



Universidade de Aveiro Departamento de Educação

Ano de 2014

**JOSÉ PEDRO
PESTANA ALVES DE
MOURA**

**RITMOS BIOLÓGICOS, CRONOTIPO E FUNÇÕES
COGNITIVAS: UM ESTUDO DE CAMPO**



**JOSÉ PEDRO
PESTANA ALVES DE
MOURA**

**RITMOS BIOLÓGICOS, CRONOTIPO E FUNÇÕES
COGNITIVAS: UM ESTUDO DE CAMPO**

Tese apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Doutor em Psicologia, realizada sob a orientação científica do Doutor Carlos Fernandes da Silva, Professor Catedrático do Departamento de Educação da Universidade de Aveiro, da Doutora Ana Cardoso Allen Gomes, Professora Auxiliar do Departamento de Educação da Universidade de Aveiro e do Professor Doutor Mário André Leucádio Miguel, Professor Assistente I do Departamento de Fisiologia do Centro de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Apoio financeiro da Fundação para a
Ciência e Tecnologia com uma bolsa
de investigação com a referência
SFRH/BD/31684/2006

À minha Catarina e ao nosso pequeno Zé Diogo.

Ao Zé, à São e à mana.

Ao Soneca, à Rita e ao Gaspar

o júri

presidente

Professora Doutora Celeste de Oliveira Alves Coelho
professora catedrática da Universidade de Aveiro

Professor Doutor Carlos Fernandes da Silva
professor catedrático da Universidade de Aveiro

Prof. Doutor Jorge Manuel Amaral Silvério
professor auxiliar da Escola de Psicologia da Universidade do Minho

Prof. Doutora Sara Margarida Soares Ramos Fernandes Batalhão
professora auxiliar do Instituto de Psicologia e Ciências da Educação da Universidade Lusíada

Prof. Doutor Hugo Márcio Rodrigues de Almeida
professor adjunto convidado da Universidade de Aveiro

Prof. Doutora Sandra Maria Rodrigues de Carvalho Bos
investigadora auxiliar da Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra

agradecimentos

Doutor Carlos Fernandes da Silva
Doutor Luiz Menna-Barreto
Doutor Mário André Miguel
Doutora Ana Allen Gomes
Mestre Paulo Rodrigues e Mestre Pedro Bem-Haja

palavras-chave

Rimos Biológicos; Cronotipo; Efeito Fim-de-Semana; Performance Cognitiva; Ordem Temporal Interna.

resumo

Os primeiros estudos onde se tentava avaliar os melhores horários para se lecionar de forma a se poderem otimizar os horários escolares são já muito antigos. O primeiro a estabelecer uma relação sistemática entre performance cognitiva, Cronobiologia e sono foi Kleitman, evidenciando um paralelismo entre o ritmo circadiano da temperatura central e a altura do dia em que eram realizadas tarefas simples de repetição. Após este primeiro estudo, muitos outros se seguiram, contudo a maioria apenas encontrou ritmos em protocolos de rotina constante e dessincronização forçada desprovidos de validade ecológica. Acresce ainda o facto de neste tipo de estudos não haver uma manipulação sistemática do efeito do padrão individual de distribuição dos parâmetros circadianos no nictómero, designado na literatura como Cronotipo. Perante isto, o presente estudo pretende avaliar a influência do Cronotipo nos ritmos cognitivos, utilizando um protocolo de rotina normal (Ecológico), onde também se manipula o efeito fim-de-semana. Para testar as premissas supramencionadas, utilizou-se uma amostra de 16 alunos universitários, que numa primeira fase responderam ao questionário de Matutividade e Vespertividade de Horne&Östberg, para caracterização do Cronotipo, e posteriormente andaram 15-17 dias consecutivos com tempatilumis (actímetros) para análise de ritmos de temperatura e atividade, com iPads onde realizavam ao longo do dia várias tarefas cognitivas e com o Manual de Registo Diário, onde respondiam ao diário de sono e de atividade. A análise de dados denotou a inexistência de expressão de ritmos na maioria dos parâmetros cognitivos inviabilizando a verificação de diferenças significativas entre indivíduos matutinos e vespertinos nestes parâmetros. Esta ausência de visualização da expressão rítmica pode ser explicada pelo facto de os participantes não terem aderido da forma desejada e exigida, à realização das tarefas cognitivas, ou pelo facto de termos usado um protocolo de rotina normal, em detrimento dos protocolos de rotina constante e dessincronização forçada, não controlando assim algumas variáveis que influenciam o desempenho cognitivo, podendo estas mascarar ou mesmo eliminar o ritmo. Ainda assim e apesar destas contingências observaram-se ritmos circadianos nas variáveis de autoavaliação, mesmo com o paradigma ecológico. Verificou-se ainda um efeito da hora do dia em vários parâmetros de tarefas cognitivas e motoras medidas objetivamente, assim como uma diminuição da performance cognitiva nos vespertinos, comparativamente aos matutinos, na janela temporal das 6h às 12 horas, que coincide com a maior concentração de horas de aulas por dia na Universidade onde o estudo foi realizado. Outros estudos serão necessários para consolidar a influência do Cronotipo nos ritmos cognitivos, utilizando o protocolo de rotina normal para garantir a validade ecológica, salvaguardando uma participação mais ativa na execução das tarefas cognitivas por parte dos sujeitos em estudo.

keywords

Biological Rhythms; Chronotype; Weekend Effect; Cognitive Performance; Internal Temporal Order.

abstract

The first studies which attempted to assess the best times to teach in order to be able to optimize school schedules are very old. The first author to establish a systematic relationship between cognitive performance, Chronobiology and Sleep was Kleitman, showing a parallelism between the circadian rhythm of deep body temperature and the time of day that were made simple repeating tasks (card sorting, mirror drawing, copying, and code substitution). After this first study, many others have followed, yet most only found rhythms in constant routine protocols and forced desynchronization with lacking of ecological validity. Furthermore, in this types of studies there was no systematic manipulation of the effect of individual pattern of distribution of circadian parameters in the nictómer, known in the literature as Chronotype. Given this, the present study aims to assess the influence of chronotype in cognitive rhythms, using a normal routine protocol (Ecological), which also handles the weekend effect. To test the premises above, we used 16 college students who initially responded to the morningness and eveningness questionnaire of Horne & Östberg to characterize cronotype, and then, during 20 days, they used the tempatilumis to analyze the rythms of temperature and activity, used an ipad where performed several cognitive tasks throughout the day and finally used the Registration diary Manual, to register daily activity and sleep. Data analysis denoted the lack of rythms in most cognitive parameters, making it impossible to verify significant differences between morning and evening individuals in these parameters. This result seems to be explained by the fact that participants did not adhere as desired and required to realization of cognitive tasks, and because we used a normal routine protocol instead of constant routine and forced desynchronization protocols. Despite these contingencies we observed circadian rhythms in the self-assessment variables, even with the ecological paradigm. There was also a “time of day” effect on various parameters of motor and cognitive tasks that were measured objectively, as well as a decrease in cognitive performance over the evening types, when compared with the morning types in the time frame from 6 to 12 hours, which coincides with the highest concentration hours of classes per day at the University, where the study was conducted. Further studies are needed to consolidate the influence of chronotype in cognitive rhythms, using normal routine protocol to ensure ecological validity, promoting a more active participation in the realization of cognitive tasks by the subjects in the study.

ÍNDICE

INTRODUÇÃO.....	1
Caracterização de um ritmo.....	3
Endogeneidade dos Ritmos Biológicos.....	5
Ritmos e Relações de Fase.....	7
Paradigmas experimentais em cronobiologia.....	10
Cronotipo.....	12
Ritmos Cognitivos.....	18
- Modelo dos 2 processos de Borbély.....	19
- Flutuações diárias do estado de alerta, da sonolência e da Fadiga.....	23
- Flutuações diárias da performance cognitiva.....	28
Maiores questões do presente estudo.....	36
Hipóteses.....	37
MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
Participantes.....	39
Instrumentos.....	40
Procedimentos.....	47
Tratamento e Análises de dados.....	48
RESULTADOS.....	56
1. Cronotipo e os diferentes parâmetros do diário de sono (manual de Registo diário) à semana e ao fim de semana.....	56
1.1 - Efeito Fim-de Semana.....	56
1.2- Efeito Cronotipo.....	61
2. Análise dos ritmos de temperatura corporal periférica e atividade extraídos dos “tempatilumis”.....	63
2.1 - Efeito Fim-de Semana.....	63
2.2 – Efeito Cronotipo.....	68
3. Averiguação da existência de ritmos, dos auto-relatos subjetivos e ritmos cognitivos (iPads), com recurso ao software de análise de ritmos – El Temps.....	71
3.1 Análises cosinor dos 24 parâmetros estudados.....	71
4 - Efeito de hora do dia e efeito cronotipo nos diferentes parâmetros estudados, nos matutinos e vespertinos.....	73
4.1 – Efeito hora do dia.....	73
4.2 – Efeito Cronotipo.....	90
DISCUSSÃO.....	104
CONCLUSÕES.....	122
LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	122
BIBLIOGRAFIA.....	123
ANEXOS.....	158

