas de Re: 258,2 ms e At: 177,4ms), mas sem variação entre os animais (teste t não pareado, $P=0,091$).

As demais categorias comportamentais de movimentação de cabeça “perseguição suave” e “espreitada” foram encontrados majoritariamente na segunda fase do estudo. A baixa frequência de ocorrência destes comportamentos pode ter privilegiado seu aparecimento na segunda fase, reflexo do tempo maior de amostragem por animal em cada sessão (10 min na 1ª fase e 30 min na 2ª fase). Não houve variação na frequência do comportamento “perseguição suave” entre animais ou entre condições experimentais (Mann Whitney test, $p=0,183$ e $p=0,169$, respectivamente) com valores oscilando em uma média de $0,309 \pm 0,43$ eventos/min e mediana de 0,1230 eventos/min, porém houve variação na duração destes comportamentos onde os animais em tarefa apresentaram valor da mediana com aproximadamente a metade do que animais em

condição de repouso (Mann Whitney teste, $p= 0,003$. Valor mediana Re: 720ms para valor da mediana em At: 354ms), mas sem variação entre os animais (Mann Whitney teste, $p= 0,536$).

Registramos um aumento na frequência de comportamentos “espreitada” quando os animais foram submetidos à tarefa visual, saltando de $0,197 \pm 0,25$ eventos/min para $0,960 \pm 1,01$ eventos/min (Mann Whitney test, $p= 0,027$, medias Re: 0,0810 eventos/min e At:0,6265 eventos/min) acompanhado de uma redução em sua duração, assumindo o valor da mediana de 3760 ms em repouso e de 1707 ms em tarefa (Mann Whitney test, $p<0,001$) sem variação de ambos os parâmetros entre indivíduos.

5.4.FIXAÇÕES VISUAIS

Os períodos de fixação visual, períodos quais toda a captura de informações visuais ocorrem foram determinados pelas lacunas temporais criadas pelos demais comportamentos do estudo após a fusão das linhas temporais na Lt.Fun. Majoritariamente estes períodos foram resultado de intervalos criados pelo espaço entre duas sacadas, seja esta associada com o piscar ($n= 12960$) ou não ($n= 2203$) dado que as sacadas foram mais de 20 vezes mais frequentes que o segundo comportamento mais frequente, piscar não associado com a sacada ($n=638$). Desta forma a variação na frequência de ocorrência da fixação visual seguiu os mesmos efeitos na variação da frequência que os apresentados pelas movimentações de campo visual tipo sacada, isto é, sem diferença entre condições ambientais na primeira fase do estudo e, na segunda etapa, as corujas em tarefa apresentaram mais eventos de fixação que corujas em repouso. A associação entre movimentações de cabeça tipo sacada e fixações visuais serão expostas no tópico seguinte como efeito da associação temporal entre a sacada e o piscar.

As particularidades das fixações visuais foram dadas pela análise das durações deste comportamento, porém acompanhando a influência exercida pela variação na frequência das movimentações do tipo sacada; um aumento na frequência de movimentações de cabeça resultou em valores menores para os períodos de fixação visual. A população deste comportamento seguiu uma distribuição não normal, com o valor da mediana abaixo do valor da média para todas as condições e animais. (teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov $P < 0,001$). Durante o período da manhã os animais apresentaram valor da mediana menor que as demais condições, (mediana: 2440ms, n: 642), seguido por animais no período da tarde recém-alimentadas (mediana: 4160ms n: 390) e animais no período da tarde não alimentados apresentaram os maiores valores (mediana: 3340ms n: 518). Estas três condições apresentaram diferença estatística significativa, sem variação entre os animais (teste, Kruskal-Wallis $p = 0,007$ para condição e $p = 0,879$ entre indivíduos).

Animais em tarefa visual apresentaram uma distribuição de movimentações de cabeça bastante diferente da encontrada em condição de repouso, com o pico de ocorrência voltado à esquerda do gráfico (Fig. 9) marcando a moda de nossa amostra em 240ms (n=269) em condição de tarefa visual. Como reflexo deste deslocamento para esquerda na curva de distribuição vemos o valor de mediana menor para animais em tarefa (At: 960ms, n=9103) se comparado com animais em condição de repouso (Re: 1760ms, n=4245), com diferença estatística significativa (teste Mann-Whitney, $P < 0,001$). Não foi encontrada variação entre os animais se comparado o conjunto de condições, mas é importante registrar que o indivíduo Ct apresentou fixações mais curtas que o indivíduo Zl em condição de tarefa visual com diferença estatística significativa (mediana Ct: 880ms, n=6653, Zl 1280ms, n=2450, Mann-Whitney test, $P < 0,001$). Esta diferença será tratada na discussão.

Distribuição da população de durações da fixação visual

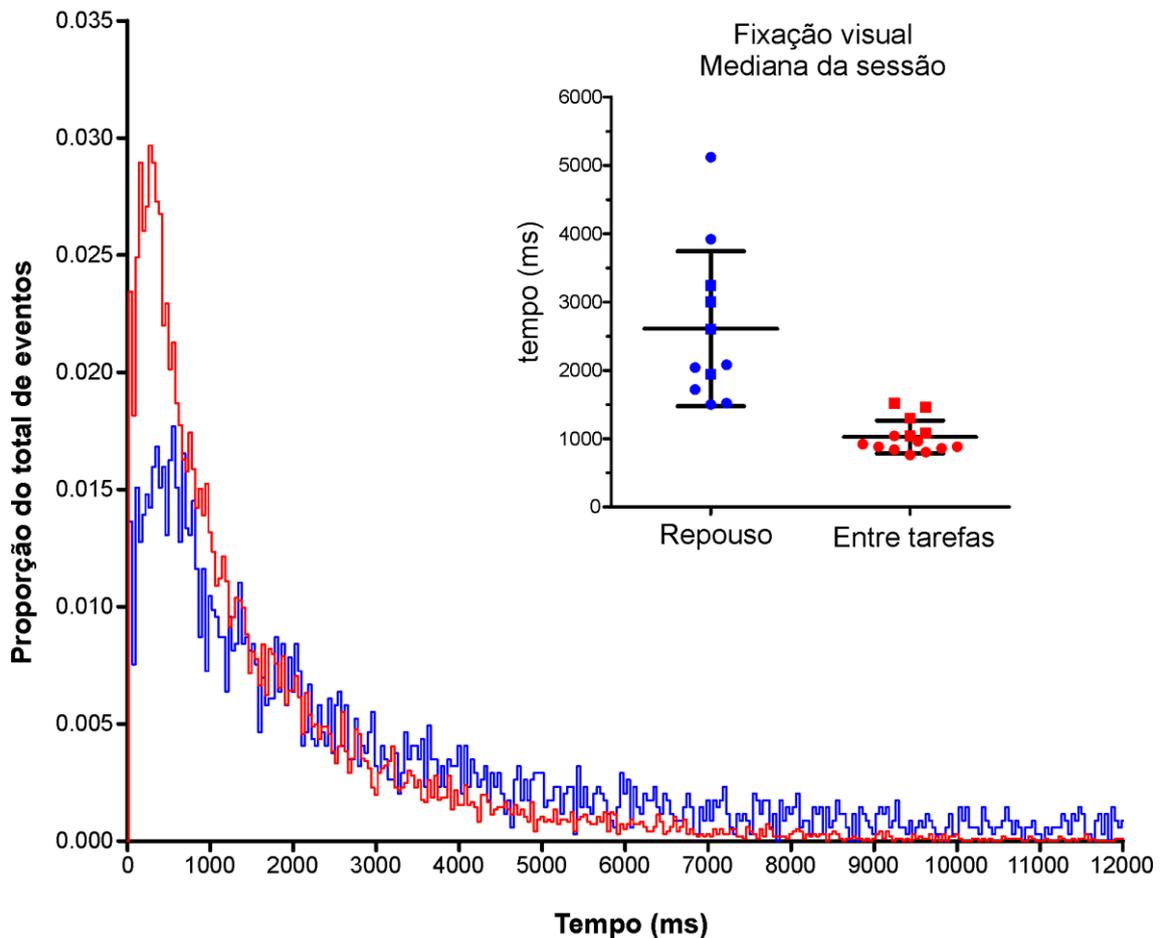


Figura 9 - Gráfico maior: Distribuição da população de períodos de fixações visuais em condição de repouso, azul, e tarefa visual, vermelho. A distribuição é não normal (teste Kolmogorov-Smirnov $P < 0,001$) com valor da mediana menor que o valor médio. A condição de tarefa visual é caracterizada por um pico de ocorrência de fixações visuais abaixo de 1000 ms. Gráfico menor: valor da mediana de cada sessão de filmagem. Condição de repouso está em azul e tarefa visual em vermelho. Os círculos representam os dados do animal Ct, os quadrados do animal ZI. O valor da mediana em tarefa foi menor que para a condição de repouso (At: 960ms, $n=9103$ e Re: 1760ms, $n=4245$. Teste Mann-Whitney, $P < 0,001$). Não foi encontrada variação entre os animais se comparado o conjunto de condições porém o animal Ct apresentou fixações mais curtas que o indivíduo ZI em condição de tarefa visual com diferença estatística significativa (mediana Ct: 880ms, $n=6653$, ZI 1280ms, $n=2450$, Mann-Whitney test, $P < 0,001$).

5.5. RELAÇÃO ENTRE O PISCAR E AS SACADAS

Durante o desenvolver das gravações, um evento marcante foi à concomitância entre o piscar e a movimentação de cabeça do tipo sacada. Exploramos esta relação nos dados dos animais quanto submetidos a tarefa que envolvia atenção versus repouso. De fato, se selecionarmos todas as piscadas anotadas nestas condições encontramos 97% delas com uma movimentação de cabeça iniciando a no máximo 200 ms de seu ponto de início, sendo que 85,89% das piscadas anotadas iniciaram exatamente à 0 ou ± 40 ms (1 quadro, nosso tempo mínimo de amostragem) do tempo de início de uma movimentação de relacionada. Quando em tarefa, esta associação entre os tempos de início do piscar e da sacada relacionada foi ainda maior, 92,14%. No estado de repouso esta foi de 82,37%, com diferença estatística significativa (z test, $p < 0.01$). Quanto não começava exatamente no mesmo quadro, o piscar precedia o início da movimentação de cabeça com maior frequência que o sucedia (504 eventos anteriores contra 203 posteriores). Esta concomitância entre o piscar e a movimentação tipo sacada também foi presente para o término dos comportamentos, sendo mais forte nos animais em condição de tarefa visual. Em 58,8% dos casos, o término do comportamento *piscar*, isto é, a abertura total dos olhos, ocorria a 0 ou ± 40 ms que o término da movimentação de cabeça tipo sacada (Fig. 10). Esta sincronia aumentou para 80,21% quando os animais estavam em condição de tarefa, com diferença estatística significativa (test Z, $p < 0.01$). Neste caso também encontramos que o término da piscada quando não ocorria no mesmo quadro do término de uma sacada relacionada esta precedia o seu término com maior frequência que o sucedia (1229 eventos contra 337) .

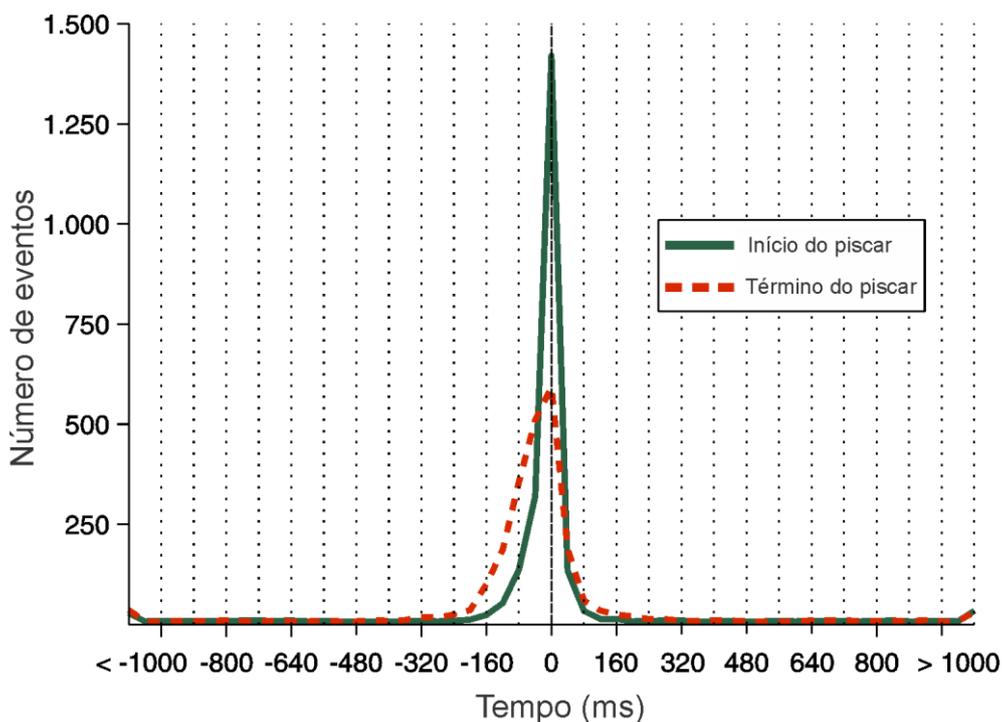


Figura 10 - Em verde, relação entre o tempo de início de uma sacada e início do piscar mais próximo. O pico em zero significa que a grande maioria das sacadas e piscadas começaram no mesmo quadro de captura da câmera (± 40 ms), aproximadamente 85,89% do total de eventos. Valores negativos significam que o piscar iniciou antes da sacada a ela relacionada. Apenas 3% das piscadas estavam a mais de 320 ms de uma sacada. Em vermelho pontilhado trata da relação entre o término da sacada e a distância temporal com o piscar mais próximo. Perceba que a sincronia entre o término da sacada e do piscar é menos estreita que a relação ao início destes comportamentos, com o piscar terminando antes do término da sacada a ele associado.

Como resultado direto do sincronismo para o início e término do piscar e da sacada associada, estes tiveram sua duração também relacionada, onde o piscar foi aproximadamente 10% menor que a duração da movimentação de cabeça. Os dados em condição de repouso apresentaram a distribuição mais espaçada do que a relação a condição de tarefa (fig. 11). A reta de ajustamento para esta relação linear apresentou função $a = 0,66 b + 2,91$, onde 'a' é a duração da sacada e 'b' é a duração do piscar (quadrado de ajustamento = 0.448). Não houve diferença estatística entre os animais do estudo, exceto pelo fato do Animal Z1 apresentar mais eventos de piscar não associados

com a movimentação de cabeça (> 320 ms) que o animal Ct. Isto ocorreu possivelmente devido a uma das sessões de gravação da coruja Zl em repouso, com um registro deste estado 5 vezes maior que a média das demais sessões.

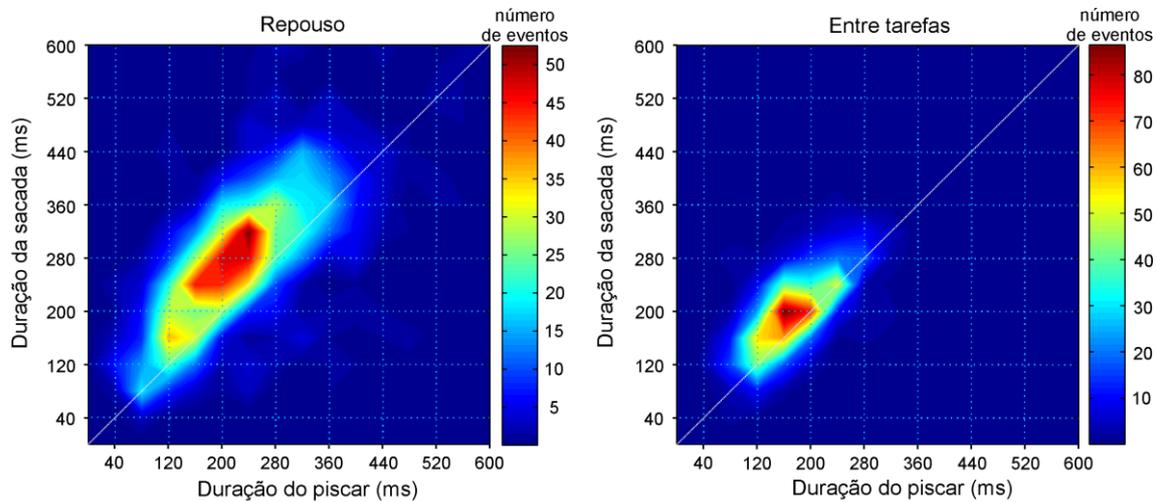


Figura 11 - Distribuição da duração da sacada (eixo Y) e a duração do piscar (eixo X) quando estes comportamentos são concomitantes. A escala de cor representa a contagem de eventos. Na esquerda temos a distribuição para os animais em repouso, onde o pico de ocorrência (52 eventos) é para a sacada durando 320 ms e o piscar a ele associado durando 240 ms. À direita temos a distribuição para animais em condição de tarefa visual, onde o pico de ocorrência (86 eventos) é para a sacada durando 200 ms e o piscar a ela relacionada durando 160 ms. Perceba que a distribuição em ambas as condições está deslocada para a parte superior do gráfico, com a sacada durando um pouco mais que o piscar a ela relacionado, e a duração dos comportamentos relacionados são concomitantes, um piscar será quão longo for a sacada associada.

Avaliamos também se a sacada associada ao piscar possuía alguma diferença em relação às demais sacadas. De fato, quando associada ao piscar a sacada possuía uma duração cerca de 1,48 vezes maior que o grupamento formado por todas as sacadas (fig.12). A média da duração de todas as sacadas foi de 168,7ms, porém quando associadas a um piscar a duração média saltou para 249,9 ms (teste t, $P < 0,0001$).