Índice de tabelas

Tabela 2.1 – Distribuição dos participantes por grupos (M e V) mediante pontuações e classificações do questionário MEQ, e variáveis sociodemográficas (Sexo e Idade).....	39
Tabela 3.1.1 – Estatísticas descritivas do grupo matutino à semana e ao fim de semana. ...	56
Tabela 3.1.2 - Testes de Wilcoxon no grupo matutino, comparando os postos dos diferentes indicadores do sono à semana e ao fim de semana	57
Tabela 3.1.3– Testes Wilcoxon para comparação indicadores do sono entre semana e fim de semana, no grupo matutino.	58
Tabela 3.1.4 – Estatísticas descritivas do grupo vespertino à semana e ao fim de semana.	59
Tabela 3.1.5 – Testes de Wilcoxon no grupo vespertino, comparando os postos dos diferentes indicadores do sono à semana e ao fim de semana	59
Tabela 3.1.6 – Testes Wilcoxon para comparação indicadores do sono entre semana e fim-de-semana, no grupo vespertino.....	60
Tabela 3.1.7– Teste de Mann-Whitney da comparação dos dois grupos (M e V) à semana.	61
Tabela 3.1.8- Testes de Mann-Whitney para comparação dos dois grupos (M e V) à semana.....	62
Tabela 3.1.9 – teste de Mann-Whitney da comparação dos dois grupos (M e V) ao fim de semana.....	62
Tabela 3.1.10 - Testes de Mann-Whitney para comparação dos dois grupos (M e V) ao fim de semana.	63
Tabela 3.2.1– Estatísticas descritivas do grupo matutino à semana e ao fim de semana. ...	64
Tabela 3.2.2 – Teste de Wilcoxon no grupo matutino, comparando os postos dos parâmetros, Mesor (Mes), Amplitude (Amplit) e Acrofase (Acrof) dos ritmos atividade(A) e temperatura(T) à semana (S) e ao fim de semana(FS)..	64
Tabela 3.2.3 – Testes Wilcoxon para comparação dos diferentes parâmetros dos ritmos entre semana e fim de semana, no grupo matutino.	65
Tabela 3.2.4 – Estatísticas descritivas do grupo vespertino à semana e ao fim de semana.	66
Tabela 3.2.5 – teste de Wilcoxon no grupo vespertino, comparando os postos dos parâmetros, Mesor (Mes), Amplitude (Amplit) e Acrofase (Acrof) dos ritmos atividade (A) e temperatura (T) à semana (S) e ao fim de semana (FS).....	67

Tabela 3.2.6 – Testes Wilcoxon para comparação dos parâmetros dos ritmos de temperatura e atividade entre semana e fim de semana, no grupo vespertino.	68
Tabela 3.2.7 – Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos dos parâmetros, Mesor (Mes), da Amplitude (Amplit) e Acrofase (Acrof) dos ritmos da Temperatura (T) e Atividade (A) à semana (S).....	68
Tabela 3.2.8- Testes de Mann-Whitney para comparação dos dois grupos (M e V) à semana.....	69
Tabela 3.2.9 – Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos dos parâmetros, Mesor (Mes), da Amplitude (Amplit) e Acrofase (Acrof) dos ritmos da Temperatura (T) e Atividade (A) ao fim-de-semana (FS).	70
Tabela 3.2.10 - Testes de Mann-Whitney para comparação dos dois grupos (M e V) à semana.....	70
Tabela 3.3.1: Estatísticas descritivas das acrofases das escalas visuo-analógicas de fadiga física, fadiga mental, sonolência e estado de alerta.....	72
Tabela 3.3.2 – Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos das acrofases das tarefas 1, 2, 3 e 4.	72
Tabelas 3.3.3 - Testes de Mann-Whitney para comparação dos dois grupos (M e V) para as 4 escalas visuo-analógicas.	73
Tabela 3.4.1 – Estatísticas descritivas, por intervalo de tempo, na tarefa visuo-analógica para a fadiga física, nos grupo matutino e grupo vespertino.....	74
Tabela 3.4.2. – Estatísticas descritivas, por intervalo de tempo, na tarefa visuo-analógica para fadiga mental, nos grupo matutino e grupo vespertino.	75
Tabela 3.4.3 – Estatísticas descritivas, por intervalo de tempo, na tarefa visuo-analógica para a sonolência, nos grupo matutino e grupo vespertino.	76
Tabela 3.4.4 – Estatísticas descritivas, por intervalo de tempo, na tarefa visuo-analógica para o estado de alerta, nos grupo matutino e grupo vespertino.	78
Tabela 3.4.5 – Estatísticas descritivas, por intervalo de tempo, do tempo de movimento na tarefa de <i>Choice Reaction Time</i> , nos grupo matutino e grupo vespertino.....	79
Tabela 3.4.6 – Estatísticas descritivas, por intervalo de tempo, das omissões (valor relativo) na tarefa SD1, nos grupo matutino e grupo vespertino	81
Tabela 3.4.7 – Estatísticas descritivas, por intervalo de tempo, do tempo por algarismo na tarefa SD1, nos grupo matutino e grupo vespertino.....	82

Tabela 3.4.8 – Estatísticas descritivas, por intervalo de tempo, dos valores relativos de acertos na tarefa SD3, nos grupo matutino e grupo vespertino.....	84
Tabela 3.4.9 – Estatísticas descritivas, por intervalo de tempo, dos valores relativos de erros na tarefa SD3, nos grupo matutino e grupo vespertino.	85
Tabela 3.4.10 – Estatísticas descritivas, por intervalo de tempo, do tempo por linha na tarefa SD3, nos grupo matutino e grupo vespertino.....	87
Tabela 3.4.11 – Estatísticas descritivas, por intervalo de tempo, do número de recordações por número de tentativas na tarefa de <i>Digit Span</i> versão direta, nos grupos matutino e grupo vespertino.	88
Tabela 3.4.12 – Média das médias dos valores absolutos registados nos indivíduos dos grupos matutino e grupo vespertino na escala visuo-analógica para a fadiga física.....	90
Tabela 3.4.13 – Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos relativos à tarefa visuo-analógica da fadiga física.....	90
Tabela 3.4.14 – Testes U de Mann-Whitney para comparação dos diferentes intervalos de análise, entre matutinos e vespertinos na escala visuo-analógica para a fadiga física.	91
Tabela 3.4.15 – Média das médias dos valores absolutos registados nos indivíduos dos grupos matutino e grupo vespertino na escala visuo-analógica para a fadiga mental.....	91
Tabela 3.4.16 – Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos relativos à tarefa visuo-analógica para a fadiga mental	92
Tabela 3.4.17 – Testes U de Mann-Whitney para comparação dos intervalos de análise, entre matutinos e vespertinos na escala visuo-analógica para fadiga mental	92
Tabela 3.4.18 – Média das médias dos valores absolutos registados nos indivíduos dos grupos matutino e grupo vespertino na escala visuo-analógica para a sonolência	93
Tabela 3.4.19 – Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos relativos à tarefa visuo-analógica para a sonolência.	93
Tabela 3.4.20 – Testes U de Mann-Whitney para comparação dos diferentes intervalos de análise, entre matutinos e vespertinos na escala visuo-analógica para a sonolência.	93
Tabela 3.4.21 – Média das médias dos valores absolutos registados nos indivíduos dos grupos matutino e grupo vespertino na escala visuo-analógica para o estado de alerta. .	94
Tabela 3.4.22– Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos relativos à tarefa visuo-analógica para o estado de alerta.	94

Tabela 3.4.23 – Testes U de Mann-Whitney para comparação dos diferentes intervalos de análise, entre matutinos e vespertinos na escala visuo-analógica para o estado de alerta.	95
Tabela 3.4.24 – Média das médias dos valores absolutos registados, em segundos, nos indivíduos dos grupos matutino e grupo vespertino no tempo de reconhecimento da tarefa de <i>Choice Reaction Time</i>	95
Tabela 3.4.25 – Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos relativos ao tempo de reconhecimento da tarefa de <i>Choice Reaction Time</i>	96
Tabela 3.4.26 – Testes U de Mann-Whitney para comparação dos diferentes intervalos de análise, entre matutinos e vespertinos no tempo de reconhecimento na tarefa de <i>Choice Reaction Time</i>	96
Tabela 3.4.27 – Média das médias dos valores relativos de erros na tarefa SD1 registados nos indivíduos dos grupos matutino e grupo vespertino.	97
Tabela 3.4.28 – Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos relativos aos erros na tarefa SD1.	97
Tabela 3.4.29 – Testes U de Mann-Whitney para comparação dos erros na tarefa SD1 nos diferentes intervalos de análise, entre matutinos e vespertinos.	97
Tabela 3.4.30 – Média das médias dos valores relativos de acertos na tarefa SD3 registados nos indivíduos dos grupos matutino e grupo vespertino.	98
Tabela 3.4.31– Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos relativos aos acertos na tarefa SD3.	98
Tabela 3.4.32 – Testes U de Mann-Whitney para comparação dos acertos na tarefa SD3 nos diferentes intervalos de análise, entre matutinos e vespertinos.	99
Tabela 3.4.33 – Média das médias dos valores relativos de erros na tarefa SD3 registados nos indivíduos dos grupos matutino e grupo vespertino.	99
Tabela 3.4.34 – Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos relativos aos erros na tarefa SD3.	99
Tabela 3.4.35 – Testes U de Mann-Whitney para comparação dos erros na tarefa SD3 nos diferentes intervalos de análise, entre matutinos e vespertinos.	100
Tabela 3.4.36 – Média das médias de tempo gasto, em segundos, em cada linha do SD3, registados nos indivíduos dos grupos matutino e grupo vespertino.	100

Tabela 3.4.37 – Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos relativos ao tempo médio gasto na análise de cada na tarefa SD3.	101
Tabela 3.4.38 – Testes U de Mann-Whitney para comparação do tempo médio gasto por linha na tarefa SD3 nos diferentes intervalos de análise, entre matutinos e vespertinos.	101
Tabela 3.4.39 – Média das médias da quantidade de algarismos recordados por número de tentativa no <i>Digit Span</i> inverso nos indivíduos dos grupos matutino e grupo vespertino.	102
Tabela 3.4.40 – Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos relativos à quantidade de algarismos recordados por número de tentativa no <i>Digit Span</i> inverso.	102
Tabela 3.4.41 – Testes U de Mann-Whitney para comparação do número de algarismos recordados por número de tentativa no <i>Digit Span</i> inverso nos diferentes intervalos de análise, entre matutinos e vespertinos.	103