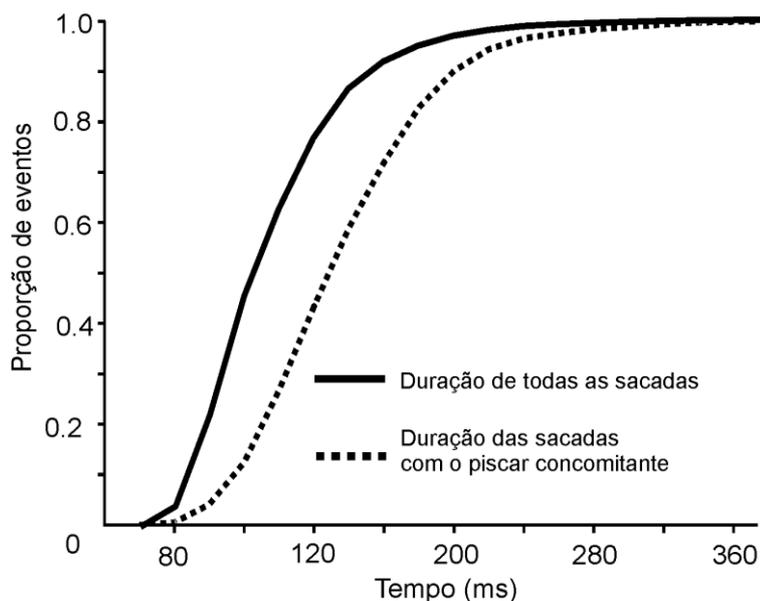


Figura 12 - Duração de todas as sacadas registradas no estudo (linha contínua) e a duração das sacadas associadas com o piscar (linha pontilhada) A duração média de todas as sacadas foi de 168,7ms, porém quando associadas ao piscar a duração média saltou para 249,9 ms (teste t, $P < 0,0001$).

Outro aspecto da associação entre o piscar e a movimentação de cabeça seria dado por uma possível relação na frequência de ocorrência destes eventos dentro de uma mesma condição. Como vimos, se comparada a condição de tarefa visual com a condição de repouso, temos um aumento na frequência de movimentações de cabeça, com uma redução no número de piscadas. Porém, este padrão variou ao longo de uma mesma sessão de gravação de 30 minutos. Tomando todos os registros em uma mesma condição, e excluindo os minutos que possuíam menos que 75% amostrados (ver sessão 4.7), tomamos a variação da frequência dos comportamentos a cada minuto em relação a média encontrada na sessão de registro. Em condição de repouso, tanto a frequência de sacadas quanto a de piscar estão aumentadas em relação a média encontrada na sessão nos primeiros 10 minutos, caindo ao longo da sessão, porém a variação nas frequências destes dois comportamentos não se mostrou correlacionada ao longo da

sessão (Spearman $p= 0,2679$). Já em condição de tarefa, tanto a frequência do piscar quanto a das sacadas foram menores que o valor médio da sessão, atingindo tal valor após 6 minutos de registros. A variação da frequência destes comportamentos se mostrou diretamente correlacionada, ou seja, um aumento na frequência do piscar foi acompanhado por uma variação proporcional no aumento na frequência de sacadas (Spearman $p<0,0001$) (Fig. 13 e 14).

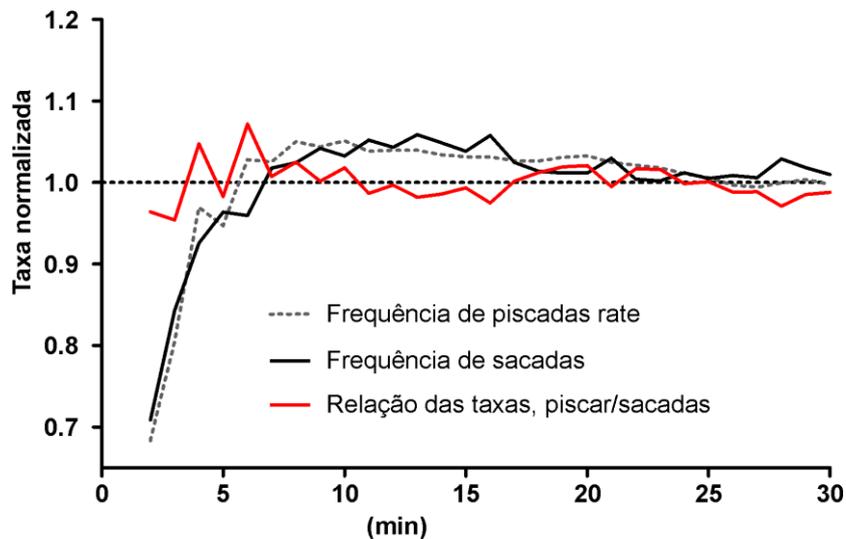


Figura 13 - Evolução da taxa média de sacadas (linha pontilhada) e taxa do piscar (linha contínua) ao longo das sessões de tarefa visual de 30 minutos em relação a média registradas nestas sessões. Tanto a frequência das sacadas como a do piscar começam mais baixas no início das sessões de treino, alcançando o valor médio da sessão somente após 7 minutos que foi iniciado o treinamento, porém a relação entre a frequência destes comportamentos permanece estável em toda a sessão (linha vermelha).

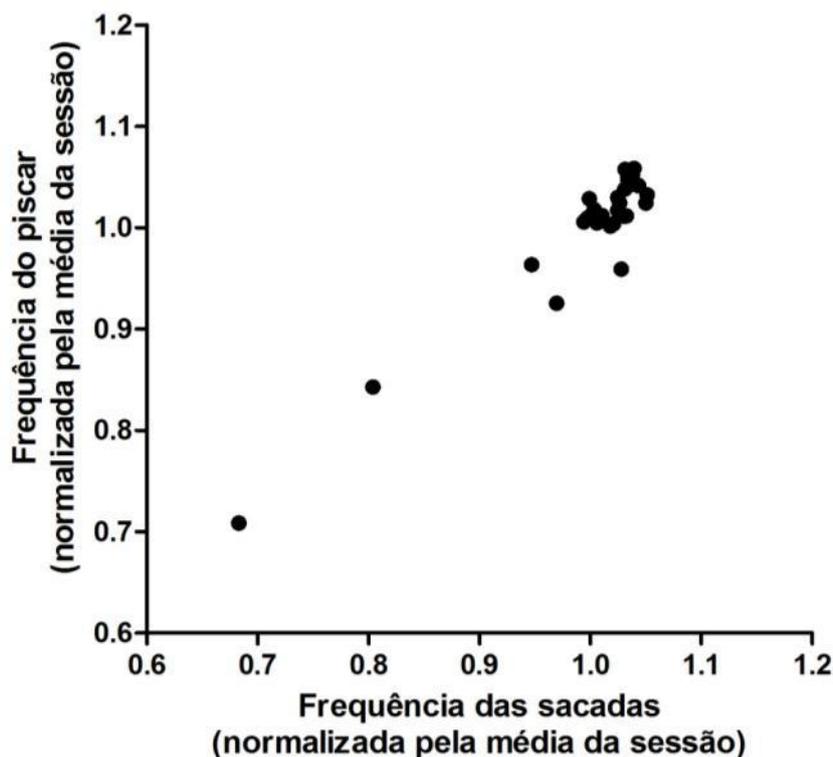


Figura 14 – Relação entre a frequência do piscar e a frequência da movimentação de cabeça sacada nos animais em tarefa, normalizada pela média de cada sessão. Cada ponto refere-se ao valor médio encontrado minuto a minuto de todas as sessões de gravação em tarefa. Um aumento na frequência do piscar foi acompanhado por uma variação proporcional no aumento na frequência de sacadas (Spearman $p < 0,0001$).

O Intervalo Entre Piscadas (IEP) também foi analisado e possui distribuição não normal (teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov, $P < 0,001$) com valor médio de todas as sessões de gravação ($11,88 \text{ s} \pm 4,2 \text{ s}$) superior ao valor da mediana ($7,84 \text{ s}$ $n = 2016$). Para determinar a probabilidade do IEP utilizamos uma janela de $0,48 \text{ s}$ (12 quadros) para os intervalos sem interrupção, resultando em uma distribuição voltada para a esquerda do IEP (Fig. 15). Distribuindo o logaritmo da media de todas as probabilidades do IEP como uma função do logaritmo do IEP percebemos que para os primeiros seis segundos a probabilidade de ocorrência do piscar não é alterada pelo tempo, oscilando entre valores de $0,03-0,04$ (média: $0,035 \pm 0,004$). A descrição da distribuição do IEP como uma função exponencial $y = a \cdot IEP^c$, representou uma

variação no valor da curva de ajuste conforme o limiar de exclusão dos dados na faixa de 0-10 segundos. O menor valor encontrado foi em 0 ($r=0,583$) com valor $a= 0,03917$ (0,03342, 0,04491) e $b= -0,5141$ (-0,5861, -0,442). O pico do valor deste ajustamento exponencial em 6 s ($r=0,94$), com $a = 0,5806$ (0,4648, 0,6964 - margem de confiança de 95%) e $c = -1,543$ (-1,629, -1,456) seguindo de decaimento até o valor de $r=0,90$ (10 s).

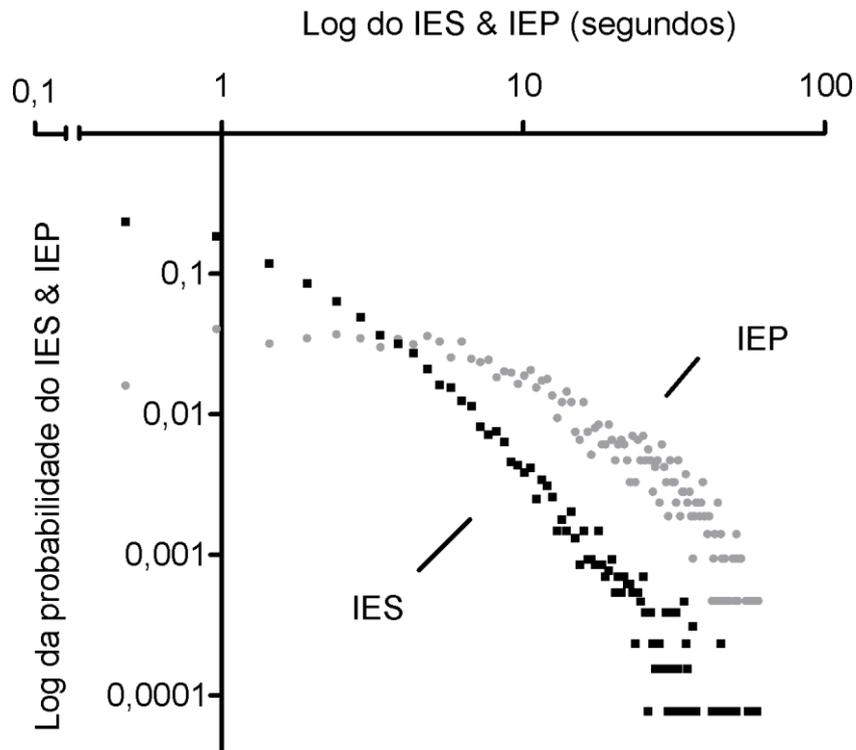


Figura 15 - Probabilidade de ocorrência de períodos de intervalo entre sacadas (IES) e entre piscadas (IEP) em escala logarítmica. O IES decresce de forma relativamente constante para todas as faixas temporais, já o IEP permanece estável, ou seja, sem mudança na probabilidade de ocorrência até intervalos de até 6 segundos, após esta faixa a probabilidade de ocorrência decresce.

Já distribuição do intervalo entre sacadas (IES) seguiu algumas características do IEP como a distribuição não normal (teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov, $p<0,001$) com valor médio ($2,74s \pm 4,77$) maior que o da mediana (1,28 s). Porém, diferentemente do IEP, o IES obedeceu a uma distribuição exponencial para qualquer

intervalo, com decaimento constante da sua probabilidade de ocorrência. A descrição da distribuição do IES como uma função exponencial $y = a \cdot IES^c$, teve um coeficiente de determinação para o ajuste de 0,932 e $a = 0,1265$ (0,1204, 0,1326) e $b = -1,024$ (-1,08, -0,968). As curvas de ajuste aplicados para IES e IEP passaram pelo teste estatístico f ($\alpha < 0,05$).

6. DISCUSSÃO

6.1. RESUMO DOS PRINCIPAIS ACHADOS:

O presente trabalho mostra que as principais classes de comportamentos oculomotores da coruja buraqueira, movimento da cabeça e piscar, são profundamente influenciadas pelo engajamento do animal em uma tarefa que envolva sua atenção, representado pelos períodos de *intervalos* na realização de tarefas visuais, se comparado com os animais em repouso. Os principais achados podem ser sumariados da seguinte forma: 1) predomínio das *sacadas* em relação aos outros tipos de comportamentos de movimentação do campo visual; 2) forte aumento dos movimentos *sacádicos* de cabeça quando o animal está em condição de tarefa visual e redução na sua duração; 3) redução na duração da *perseguição suave* quando o animal encontra-se em tarefa visual, sem variação na frequência deste comportamento; 4) aumento na frequência e redução na duração da movimentação de campo visual do tipo *espreitada* em condição de tarefa visual; 5) expressiva diminuição da frequência do piscar quando o animal está em tarefa, acompanhado de aumento proporcional na frequência das piscadas monoculares; 6) Presença de piscadas binoculares não associadas à sacada exclusivamente nas condições de repouso; 7) Forte associação entre o piscar e sacadas (> 85% dos eventos) e completa ausência de associação entre o piscar e os demais tipos de movimentações de campo visual, *espreitada* e *perseguição suave*; 8) A associação entre movimentações de cabeça sacádica e o piscar foi firmada tanto para o tempo de início quanto para o tempo de término, mantendo uma relação de duração onde a sacada foi mais longa que o piscar associado; 9) Esta associação entre piscar e sacada foi mais estreita em condição de

tarefa visual, tanto na proporção de eventos quanto para a duração; 10) distribuição da probabilidade de ocorrência dos intervalos entre sacadas (IES) em função do tempo seguiu uma distribuição exponencial enquanto o intervalo entre piscar (IEP) se manteve estável para os primeiros seis segundos; 11) pequena influência do período do dia e tempo de jejum na variação dos comportamentos em estudo, exceto pela variação no tempo de fixação, em especial com um aumento na sua duração na condição tarde não alimentada (td).

Estes achados podem ser interpretados e discutidos tendo em vista dois pontos de argumentação, a primeira diz respeito às peculiaridades do sistema visual de aves e seu passado evolutivo, e a segunda linha destacando os feitos de processos atencionais sobre o comportamento animal e o funcionamento do sistema nervoso.

Primeiramente é importante contextualizar as discussões sobre as movimentações de campo visual e piscar. Desta forma esta discussão seguiu em quatro tópicos. O seguinte (6.2) e o tópico de fechamento (6.5) se dedicarão a discussões teóricas a cerca do estudo da movimentação ocular. Muitas vezes os apontamentos extravasarão o alcance dos dados coletados neste trabalho, porém não perdem em importância já que apontam para questões de base neste campo, que muitas vezes ficam subentendidas nos artigos, como por exemplo a adoção do conceito “imagem natural” para fotografias que, de certa forma contradiz a adoção do conceito de natural como sinônimo de “não humano”. Desta forma os tópicos 6.2 e 6.5 privilegiarão o caráter dissertativo de um trabalho de mestrado. Já os tópicos 6.3 e 6.4 irão se dedicar a discussão dos dados específicos do trabalho frente a literatura. Estes dois tópicos podem ser lidos separadamente, sem prejuízo na compreensão do trabalho.

6.2. PARA ONDE APONTA O OLHAR NATURAL?

O movimento ocular é alvo de estudos a mais de um século. Devido a heterogeneidade da retina humana em relação a sua capacidade de resolver detalhes, o olho é ativamente e rapidamente reposicionado de forma a poder refratar áreas de interesse do campo visual na região de maior resolução. No ser humano, esse reposicionamento ocular acontece três vezes por segundo em media, podendo sofrer variações conforme a demanda comportamental, (HENDERSON, 2003). Uma comparação direta entre os dados coletados para as corujas buraqueiras neste trabalho e humanos põe que os últimos, em tarefa, realizam três vezes mais movimentos de reposicionamento rápidos, ou sacadas (LAND *et al.*, 1999).

Existe uma longa história de trabalhos que estudam a movimentação ocular para inferir processos cognitivos (HAYHOE; BALLARD, 2005), e como este comportamento ocular, sobretudo as sacadas são Controlados de modo voluntário (KOWLER *et al.*, 1991). Somado a estes trabalhos, uma variedade de estudos psicofísicos e de imageamento funcional cerebral suporta a ideia de que mudanças na atenção poderiam ser refletidas mudanças na fixação visual. O local para onde os olhos apontam indicam intenções e estratégias durante a realização de uma tarefa (LAND *et al.*, 1999).

De certa forma poderíamos dividir os estudo das movimentações oculares em duas linhas principais: a primeira linha, que tem ganhado destaque nos últimos anos, possivelmente devido ao avanço na informática e sua capacidade de manipular grande volume de dados, criando variáveis mensuráveis (para uma crítica mais completa ver TATLER *et al.*, 2011), pretende compreender como as propriedades físicas da imagem influenciam o padrão cinemático do olho (NAKAYAMA; MARTINI, 2011). Um de

ramos mais profícuos desta linha é o desenvolvimento de modelos, chamados mapas de saliência. Estes mapas são criados computacionalmente para extrair regiões de conspicuidade emergindo de operações algorítmicas bio-inspiradas de extração e combinação de características visuais (ITTI; KOCH, 2001). O sucesso desses mapas em prever as regiões de uma imagem que serão alvos mais prováveis para a fixação visual de um sujeito inspecionando a mesma foi obtido até um certo ponto, mas raramente superando.

A segunda linha de investigação representada, por exemplo, pelos trabalhos pioneiros de Yarbus na década de 1960 (YARBUS, 1967) e, posteriormente, Land e colegas (LAND; HAYHOE, 2001; LAND; MCLEOD, 2000; LAND, 2005; LAND *et al.*, 1999) é de natureza mais experimental. Os movimentos oculares são analisadas em um contexto experimental mais natural, como dirigindo um carro, fazendo chá, lendo uma partitura musical. A importância fundamental deste tipo de abordagem experimental reside não somente em mostrar que a realocação do olhar não é exclusivamente determinada pelas características físicas da imagem. Ela é também dependente de processos cognitivos de alta ordem relacionados ao planejamento de ações, carga atencional, memória e expectativas, por exemplo.

Neste contexto, uma questão central é saber se existe uma busca visual não ligada à tarefa, ou a um sistema pre-atencional para a busca visual que facilitaria a realização de tarefas.

Os trabalhos com corujas entraram neste campo com o estudo desenvolvido por Ohayon (OHAYON *et al.*, 2008) em corujas *Tyto alba*. Neste trabalho Ohayon e colegas analisaram as propriedades de imagens visualizadas por duas corujas, através de um dispositivo indireto, uma mini câmera acoplada na cabeça destes animais, em três

contextos diferentes. Os valores de resposta a um modelo de saliência foram tipicamente maiores que os encontrados em para uma busca visual aleatória, porém apenas 20% das fixações responderam satisfatoriamente ao modelo. Os autores sugeriram um controle de cima-para-baixo para as fixações visuais da coruja. Este resultado foi posteriormente ressaltado em uma interessante revisão sobre diversos aspectos neuroetológicos da espécie (WAGNER *et al.*, 2012) e também poderia ser aplicado para nossas corujas buraqueira.

O quadro de que o controle das fixações visuais da coruja é orquestrado por mecanismos de cima-para-baixo, isto é, o local para onde as corujas apontariam seus olhos depende muito mais de fatores de alta ordem, como o planejamento das ações, que das propriedades físicas da cena visual, é bastante tentador e poderia estar de acordo com os resultados deste trabalho já que, grosso modo, o padrão da cena visual disponível para as corujas durante os períodos de repouso e nos intervalos entre tarefas era o mesmo. A revelia da igualdade da cena visual, os períodos de fixação, os padrões de movimentação de cabeça e as categorias de movimentações de cabeça realizadas, principalmente de sacadas, foram radicalmente alterados. Mas antes de adotarmos tal posicionamento é prudente pontuarmos que os modelos de saliência foram inicialmente pensados para humanos, tendo em vista variáveis disponíveis dentro do espaço perceptual humano, que difere do espaço perceptual das corujas.

A acuidade visual da coruja de igreja (e possivelmente das corujas noturnas como um todo – nosso animal é crepuscular) é bastante menor que a de humanos, variando de 2,6 até 4 ciclos por grau visual (HARMENING; WAGNER, 2009), com um pronunciado pico de sensibilidade ao contraste em um ciclo por grau visual. Isto significa que a aproximadamente 2,4 metros de distância uma coruja tyto não consegue distinguir detalhes menores que 1 centímetro. Esta resolução é a mesma para humanos

vendo objetos a 34 metros de distância, visto sua sensibilidade de 30-60 ciclos por grau visual, dependendo do contraste.⁵ A sensibilidade ao contraste dentro desta faixa é menor em corujas que humanos, com um formato de curva diferente assim como sua sensibilidade à luz. Valores tipicamente baixos são encontrados em animais noturnos. Uma baixa sensibilidade seria vantajosa em ambientes com pouca iluminação, já que evita a formação de clarões, halos e imagens fantasma (HARMENING; WAGNER, 2011). A faixa de espectro visual das aves é voltada para frequências maiores, sendo pouco sensível para o vermelho, além da estrutura da retina como um todo ser bastante diferente entre aves e mamíferos, por exemplo, com a presença de gotículas de óleo para possível proteção a luz ultravioleta, atuando como filtros (HART, 2001). Desta forma, variáveis tipicamente empregadas em modelos de saliência, cor, contraste, direção e movimento, tem provável alteração nas corujas.

Outro fator importante no repertório da movimentação de cabeça das corujas é a participação de informações perceptuais não visuais, dado que os sentidos não atuam em separado no animal. Informações auditivas parecem ser de fundamental importância para as corujas, evidenciado pela sua capacidade de caçarem presas eficientemente utilizando tanto a visão como a audição (FUX; EILAM, 2009), com resolução azimutal (eixo horizontal) no espaço auditivo frontal de 3° (BALA *et al.*, 2003). A relação entre o sistema auditivo e visual das corujas pode ter sido determinante na frontalização de seus olhos (MARTIN, 2009), característica peculiar deste grupo de aves e do grupo relacionado, os caprimungiformes. O somatório entre o desenvolvimento do sistema auditivo e de grandes olhos adaptados ao ambiente noturno (HALL; ROSS, 2007) em uma pequena caixa craniana pode ter levado ao grande campo binocular presente nessas

⁵ Ciclos por grau é o número de linhas reconhecíveis em um grau visual. Dado o valor da tangente de 1°, um ciclo significa um objeto de 1 cm a 57 cm de distância do observador.

aves. Uma camada óssea extremamente fina que separa o globo ocular e o ouvido é uma das possíveis marcas desta conjunção.

Assim, o predomínio de mecanismos de cima-para-baixo pode **não** refletir uma força maior de mecanismos volitivos, mas simplesmente uma diferença no espaço perceptual entre humanos, que normalmente se encaixam neste modelo numa faixa de 50% (ITTI, 2005) e corujas, se ajustaram em somente 20%. No caso de nosso estudo, da mesma forma, a variação na duração e contagem dos eventos poderiam representar não somente uma mudança no estado cognitivo do animal, mas também uma mudança no contexto da cena visual apresentada, impactada pelas constantes interrupções resultantes da entrada do experimentador no viveiro e a realização da tarefa visual.

Outro motivo para cautela é a opção encontrada em muitos trabalhos ao utilizam para seu estudo imagens fotográficas como sinônimo de *imagens naturais* ou *imagens reais*, definição socialmente construída a partir do movimento renascentista e exacerbada no século XIX com o advento da fotografia. Esta discussão ultrapassa os objetivos deste trabalho, mas um livro interessante, recentemente traduzido para o português, revisa a história da adoção de imagens projetadas como um artifício de realidade, bem como destaca princípios que marcariam o fotorrealismo como mais uma maneira de representação da realidade, e não a realidade em si. Uma clara diferença é que o espaço ocupado pelos organismos é tridimensional, os organismos possuem dois olhos, logo são dois planos de fuga, além de se deslocarem ativamente (FLORIÊNSKI, 2012). A adoção da imagem de plano de fuga único como sinônimo de realidade se daria a partir da pintura de cenários de teatro, depois tomando corpo na pintura renascentista.

Destaco que esta opção estética de representação da realidade não é sequer adotada para todas as culturas humanas, e o que se pensaria nesta adoção pelos animais, como as corujas (basta lembrar o desinteresse de animais domésticos em assistir televisão, mas ressaltando também que em alguns casos animais responder muito bem a estímulos apresentados por imagens bidimensionais com ponto de fuga único, como apresentados em trabalhos com pombos (SHIMIZU, 1998).

A diferença no espaço perceptual das corujas, somado com a movimentação ocular limitada, longe de serem problemáticas podem ser exploradas futuramente, colocando as corujas como um modelo interessante para o estudo de mecanismos pré-atencionais na busca visual, justamente por driblarem alguns problemas metodológicos deste tipo de abordagem, como a dificuldade de criar estimulações ambientalmente situadas sem cair em vícios relacionados ao uso de vídeos e fotos, como enquadramento, cortes, edições, intenções de filmagem, ressaltando que os modelos de conspicuidade atualmente tem baixo poder empírico explicativo, mas se enquadrando bem em ambientes controlados (ROTHKOPF *et al.*, 2007)⁶. As corujas permitiriam a análise de filmes feitos por elas mesmas, seja numa busca visual ou na realização de uma tarefa.

Concluindo: os modelos de saliência foram planejado para a compreensão de mecanismos pré-atencionais em humanos, que funcionaria em estágios iniciais da via visual, utilizando uma representação fotográfica com sinônimo de imagens naturais, possível referência a maneira que a imagem é projetada na retina. A própria entrada de estímulos visuais da coruja é diferente, com um espaço perceptual diferente e possivelmente pesos diferentes para as variáveis em questão do modelo, implicando

⁶ Pelz ao perceber que alvos com mesma característica física eram selecionados conforme o contexto rejeitou a hipótese de uma via de movimentação ocular elicidada por pistas de baixo nível (PELZ; CANOSA, 2001), porém, isto em um contexto específico de tarefa.

diferenças em estágios iniciais da via visual. A representação fotográfica de realidade apresenta diferenças marcantes em relação da entrada de estímulos visuais de um organismo imerso em um ambiente. Desta forma, o peso das propriedades físicas de uma cena visual em corujas, como cor, movimentação, contraste, intensidade e mudanças temporais, podem ter peso muito maior que os 20% encontrado pela pesquisa de Ohayon⁷, sendo melhor analisar com bastante ressalva a sugestão de que mecanismos de cima-para-baixo modulariam o controle da fixação visual das corujas, ou mesmo especular que este tipo divisão de mecanismos seja mais uma ferramenta metodológica que objeto de especulação empírica.

Já o segundo grupo de estudos da movimentação ocular, os ligados a realização de tarefas, também dizem pouco sobre o presente trabalho. Nestes a relação entre sistema locomotor e a movimentação oculares são foco. M. Land, por exemplo, coloca que a movimentação ocular está relacionada com estratégias de manipulação, sendo 95% destes movimentos oculares ligados diretamente à tarefa que está sendo realizada (LAND; HAYHOE, 2001; LAND *et al.*, 1999). Normalmente as movimentações oculares precedem as ações motoras em frações de segundo. Não haveria um modelo simétrico comparativo para as corujas. Os trabalhos atuais analisam contextos menos complexos, como a busca de um objeto contrastante em relação ao fundo, mostrando que o rastreamento visual de corujas se assemelha com a de humanos (HARMENING *et al.*, 2011), bem como a necessidade das corujas de focar objetos e futuros alvos, como poleiros, que terão contato em sua área de alta resolução visual (OHAYON *et al.*, 2008). Outro fato interessante é que tanto corujas quanto humanos antecipam o ponto futuro de impacto de um objeto em movimento, no caso da coruja, o ponto futuro é um rato que

⁷ Poderíamos pensar que as corujas para esta aferição necessitariam de um modelo próprio, que poderia até mesmo incluir pistas auditivas. Os olhos relativamente fixos resultam que a retinotopia é o mesmo que a craniotopia, sem necessidade de uma tradução, o que permite a concatenação de informações auditivas e visuais de maneira muito rápida.

se movimenta (FUX; EILAM, 2009), ou humanos antecipando o ponto de impacto com uma bola em um jogo de cricket (LAND; MCLEOD, 2000), mostrando que as sacadas (ou parte das sacadas) são proativas e não meramente reativas (TATLER *et al.*, 2011).

Desta forma é muito difícil com os dados disponíveis neste trabalho, e até mesmo revisando na literatura, caracterizar o que seria uma espécie de “olhar natural” de um animal, seja corujas ou humanos. O natural é uma ideia histórica (LATOURE, 1996, 2009; LEACH, 1989), um conceito que nossa cultura carrega, alheio a provas científicas. O que vimos foi uma profunda alteração nos dados coletados durante os intervalos de realização das tarefas visuais se comparado com os animais em situação de repouso, seja para o tipo de movimentação de campo visual utilizada, com aumento na contagem das sacadas, espreitadas, seja na duração das mesmas sacadas, espreitadas, ou perseguições lentas (que não sofreram alteração na contagem de eventos em relação à tarefa) e por consequência uma redução nos períodos de fixação visual. Estes dados ficaram no meio do caminho entre as duas maneiras de analisar estes comportamentos, já que a princípio não houve as alterações marcantes na cena visual disponível para os animais, o que poderia indicar um maior peso de mecanismos volitivos associados à movimentação ocular em corujas, mas por outro lado estas alterações poderiam estar relacionadas a realização das tarefas e possíveis estratégias do animal para capturar de informações, sobretudo desencadeadas pela perturbação intencional do experimentador no ambiente qual coruja está inserida, partilhando assim tanto as responsabilidades de estratégia quanto alterações no meio. Mas sempre lembrando que não só a visão é um processo ativo, o organismo como um todo é ativo em seu meio, podendo mudar e aprender estratégias, bem como modificar o seu ambiente no percurso desta interação.

6.3. ESTRATÉGIAS DE VARREDURA DO CAMPO VISUAL

A movimentação dos olhos resulta em uma sequência rápida de imagens na retina (PELZ; CANOSA, 2001). Os movimentos oculares são cruciais na organização das ações e, em geral, os olhos começam a se movimentar antes que a própria ação tenha se iniciado (CHALUPA; WERNER, 2004, p. 1363).

Em nosso estudo, o aumento da frequência das sacadas dos animais em tarefa foi um reflexo desta mudança de estratégia, lembrando que o papel da visão das aves parece ter um peso diferente que encontramos em mamíferos, dado seu passado evolutivo, como animais que ocupavam (ocupam ainda em sua maioria) o nicho ecológico diurno como predadores de topo por milhões de anos. A grande maioria das aves necessitam de pistas visuais para sua alimentação, buscando seu alimento em um plano de fundo extenso (aves como a cigana, única ave herbívora do mundo, ou aves filtradoras de fato são exceções dentro do grupo, todas as demais necessitam coletar pequenos grãos no solo, frutos em árvores, ou caça presas vivas), ou utilizando a visão para se proteger de predadores.

O padrão de movimentações de cabeça de falconídeos parece ser espécie específico, não alterado pela manutenção dos animais em cativeiro, apesar de uma mudança na prevalência dos eventos (ROURKE *et al.*, 2010). Falconídeos assim como as demais aves possuem um grande campo visual monocular e um campo binocular estreito, possivelmente incapazes de mesclar as informações binoculares para criarem a sensação de estereopsia (MARTIN, 2007). Muitas vezes as aves deslocam seu campo visual para a varredura de seu entorno e a direção de seu deslocamento em si ocorre no sentido de seu ponto cego (MARTIN; SHAW, 2010). As corujas é um modelo excepcional para o estudo do sistema visual, já que representam uma exceção dentro do

grupo das aves apresentando um dos mais altos graus de uso da visão binocular entre os animais (WILLIGEN, 2011). Estas diferenças poderia afetar suas taxas de movimentação de cabeça, devido por exemplo a uma área cega maior?

De fato se compararmos a taxa de movimentos de cabeça em condição similar, corujas buraqueiras apresentam menos movimentações que os falcões, mesmo com uma área cega muito maior. Uma espécie de falcão, *Accipiter cooperii*, chega a apresentar cerca de 60 movimentações de cabeça por minuto, o falcão *Falco sparverius* e a águia *Buteo jamaicensis* realizam aproximadamente 25 movimentações de cabeça por minuto, em condições de cativeiro (O'ROURKE *et al.*, 2010). Já as corujas buraqueiras em igual condição apresentaram aproximadamente 10 movimentações de cabeça por minuto. Somente quando em tarefa que a quantidade de movimentações de cabeça das corujas se aproxima dos valores encontrados para os falcões, aproximadamente 25 movimentações por minuto. Estas diferenças foram contrárias a que esperaríamos, ou seja, que uma redução no campo visual implicaria em uma aumento no número de movimentações de cabeça necessárias para varrer a mesma área, podendo ser um indicativo de diferentes estratégias de busca visual entre os dois grupos que extravasaria apenas a mera necessidade de observar o campo visual como um todo, estando em jogo outras características comportamentais do animal e usos da visão.

A duração dos períodos de fixação médios da coruja buraqueira foram de 2-5x maiores que os valores encontrados para falcões. Já se comparando a duração dos períodos de fixação médios de corujas *Tyto alba* e buraqueiras, ambas tarefa, os valores médios foram similares, 1,8s ($\pm 0,4s$) para nossas buraqueiras e 1,1s ($\pm 1,4$) para as corujas *Tyto alba* (OHAYON *et al.*, 2006). Em humanos, o período de fixação médio durante a visualização de uma cena sem a necessidade de uma tarefa é de cerca de 330 ms, com grande variação intra e inter-individual (HENDERSON, 2003). Dois fatores

estão envolvidos nas características visuais particulares das corujas, o tamanho dos olhos e a utilização da audição na localização e captura de presas (MARTIN, 2007), o que pode ter influenciado nestes valores em relação aos falcões e humanos.