Índice de Figuras

Figura 1.1 – Mapa de fases do sistema circadiano do rato da espécie <i>Mus musculus</i>	8
Figura 2.1 – Exemplo de uma das escalas visuo-analógicas utilizadas no STAFE	42
Figura 2.2 – Choice Reaction Time do STAFE.....	43
Figura 2.3 – Signal Detection do STAFE.....	44
Figura 2.4 – Digit Span do STAFE	46
Figura 2.5 – Trail Making Test “B” do STAFE	46
Figura 2.6 - Actograma de atividade/reposo do rato doméstico (<i>Mus musculus</i>).....	53
Figura 2.7 – Periodograma <i>lomb Scargle</i> do ritmo de temperatura corporal periférica.....	54
Figura 2.8 - <i>Waveform</i> de uma série temporal de 16 dias da medida da temperatura corporal periférica.	54
Figura 2.9 - Análise cosinor do ritmo da temperatura corporal periférica	55
Figura 3.1: Evolução temporal da média das médias dos valores absolutos de fadiga física de cada participante, registados nos grupos matutinos e vespertinos, por janela temporal (intervalo).....	74
Figura 3.2: Evolução temporal da média das médias dos valores absolutos de fadiga mental de cada participante, registados nos grupos matutinos e vespertinos, por janela temporal (intervalo).....	76
Figura 3.3: Evolução temporal da média das médias dos valores absolutos de sonolência, registados nos grupos matutinos e vespertinos, por janela temporal (intervalo).	77
Figura 3.4: Evolução temporal da média das médias dos valores absolutos do estado de alerta, registados nos grupos matutinos e vespertinos, por janela temporal (intervalo)...	79
Figura 3.5: Evolução temporal da média das médias dos valores absolutos do tempo de movimento em segundos, registados nos grupos matutinos e vespertinos, por janela temporal (intervalo).....	80
Figura 3.6: Evolução temporal da média das médias dos valores relativos de omissões na tarefa SD1, registados nos grupos matutinos e vespertinos, por janela temporal (intervalo).....	82
Figura 3.7: Evolução temporal da média das médias do tempo em segundos gasto na identificação do algarismo no SD1, registados nos grupos matutinos e vespertinos, por janela temporal (intervalo).	83

Figura 3.8: Evolução temporal da média das médias dos valores relativos de acertos, registados nos grupos matutinos e vespertinos, por janela temporal (intervalo).	85
Figura 3.9: Evolução temporal da média das médias dos valores relativos de erros na tarefa SD3, registados nos grupos matutinos e vespertinos, por janela temporal (intervalo). ...	86
Figura 3.10: Evolução temporal da média do tempo médio gasto por linha em segundos no SD3, registados nos grupos matutinos e vespertinos, por janela temporal (intervalo). ...	88
Figura 3.11: Evolução temporal da média das médias do nº de recordações por número de tentativa na tarefa de <i>Digit Span</i> directo, registados nos grupos matutinos e vespertinos, por janela temporal (intervalo).....	89

Lista de abreviaturas

A₃O-RT - Aplicação Automática de Análise de *Outliers* – Registos de Tempatilumis
A-Pasti - Aplicação de preenchimento automático de séries temporais interrompidas
C – Processo circadiano
CE – Claro/Escuro
CRF - Curvas de resposta dependente de fase
CRT – *Choice Reaction Time*
DF – dessincronização forçada
ECG - Electroencefalografia
MCTQ - Munich Chronotype Questionnaire
MEQ – Morningness-Eveningness Questionnaire
MEQ – questionário de matutuidade-vespertinidade de Horne e Östberg
MU – Manual de utilização
NSQ - Núcleo Supraquiasmático
OTE – Ordem Temporal Externa
OTI – Ordem Temporal Interna
PIA-PTD - Programa de Importação Automática e Pré-tratamento de dados do STAFE
PUD-DS - Planilha para uniformização de dados recolhidos no Diário de sono.
PVT – Teste de atenção mantida em tarefas psicomotora
RC – Rotina Constante
S – Processo homeostático
SD1 – Signal Detection de 1 algarismos
SD3 – Signal Detection de 3 algarismos
STAFE – *Software* de Treino e Avaliação de Funções Executivas
TC – Temperatura Central
TM – Tempo de movimento
TP – Temperatura Periférica
TR – Tempo de reação
TRc – Tempo de Reconhecimento
TResp – tempo de resposta
VAS – Escalas visuo-analógicas

INTRODUÇÃO

A influência dos ritmos biológicos na performance cognitiva tem sido estudada no âmbito das cronociências, no entanto, tanto quanto sabemos, não existem muitos estudos que investiguem a influência do cronotipo na ritmicidade das funções cognitivas (Básicas e Executivas) de forma sistemática e ecológica.

A ciência Cronobiológica tem por objeto as flutuações periódicas de diversas atividades dos seres vivos (ritmos biológicos), a gênese das mesmas, os processos de sincronização com os ritmos ambientais, as alterações da estrutura temporal dos organismos e as aplicações destes conhecimentos na promoção da saúde e bem-estar (Silva, 2000b). Segundo Halberg (1969), a cronobiologia é uma disciplina científica que estuda as características temporais da matéria viva, em todos os seus níveis de organização. O estudo dos ritmos biológicos (e.g. oscilações periódicas em variáveis biológicas) é um dos aspetos mais bem compreendidos da cronobiologia (Marques & Menna-Barreto, 2003).

Desde tempos muito remotos os organismos convivem com processos rítmicos do ambiente, ou ciclos geofísicos. São exemplos, os ciclos associados ao dia e noite, às estações do ano, às fase da lua e às oscilações das marés (Dickey, 1995). Ao conviverem com estas condições ambientais, os organismos foram desenvolvendo diversas formas de adaptação temporal, uma das quais a capacidade de reagirem a uma alteração ambiental espontânea, mantendo a homeostasia (mecanismos homeostáticos) (Bernard, 1960). Como exemplo destes mecanismos, temos os animais homeotérmicos que independentemente das variações de temperatura ambiente, mantêm o ritmo da temperatura central numa janela muito rígida de temperatura. Importa notar que os mecanismos homeostáticos funcionam como resposta a uma alteração espontânea do sistema, não têm a capacidade de prever essa alteração e por isso de responderem antecipadamente. Estes mecanismos representam parte da adaptação temporal dos seres vivos ao seu meio (Menna-Barreto, 2004). Em meados do século passado começou a perceber-se e a fazerem-se as primeiras descrições de outros mecanismos de adaptação temporal que os organismos possuem e que lhes permite anteciparem-se a alterações ambientais cíclicas, “antevendo-as”. Neste sentido o organismo não espera que surja a alteração ambiental, ele tem a capacidade de responder comportamental e fisiologicamente antes de essa alteração surgir (Aschoff, 1965; Palmer, 1976; Paranjpe & Sharma, 2005). O aumento da temperatura corporal, da concentração do

cortisol, da adrenalina e da noradrenalina são eventos que preparam o organismo, ainda durante o período final do sono, para a vigília. Efetivamente, esta capacidade dá conta de um sistema temporal interno sensível aos ciclos temporais externos, e que permite às células, tecidos, órgãos e sistemas sentirem/medirem o tempo externo (Luce, 1971; Moore-Ede, Sulzman, & Fuller, 1982). Este sistema temporal interno capacita os diferentes sistemas que integram o organismo, de detetarem as alterações periódicas externas e dessa forma apresentarem padrões funcionais regulares no tempo, os quais chamamos de ritmos biológicos (Moore-Ede, et al., 1982; Pittendrigh, 1960).

Observam-se ritmos biológicos na grande maioria dos seres vivos, desde seres unicelulares até aos humanos (Minors & Waterhouse, 1986). Constatou-se igualmente que muitos destes ritmos apresentavam um período semelhante aos períodos exibidos por alterações geofísicas como a rotação da terra (dia/noite ou ciclo claro/escuro), translação da terra em redor do sol (estações do ano), ciclo lunar (marés) (Palmer, 1976). Devida a esta relação com os eventos geofísicos, estes ritmos biológicos classificam-se como *circar*-ritmos (*circar* - próximo), onde podemos identificar os ritmos circadianos (ritmo com período de $24h \pm 4h$), ritmos circalunares (ritmo com período de 29,5 dias), ritmos circamarés (ritmo com período de 12:24h) e ciclos circanuais (ritmo com período de 12 ± 2 meses) (Marques & Menna-Barreto, 2003).

Tomemos como exemplo o ciclo geofísico claro/escuro (ciclo CE ou apenas CE), com período de 24h. Nos casos dos organismos fotossensíveis, este ciclo “obriga” a que variados ritmos biológicos se expressem com o período exato de 24h. Estes mesmos ritmos biológicos, em situações de isolamento temporal, ou seja, na ausência (quase) total de pistas ambientais (e.g. cavernas, unidades de isolamento temporal), apresentam um período que pode ser um pouco maior ou menor que as 24h e que se denomina por período do ritmo em livre curso, ou período endógeno (Roenneberg, Daan, & Mellow, 2003). De salientar, que apesar de serem ritmos com períodos endógenos diferentes de 24h, se forem sensíveis à força de sincronização do período de 24h do CE, irão expressar o seu período de 24h. Diz-se, nestas condições, que se encontram sincronizados ao ciclo ambiental, com o qual estabelecem relações de fase estáveis (Roenneberg et al., 2003).

Os ritmos circadianos (*circar* – próximo; *diem* – dia) foram bem definidos em 1959 por Franz Halberg, e são os ritmos mais bem estudados e caracterizados (Minors and

Waterhouse, 1986). São encontrados em todos os níveis de organização biológica (célula, tecido, órgãos e sistemas de órgãos), na fisiologia e bioquímica associada, na reposta farmacológica e no comportamento (Halberg, 1977). Algumas das funções que apresentam variações circadianas nos seres humanos são o ritmo sono/vigília, a temperatura central (TC) e a temperatura corporal periférica (TP), a secreção da maior parte das hormonas, como por exemplo, o cortisol e a melatonina. (Hicks, Mistry, Lucero, Lee, & Pellegrini, 1989; Luce, 1971; Moore-Ede et al., 1982, Palmer, 1976).