O número de espreitadas, movimento de campo visual com componente translacional, possivelmente utilizado por corujas para extrair informações tridimensionais por paralaxe também foi muito baixo se comparado com os valores encontrados em outras aves, que possivelmente utilizam deste comportamento para compensar a ausência de movimentação ocular, como o caso da espécie *Accipiter cooperi*, que realiza aproximadamente 15 movimentações desta categoria por minuto. Ohayon encontrou em corujas *tyto alba* um número similar de movimentações regulares (sacadas) e espreitadas (OHAYON *et al.*, 2006). A baixa contagem de espreitadas em nosso estudo pode ser resultado de nosso protocolo experimental qual o animal não necessitava de pistas tridimensionais para a distinção das imagens apresentadas, bem como o uso destas pistas eram indiferentes nos períodos de registro nos intervalos das mesmas. Porém, apesar da baixa contagem em relação a outras espécies de aves, registramos um aumento significativo destes movimentos em condição de tarefa visual em relação aos animais em repouso. Outro ponto que pode ser levado em conta é que corujas buraqueiras possuem uma fóvea verdadeira, o que levaria a resultar em diferenças nos usos do sistema visual desta espécie em relação a coruja *Tyto alba*, que possui uma área de alta resolução menos definida, a *área-centralis*. Se pensarmos que mover a cabeça para as corujas é mover a fóvea no espaço, uma fóvea menos definida das *tytos* pediria menos movimentações de cabeça que as buraqueiras e períodos de fixação mais longos, o que de fato ocorreu em pequena escala, de 1,8 s para 1,1 s.

As perseguições suaves não sofreram alteração em número, se comparado o animal em tarefa com em repouso, mas sua duração caiu bastante, aproximadamente

50%. Isso pode indicar que o animal identificaria objetos em movimento na mesma proporção nas duas condições ambientais, mas que, em tarefa, os objetos eram acompanhados por menos tempo, buscando outros pontos de interesse na cena visual. Assim, as sacadas foram para a coruja buraqueira o comportamento mais presente na varredura do campo visual, estando ou não em tarefa. Os demais comportamentos seriam reservados para situações mais específicas, não elicitadas pelo nosso protocolo experimental, apesar de que elas sofreram variação significativa entre os dois estados.

Com os dados disponíveis não poderíamos associar um aumento no número de movimentações de cabeça do tipo sacada juntamente com a redução no número de piscadas como uma espécie de benefício para o animal na varredura do campo visual durante a realização da tarefa. Esta interpretação poderia mostrar a importância de adquirir um amplo conjunto de imagens, suprimindo as piscadas e explorando o ambiente o máximo possível, algo crucial para sua sobrevivência e moldado por processos seletivos ao longo da evolução.

Um trabalho muito interessante (LAND *et al.*, 2002) analisou o caso de uma mulher inglesa que não possuía a capacidade de mover os olhos devido uma doença congênita. Esta mulher, assim como as corujas, movia o campo visual quase que exclusivamente através da movimentação de sua cabeça. Apesar de ela realizar apenas um terço das movimentações sacádicas que indivíduos que podem mover os olhos, não houve prejuízo em seu tempo de realização de uma tarefa, no caso preparar chá. Neste caso, o número de sacadas realizados pelos indivíduos em uma tarefa visualmente guiada, dado que em 95% das movimentações oculares precedia a manipulação dos objetos utilizados no preparo do chá, parece não ter influência na eficiência e na velocidade da realização de uma tarefa. Possivelmente a incapacidade de movimentar os olhos e realizar pequenos ajustes foi compensada por uma estratégia diferente de mover

seus olhos lentamente pelo campo, ou realizando uma determinada tarefa com apenas uma fixação, onde um indivíduo normal realiza três.

Para podermos dizer que o aumento das sacadas levaria a algum benefício para o animal neste contexto necessitaríamos mostrar que mais piscadas e menos movimentações de cabeça teria efeito no desempenho da tarefa, algo que não mensuramos, demandando um estudo específico.

Um quadro inteiramente hipotético para pensarmos em alguma função para a redução na frequência de movimentações de cabeça em repouso se comparado com o animal em tarefa, poderiam ser feito imaginando os riscos de predação da espécie, como foi suposto para o corvidae *Aphelocoma californica* (FERNÁNDEZ-JURICIC *et al.*, 2010). Desta forma uma baixa frequência de movimentação de cabeça da coruja em repouso poderia ser vista como um mecanismo defensivo para não chamar a atenção de predadores ou, dado o fato de se tratar de uma rapineira, um número reduzido de movimentações poderia servir para diminuir as chances de visualização por outras aves menores, que costumam se unir para molestar predadoras, em um comportamento conhecido pelos ornitólogos como mobing. As movimentações de cabeça ocorreriam em maior frequência quando o animal recebe algum benefício que valesse pelos riscos. Esta interpretação demandaria um estudo específico para sua confirmação.

Tendo em vista o caso anteriormente relatado, em que uma pessoa é capaz de realizar uma tarefa com a mesma velocidade, porém realizando apenas um terço das movimentações oculares de que a média de outros voluntários, também poderíamos levantar a questão de que o aumento da frequência das sacadas e consequente redução na duração das fixações indique **não** que os mecanismos de busca visual atuem sob uma lei econômica rígida, mas que as movimentações de campo visual sejam comportamento

de afluência, excesso, permitindo uma elasticidade nas estratégias adotadas, sem que signifique necessariamente prejuízos ou benefícios para os sujeitos. É interessante imaginarmos isto para a coruja já que a movimentação ocular sua depende da movimentação da cabeça como um todo, o que representa um esforço energético muito maior, dado a seu grande peso proporcional em relação ao resto de seu corpo.

Pensarmos em finalidades, perdas e ganhos para os indivíduos com o aumento ou redução de um dado comportamento depende de um conjunto de dados que de fato não realizamos neste trabalho. Temos com nossos dados uma indicação que as corujas, animais que precisam mover um aparato muito mais pesado que outros animais para a varredura do campo visual realiza menos movimentações que os demais que encontramos na bibliografia, ressaltando o fato de que a audição pode auxiliar as corujas na sua imersão no ambiente. Se por um lado estes dados podem indicar uma espécie de “economia de energia” para as corujas, por outro não poderíamos deixar de imaginar um desperdício de imagens capturadas para animais que realizam muitas movimentações oculares no espaço, como nós humanos que podem realizar a mesma tarefa com um terço das sacadas. Pensarmos em função e economia é um pensamento um tanto tentador. A crítica a este tipo de pensamento finalista (teleonomia), voltado para a função de um comportamento será feita no final do trabalho e pode ser vista no livro de Lorentz (LORENZ, 1993) .

6.4. PISCAR E SUA ASSOCIAÇÃO COM AS SACADAS

6.4.1. O PISCAR

Piscar é um fenômeno que reflete, em parte, a contribuição de processos cognitivos (PONDER; KENNEDY., 1927). Quando diante de uma tarefa que demanda atenção visual, a frequência do piscar cai significativamente (FOGARTY; STERN,

1989; HINTZ, 2007). São poucos os estudos sobre o piscar em aves e sua relação com tarefas. Apenas um levantamento geral caracterizando a frequência do piscar em diversos grupos de aves, por períodos de observação curtos foi realizado três décadas atrás (KIRSTEN; KIRSTEN, 1983). Recentemente um trabalho demonstrou que a variação na frequência do piscar em corvos americanos está relacionada com uma variação de atividade de diferentes regiões do sistema nervoso. Um aumento na frequência do piscar é relacionado com o aumento de atividade das vias visuais tanto tálamo como tectofugal, e a redução do piscar relacionado com o aumento da atividade o tronco cerebral e ativação de regiões do cérebro conhecidas em aves por regular a percepção, atenção, medo e comportamento de fuga (MARZLUFF *et al.*, 2012). Estudos em humanos e animais laboratoriais clássicos, como ratos e porcos da índia, a maioria das vezes são baseados em sessões relativamente curtas, na casa de 5 minutos, o que podem alterar a contagem de eventos, dado que a frequência do piscar demora certo tempo para estabilizar-se (KAMINER *et al.*, 2011). A relação de queda na frequência do piscar e a demanda de atenção também foi confirmada neste trabalho para corujas buraqueiras, mostrando uma importância adaptativa deste comportamento dentro do grupos de aves, bem afastados filogeneticamente dos mamíferos.

O piscar interrompe a interação visual entre o indivíduo e meio, o que pode ser especialmente danoso quando as informações visuais são importantes para um determinado contexto. Poderíamos pontuar que, apesar das informações visuais não aparentarem importância para o animal no intervalo de exposição de imagens durante a condição de tarefa, período em que nossos dados foram coletados, a frequência do piscar abaixou. Isto pode ter ocorrido devido a um atraso do animal em perceber as oscilações dos períodos com e sem exposição de imagens durante a condição de tarefa, na casa de minutos, onde, em teoria, as ações que ocorriam não influenciariam na realização da

mesma, ou pode indicar que o animal de certa forma se mantinha bastante atento neste período, ou ainda refletir uma característica que em humanos é bastante clara e interessante; a realização de muito mais piscadas que as necessárias para sua função primordial, a manutenção do filme lacrimal (ANTONIO A.V. CRUZ, DENNY M. GARCIA, CAROLINA T. PINTO, 2011).

No Homem, o período de manutenção do filme lacrimal em torno de 6-7 segundos (MONTES-MICO, 2004). Após este intervalo aberrações visuais seria desencadeadas. Porém a frequência do piscar em adultos está sempre acima deste valor, sugerindo que a frequência do piscar não é unicamente determinada pela necessidade de reposição do filme lacrimal. Em alguns estados cognitivos, como quando em privação de sono ou conversando, chegamos a piscar de 35-45% mais que no estado basal. Assim, desde pensarmos em uma supressão do piscar quando as corujas buraqueiras (ou humanos estão em tarefa), poderíamos ver este fenômeno pelo seu inverso; há um excesso de piscadas em repouso. Esta análise é similar a que foi exposta para as sacadas, isto é, um possível excesso de sacadas do animal em tarefa.

Analisar o comportamento de um animal pelo excesso e não pela falta. Assim a questão inverte: O cerne do problema não seria saber as razões da coruja piscar pouco quanto em tarefa, mas porque elas piscariam tanto em repouso. E será que este excesso de piscadas em repouso propicia alguma vantagem ao animal? Para isto precisamos olhar as características e prováveis funções do piscar da coruja e em animais já estudados.

Primeiramente o piscar não se distribui aleatoriamente no tempo. Quanto em tarefa os indivíduos não piscam quando direcionam o olhar para um novo objeto, mas realizam a piscada no retorno ao ponto de origem (FOGARTY; STERN, 1989). Tal

fenômeno também foi descrito no macacos-rhesus, *Macaca mulatta* (HINTZ, 2007). Isto pontua uma interessante característica do piscar: ele está estreitamente relacionado com a movimentação dos olhos no espaço, seja pelo movimento do globo ocular ou dos olhos com conjugado com a cabeça (EVINGER *et al.*, 1984; KAMINER *et al.*, 2011; RIGGS *et al.*, 1987). Neste trabalho também encontramos esta relação para o caso das corujas, relacionado o piscar com os movimentos exclusivos da cabeça.

Em mais de 85% das piscadas registradas neste estudo, aproximadamente de 2500 eventos, estavam relacionadas com a movimentação da cabeça. A ligação destes comportamentos em espécies distantes filogeneticamente, como aves e mamíferos, atesta a importância da sincronia entre movimentação de cabeça e piscar (EVINGER *et al.*, 1984). O colículo superior rostral (ou superior), estrutura do tronco-encefálico possuidora de uma mapa retinotópico do campo visual, é um possível elemento da interação entre sacadas e piscar. A estimulação do nervo trigêmeo em seu ramo supraorbital afeta a atividade do músculo esternocleidomastóideo, um grande músculo do pescoço de humanos (NAKASHIMA *et al.*, 1989).

O piscar não associado com a movimentação de cabeça foi encontrado em sua esmagadora maioria nos animais em condição de repouso, onde a frequência das sacadas foi menor, o que possivelmente resultou na necessidade de realizar um piscar sem que esperasse a ocorrência de uma sacada. Com o aumento da frequência das sacadas durante a condição de tarefa, a relação entre piscar e mover a cabeça (com distância de tempo de início de até ± 40 ms) pulou de 82% (condição de repouso) para 92%. Eventos de piscar inteiramente não relacionados (por exemplo com distância superior em relação ao tempo de início de 320 ms) com as sacadas em tarefa foram de menos de 0,1%, já em repouso somaram 3%.

Assim como em humanos, o piscar das corujas também esteve associado a tipos específicos de sacadas. Em humanos o piscar se relaciona com as sacadas com maior amplitude (EVINGER, CRAIG *et al.*, 1994), mesmo estas sendo menos numerosas. No caso de nosso trabalho, onde tratamos apenas do espaço temporal de amostras, e não com medidas de distância, a relação foi encontrada com as sacadas de maior duração. Como a velocidade de deslocamento das sacadas possui relação com a distância de deslocamento (GANDHI, 2012), algo que possivelmente também ocorre em corujas buraqueiras, sendo alvo de estudo atual do laboratório, temos que sacadas mais amplas duram mais. Na literatura encontramos apenas um breve comentário sobre a associação entre o piscar e a movimentação de cabeça em aves, porém sem embasamento experimental (EVINGER, CRAIG *et al.*, 1994).

A associação entre as sacadas e o piscar teriam duas funções principais: proteção dos olhos durante o movimento e lubrificar a córnea sem interferir com a visão (FOGARTY; STERN, 1989). Porém tal associação parece ser mais complexa e estar relacionada com a sensação subjetiva de homogeneidade do campo visual apesar das constantes interrupções (WURTZ, 2008). Tanto o piscar quanto as sacadas possuem mecanismos específicos de supressão visual. A dupla supressão resultante da movimentação de cabeça e piscar associados não seria redundante, suprimir algo já suprimido. Esta dupla supressão poderia enquadrar-se na dificuldade de reduzir a atividade neural relacionada a sacadas de amplitude maiores no colículo superior, que parecem carecer de mecanismos supressivos para grandes amplitudes de movimento. (GANDHI, 2012; OPSTAL, VAN; GOOSSENS, 2008). Esta relação também pode estar presente em corujas, reforçado pelo fato de que o piscar acompanha toda a duração da movimentação de cabeça a ele relacionado. Entretanto, se a ligação fosse tão direta, qualquer movimentação da cabeça de grande amplitude seria associada com o piscar,

mas este não é o que observamos no nossos dados. As movimentações de cabeça “sacadas das corujas”, mais longas, isto é 250 ms até o limite superior definido para esta categoria, ou seja 500 ms, somaram cerca de 2800 eventos, destes, 36% estavam associados com o piscar. Na metade superior a associação foi de apenas 7% das sacadas associadas ao piscar. De qualquer forma este valor está bastante abaixo ao encontrado para humanos, onde 97% das sacadas acima de 33° em humanos são acompanhadas por um piscar simultâneo (EVINGER, *et al.*, 1994).

Desta forma, o excesso de piscadas do animal em repouso, ou seu inverso, a supressão de sacadas durante uma tarefa, longe de ser um mecanismo de simples compreensão, mostram uma relação com outros processos. Poderíamos interpretar esta variação de frequência tarefa-dependente como a expressão de um mecanismo dinâmico que maximiza dinamicamente o processo de transferência de informação visual. Como vimos, o piscar ocorre no momento em que os sujeitos (homens ou corujas) estão realizando sacadas e as próprias sacadas já levam a períodos de supressão visual. O planejamento da sacada ocorre de fato muito antes que a mesma ocorra. Desta forma um aumento na frequência do piscar de um animal em tarefa poderia não resultar em uma real perda de informações visuais, já que as mesmas já estariam sendo perdidas pelo mecanismo de deterioração resultante da rápida movimentação dos olhos pelo campo visual, a menos que o indivíduo seja capaz extrair alguma informação visual importante durante as movimentações sacádicas. O fato de que humanos piscam preferencialmente no período de retorno a um ponto de fixação, contrapõe a colocação acima mostrando que quando em tarefa, a melhor opção é não piscar⁸.

⁸ Não analisarmos em qual momento a coruja realiza o piscar, se na movimentação de direcionamento para um ponto futuro ou na sacada de retorno. Uma análise grosseira dos vídeos mostrou não haver esta relação, com o piscar também ocorrendo quando a coruja olha para um ponto novo, deixando um indício para um possível trabalho futuro.

O tempo de resposta de um indivíduo para um estímulo aumenta caso o estímulo apareça durante um piscar, pelo simples fato que o indivíduo simplesmente ainda não havia visto este estímulo quando o mesmo apareceu. Mas a comparação no tempo de reação de uma sacada associada ao piscar com uma sacada isolada, quando o estímulo está disponível para os indivíduos inicialmente de olhos abertos, mostra que o tempo de reação diminui em apenas 9,1 ms. A velocidade da sacada é menor quando associado ao piscar (e conseqüente aumento na duração), mas não há prejuízo na localização do alvo (GANDHI, 2012). Estes achados de forma alguma deixam claros os motivos da supressão do piscar quando os indivíduos estão em tarefa.

Podemos pensar que o piscar, quando em tarefa, se aproxima do mínimo necessário para a manutenção do filme lacrimal, porém em repouso este mecanismo poderia ser afrouxado, ocorrendo mais piscadas. As razões deste afrouxamento, ou deste excesso de piscadas ainda seria questão de investigação. A presença deste mecanismo de supressão do piscar em tarefa (ou excesso de piscar em repouso) em espécies não aparentadas mostra sua importância, mas cabe lembrar que o piscar faz parte de ações tão diversas como na comunicação facial em humanos (PUCE, 2011), ou no caso de outras espécies de coruja, ser deflagrado em situações de estresse, como podemos perceber a deflagração de uma série de piscadas para as corujas *Megascops choliba* de nosso viveiro quanto importunadas durante seu sono diurno em nosso viveiro.