Caracterização de um ritmo

Antes de avançarmos sobre os aspetos cronobiológicos do comportamento humano, impõe-se apresentar e resumir algumas noções fundamentais sobre os ritmos e os seus parâmetros (dimensões que os caracterizam).

Sabemos que um ritmo é “uma sequência bem definida de acontecimentos que se repete na mesma ordem e nos mesmos intervalos” de tempo (Minors & Waterhouse, 1981; Silva, 2000b). Os ritmos biológicos, ao contrário do que muitas vezes é descrito não são funções do nosso organismo, mas a expressão temporal dos fenómenos fisiológicos, bioquímicos e comportamentais. A cada sequência de acontecimentos dá-se o nome de ciclo.

Os parâmetros que caracterizam o ciclo de um ritmo biológico são os seguintes:

- Período (T): intervalo de tempo em que um ciclo se completa, quando o ritmo se encontra sincronizado.
- Período endógeno (τ – Tau): intervalo de tempo em que um ciclo se completa, num ritmo em livre curso.
- Frequência (f): Número de ciclos por unidade de tempo. Em Cronobiologia, convencionou-se o “dia” de 24 horas, como unidade de tempo.
- Zénite (z): É o valor mais elevado que uma determinada função biológica ou psicológica assume durante um ciclo.
- Nadir (n): É o valor mais baixo que uma determinada função biológica ou psicológica assume durante um ciclo.

- Mesor (M) (*Midline Estimating Statistic Of Rythm*): Valor médio da curva ajustada pelo método cosinor. É o valor à volta do qual a função biológica oscila.
- Amplitude (A): É, atualmente, considerada como sendo a diferença entre o zénite e o mesor.
- Limite de Oscilação: É a diferença entre o zénite e o nadir.
- Fase (F): É a relação que existe entre um valor qualquer da função e um determinado tempo (t) do ciclo a que se refere. Pode referir-se a uma metade do ciclo, por exemplo, fase clara do CE ou a um momento pontual, como o valor máximo da função.
- Acrofase (ϕ): Momento em que ocorre o zénite (pode ser a hora do dia, o dia da semana ou do mês, etc).
- Batifase: Momento em que se verifica o nadir.

Como referido, os ritmos sensíveis ao CE, com períodos que variam entre as 20h e as 28h são chamados de circadianos. Ritmos biológicos que apresentem um período inferior a 20h, ou seja, mais alta frequência (e.g. ritmo cardíaco/respiratório) são designados por ritmos ultradianos (Kaiser, 2013). Pelo contrário ritmos com período superior a 28h, com mais baixa frequência, são designados por ritmos infradianos (e.g. ciclo menstrual da mulher) (Koninck, 1991).

As relações temporais que existem entre os ritmos de um organismo são chamadas relações de fase. Se as acrofases de dois ritmos acontecerem ao mesmo tempo diz-se que os ritmos estão em fase. Se pelo contrário as acrofases estiverem separadas por meio ciclo, diz-se que os ritmos estão em inversão de fase, contrafase ou antifase. Nas outras situações, desde que haja relações de fase estáveis, diz-se que os ritmos estão desfasados. Assim se a acrofase de um ritmo A acontece mais cedo do que a acrofase de um ritmo B, diz-se que o ritmo A está em avanço de fase relativamente a B, já B está em atraso de fase relativamente a A (Halberg & Simpson, 1967).

Uma das características mais importantes dos ritmos biológicos é a sua endogeneidade (gerados no interior de um organismo), isto é, os ritmos persistem em

situações de isolamento temporal, sem pistas que indiquem a passagem do tempo (Duffy, Rimmer, & Czeisler, 2001).

Endogeneidade dos Ritmos Biológicos

Em 1729, pela primeira vez, surgiram, relatos que davam a entender que os ritmos biológicos eram endógenos. Foi o astrônomo francês Jean Jacques de Mairan, que pela primeira vez descreveu a existência de movimentos periódicos das folhas de uma espécie de mimosa mantida em condições de isolamento temporal (Marques & Menna-Barreto, 2003). Nos dias de hoje, esta característica dos ritmos está bem descrita em diversas funções biológicas como a temperatura central, níveis de concentração de melatonina e cortisol (Bailey & Heitkemper, 2001; Waterhouse et al., 2001) e expressão génica (Clayton, Kyriacou, & Reppert, 2001; Young & Kay, 2001).

O papel do CE é o de arrastar (ajustar) os ritmos endógenos que lhe são sensíveis, e “obrigá-los” a expressarem-se com um período exato de 24h e não o seu período endógeno (Roenneberg et al., 2003). Por exemplo, para os humanos, o período endógeno do ciclo da TC é em média um pouco maior que 24 horas (24,18h segundo Czeisler et al.,1999), no entanto, na presença de pistas temporais, o período deste ciclo passa a ser de exatamente 24h (Czeisler et al., 1999). No processo de arrastamento não só existe o ajustamento do período do ritmo, como também se estabelece uma relação de fase estável entre o ritmo e uma determinada fase do ciclo ambiental (Pittendrigh, 1981). Usando o exemplo do ritmo sono/vigília nos roedores, a fase de vigília está associada à escotofase (fase de escuro do CE) e a fase de sono à fotofase (fase claro do CE), pelo contrário nos humanos a fase de vigília encontra-se associada à fotofase e a fase de sono à escotofase.

O arrastamento dos ciclos é feito através de mecanismos biológicos específicos bem definidos para cada espécie e acontece devido aos deslocamentos de fase (positivos ou negativos) do ritmo biológico, impostos pelo ciclo(s) ambiental(ais) que o(s) sincroniz(am). Desta forma um ritmo em livre curso tem a sua fase e período endógeno ajustado por um ou mais fatores ambientais (Pittendrigh, 1981). Estes fatores ambientais, capazes de arrastar/sincronizar ritmos, são chamados zeitgebers por Aschoff (1954), *arrastadores* por Pittendrigh (1960) ou sincronizadores por Halberg (1967). Ainda assim a discussão entre Aschoff e Pittendrigh não se prendeu apenas com a nomenclatura

(zeitgeber vs arrastadores), mas também com uma dualidade de pensamento sobre a forma como ocorre o arrastamento. Enquanto Aschoff explica o arrastamento através de uma perspectiva contínua ou paramétrica, Pittendrigh postula o arrastamento como discreto ou não paramétrico. Além de outras diferenças entre as duas visões/perspetivas acima descritas, a que mais se salienta é a duração do pulso de arrastamento. No caso do arrastamento discreto, um pulso de poucos minutos ou mesmo segundos é suficiente para o arrastamento (Pittendrigh, 1981), enquanto o arrastamento contínuo preconiza que um ritmo circadiano só possa ser sincronizado pelo CE completo, exercendo este um efeito contínuo sobre o período do oscilador biológico (Aschoff, 1960).

Os sincronizadores podem ter origem geofísica, como o CE ou o ciclo de temperatura atmosférica. Contudo, também os ciclos comportamentais e sociais (e.g. rotinas laborais e domésticas, disponibilidade de alimento), têm capacidade de arrastar o mesmo ou outros ritmos (Marques & Menna-Barreto, 2003). O CE é o mais potente sincronizador do homem, de qualquer forma, é de referir a força dos fatores sociais, enquanto zeitgebers (Mistlberger & Skene, 2004; Roenneberg et.al., 2003; Silva, Rodrigues, Klein, & Macedo, 2000).

Como referido, se o período dos sincronizadores estiver fora do intervalo de sensibilidade de um ritmo endógeno, o ritmo não será acoplado ao período do agente externo e entrará em livre-curso, expressando o seu período endógeno. É importante referir que o período endógeno é característico de cada espécie, pelo que há diferenças interespecíficas mas também interindividuais (Dann & Pittendrigh, 1976).

Como referido os fatores ambientais têm a capacidade de atuar sobre o sistema de temporização, contudo também podem ter a capacidade de interferirem diretamente sobre a variável rítmica, mascarando-a – *mascaramento externo* (Aschoff, 1960). Aspectos mais complexos do mascaramento são tidos em conta nos dias de hoje, como por exemplo, o mascaramento provocado pela interação entre ritmos do organismo – *mascaramento interno* (Minors & Waterhouse, 1989). Como exemplo considerar o efeito do sono sobre a produção de hormonas de crescimento (Marques & Menna-Barreto, 2003). Com efeito a hormona de crescimento é produzida durante o sono, as alterações ao ciclo sono vigília têm ação direta sobre a produção e excreção da hormona. Os efeitos do mascaramento podem perdurar enquanto o sinal que o provoca estiver presente (resposta tónica), ou podem ser

transitórios funcionando apenas como uma resposta passageira das condições ambientais (resposta fásica). O mascaramento pode ainda ser positivo se evidencia a expressão (amplitude do ritmo) ou pelo contrário, negativo se diminui a sua expressão. Certo é que as alterações provocadas nos ritmos pela acção dos agentes mascaradores, não tem capacidade antecipatória (Aschoff, 1988).

A existência de estruturas anatómicas bem definidas, capazes de gerar sinais rítmicos, contribuem para provar que os ritmos biológicos são endógenos. O sistema de temporização circadiana é formado por estruturas que apresentam esta capacidade ritmica e que se designam por osciladores ou ainda relógio biológico, se bem que esta última expressão pode levar a interpretações erróneas, pelo facto de poder levar à suposição que uma única estrutura tem a capacidade de controlar o “tempo interior” (Stephan & Zucker, 1972). A ação dos diferentes osciladores, afetados pela interação com os sincronizadores externos, resulta nos ritmos biológicos tal como se apresentam. Nos mamíferos o sistema de temporização circadiana é um sistema com multiosciladores do qual o núcleo supraquiasmático (NSQ), no hipotálamo anterior é o principal – oscilador central ou *master clock* – e que é influenciado diretamente pelo CE (Silva e Nobre, 1993; Stephan & Zucker, 1972). O NSQ tem a capacidade de coordenar/orientar os outros osciladores centrais (e.g., temperatura central) e osciladores periféricos, passíveis de arrastamento não-fótico. Estudos mais recentes mostram que alguns osciladores periféricos não são meros “escravos” do NSQ, servindo-se apenas deste para se “localizarem” relativamente a horas (Albrecht & Eichele, 2003). Desta forma garante-se a harmonia temporal do organismo (Mistlberger & Rusak, 1989). Ainda que o NSQ seja conhecido como única estrutura discreta existente (foto-regulada), nova literatura, sugere a existência de outras estruturas neuronais que serão eventualmente reguladas pelo alimento, e dessa forma capazes de influenciar ou criar ritmos (Mistlberger & Antle, 2011).

Ritmos e Relações de Fase

Os diferentes ritmos não só se sincronizam com os *Zeitgebers* externos e com os quais mantêm relações de fase estáveis. Em condições normais também guardam relações de fase estáveis entre si (mantêm ângulos de fase estáveis) (Cajochen, Chellappa, & Schmidt, 2010; Moore-Ede, Schmelzer, Kass, & Herd, 1976). Este facto origina o

fenômeno descrito na literatura como “ordem temporal interna” ou “OTI”, conceito muito relacionado com a saúde e bem-estar (Wetterberg, 1994), traduzido pelo mapa de fases (figura 1.1) e que é característico de cada espécie.

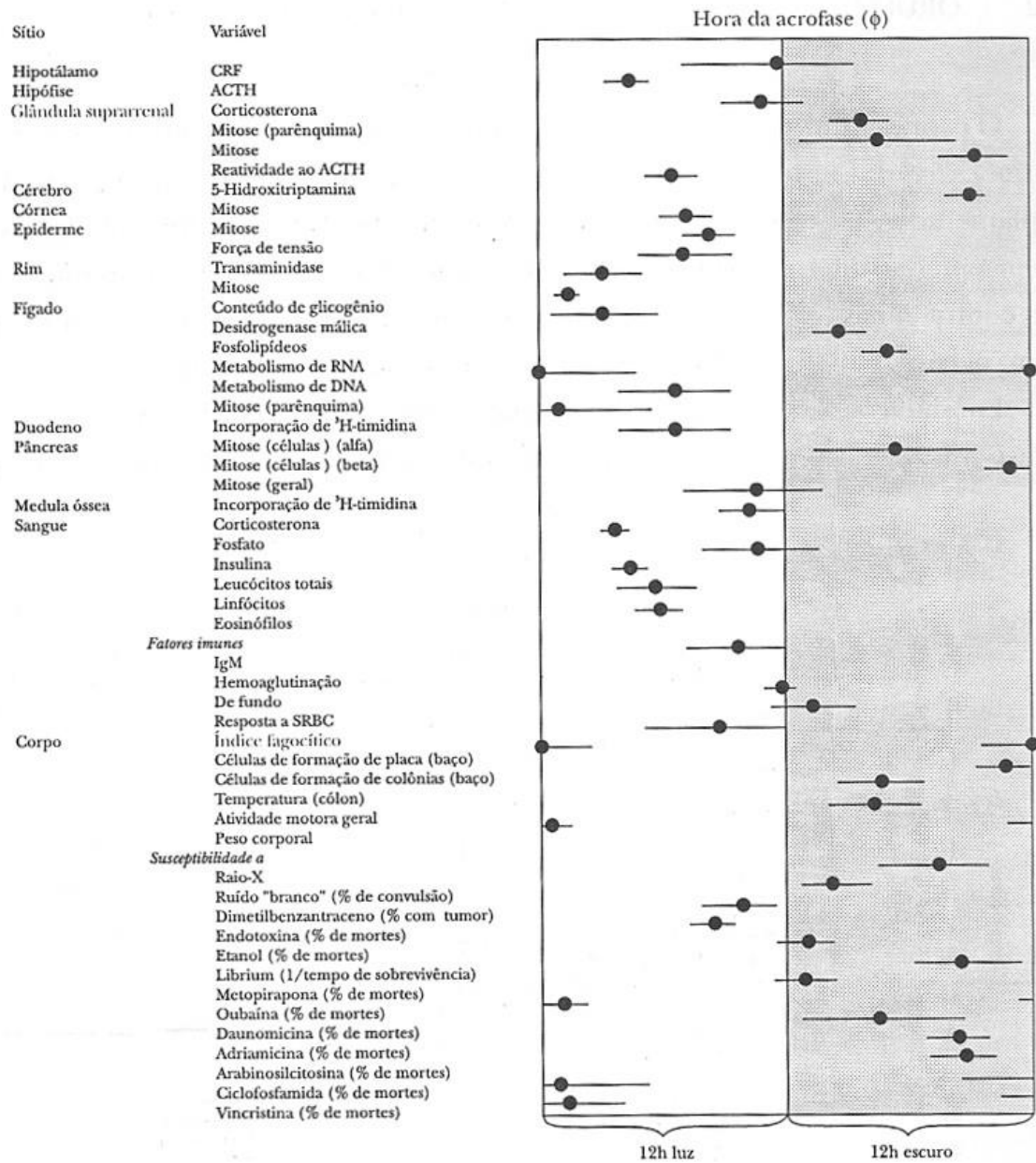


Figura 1.1 – Mapa de fases do sistema circadiano do rato da espécie *Mus musculus*, os pontos representam as acrofases das variáveis apresentadas e os traços representam os intervalos de confiança. Os animais foram mantidos CE (12:12h). (em Marques & Menna-Barreto, 2003).

A dessincronização ou desorganização interna “temporária”, característica dos voos transcontinentais, e mais conhecida por *jet lag* é causada por uma mudança de fase brusca do *zeitgeber* (Moore-edé & Sulzmann, 1981). As relações de fase dos ritmos ao *zeitgeber* são perdidas e no processo de ressincronização dos ritmos à nova fase do *zeitgeber*, nem todos os ritmos o vão conseguir à mesma velocidade, com conseqüente perda de relação estável de fase entre os ritmos. É esta dessincronização entre ritmos a causa do mal-estar associado ao *jet lag*. Nos trabalhadores por turnos os *zeitgebers* que “orientam” os ritmos (CE Vs. ciclo social representado principalmente pelo horário de trabalho) dão informação conflituante, o que provoca dessincronização interna (Silva, 2000a). Percebe-se deste modo, o mal-estar associado e relatado pelos trabalhadores por turnos (sonolência diurna, insónias noturnas, problemas gastrointestinais, alteração vincada do humor, ...) que degeneram em doença crónica a médio e longo prazo (Godinho, 1996). Falamos neste caso na perda “das relações de fase” entre os sincronizadores e por isso na perda da ordem temporal externa (OTE), e por isso da perda de relação estável entre os ritmos biológicos e os sincronizadores geofísicos e sociais que sincronizam os ritmos (Louzada & Menna-Barreto, 2007).

Os sistemas de temporização caracterizam-se principalmente pelo facto de originarem ritmos passíveis de serem afetados pelos fatores ambientais - expressos nas curvas de resposta dependente de fase (CRF) (Dann & Pittendrigh, 1976) e por exibirem compensação à temperatura. Efetivamente, o período endógeno do sistema de temporização é fracamente dependente da temperatura. Mesmo a temperatura corporal periférica, em contacto direto com a temperatura exterior, numa situação de isolamento temporal mantém a sua oscilação endógena (Areas, Duarte, & Menna-Barreto, 2006). De qualquer forma, e apesar do período endógeno não sofrer alterações, a amplitude dos ritmos pode ser alterada com as alterações da temperatura, num processo de mascaramento pela temperatura (Marques & Menna-Barreto, 2003). Outra característica dos sistemas de temporização prende-se com o facto do período endógeno poder variar não só com o desenvolvimento ontogenético, mas também com a intensidade luminosa do ambiente, facto este conhecido na literatura como “Regra de Aschoff”, mais tarde designada por “Regra Circadiana” (Aschoff, 1990). Esta regra diz-nos que a duração do período endógeno, aumenta com o aumento da intensidade luminosa em animais noturnos e que pelo contrário, nas mesmas condições, diminui nos animais com hábitos diurnos

(Carpenter & Grossberg, 1984), o que sustenta os efeitos da fototerapia em vespertinos extremos ou portadores da síndrome do atraso de fase do sono (Wyatt, 2004).

Com o desenvolvimento da genética começaram a ser identificados os genes relacionados com a ritmicidade circadiana na mosca da fruta – *Drosophila melanogaster* - (genes *per* e *tim*), no hamster (*tau*) e no rato (*clock*) (Lowrey & Takahashi, 2004). No ser humano foram identificados vários loci responsáveis pela gênese e expressão rítmicas: os genes *per*, *frq*, *prd* e *chrono*. As recentes investigações no campo da genética cronobiológica reconheceram outros genes com determinantes funções circadianas: *per2*, *arntl* e *npas2* (Partonen et al., 2007). De extrema importância é a associação entre polimorfismos do gene *per3* e o cronotipo. De facto Archer e colaboradores, ao investigarem esta relação mostraram que aquele polimorfismo se pode comportar como um marcador génico a identificação de matutinos e vespertinos extremos. Assim alelos mais curtos estarão relacionados com a vespertinidade e alelos mais compridos com a matutividade (Archer et al., 2003).