6.4.2. O PISCAR MONOCULAR E A CONTINUIDADE DO CAMPO

VISUAL

Aves são conhecidas pela sua capacidade de realizar diversos movimentos oculomotores não conjugados (MARTIN, 2009). Esta capacidade é observável nas corujas buraqueiras pela sua habilidade de controlar a abertura da íris de cada olho de

forma independente, bem como poder piscar espontaneamente com cada olho, apesar da grande maioria das piscadas serem de fato binoculares. Em condição de repouso aproximadamente 95% das piscadas registradas da coruja buraqueira foram binoculares. Interessantemente as piscadas monoculares ocorreram em proporção maior quando o animal estava em condição de tarefa, chegando a alguns casos a superar 20% das piscadas monoculares realizadas em repouso. Poderíamos interpretar este dado como uma estratégia eficiente para preservar, bem que parcialmente, a entrada de informações visuais (BURR, 2005).

Em humanos o reflexo do piscar parece envolver o colículo superior, e pode ser afetado pelo cerebelo e formação reticular (CHEN; EVINGER, 2006; DAUVERGNE; EVINGER, 2007; POWERS *et al.*, 1997). O piscar espontâneo parece surgir a partir da atividade de um gerador de piscar endógeno que é modulada pelo menos por aferentes da córnea, o nível de dopamina, e estados cognitivos. No entanto, as propriedades do circuito de controle para o piscar espontânea não foram caracterizados e a sua localização é desconhecida (KAMINER *et al.*, 2011).

Assim a sugestão aqui apresentada é que a ocorrência do piscar monocular nas corujas pode não ter relação com a necessidade de manutenção da continuidade da imagem durante a sacada, lembrando que a própria atividade neural é suprimida durante as sacadas. O aumento na proporção das piscadas monoculares pode ser resultado pela redução da frequência do piscar como um todo, desencadeado por mecanismos neurais monoculares nas aves, somado com o pronunciado aumento na frequência das sacadas.

De fato existe alta correlação entre a frequência de sacadas e a proporção de piscadas monoculares (correlação de Spearman, $P < 0,0001$, $n=20$). Isto também explicaria a ocorrência do piscar isolado, sem uma sacada concomitante, somente em

condição de repouso. Intervalos muito grandes na ocorrência das sacadas levariam a necessidade de piscar a partir de dado platô que independente da ocorrência de sacadas de longa duração.

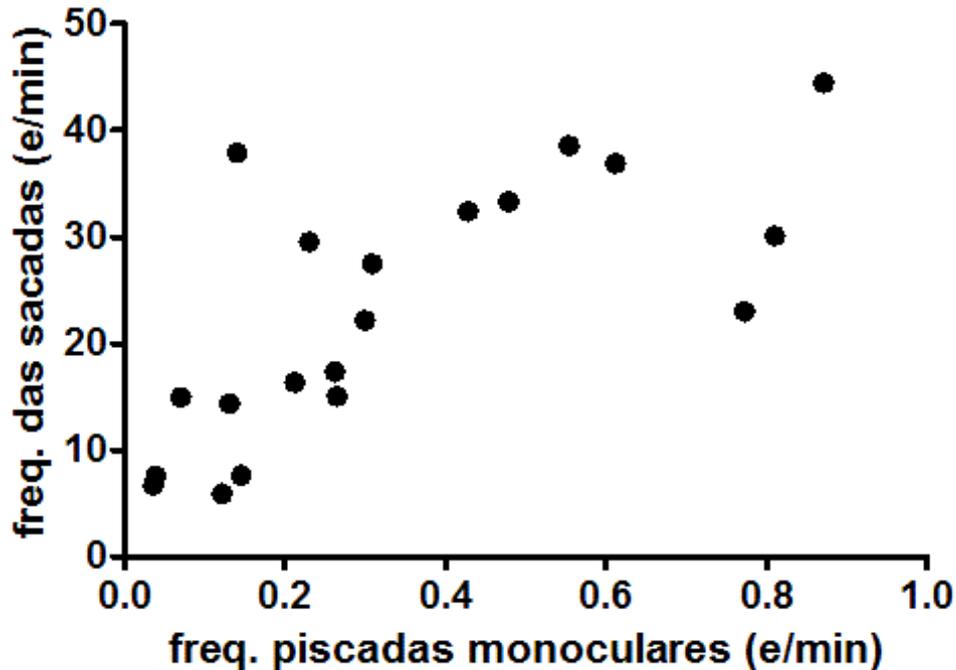


Figura 16 - Relação entre frequência do piscar monocular (eixo X) e frequência de sacadas (eixo Y), ambos em eventos por minuto (correlação de Spearman, $P < 0,0001$, $n:20$).

A interação entre movimentação de cabeça e piscar, bem como a provável dependência da ocorrência de sacadas para que ocorra o piscar podem ser avaliadas nos intervalos entre sacada e entre piscadas (IES e IEP, respectivamente). Enquanto o primeiro assume uma distribuição exponencial, ou seja, o aumento no tempo de intervalo entre as sacadas resultando em uma redução na probabilidade de ocorrência dos eventos, o intervalo entre as piscadas não sofre variação na probabilidade de ocorrência nos seis primeiros segundos (fig.15).

Uma primeira interpretação deste resultado pode ser formulada com base no tempo necessário para reposição do filme lacrimal. Esta duração poderia ser semelhante

em corujas. Com isto seria indiferente a ocorrência do piscar dentro da faixa temporal de 0-6 segundos. Esta suposição não se comprova dado que a estabilidade na probabilidade de ocorrência do piscar nesta faixa é quebrada por uma redução de seus valores após os seis segundos. De fato esperaríamos valores igualmente baixos nesta faixa e uma pequena elevação na probabilidade de ocorrência do piscar para intervalos posteriores, seguida de redução.

Podemos propor que, por depender da ocorrência das sacadas, o piscar deve esperar o desencadear das mesmas. Devido a isto, eventos com intervalos mais curtos seriam mais penalizados proporcionalmente em seu tempo de elicitacão que eventos mais longos, pela interaçã de duas variáveis exponenciais, onde a primeira espera a ocorrência da segunda. Dados sobre a distribuiçã do intervalo entre piscadas em humanos (PONDER; KENNEDY., 1927) e ratos (KAMINER *et al.*, 2011) apontam que em ambas espécies a distribuiçã do intervalo assume uma configuraçã exponencial, indo contra a explicaçã colocada acima. No caso de humanos, onde a relaçã entre a movimentaçã de cabeçã e o piscar é forte, poderíamos supor que devido ao protocolo experimental deste estudo, utilizar pessoas lendo um texto, a frequênciã das movimentações oculares é relativamente constante, aproximadamente de 5 vezes por segundo (RAYNER, 1995). Uma frequênciã de movimentos elevada, o que facilitaria que a distribuiçã do IEP (mesmo que dependente do IES) assumir um o formato de uma curva exponencial. Já a relaçã entre a movimentaçã de cabeçã e o piscar em ratos e a possível influênciã o IES e IEP precisa de dados mais sólidos para especulações. Um pequeno platô é visto para intervalos menores que um segundo(KAMINER *et al.*, 2011). Um resultado esperado do modelo aqui proposto é que o aumento na frequênciã das sacadas, levaria a adoçã de um padrã em J na sua curva de probabilidade do IEP.

Um último aspecto que mostra a relação entre o piscar e a sacada se dá em relação a frequência de ocorrência dos mesmos ao longo de uma sessão. Assim como demonstrado para ratos, a frequência do piscar em nossas corujas não manteve-se estável ao longo das sessões de treino, assumindo um platô após os sete primeiros minutos de gravação (KAMINER *et al.*, 2011). Encontramos uma variação tanto na frequência da sacada como da do piscar durante as sessões de treinamento, mas a relação entre estes e o piscar manteve-se estável. Desta forma podemos encarar que a sessão de treino resultou em mais sacadas e menos piscadas em relação ao animal em repouso, numa análise inter-condicional. Porém a análise intra-condicional demonstrou que a elevação na frequência das sacadas não leva necessariamente a uma redução no número de piscadas.

Desta forma podemos concluir que, diferentemente da sacada isolada, e do piscar, que aprecem operar com certa elasticidade, a associação entre movimentação de cabeça e piscar segue critérios rígidos: 1- segundo os pontos de início e término 2- consequente relação na duração; 3- dependência entre seus intervalos de ocorrência; 4- variações da frequência dentro de uma dada condição; 5- concomitância associada a condições específicas, com uma maior probabilidade de associação entre sacada e o piscar para as sacadas de maior duração. A recorrência desta associação em espécies distantes filogeneticamente a milhões de anos (data do carbonífero, a mais de 250 Milhões de anos BP). pode ser forte indicativo de que a associação entre estes piscar e sacadas é um componente importante para a adaptação de algumas espécies ao meio.

6.5.DIREÇÕES FUTURAS E PREOCUPAÇÕES FINAIS

O estudo da movimentação de cabeça e piscar da coruja foi um trabalho bastante desafiador e ao seu término tenho a impressão de me deparar com o início de uma atividade que com o um trabalho conclusivo.

Como colocado durante todo o trabalho, algumas características distintas entre aves e mamíferos pode colocar a coruja como um modelo animal interessante para estudar os mecanismos de controle do piscar e das sacadas, bem como os comportamentos a eles ligados.

Entretanto, neste tópico final, gostaria de destacar uma preocupação que tenho mais precípua, com relação aos estudos em biologia do comportamento e ecologia, uma preocupação que também incomodava Lorenz: o argumento da função (teleonomia). Este tipo de argumentação parte da ideia de que a natureza segue padrões econômicos, tendo em vista a ideia de que indivíduos não adaptados as rígidas provas do ambiente seriam selecionados negativamente. Uma visão de natureza dura aos indivíduos e externa a eles. Um dos problemas da argumentação teleonômica é que a mesma se coloca como argumento imbatível; ela sempre permite uma análise dupla conforme a intencionalidade do autor. No contexto do presente trabalho, por exemplo, de um lado poderíamos falar que o animal apresenta um excesso de piscadas em repouso, alegando que na natureza os animais realizariam este comportamento acima de um a taxa que pudesse ser explicada por sua mera função, proteger e umidificar a córnea, por outro lado seria possível alegar que de fato o animal está agindo de maneira econômica, suprimindo a visão através da piscada e seus mecanismos neurais subjacentes em um contexto onde a informação visual não seria tão importante. A função sempre pode ser encaixada e a visão de uma economia na natureza tomar partido.

Essa maneira de ver a natureza como portadora de forças econômicas é uma maneira cultural que o ocidente adotou para tornar o mundo cognoscível (INGOLD, 2002; LATOUR, 1996, 2009; LEACH, 1989; PALSSON, 1996). E que este tipo de pensamento possui origem histórica e social e não está necessariamente ajudando o processo científico. Assim, a preferência por explicações que busquem função e economia sempre devem ser analisadas tendo em vista o viés das mesmas serem socialmente viciada. A menos que nossa sociedade tenha uma primazia para revelar a natureza em relação a todas as outras, algo que proporcional a adotar o modelo geocêntrico para explicar os movimentos celestiais, encontrar em todo e qualquer mínimo comportamento de um animal uma função ou uma relação econômica muito estreita ou seria um possível erro de interpretação ou lance de grande sorte.

Deixarmos a argumentação de um comportamento, como a movimentação de cabeça e o piscar, exclusivamente para uma espécie de funcionalidade ou naturalidade é abrir mão de aspectos interessantes dos mesmos. Humanos, por exemplo, tem sua frequência de piscar bastante elevada em relação a níveis basais médios quando conversam ou mentem. A própria atividade do piscar é muito superior à necessária para a manutenção do filme lacrimal (ANTONIO A.V. et al, 2011). Os aspectos semânticos e de aprendizado do piscar são postos de lado em relação aos aspectos funcionais?

Alternativas comuns levantadas ao longo da pesquisa bibliográfica para casos intrincados, onde a função ou uma economia não se apresenta de imediato segue por pelo menos um de dois caminhos. O primeiro é apelar para mecanismos complexos parcialmente conhecidos, como vemos para o caso da movimentação ocular quando a mesma não responde as propriedades da imagem como esperado. A interpretação é feita a partir uma espécie de ação de mecanismos de “cima-para-baixo” (OHAYON, 2005; WAGNER *et al.*, 2012) parcialmente conhecidos (hipotéticos?), deixando a naturalidade

e a funcionalidade dos mesmos subentendidos. A função e a economia existem, apenas ainda não foram decifradas. Outra via de explicação é de levantar a ideia de sobrevivência de um comportamento qual havia função no passado, perdido no contexto atual, uma espécie de apêndice comportamental. Este tipo de análise é muito comum para o comportamento humano, onde a *não-funcionalidade* de algumas práticas é muito evidente (como no caso do altruísmo, visto como comportamento fixado pela sobrevivência privilegiada em condições de conflito entre grupos⁹ (TOMIRDIARO *et al.*, 2007). Em ambos os casos a função e a economia da natureza são dados de antemão.

Deixo claro que não pretendo expor que a ideia de função ou que ver a natureza como portadora de processos econômicos seja errada, ou que esta forma de ver a organização da natureza é improdutiva. Ela lança ideias fantásticas nos diversos níveis organizacionais da vida, nos auxiliando a interpretar fenômenos. O que coloco aqui é que devemos vislumbrar estas interpretações como o que elas são: interpretações. espécie de óculos que nos permite enxergar longe em alguns contextos, mas que em outros torna nossa visão mais turva.

Não encaixando esta colocação como uma crítica destrutiva sobre a maneira de fazer a ciência em nossa cultura, mas como um convite de trabalho, uma ideia de vermos na natureza algo além da nossa separação socialmente construída dos processos naturais como sinônimo de acontecimentos não relacionados ao homem, não intencionais e detentores de forças físicas. A própria ideia de um ato visual reflexo passa, por exemplo, pela ideia de não-intencionalidade, mas o que seria a intenção ou

⁹ Notadamente um passado inferido de registros arqueológicos e paleontológicos bastante incompletos, baseados num conceito de guerra territorial europeia)

qual a importância de estudarmos a intencionalidade de um ato em relação ao produto final de sua ação¹⁰?

A modernidade, este evento histórico e geograficamente localizado, segundo Latour (LATOUR, 2009) teve como meta de trabalho a completa separação entre natureza e cultura. Este projeto criaria duas instâncias; o das *coisas-em-si* e outro dos *homens-entre-elas*. A natureza para os modernos não seria uma construção nossa, ela nos transcende. Já a sociedade é uma construção nossa, ela é imanente a nossa ação. Porém este processo de purificação cria híbridos. No caso da movimentação ocular esta a ideia poderia se encaixar assim; não é possível a separação de um comportamento pensado numa divisão entre processos cognitivos de alta ordem e atos reflexos determinados pela imagem porque a argumentação ao mesmo tempo em que ele cria uma natureza transcendente, há a construção artificial desta realidade. Se eu olho reflexamente para um copo vermelho em minha mesa não seria porque eu identifiquei as regras do jogo da atenção e construí deliberadamente um objeto que me chamasse a atenção? A natureza também é criada.

É possível fazer ciência sem a separação de natureza e cultura? Ou com outros tipos de separação? Um bom desafio. E quem sabe com essas variações conceituais a importância de mecanismos aleatórios na seleção natural, da evolução neutra de muitas características, de comportamentos não funcionais, as “ilusões” visuais etc., possam ser interpretados de uma maneira mais profícua e menos como uma espécie de modo incorreto de fazer as coisas, como se faltasse algo aos organismos vivos no acesso ao real.

¹⁰ Ou será ainda que o estudo da intencionalidade de um comportamento não nos chamaria a atenção muito porque nossa sociedade democrática atual privilegia a intencionalidade baseada na ideia de indivíduo, uma vertente do conceito de pessoa?

O exemplo das Microssacadas, como comportamento existem em condição laboratorial, e raro fora do mesmo, mostra a importância de estudar movimentação de cabeça em condições menos controladas, o que não necessariamente significa que estas condições sejam mais ou menos naturais que as anteriores. Estudos fora do laboratório muitas vezes são evitados pela falta de recursos técnicos equivalentes as perguntas lançadas pelos trabalhos, como medidores precisos. Porém os avanços técnicos, com o avanço na microeletrônica, destaca também as escolhas de estilo. O controle excessivo de variáveis no estudo do comportamento cria um animal que pode ser existente somente dentro das variáveis comportamentais por nós estudada. Segundo Lorenz o cão de Pavlov só babou porque ele estava tão meticulosamente amarrado que para o animal só restava a opção de babar (LORENZ, 1993). O aumento do controle de um experimento não leva necessariamente a maior precisão dos dados, mas pode levar a um aumento da imprecisão ou a redução de seu poder preditivo. Podemos ter o piscar analisado com uma resolução de 0,1 milisecundo em laboratório, quatrocentas vezes mais preciso que em nosso trabalho, mas medindo um piscar que simplesmente só existe dentro daquelas condições.

Estamos em uma época em celebra a emergência de um novo paradigma nas ciências (SANTOS, 1988), onde velhas dicotomias como natureza/cultura, natural/artificial, vivo/inanimado, mente/matéria, observador/observado, subjetivo/objetivo, coletivo/individual, animal/pessoa estão sendo quebradas e destacamos uma fusão de áreas (CASTRO, 1992), como no conceito de autopoiesis de Maturana e Varela (ANDRADE, 2012), pensando em organismos como unidades fechadas, o que de certa forma quebra nosso vício kantiano de pensarmos em um lado de dentro e outro de fora, ou a ideia de decompor um ser em partes para que este possa ser compreendido. Mas me parece que a mudança conceitual não veio acompanhada de

uma mudança de estilo ou de prática e as leis de estão cada vez mais naturalizadas, ficção imaginada pela ciência, como se houvesse uma maneira inerente de interpretar e fazer um trabalho.