Paradigmas experimentais em cronobiologia

São vários os paradigmas que têm sido utilizados para explorar o contributo da componente circadiana (C) e componente homeostática (pressão do sono - S) para a modulação de variáveis neurofisiológicas e cognitivas ao longo do dia. Com o intuito de remover o efeito mascarador de variáveis externas e tentar avaliar a contribuição precisa das variáveis circadianas e homeostáticas na performance dos ritmos, foram desenvolvidos protocolos experimentais específicos como os protocolos de rotina constante (*unmask* do ritmo), protocolos de rotina constante com múltiplas sextas (*unmask* do ritmo com pressão homeostática do sono baixa), e protocolos de dessincronização forçada (separa a componente circadiana, ou C, da componente homeostática ou pressão do sono, ou S) (Blatter & Cajochen, 2007).

Dessincronização forçada (DF) – neste tipo de protocolo os participantes são sujeitos por várias semanas a ciclos CE diferentes de 24 horas, por norma ciclos de 19 ou 28 horas e vivem em isolamento temporal, de forma que não têm noção da passagem do

tempo “natural” (isolados dos zeitgebers habituais). Os ritmos deixam de estar sincronizados ao CE e outros zeitgebers associados. Como o novo ciclo ambiental imposto está fora do limite de sincronização os ritmos entram em livre curso. O período do ritmo da temperatura central deixa de corresponder às 24h, enquanto que o ritmo do sono/vigília aumenta ou diminui. Durante os dias os participantes têm uma rotina de atividades rigorosa/controlada. Este protocolo apresenta como grande vantagem a separação de S e C. A maior desvantagem é que demora muito tempo para ser implementado (Czeisler et al., 1999).

Rotina constante (RC) – este tipo de protocolo é utilizado para fazer o *unmask* do ritmo circadiano e eventualmente perceber o contributo da pressão do sono em estudos de performance cognitiva (comparando com protocolos de rotina constante com múltiplas sestas – onde S é “baixo”). São protocolos implementados por mais de 24 horas e caracterizam-se por um controlo rigoroso da intensidade luminosa, da temperatura ambiente, do consumo de calorias (são fornecidas pequenas doses a cada hora), da postura (com baixíssimo nível de atividade) e com total ausência de sono. Pretende-se controlar desta forma o máximo de variáveis que podem interferir na variável rítmica marcando-a. As tarefas são executadas em intervalos de tempo regulares e equidistantes uns dos outros. Apresenta como principais desvantagens a privação de sono e a fadiga a que os participantes são submetidos, bem como a impossibilidade de segregar S de C (dessincronização do ciclo sono/vigília do pacemaker circadiano) (Blatter & Cajochen, 2007).

Estes protocolos colocam os indivíduos em estudo em situações artificiais podendo ser questionado qual a aplicabilidade dos resultados obtidos para o dia-a-dia de qualquer indivíduo (Vanin et al., 2012). Sob este ponto de vista defendemos que a performance cognitiva deve ser medida e avaliada com recurso ao paradigma ecológico (rotina normal), sob condições normais do CE tendo em conta o cronotipo, o que oferece indicações realistas do comportamento humano (Valdez, Reilly, & Waterhouse, 2008). Neste tipo de protocolo, normalmente os indivíduos são testados em horas de dia onde a performance tende a ser ótima e não ótima. Tem por base a hipótese de que indivíduos testados na sua hora ótima apresentarão melhor performance do que em horários não ótimos, efeito conhecido por *synchrony effect* (May & Hasher, 1998). Este paradigma apresenta como

principal debilidade a não possibilidade de segregar S de C, a convivência com variáveis mascaradoras das variáveis rítmicas, e como principal vantagem a sua fácil implementação bem como a possibilidade de oferecer indicações realistas sobre o comportamento humano (Schmidt, Collette, Cajochen & Peigneux, 2007).

Cronotipo

Uma das diferenças inter-individuais mais vincadas, relaciona-se com o cronotipo, o padrão individual de distribuição dos parâmetros circadianos no nictómero (Martins, Azevedo, & Silva, 1996), isto é, a tendência de um indivíduo para ser matutino, vespertino ou intermédio, na sua preferência por determinadas janelas temporais para, por exemplo, trabalhar, estudar ou dormir (Horne & Östberg, 1976; Tailard, Philip, Coste, Sagaste, & Bioulac, 2003). Existe uma associação muito forte entre o cronotipo e a altura do dia em que se inicia o período do sono ou da vigília, de forma que nos antípodas encontramos os matutinos extremos que têm preferência em acordar às primeiras horas da manhã e a deitarem-se bastante cedo, nas primeiras horas da noite, e os vespertinos extremos que por oposição, apresentam grandes dificuldades para acordar de manhã e deitam-se tardiamente, já de madrugada (Natale & Cicogna, 2002; Taillard, Philip, Chastang, & Bioulac, 2004). No desenvolvimento do questionário de matutividade e vespertividade (MEQ), Horne e Östberg (1976) reportaram um pico de temperatura “mais cedo no dia” nos indivíduos matutinos, o que foi mais tarde confirmado em investigações bem controladas de dessincronização forçada e que mostraram também que os indivíduos matutinos exibem um período endógeno mais curto (Duffy, Rimmer, & Czeisler, 2001; Hasan et al., 2012), bem como picos de temperatura central e acordares “mais cedo no dia”, comparativamente aos indivíduos vespertinos (Duffy et al., 2001). As diferenças entre os ritmos da TC não se prendem apenas com a fase, também a forma da curva ao longo do dia é diferente. Exemplificando, os matutinos exibem uma maior queda da TC depois do almoço comparativamente aos vespertinos (Horne, Brass, & Pettitt, 1980).

Numa perspetiva circadiana, os matutinos estão em avanço de fase relativamente aos indivíduos intermédios e os vespertinos estão em atraso de fase em relação a estes, o que pode ser verificado noutros marcadores circadianos, como a concentração de melatonina, cortisol (Bailey & Heitkemper, 2001; Duffy et al., 2001), ou, como referido, pela TC (Baehr, Revelle, & Eastman, 2000; Kerkhof & Van Dongen, 1996). Nalguns

estudos e para diferentes ritmos, encontraram-se diferenças de fase que variam de 2 horas a 12 horas (Baehr et al., 2000; Horne et al., 1980; Mongrain, Lavoie, Selmaoui, Paquet, & Dumont, 2004). Relativamente ao desempenho cognitivo Monk e Leng (1986) mostraram que a diferença de fase nos dois grupos aumenta, quando sujeitos a tarefas mais complexas, o que não é tão explícito quando são usadas tarefas repetitivas simples.

No que diz respeito à TC são vários os estudos que mostram que existe um avanço de fase nos matutinos em relação aos vespertinos, na temperatura retal (Duffy, Dijk, Hall, & Czeisler, 1999) e na temperatura oral (Gupta & Pati, 1994) pouco superior a 2 horas (Baehr et al., 2000; Kerkhof & Van Dongen, 1996). Além disso, por norma e muitas vezes por culpa das imposições sociais, os vespertinos acordam numa fase circadiana mais matutina que os matutinos, principalmente à semana (Duffy et al., 1999; Taillard et al., 2003). Atualmente considera-se também a temperatura do pulso como um bom marcador circadiano (Ferreira, Miguel, Martino & Menna-Barreto, 2013). Areas e colaboradores, em 2006, descobriram uma relação de fase estável entre a TC (oral), e a TP (no pulso), com uma diferença de fase de aproximadamente 12 horas (contra-fase). Na mesma linha, Sarabia, Rol, Mendiola e Madrid (2008) acrescentaram que a temperatura do pulso aumenta em fase com o sono noturno e cai com a vigília. Desta forma, a temperatura do pulso é vista na cronociência como uma medida fiável para a recolha de dados de temperatura no estudo dos ritmos circadianos, sendo por isso um bom marcador circadiano (Ferreira et al., 2013).

Outros marcadores circadianos avaliados como o cortisol plasmático (Bailey & Heitkemper, 2001) e salivar (Bailey & Heitkemper, 1991) mostraram que este se encontra aumentado durante a manhã em indivíduos matutinos (em relação aos vespertinos), principalmente após o acordar (Griefahn & Robens, 2008; Randler & Schaal, 2010) e que a acrofase da concentração máxima no plasma sanguíneo, é encontrada 55 minutos antes do que nos indivíduos vespertinos (Bailey & Heitkemper, 2001). Por outro lado, o cortisol salivar de indivíduos vespertinos apresenta níveis mais baixos e a curva do cortisol tem a sua amplitude reduzida (Bailey & Heitkemper, 2001). Quanto á melatonina, é considerada na cronobiologia o melhor indicador para o *sleep onset* (Arendt, 2006; Rosenwasser, 2009) e seu ritmo um bom marcador do *pacemaker* circadiano (Benloucif et al., 2005). A acrofase ocorre aproximadamente 2/3 horas antes nos indivíduos matutinos em relação aos

vespertinos, sem que ocorram diferenças na amplitude do ritmo (Gibertini, Graham, & Cook, 1999; Griefahn, Künemund, Golka, Their, & Degen, 2002; Mongrain et al., 2004).

Uma das possíveis explicações para a existência de diferentes cronotipos poderá assentar no período endógeno do oscilador circadiano, uma vez que a períodos endógenos menores correspondem cronotipos matutinos e que pelo contrário, a períodos endógenos maiores correspondem cronotipos vespertinos. Estes resultados foram obtidos com protocolos de dessincronização forçada (Hasan et al., 2012; Kerkhof, 1985).

São vários os estudos que mostram que não existe associação entre o cronotipo e a duração do sono (Robilliard et al., 2002), sugerindo que estas duas dimensões são independentes, no entanto, a combinação de horários tardios de início de sono nos indivíduos vespertinos (controlado em grande parte pelo sistema de temporização) com o início madrugador da vigília (imposto pelos horários sociais), resulta numa acumulação substancial de débito de sono ao longo da semana de trabalho. Este débito é compensado no fim de semana com maior número de horas dormidas e com acordares mais tardios (Rogers, Dorrian, & Dinges, 2003; Taillard et al., 2003). Desta forma podemos falar num *jet lag* social, que se calcula através da diferença entre a meia fase do sono à semana e ao fim de semana, representando um bom indicador de privação de sono (Wittmann, Dinich, Merrow, & Roenneberg, 2006).