E o que podemos tirar disto? Descola e Palsson, bem pontuam (PALSSON, 1996, p.9)

HÁ, DE FATO, NENHUMA COISA COMO VERDADE FINAL; PARADIGMAS E EPISTEMES SÃO CONSTRUÇÕES SOCIAIS, INEVITAVELMENTE, OS PRODUTOS DE UM DETERMINADO TEMPO E LUGAR. NO ENTANTO, ALGUMAS CONSTRUÇÕES SÃO MENOS ADEQUADAS DO QUE OUTRAS PARA COMPREENDER O MUNDO, E QUANDO ELAS NÃO CONSEGUEM ILUMINAR E MOSTRAM-SE CONTRÁRIAS À EXPERIÊNCIA DEVEM SER REVISADAS OU ABANDONADAS.

As variáveis conceituais me inquietam bastante, tanto quanto encontrar o tempo de impacto de uma imagem na retina de um animal ou a frequência dos eventos transitórios na formação da nossa “ilusão” da visão, já que, afinal, os dados não falam por eles mesmos e alguns conceitos se sedimentam a revelia das provas empíricas.

• BIBLIOGRAFIA

- ANASTASOPOULOS, D.; ZIAVRA, N.; HOLLANDS, M.; BRONSTEIN, A. Gaze displacement and inter-segmental coordination during large whole body voluntary rotations. **Experimental brain research. Experimentelle Hirnforschung. Expérimentation cérébrale**, v. 193, n. 3, p. 323–36, mar 2009.
- ANDRADE, C. C. DE. A FENOMENOLOGIA DA PERCEPÇÃO A PARTIR DA AUTOPOIESIS DE HUMBERTO MATURANA E FRANCISCO VARELA. **Griot – Revista de Filosofia**, v. 6, n. 2, p. 98–121, 2012.
- ANTONIO A.V. CRUZ, DENNY M. GARCIA, CAROLINA T. PINTO, AND S. P. C. Spontaneous Eyeblink Activity. **The Ocular Surface**, v. 124, n. 1341, p. 45–9, jan 2011.
- BALA, A.; SPITZER, M.; TAKAHASHI, T. Prediction of auditory spatial acuity from neural images on the owl's auditory space map. **Nature**, v. 424, n. August, p. 771–774, 2003.
- BARON, J.; PINTO, L.; DIAS, M. O.; LIMA, B.; NEUENSCHWANDER, S. Directional responses of visual wulst neurones to grating and plaid patterns in the awake owl. **The European journal of neuroscience**, v. 26, n. 7, p. 1950–68, out 2007.
- BURR, D. Vision: In the Blink of an Eye. **Current biology : CB**, v. 15, n. 14, p. R551–4, 26 jul 2005.
- CASTRO, G. S. . S. L. Ciência da fala e sinérgica. **Revista de Psicologia e Ciência da Educação**, v. 3/4, p. 49–55, 1992.
- CHALUPA, L. M.; WERNER, J. S. (EDS.). **The Visual Neuroscience**. London, England: [s.n.], 2004. p. 1813
- CHEN, F.-P.; EVINGER, C. Cerebellar modulation of trigeminal reflex blinks: interpositus neurons. **The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience**, v. 26, n. 41, p. 10569–76, 11 out 2006.
- COLLETT, T. Short Communication: Peering-A Locust Behaviour Pattern for Obtaining Motion Parallax Information. **Journal of experimental Biology**, v. 76, p. 237–241, 1978.
- COOK, R.; CAVOTO, K.; CAVOTO, B. Mechanisms of multidimensional grouping, fusion, and search in avian texture discrimination. **Animal Learning & Behavior**, v. 24, n. 2, p. 150–167, 1996.
- DAUVERGNE, C.; EVINGER, C. Experiential modification of the trigeminal reflex blink circuit. **The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience**, v. 27, n. 39, p. 10414–22, 26 set 2007.

DITCHBURN, R.; GINSBERG, B. Vision with a Stabilized Retinal Image. **Nature**, v. 170, p. 32, 1952.

EVINGER, C; MANNING, K. A; PELLEGRINI, J. J.; *et al.* Not looking while leaping: the linkage of blinking and saccadic gaze shifts. **Experimental brain research. Experimentelle Hirnforschung. Expérimentation cérébrale**, v. 100, n. 2, p. 337–44, jan 1994.

EVINGER, CRAIG; MANNING, K. A; PELLEGRINI, J. J.; *et al.* Not looking while leaping: the linkage of blinking and saccadic gaze shifts. **Experimental brain research. Experimentelle Hirnforschung. Expérimentation cérébrale**, v. 100, n. 2, p. 337–44, jan 1994.

EVINGER, C.; PECK, C. K.; BAKER, R.; SHAW, M. D.; MANNING, K. A. Blinking and associated eye movements in humans, guinea pigs, and rabbits. **Journal of neurophysiology**, v. 52, n. 2, p. 323–39, ago 1984.

FERNÁNDEZ-JURICIC, E.; O’ROURKE, C.; PITLIK, T.; ROURKE, E. F. C. O. Visual coverage and scanning behavior in two corvid species: American crow and Western scrub jay. **Journal of comparative physiology. A, Neuroethology, sensory, neural, and behavioral physiology**, v. 196, n. 12, p. 879–88, dez 2010.

FLORIÊNSKI, P. **A Perspectiva Inversa**. São Paulo, Brasil: Editora 34, 2012. p. 144

FOGARTY, C.; STERN, J. A. Eye movements and blinks: their relationship to higher cognitive processes. **International journal of psychophysiology : official journal of the International Organization of Psychophysiology**, v. 8, n. 1, p. 35–42, set 1989.

FUX, M.; EILAM, D. How barn owls (*Tyto alba*) visually follow moving voles (*Microtus socialis*) before attacking them. **Physiology & behavior**, v. 98, n. 3, p. 359–66, 7 set 2009.

GALL, M. D.; FERNA, E.; FERNÁNDEZ-JURICIC, E. Visual fields, eye movements, and scanning behavior of a sit-and-wait predator, the black phoebe (*Sayornis nigricans*). **Journal of comparative physiology. A, Neuroethology, sensory, neural, and behavioral physiology**, v. 196, n. 1, p. 15–22, jan 2010.

GANDHI, N. J. Interactions between gaze-evoked blinks and gaze shifts in monkeys. **Experimental brain research. Experimentelle Hirnforschung. Expérimentation cérébrale**, v. 216, n. 3, p. 321–39, fev 2012.

GARCIA, C. **Descriminação categórica de faces humanas pela coruja buraqueira**. fesbe. **Anais...** [S.l.]: Fesbe. , 2010

HALL, M. I.; ROSS, C. F. Eye shape and activity pattern in birds. **Journal of Zoology**, v. 271, n. 4, p. 437–444, abr 2007.

HARMENING, W. M.; ORLOWSKI, J.; BEN-SHAHAR, O.; WAGNER, H. Overt attention toward oriented objects in free-viewing barn owls. **Proceedings of the**

National Academy of Sciences of the United States of America, v. 108, n. 20, p. 8461–6, 17 maio 2011.

HARMENING, W. M.; WAGNER, H. Spatial contrast sensitivity and grating acuity of barn owls. **Journal of Vision**, v. 9, p. 1–12, 2009.

HARMENING, W. M.; WAGNER, H. From optics to attention: visual perception in barn owls. **Journal of comparative physiology. A, Neuroethology, sensory, neural, and behavioral physiology**, 2011.

HART, N. S. The visual ecology of avian photoreceptors. **Progress in retinal and eye research**, v. 20, n. 5, p. 675–703, set 2001.

HAYHOE, M.; BALLARD, D. Eye movements in natural behavior. **Trends in cognitive sciences**, v. 9, n. 4, p. 188–94, abr 2005.

HELMUT SICK. **Ornitologia brasileira**. [S.l.]: Ed. Nova fronteira, 1997. p. 862

HENDERSON, J. Human gaze control during real-world scene perception. **Trends in Cognitive Sciences**, v. 7, n. 11, p. 498–504, nov 2003.

HINTZ, A. Gaze-evoked blinks in rhesus monkeys. **Ophthalmology**, 2007.

HUEY, E. On the psychology and physiology of reading I. **the american journal of psychology**, v. 11, n. 3, p. 283–302, 1900.

INGOLD, T. **The perception of environment**. New york: Taylor & Francis e-Library, 2002. p. 465

ITTI, L. Quantifying the contribution of low-level saliency to human eye movements in dynamic scenes. **Visual Cognition**, v. 12, n. 6, p. 1093–1123, 1 ago 2005.

ITTI, L.; KOCH, C. Computational modelling of visual attention. **Nature reviews. Neuroscience**, v. 2, n. 3, p. 194–203, mar 2001.

JOHNS M, CROWLEY K, CHAPMAN R, TUCKER A, H. C. The effect of blinks and saccadic eye movements on visual reaction times. **Attention, Perception, & Psychophysics**, v. 71, n. 4, p. 783–788, 2009.

KAMINER, J.; POWERS, A. S.; HORN, K. G.; HUI, C.; EVINGER, C. Characterizing the spontaneous blink generator: an animal model. **The Journal of neuroscience : the official journal of the Society for Neuroscience**, v. 31, n. 31, p. 11256–67, 3 ago 2011.

KIRSTEN, S. J.; KIRSTEN, E. B. Spontaneous Blink Rates of Birds. **The Condor**, v. 85, n. 1, p. 92–93, fev 1983.

KOWLER; E. (EDS.). The role of visual and cognitive processes in the control of eye movement. **Eye Movements and Their Role in Visual and Cognitive Processes**. [S.l.]: Elsevier, 1991. p. pp. 1–70.

- KOWLER, E. Eye movements: The past 25 years. **Vision research**, v. 51, n. 13, p. 1457–1483, 13 jan 2011.
- LAND, M. F. Motion and vision: why animals move their eyes. **Journal of comparative physiology. A, Sensory, neural, and behavioral physiology**, v. 185, n. 4, p. 341–52, out 1999.
- LAND, M. F. Eye-hand coordination: learning a new trick. **Current biology : CB**, v. 15, n. 23, p. R955–6, 6 dez 2005.
- LAND, M. F.; FURNEAUX, S. M.; GILCHRIST, I. D. The Organization of Visually Mediated Actions in a Subject without Eye Movements. **neurocase**, v. 8, p. 80–87, 2002.
- LAND, M. F.; HAYHOE, M. In what ways do eye movements contribute to everyday activities? **Vision research**, v. 41, n. 25-26, p. 3559–65, jan 2001.
- LAND, M. F.; MCLEOD, P. From eye movements to actions: how batsmen hit the ball. **Nature neuroscience**, v. 3, n. 12, p. 1340–5, dez 2000.
- LAND, M.; MENNIE, N.; RUSTED, J. The roles of vision and eye movements in the control of activities of daily living. **Perception**, v. 28, n. 11, p. 1311–1328, 1999.
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data Data for Categorical of Observer Agreement The Measurement. v. 33, n. 1, p. 159–174, 2012.
- LANTZ, C. A.; NEBENZAHL, E. Behavior and Interpretation of the k statistic: Resolution of the two paradoxes. **J Clin Epidemiol**, v. 49, n. 4, p. 431–434, 1996.
- LATOURE, B. **Reflexão sobre o culto moderno dos deuses fe(i)tiches**. Bauru: ed. EDUSC, 1996. p. 106
- LATOURE, B. **Jamais fomos modernos**. 2ª edição ed. Rio de Janeiro, Brasil: Ed. 34, 2009. p. 151
- LEACH, E. NATUREZA / CULTURA. **Anthropos**, v. 5, p. 1–49, 1989.
- LORENZ, K. **Os fundamentos da etologia**. São Paulo, Brasil: editora unesp, 1993. p. 466
- MALINOV, I. V; EPELBOIM, J.; HERST, A N.; STEINMAN, R. M. Characteristics of saccades and vergence in two kinds of sequential looking tasks. **Vision research**, v. 40, n. 16, p. 2083–90, jan 2000.
- MANNING, K. A; RIGGS, L. A; KOMENDA, J. K. Reflex eyeblinks and visual suppression. **Perception & psychophysics**, v. 34, n. 3, p. 250–6, set 1983.
- MARTIN, G. R. Visual fields and their functions in birds. **Journal of Ornithology**, v. 148, n. S2, p. 547–562, 5 set 2007.

- MARTIN, G. R. What is binocular vision for? A birds' eye view. **Journal of Vision**, v. 9, p. 1–19, 2009.
- MARTIN, G. R.; SHAW, J. M. Bird collisions with power lines: Failing to see the way ahead? **Biological Conservation**, v. 143, n. 11, p. 2695–2702, nov 2010.
- MARTINEZ-CONDE, S.; MACKNIK, S. L. Fixational eye movements across vertebrates : Comparative dynamics , physiology , and perception. **Journal of vision**, v. 8, p. 1–16, 2008.
- MARZLUFF, J. M.; MIYAOKA, R.; MINOSHIMA, S.; CROSS, D. J. Brain imaging reveals neuronal circuitry underlying the crow's perception of human faces. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 109, n. 39, p. 15912–7, 25 set 2012.
- MCCLUSKEY, M. K.; CULLEN, K. E. Eye, head, and body coordination during large gaze shifts in rhesus monkeys: movement kinematics and the influence of posture. **Journal of neurophysiology**, v. 97, n. 4, p. 2976–91, abr 2007.
- MEDINA, L.; REINER, A. Do birds possess homologues of mammalian primary visual, somatosensory and motor cortices? **Trends in neurosciences**, v. 23, n. 1, p. 1–12, jan 2000.
- MONTES-MICO, R. Temporal Changes in Optical Quality of Air-Tear Film Interface at Anterior Cornea after Blink. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, v. 45, n. 6, p. 1752–1757, 1 jun 2004.
- MRYKALO, R. **The florida burrowing owl in a rural environment : Breeding habitat , dispersal , post-breeding habitat , behavior , and diet.** [S.l.]: University of South Florida, 2005.
- NAKASHIMA, K.; THOMPSON, P.; ROTHWELL, J.; *et al.* An exteroceptive reflex in the sternocleidomastoid muscle produced by electrical stimulation of the supraorbital nerve in normal subjects and patients with spasmodic torticollis. **Neurology**, v. 39, n. 10, p. 1354–8, 1989.
- NAKAYAMA, K.; MARTINI, P. Situating visual search. **Vision research**, v. 51, n. 13, p. 1526–1537, 17 set 2011.
- O'ROURKE, C. T.; PITLIK, T.; HOOVER, M.; FERNÁNDEZ-JURICIC, E. Hawk eyes II: diurnal raptors differ in head movement strategies when scanning from perches. **PloS one**, v. 5, n. 9, p. e12169, jan 2010.
- OHAYON, S. **Owl Eyes and Peering Behavior – Literature review by Shay Ohayon. Parallax.** [S.l: s.n.]. , 2005
- OHAYON, S.; HARMENING, W.; WAGNER, H.; RIVLIN, E. Through a barn owl's eyes: interactions between scene content and visual attention. **Biological cybernetics**, v. 98, n. 2, p. 115–32, fev 2008.

OHAYON, S.; WILLIGEN, R. F. VAN DER; WAGNER, H.; KATSMAN, I.; RIVLIN, E. On the barn owl's visual pre-attack behavior: I. Structure of head movements and motion patterns. **Journal of Comparative Physiology A**, v. 192, p. 927–940, 2006.

OPSTAL, A J. VAN; GOOSSENS, H. H. L. M. Linear ensemble-coding in midbrain superior colliculus specifies the saccade kinematics. **Biological cybernetics**, v. 98, n. 6, p. 561–77, jun 2008.

PALSSON, P. D. AND G. **Nature and society: anthropological perspectives**. London ; New York, USA : Routledge, 1996.: [s.n.], 1996. p. 310

PELZ, J. B.; CANOSA, R. Oculomotor behavior and perceptual strategies in complex tasks. **Vision research**, v. 41, n. 25-26, p. 3587–96, jan 2001.

PINTO, L.; BARON, J. Spatiotemporal frequency and speed tuning in the owl visual wulst. **The European journal of neuroscience**, v. 30, n. 7, p. 1251–68, out 2009.

PINTO, L.; BARON, J. Spatiotemporal frequency tuning dynamics of neurons in the owl visual wulst. **Journal of neurophysiology**, v. 103, n. 6, p. 3424–36, jun 2010.

PONDER, E.; KENNEDY., W. P. ON THE ACT OF BLINKING. **Experimental psychology**, n. April, p. 89–110, 1927.

POWERS, A S.; SCHICATANO, E. J.; BASSO, M. A; EVINGER, C. To blink or not to blink: inhibition and facilitation of reflex blinks. **Experimental brain research. Experimentelle Hirnforschung. Expérimentation cérébrale**, v. 113, n. 2, p. 283–90, mar 1997.

PUCE, A. In the blink of an eye : neural responses elicited to viewing the eye blinks of another individual. **Neuroscience**, v. 5, n. August, p. 1–11, 2011.

RAMBOLD, H.; BAZ, I. EL; HELMCHEN, C. Differential effects of blinks on horizontal saccade and smooth pursuit initiation in humans. **Exp Brain Res**, v. 156, p. 314–324, 2004.

RAYNER, K. Eye movements and cognitive processes in reading, visual search, and scene perception. In: EDS J M FINDLAY, R WALKER, R. W. K. (Ed.). **Eye Movement Research: Mechanisms, Processes and Applications**. Amsterdam: North-Holland: [s.n.], 1995. p. pp 3– 22.

RIGGS, L. A; KELLY, J. P.; MANNING, K. A; MOORE, R. K. Blink-related eye movements. **Investigative ophthalmology & visual science**, v. 28, n. 2, p. 334–42, fev 1987.

ROTHKOPF, C.; BALLARD, D.; HAYHOE, M. Task and context determine where you look. **Journal of Vision**, v. 7, p. 1–20, 2007.