Os vespertinos suportam melhor a pressão do sono o que justifica menores necessidades de sono, contudo a vespertinidade está associada a menos tempo de sono à semana quando comparado à quantidade que seria ideal, maior número de horas de sono ao fim de semana relativamente à semana, horários mais tardios de início e fim de sono (exacerbados ao fim de semana), ciclos sono/vigília mais irregulares (Taillard, Philip, & Bioulac, 1999). No que diz respeito aos jovens, nos dias em que há imposição de horários sociais (Escola/Trabalho) verifica-se uma maior sonolência nos indivíduos vespertinos quando comparados com os matutinos, principalmente no período da manhã (Volk, Dyroff, Georgi, & Pflug, 1994). Nestes dias a inércia do sono é mais pronunciada nos indivíduos vespertinos, algo que não se verifica nos dias livres de compromissos sociais, onde a inércia do sono é independente do cronotipo (Roenneberg, et al., 2003). Diferentes estudos mostram a relação que existe entre o cronotipo e o bem-estar fisiológico, verificando-se que os indivíduos com tendência para a vespertinidade apresentam mais vezes distúrbios

fisiológicos (desordens metabólicas) e psicológicos (e.g. depressões) (Levandovski et al., 2011; Mecacci and Rocchetti, 1998; Wittmann et al., 2006).

São vários os questionários de autoavaliação que permitem avaliar subjetivamente o cronotipo, sendo o “Morningness-eveningness Questionnaire” (MEQ; Horne & Östberg, 1976) e o “Munich Chronotype Questionnaire” (MCTQ; Roenneberg et al., 2003) os mais utilizados. Em ambos os casos, quanto menor for a pontuação, maior a tendência para a vespertinidade e pelo contrário, quanto mais alta for a pontuação maior a tendência para a matutividade. De notar que os dois instrumentos apresentam excelentes correlações (Zavada, Gordijn, Beersma, Daan, & Roenneberg, 2005). Relativamente ao MEQ são vários os estudos, em diferentes países, que mostram elevados valores de consistência interna com alfas de cronbach que variam entre 0.78 e 0.86 (Adan & Natale, 2002; Chelminski, Ferraro, Petros, & Plaud, 1997). Além disso, a sua estabilidade temporal é elevada, havendo manutenção de resultados por períodos longos de tempo (aos 3 meses as correlações são de cerca de .88-.89) (Neubauer, 1992)

No que coaduna à distribuição dos cronotipos pelas populações estudadas, cerca 60% a 70%, não é nem matutina nem vespertina (ainda que possam apresentar um cronotipo combinado), e são designados de tipo intermédio (Cavallera & Giudici, 2008; Cofer et al., 1999; Natale & Cicogna, 2002). Por norma os indivíduos matutinos estão bem sincronizados e adaptados a *Zeitgeber*s como o ciclo claro/escuro e aos horários de imposição social (e.g. horários de trabalho). O mesmo não se pode dizer dos indivíduos com tendência para cronotipos mais tardios, nomeadamente os vespertinos, que têm atrasos de fase da ritmicidade circadiana (Schmidt, et al., 2007). Além disso, os indivíduos matutinos têm tendência em serem mais regulares nos horários de dormir, de acordar e na duração do sono, quando comparados com os indivíduos vespertinos (Taillard et al., 1999).

Existem evidências que sugerem que o cronotipo é influenciado por fatores individuais como o género, a idade e carga génica (já abordado) e os fatores ambientais como o fotoperíodo à nascença, a latitude do lugar onde vive e a exposição do indivíduo ao CE (Adan et al., 2012).

O cronotipo não é imutável ao longo da vida de um indivíduo, é plástico, dinâmico (Hasher, Goldstein, & May, 2005; Kim, et al., 2010; Paine, Gander, & Travier, 2006; Tonetti, Fabbri, & Natale, 2008). Em criança existe uma predisposição para os indivíduos

serem mais matutinos. Na adolescência verifica-se um atraso de fase da componente circadiana que atinge o seu máximo por volta dos 20/21 anos (Foster & Roenneberg, 2008; Kim, Dueker, Hasher, & Goldstein, 2002; Randler, 2011; Russo, Bruni, Lucidi, Ferri, & Violani, 2007). Nas mulheres o pico de máxima vespertinidade parece ocorrer antes dos 20/21 anos (Tonetti et al., 2008). Na verdade, os adolescentes tendem a ser mais vespertinos que os outros grupos etários (Carskadon, Acebo, & Seifer, 2001; Roenneberg et al., 2004). Na base deste atraso de fase estão não só as alterações hormonais vividas neste período da vida (puberdade) (Hagenauer, Perryman, Lee, & Carskadon, 2009) mas também fatores sociais (Gau & Soong, 2003; Randler, Bilger, & Díaz-Morales, 2009). É neste grupo etário que se verificam as maiores diferenças entre a média de horas dormidas à semana comparando com os dias livres (Wittmann et al., 2006). Comparado com os adultos e com a população mais idosa, o impacto desta constatação na performance cognitiva dos adolescentes está muito pouco estudada. Após a adolescência, os indivíduos tendem a tornar-se mais matutinos (Merikanto et al., 2012), principalmente após a faixa dos 50 anos onde ocorre um avanço de fase vincado da componente circadiana (Monk & Kupfer, 2007). Esta tendência para os indivíduos se tornarem mais matutinos após a adolescência correlaciona-se com grande parte das funções circadianas biológicas e comportamentais (Klei et al., 2005; Monk, Petrie, Hayes, & Kupfer, 1994; Taillard et al., 2011).

Relativamente ao sexo, os estudos não são tão consistentes como os da idade, contudo, parece haver alguma evidência de que as mulheres possuem maior predisposição para serem matutinas, apresentando um avanço de fase da componente circadiana pelo menos até aos 30 anos de idade. No período entre os 30 e 45 anos parece não haver uma relação entre género e cronotipo, de qualquer forma a partir dos 45 anos a situação inverte-se e as mulheres correlacionam-se mais com a vespertinidade do que os homens (Duarte et al., 2014; Randler, 2011; Tankova, Adan, & Buela-Casal, 1994; Tonetti, Fabbri, Martoni, & Natale, 2011). Realçar que nem todos os estudos chegam a estas conclusões (Paine et al., 2006; Zimmermann, 2011) havendo mesmo alguns que reportam maior tendência do sexo feminino para a vespertinidade, o que segundo Duarte e colaboradores (2014) poderá estar de acordo com a idade média da amostra estudada (Merikanto et al., 2012).

Relativamente ao fotoperíodo, à nascença e nos primeiros meses de vida, os estudos indicam que indivíduos nascidos em alturas de fotoperíodos mais curtos (outono e inverno) têm tendência para serem mais matutinos e que pelo contrário aqueles que nasceram em alturas do ano com fotoperíodos mais longos (primavera e verão) têm tendência para serem mais vespertinos (Mongrain, Paquet, & Dumont, 2006; Natale & Adan, 1999).

O cronotipo está também associado às coordenadas geográficas (latitude e longitude) da residência dos indivíduos bem como se o indivíduo vive numa área urbana ou rural, tanto em adolescentes como nos adultos (Borisenkov et al., 2012; Natale & Di Milia, 2011; Randler, 2008). Geralmente padrões mais matutinos são encontrados mais a norte e nas zonas rurais. Na mesma zona de residência existe maior tendência para a vespertinidade quando a exposição à luz é menor durante o dia e maior durante a noite, juntamente com hábitos de ficar mais tempo dentro de casa e um estilo de vida mais irregular (Harada et al., 2011; Martin, Hébert, Ledoux, Gaudreault, & Laberge, 2012).

Apesar de serem poucos os estudos que documentem e provem a relação entre o cronotipo e a performance cognitiva (Killgore & Killgore, 2007), alguns mostram a relação positiva entre a vespertinidade e medidas de memória, velocidade de processamento e habilidade cognitiva, mesmo quando testados nas primeiras horas da manhã. Relativamente à memória de trabalho mostrou-se que indivíduos vespertinos se correlacionam com maiores pontuações nas tarefas de memória de trabalho (Roberts & Kyllonen, 1999). Resultados semelhantes são obtidos quando analisadas medidas de inteligência, onde se encontram correlações significativas, favorecendo pessoas com predisposição para a vespertinidade (Vollmer, Pötsch, & Randler, 2013; Kanazawa & Perina, 2009).

No que toca ao sucesso académico, são vários os estudos que mostram que o sucesso se correlaciona positivamente com a matutividade e inversamente com a vespertinidade, tanto em alunos de idade escolar como em alunos universitários. (Giannotti & Cortesi, 2002; Kirby & Kirby, 2006; Vollmer, Pötsch, & Randler, 2013). Notar o *synchrony effect* (melhores performances são atingidas nos horários de maior alerta) verificado em tarefas de atenção e memória, domínios que estão na base das tarefas escolares (Hasher et al., 2005; May, 1999; Yoon, May, Goldstein, & Hasher, 2000), e o débito de sono acumulado pelos indivíduos vespertinos a quem é imposto um horário

escolar predominantemente matutino (Andershed, 2005; Carskadon, Wolfson, Acebo, Tzischinsky, & Seifer, 1998). Como se sabe, a quantidade e qualidade do sono está correlacionada positivamente com o sucesso acadêmico (Meijer, 2008; Meijer, Habekothé, & van Den Wittenboer, 2000).