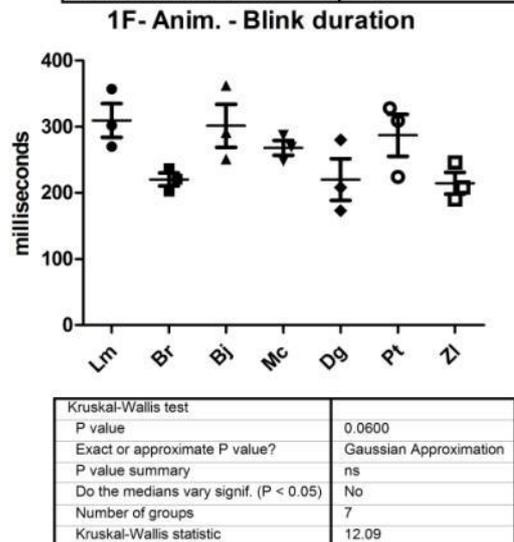
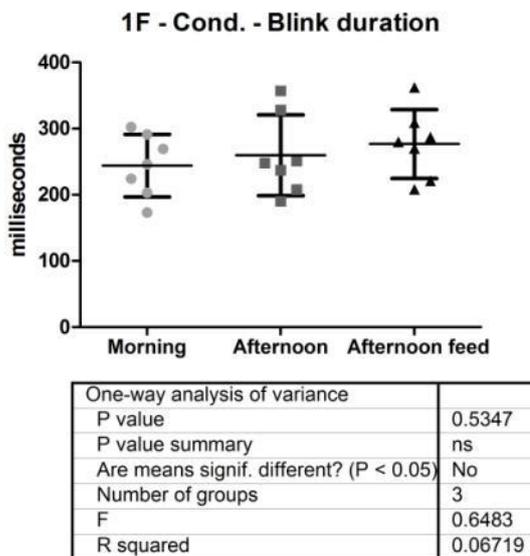
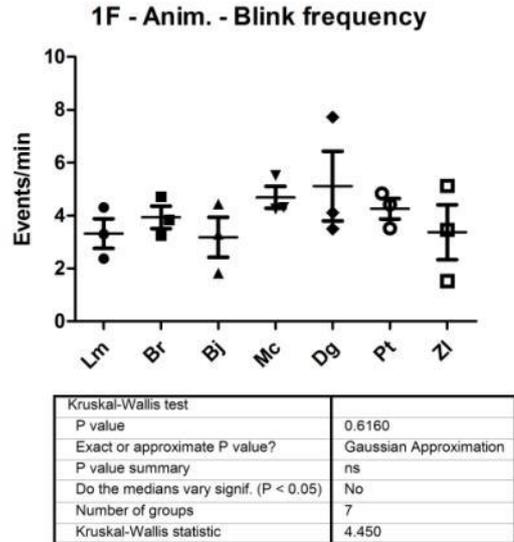
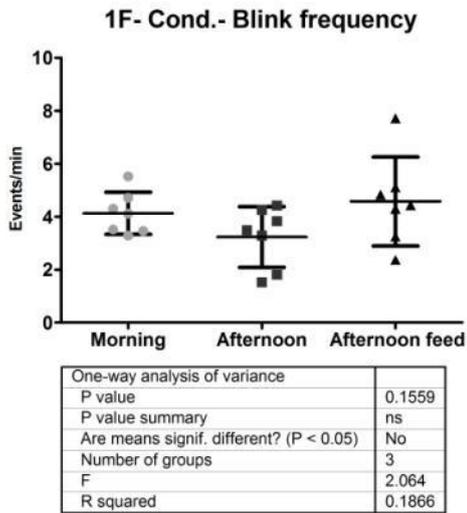
ROURKE, C. T. O.; PITLIK, T.; HOOVER, M.; FERNA, E. Hawk Eyes II : Diurnal Raptors Differ in Head Movement Strategies When Scanning from Perches. v. 5, n. 9, 2010.

- SANTOS, B. D. S. Um discurso sobre as ciências na transição para uma ciência pós-moderna. **Estudos Avançados**, v. 2, n. 2, p. 46–71, ago 1988.
- SHIMIZU, T. Conspecific recognition in pigeons (*Columba livia*) using dynamic video images. **Behaviour**, v. 135, n. 1, p. 43–53, 1998.
- STEISBACH, M. J.; MONEY, K. E. EYE MOVEMENTS OF THE OWL. **Vision Res.**, v. 13, n. 1969, p. 889–891, 1973.
- TATLER, B. W.; HAYHOE, M. M.; LAND, M. F.; BALLARD, D. H. Eye guidance in natural vision : Reinterpreting salience. **Journal of Vision**, v. 11, p. 1–23, 2011.
- THOMSEN, L. Behavior and ecology of Burrowing Owls on the Oakland Municipal Airport. **Condor**, v. v. 73, p. 177–192, 1971.
- TOMIRDIARO, S. V; HOPKINS, D. M.; SCHWEGER, C. E.; *et al.* The Coevolution of Parochial. **Nature**, v. 318, p. 636–640, 2007.
- TUCKER, V. A. The deep fovea, sideways vision and spiral flight paths in raptors. **The Journal of experimental biology**, v. 203, n. Pt 24, p. 3745–54, dez 2000.
- VAN, R. F.; FROST, Æ. B. J.; WILLIGEN, R. VAN DER; FROST, B.; WAGNER, H. Depth generalization from stereo to motion parallax in the owl. **Journal of Comparative Physiology A: Sensory, Neural, and Behavioral Physiology**, v. 187, n. 12, p. 997–1007, 1 jan 2002.
- VICTOR, R.; SMPW, Q.; WAY, P.; E-MAIL, B. Influência da ação humana no comportamento agonístico da coruja buraqueira. **Ararajuba**, v. 10, n. 2, p. 237–240, 2002.
- WAGNER, H.; KETTLER, L.; ORLOWSKI, J.; TELLERS, P. Neuroethology of prey capture in the barn owl (*Tyto alba* L.). **Journal of physiology, Paris**, v. 107, n. 1-2, p. 51–61, 7 abr 2012.
- WILLIAMSON, S. S.; ZIVOTOFSKY, A. Z.; BASSO, M. A. Modulation of gaze-evoked blinks depends primarily on extraretinal factors. **Journal of neurophysiology**, v. 93, n. 1, p. 627–32, jan 2005.
- WILLIGEN, R. F. VAN DER. Owls see in stereo much like humans do. **Journal of Vision**, v. 11, p. 1–27, 2011.
- WURTZ, R. H. Neuronal mechanisms of visual stability. **Vision research**, v. 48, n. 20, p. 2070–89, set 2008.
- WURTZ, R. H.; JOINER, W. M.; BERMAN, R. A; B, P. T. R. S. Neuronal mechanisms for visual stability: progress and problems. **Philosophical transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences**, v. 366, n. 1564, p. 492–503, 27 fev 2011.

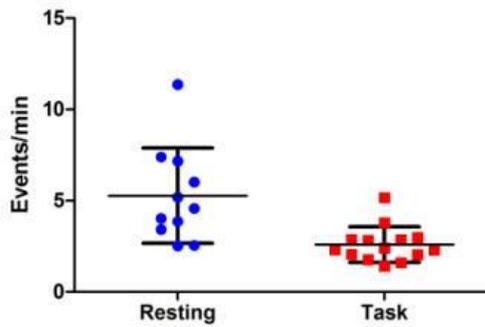
YARBUS, A. L. **Eye movements and vision**. Plenum pre ed. New york: [s.n.], 1967. p. 222

ANEXO – FIGURAS EXTRAS

O PISCAR

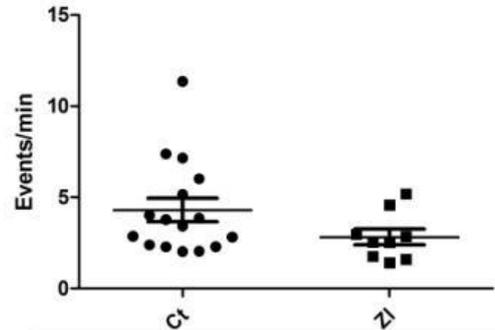


2F - Cond. - Blink frequency



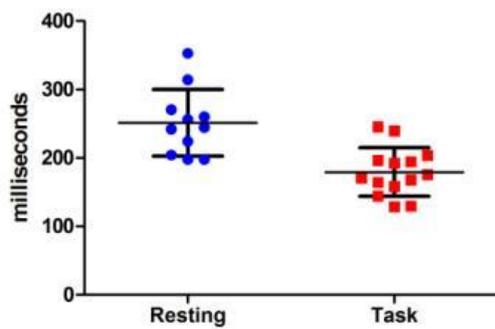
Unpaired t test	
P value	0.0016
P value summary	**
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
t, df	t=3.568 df=23

2F - Anim- Blink frequency



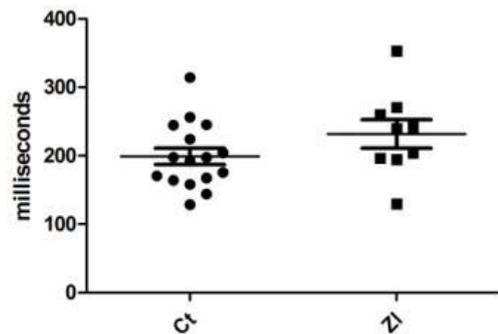
Mann Whitney test	
P value	0.1488
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	ns
Are medians signif. different? (P < 0.05)	No
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	234 , 91
Mann-Whitney U	46.00

2F - Cond. - Blink duration



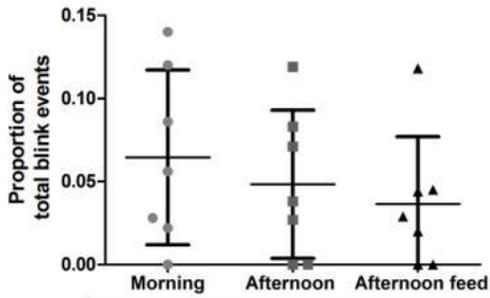
Unpaired t test	
P value	0.0003
P value summary	***
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
t, df	t=4.288 df=23

2F- Anim. - Blink Duration



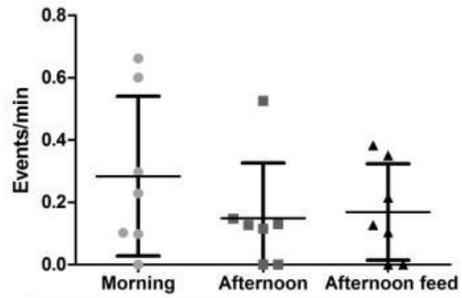
Unpaired t test	
P value	0.1523
P value summary	ns
Are means signif. different? (P < 0.05)	No
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
t, df	t=1.480 df=23

1F - Cond. - Monocular blink proportion



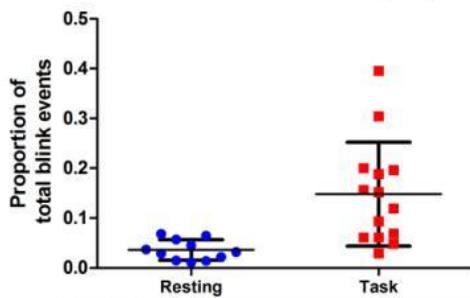
One-way analysis of variance	
P value	0.5338
P value summary	ns
Are means signif. different? (P < 0.05)	No
Number of groups	3
F	0.6502
R squared	0.06737

1F - Cond. - Monocular blink frequency



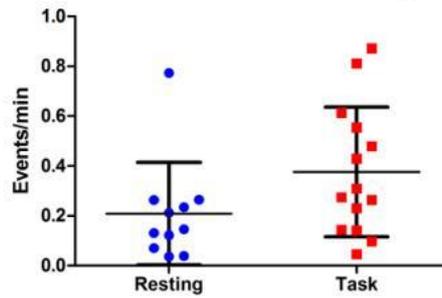
Kruskal-Wallis test	
P value	0.7050
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	ns
Do the medians vary signif. (P < 0.05)	No
Number of groups	3
Kruskal-Wallis statistic	0.6992

2F - Cond. - Monocular blink proportion



Unpaired t test	
P value	0.0020
P value summary	**
Are means signif. different? (P < 0.05)	Yes
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
t, df	t=3.494 df=23

2F - Cond. - Monocular blink frequency



Mann-Whitney test	
P value	0.0553
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	ns
Are medians signif. different? (P < 0.05)	No
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	107.5 , 217.5
Mann-Whitney U	41.50

AS MOVIMENTAÇÕES DOS OLHOS NO ESPAÇO

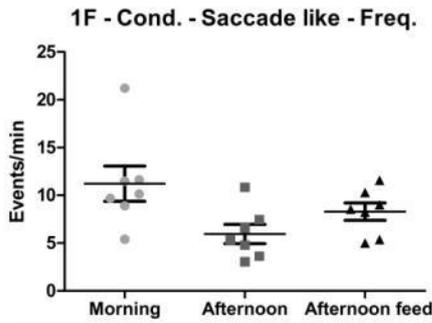


Table Analyzed	1F - cond -saccade like frequency
Kruskal-Wallis test	
P value	0.0620
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	ns
Do the medians vary signif. (P < 0.05)	No
Number of groups	4
Kruskal-Wallis statistic	7.333

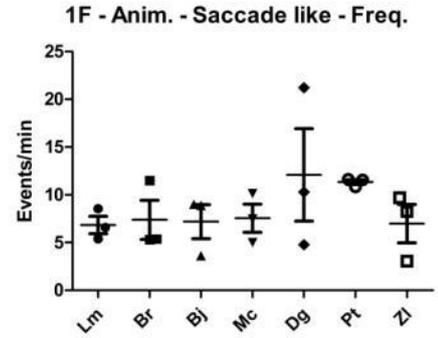
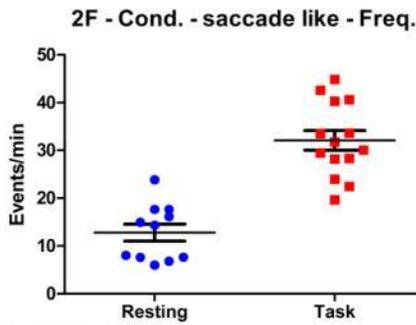
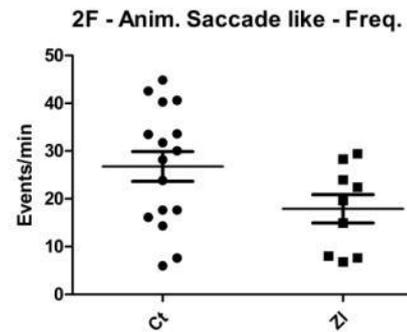


Table Analyzed	1F - anim. saccade like freq
Kruskal-Wallis test	
P value	0.3545
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	ns
Do the medians vary signif. (P < 0.05)	No
Number of groups	7
Kruskal-Wallis statistic	6.649

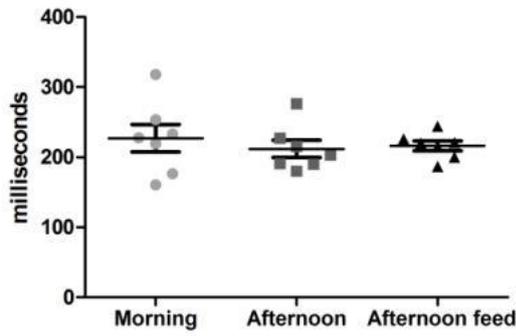


Mann Whitney test	
P value	P<0.0001
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	***
Are medians signif. different? (P < 0.05)	Yes
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	68 , 257
Mann-Whitney U	2.000



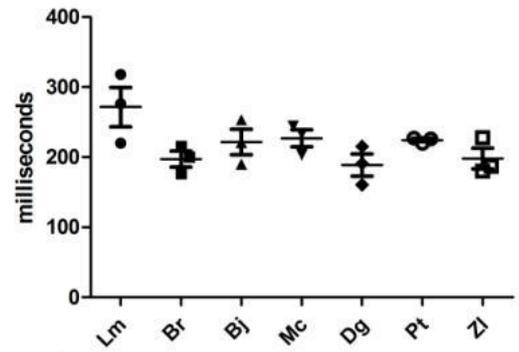
Mann Whitney test	
P value	0.1066
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	ns
Are medians signif. different? (P < 0.05)	No
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	237 , 88
Mann-Whitney U	43.00

1F - Cond - Saccade like - Durat.



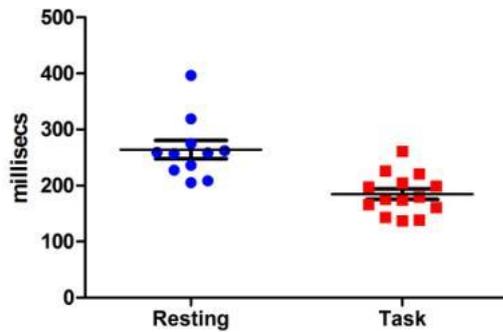
Kruskal-Wallis test	
P value	0.8683
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	ns
Do the medians vary signif. (P < 0.05)	No
Number of groups	4
Kruskal-Wallis statistic	0.7209

1F - Anim. - Saccade like - Durat.



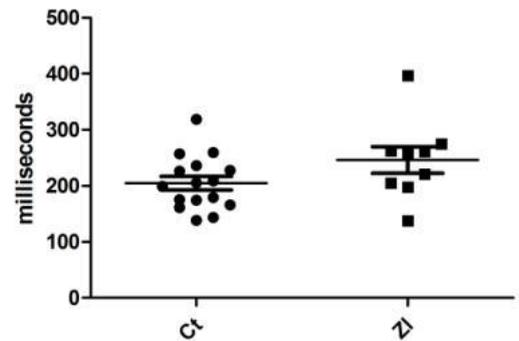
Kruskal-Wallis test	
P value	0.1265
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	ns
Do the medians vary signif. (P < 0.05)	No
Number of groups	7
Kruskal-Wallis statistic	9.957

2F - Cond - Saccade like - Durat.



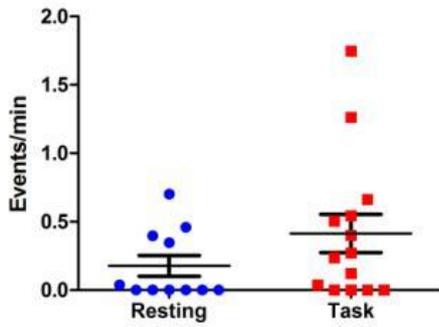
Mann Whitney test	
P value	0.0003
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	***
Are medians signif. different? (P < 0.05)	Yes
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	209 , 116
Mann-Whitney U	11.00

2F - Anim - Saccade like - Durat.



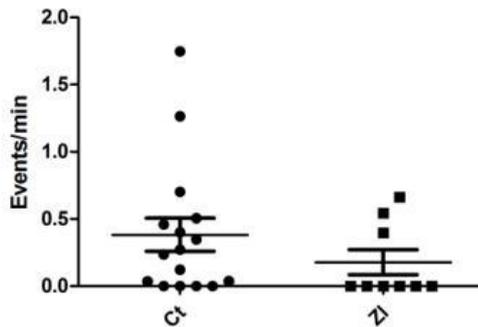
Unpaired t test	
P value	0.0973
P value summary	ns
Are means signif. different? (P < 0.05)	No
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
t, df	t=1.728 df=23

2F - Cond. - Smooth pursuit - Freq.



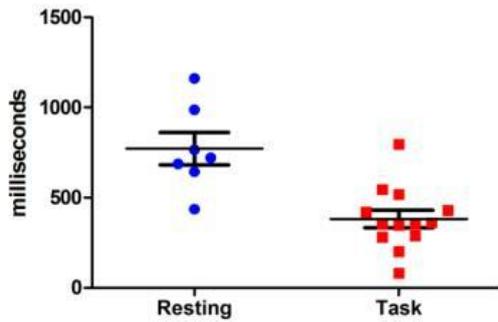
Mann Whitney test	
P value	0.1837
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	ns
Are medians signif. different? (P < 0.05)	No
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	119 , 206
Mann-Whitney U	53.00

2F - Anim. - Smooth pursuit - Freq.



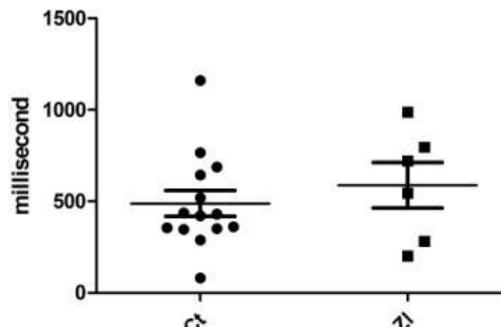
Mann Whitney test	
P value	0.1692
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	ns
Are medians signif. different? (P < 0.05)	No
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	232 , 93
Mann-Whitney U	48.0

2F - Cond. - Smooth pursuit - Durat.



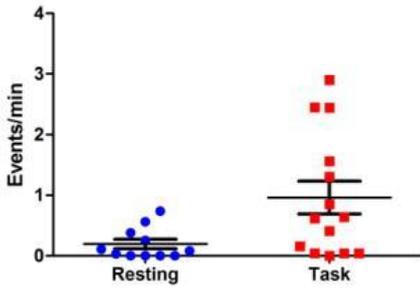
Mann Whitney test	
P value	0.0026
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	**
Are medians signif. different? (P < 0.05)	Yes
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	112 , 98
Mann-Whitney U	7.000

2F - Anim. - Smooth pursuit - Durat.



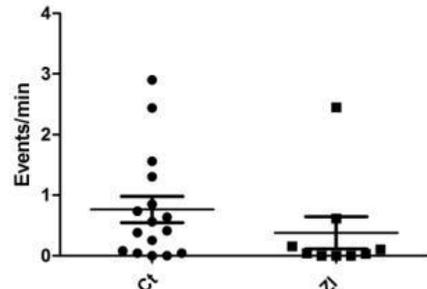
Mann Whitney test	
P value	0.5362
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	ns
Are medians signif. different? (P < 0.05)	No
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	139 , 71
Mann-Whitney U	34.00

2F - Cond. - Translational - Freq.



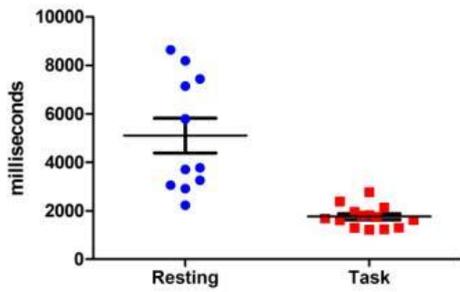
Mann-Whitney test	
P value	0.0226
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	*
Are medians signif. different? (P < 0.05)	Yes
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	101, 224
Mann-Whitney U	35.00

2F - Anim. - Translational - Freq.



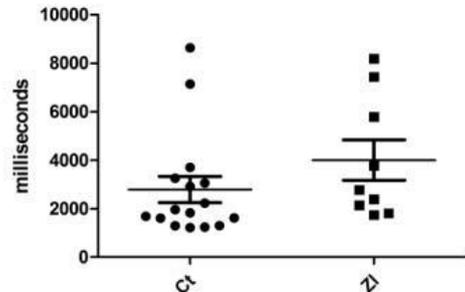
Mann-Whitney test	
P value	0.0936
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	ns
Are medians signif. different? (P < 0.05)	No
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	238, 87
Mann-Whitney U	42.00

2F - Cond. - Translational - Durat.



Mann-Whitney test	
P value	P<0.0001
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	***
Are medians signif. different? (P < 0.05)	Yes
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	218, 107
Mann-Whitney U	2.000

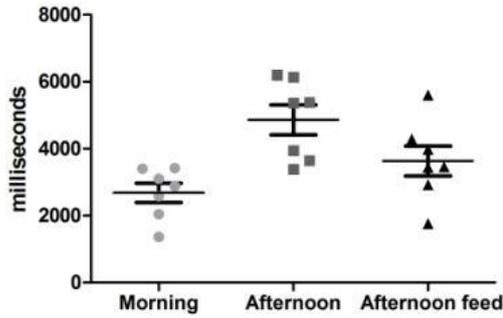
2F - Anim. - Translational - Durat.



Mann-Whitney test	
P value	0.1066
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	ns
Are medians signif. different? (P < 0.05)	No
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	179, 146
Mann-Whitney U	43.00

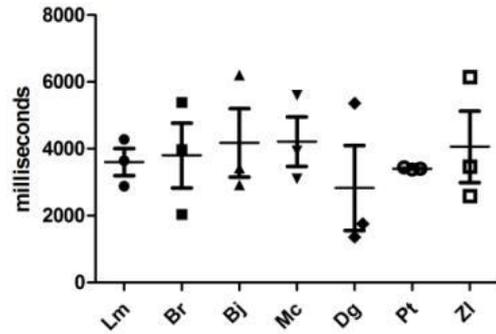
FIXAÇÕES VISUAIS

1F- Cond. - Gaze median



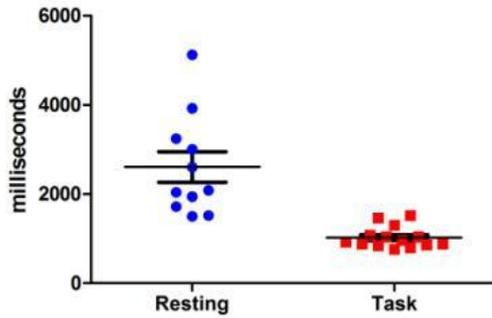
Kruskal-Wallis test	
P value	0.0078
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	**
Do the medians vary signif. (P < 0.05)	Yes
Number of groups	3
Kruskal-Wallis statistic	9.707

1F - Anim. - Gaze median



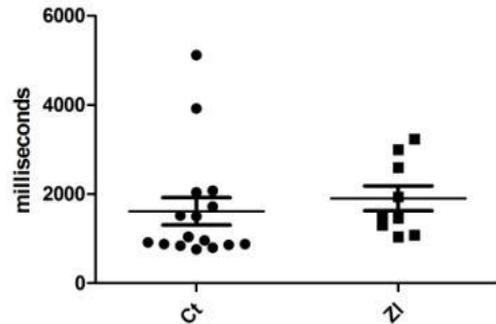
Kruskal-Wallis test	
P value	0.8787
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	ns
Do the medians vary signif. (P < 0.05)	No
Number of groups	7
Kruskal-Wallis statistic	2.41

2F - Cond. - Gaze median



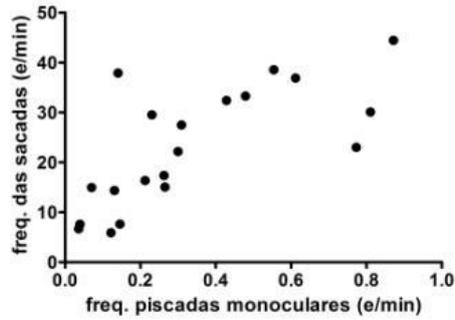
Mann Whitney test	
P value	P<0.0001
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	***
Are medians signif. different? (P < 0.05)	Yes
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	218.5 , 106.5
Mann-Whitney U	1.500

2F - Anim. - Gaze median

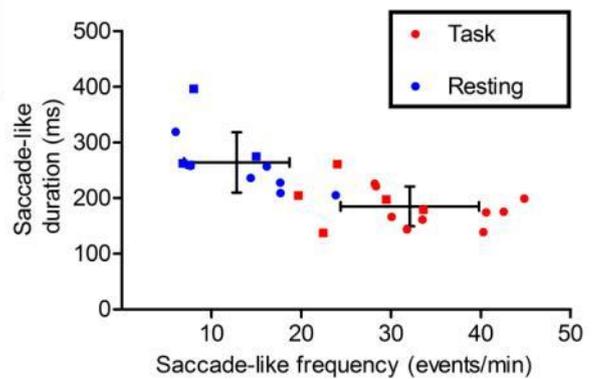
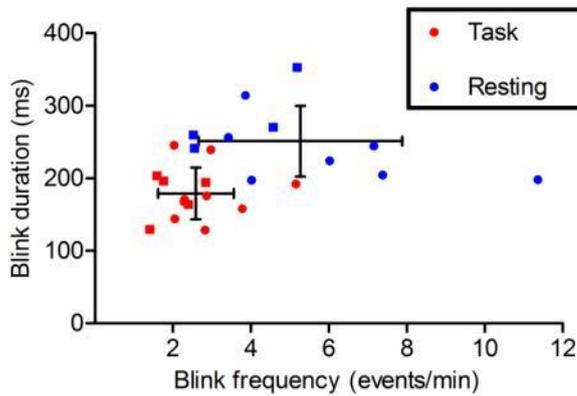
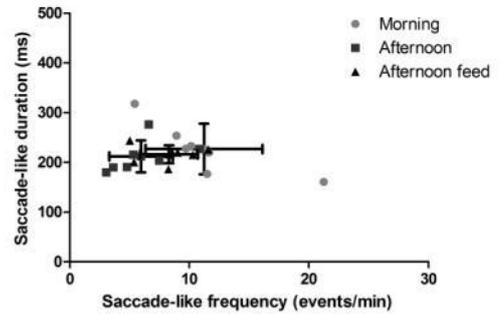
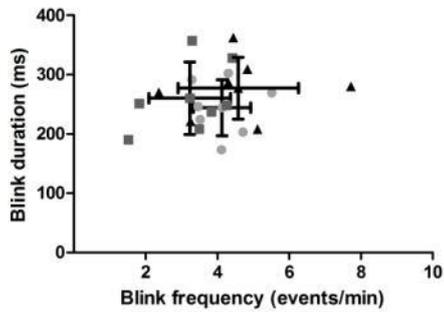


Mann Whitney test	
P value	0.1193
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
P value summary	ns
Are medians signif. different? (P < 0.05)	No
One- or two-tailed P value?	Two-tailed
Sum of ranks in column A,B	180 , 145
Mann-Whitney U	44.00

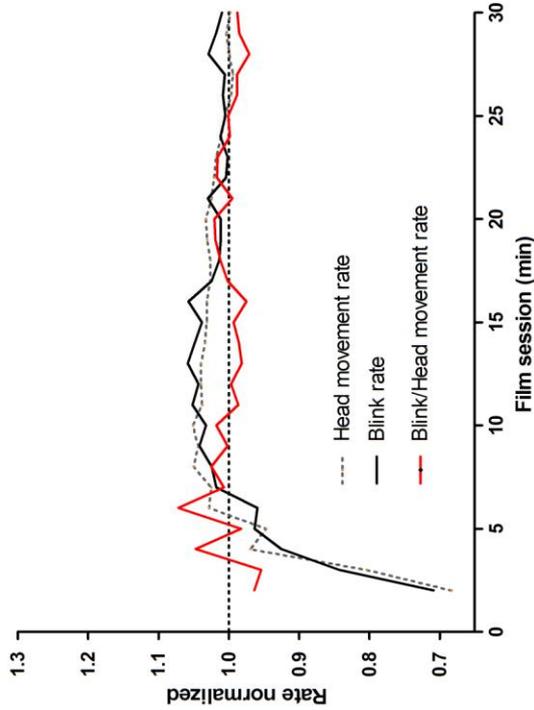
Relação entre proporção de piscadas monoculares e frequência das sacadas



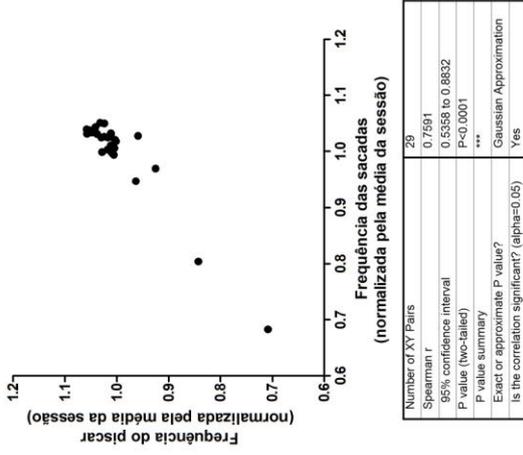
Number of XY Pairs	20
Spearman r	0.7774
95% confidence interval	0.5000 to 0.9102
P value (two-tailed)	P<0.0001
P value summary	***
Exact or approximate P value?	Gaussian Approximation
Is the correlation significant? (alpha=0.05)	Yes



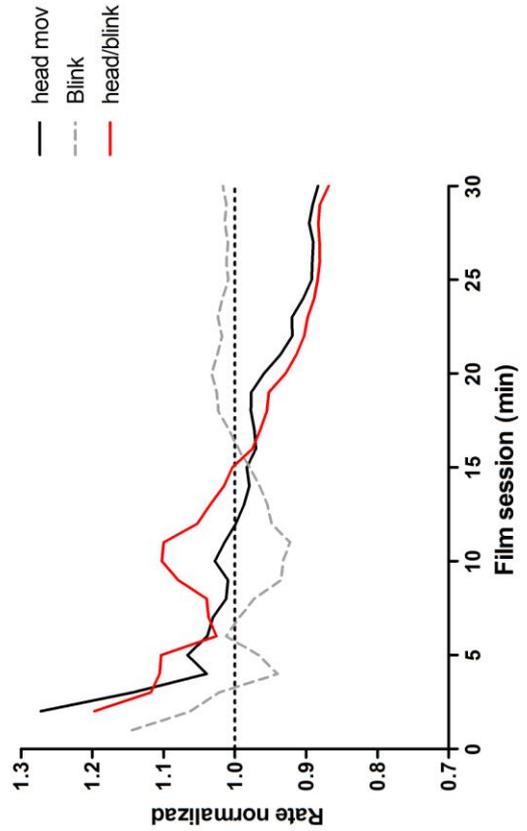
Blink and head movement rate normalized in visual task condition



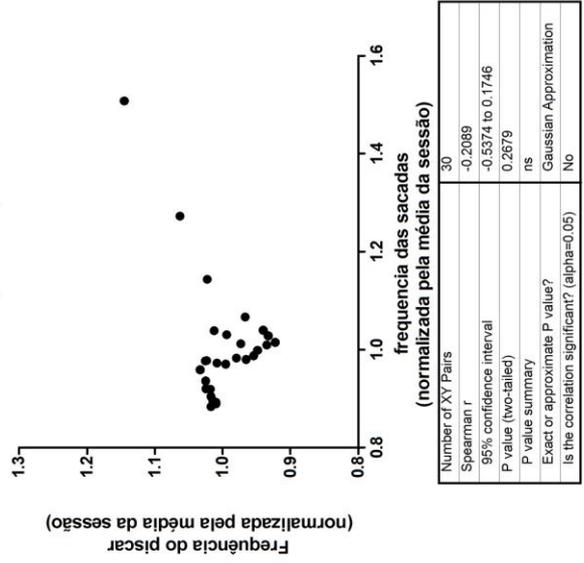
Condição de tarefa



Blink and head movement rate normalized in visual RESTING condition



Condição de repouso



Agradeço à FAPEMIG por financiar minha bolsa de mestrado e ao Governo Brasileiro e seus respectivos contribuintes, que financiaram meus estudos na rede pública desde seus primeiros dias.