Ritmos Cognitivos

A verificação da existência de ritmos biológicos em variáveis fisiológicas também no encéfalo humano permitiu postular a hipótese de que as funções cognitivas, como a percepção, a atenção, a memória, e outras funções nervosas superiores também apresentarem ritmos. São vários os aspetos neurocomportamentais que além de apresentarem variações ao longo do dia, são dependentes do cronotipo (Schmidt et al., 2007). Desta forma, vários aspetos do comportamento humano são estruturados em padrões temporais rítmicos que se repetem todas as 24 horas. Estas variáveis neurocomportamentais, tal como as variáveis fisiológicas, são sincronizadas por pistas temporais fóticas (claro-escuro) e pistas temporais não fóticas como as pistas sociais, resultando num ritmo individual que ajuda a determinar a estrutura temporal cognitiva dos indivíduos (Brown, et al., 1996).

O impacto da hora do dia sobre a atividade cerebral e desempenho cognitivo tem sido amplamente ignorado na psicologia cognitiva e neuropsicologia apesar de Ebbinghaus, no séc XIX ter reportado que a aprendizagem de sílabas sem sentido ser melhor durante a manhã e pior à tarde (Schmidt et al., 2007).

O primeiro estudo sistemático que encontrou uma relação entre a performance cognitiva e a cronobiologia pertenceu a Kleitman (Kleitman, Titelbaum & Feivenson, 1938). Neste estudo, Kleitman e os seus colaboradores encontraram um claro paralelismo entre o ritmo circadiano da TC e a altura do dia em que eram atingidas melhores performances em tarefas simples de repetição. Assim, a temperaturas centrais mais elevadas corresponderiam a melhores performances nas tarefas. No entanto, apesar destes resultados serem animadores, alguns estudos posteriores mostraram que a relação evidenciada no referido estudo de Kleitman não foi encontrada usando outros tipos de tarefas ou quando a dificuldade da tarefa aumentava, inviabilizando uma generalização (Folkard, 1975). Efetivamente, nos últimos anos, alguns estudos tem encontrado este

efeito, preconizando que a altura do dia em que se atinge a melhor performance numa tarefa é dependente dos parâmetros específicos da mesma, como o domínio cognitivo que avalia, a duração, dificuldade, o método de administração da tarefa, e as variáveis quantificadas (Bonnet, 2000; Bonnet, 2005).

Além dos fatores inerentes à tarefa acima referidos, alguns estudos tem postulado que conclusões rigorosas acerca da performance cognitiva dependem também do paradigma utilizado (Cajochen, Khalsa, Wyatt, Czeisler, & Dijk, 1999). Efetivamente, e usando um paradigma experimental, apenas com um controlo exaustivo de variáveis definidas na literatura como parasitas (motivação, stress, alimentação, postura, temperatura ambiente, consumo de cafeína, atividade física, condições de luz etc) se pode assumir uma relação entre a performance neurocognitiva e os ritmos biológicos (Schmidt, et al., 2007). Na ausência desse controlo, essas variáveis parasitas podem mascarar o perfil circadiano das funções cognitivas e comportamentais. Neste sentido, a performance cognitiva depende ainda de mecanismos compensatórios como fatores motivacionais ou expectativas devida à experiência (Mavjee & Horne, 1994), que podem levar ao mascaramento ou, no limite, à eliminação do contributo da modulação circadiana para a performance cognitiva, como acontece com os níveis de vigília, tomando apenas como exemplo a diminuição da sonolência após o almoço em ambientes estimulantes (Kraemer et al., 2000).

- Modelo dos 2 processos de Borbély

As flutuações temporais dos parâmetros neurofisiológicos podem ser explicadas à luz do modelo dos 2 processos proposto por Borbély para a regulação do ciclo sono-vigília (Borbély, 1982). Segundo este modelo o processo homeostático (S) ou pressão homeostática do sono aumenta ao longo do dia, a partir do momento em que acordamos e dissipa-se durante o sono. A dissipação da pressão homeostática do sono pode ser inferida por eletroencefalografia (EEG) (Borbély & Achermann, 1999), uma vez que a atividade da onda delta decai exponencialmente no decorrer do sono (Dijk & Czeisler, 1995). Por outro lado, as ondas de baixa frequência detetadas por EEG também têm sido úteis para delinear o aumento da pressão homeostática do sono durante a vigília (ondas alfa e teta) (Cajochen et al., 1999). O fator S interage com o processo circadiano ou *pacemaker* circadiano (C), controlado principalmente pelo NSQ e que está, em condições normais, sincronizado ao

CE. O fator C tem a capacidade de gerar endogenamente processos cíclicos de aproximadamente 24h que modulam a propensão para o sono ou para a vigília (Rogers, Dorrian, & Dinges, 2003). Este processo pode ser inferido por diferentes variáveis fisiológicas como a temperatura central, ou concentrações hormonais como a melatonina, considerados marcadores fortemente associados ao componente circadiano endógeno da propensão para o sono/vigília (Cajochen, Krauchi, & Wirz-Justice, 2003). S e C apesar de interagirem, são independentes, atuando em sintonia, ou em oposição, para que se consigam estados consolidados de sono ou de vigília a horas apropriadas do dia (Daan, Beersma, & Borbély 1984). A aplicação de protocolos DF permitiu verificar que a propensão circadiana para estar acordado é máxima ao final da tarde/início da noite, período em que se verifica também o máximo de pressão homeostática do sono. O inverso é obtido nas primeiras horas da manhã (Dijk & Czeisler, 1994). Em suma, a interação destes dois processos determina a hora de início de sono, a duração do sono, a qualidade do sono e do estado de vigília (Borbély,1982).

Existe evidência que mostra que a interação destes 2 processos, S e C, também modela os eventos neurocomportamentais ao longo do dia. Efetivamente, o modelo dos 2 processos tem sido vastamente usado para estimar/avaliar a performance neurocomportamental de determinadas funções. De uma perspectiva cognitiva, este modelo sugere que a eficiência neurocomportamental pode mudar ao longo do dia, seja pelo aumento da pressão homeostática, pelo facto do tempo circadiano permitir melhor ou pior desempenho para a tarefa, ou pela interação/combinacão destas duas componentes (Carrier & Monk, 2000).

O aumento da pressão do sono é concomitante a um aumento da sonolência e associado ao aumento da fadiga com diminuicão do estado de alerta e consequente diminuicão da performance cognitiva (Van Dongen & Dinges, 2003). As variáveis fisiológicas que permitem inferir o processo C, como a temperatura central ou a melatonina, além de marcadores fortemente associados ao componente circadiano endógeno da propensão para o sono/vigília são marcadores da modulacão circadiana para a performance neurocomportamental (Dijk, Duffy, & Czeisler, 1992).

Como acima mencionado, o declínio da performance surge através do aumento da pressão do sono, que é contrabalançada durante o dia biológico pela componente

circadiana (que promove a vigília), permitindo atingir uma performance neurocomportamental estável/apropriada (Vandewalle & Schmidt, 2013). Contudo, se o estado de vigília for prolongado para a noite biológica, a componente circadiana vai induzir o sono e a performance cognitiva vai ser ainda mais afetada no final da noite biológica (Vandewalle & Schmidt, 2013). Se a privação do sono continuar, e entrar no novo dia biológico a performance estabiliza, ou acaba mesmo por apresentação níveis ligeiramente superiores, comparativamente à observada na noite biológica anterior. Desta forma, a força/amplitude da modulação da performance exercida pela componente circadiana depende largamente da pressão homeostática do sono, de forma que, quando esta é baixa a implicação da componente circadiana na performance é relativamente pequena. Isto não se verifica quando a pressão do sono aumenta, sendo que durante a noite biológica, existe uma contribuição fortíssima da componente circadiana no declínio da performance (Dijk & Archer, 2009). Assim, muito haverá para refletir nas situações em que o trabalho e aprendizagem decorrem em horas em que o ritmo circadiano está fora de fase relativamente ao ciclo sono/vigília “esperado/preferido”, situação experienciada, por exemplo, pelos trabalhadores por turnos ou alunos vespertinos no horário matutino, nos quais se verifica declínios acentuados na aprendizagem e performance cognitiva (Wright, Hull, Hughes, Ronda, & Czeisler, 2006).

A relação entre a componente circadiana e a componente homeostática na performance neurocomportamental também é suportada ao nível neuroanatômico. No que toca à componente circadiana os NSQ enviam projeções indiretas, via hipotálamo dorsomedial, para o Locus Coeruleus noradrenérgico, que por sua vez envia projeções para todo o córtex (Aston-Jones, 2005). Como resultado, este núcleo tem sido implicado na regulação circadiana das funções cognitivas superiores (Gompf & Aston-Jones, 2008). Por outro lado ainda não foi identificada uma estrutura encefálica que possa ser considerada o “homeostato” do sono. Aparentemente será um sistema difuso que terá a capacidade de activar (e.g. adenosina) neurónios que promovem o sono e silenciam a atividade dos que promovem a vigília (Landolt, 2008).

Em qualquer altura a magnitude da sonolência, estado de alerta, fadiga é determinado pela resultante de S e C. De um ponto de vista cognitivo, o modelo dos dois processos prevê que a eficiência nas tarefas neurocomportamentais ao longo de um dia vai

variar de acordo com a “grandeza” de S, de C e pela combinação dos dois processos (Carrier & Monk, 2000). Citando Schmidt, Peigneux e Cajochen (2012, pp. 1), “circadian and homeostatic sleep-wake regulatory processes interact in a fine tuned manner to modulate human cognitive performance... as evidenced by neuroimaging studies”. Efetivamente, variações circadianas significativas têm sido encontradas no desempenho de muitas tarefas (García, Ramirez, Martínez e Valdez, 2012), desde tarefas sensoriais (Lotze, Wittmann, Steinbuchel, Poppel, & Roenneberg, 1999), motoras (Edwards, Waterhouse, & Reilly, 2008; Jasper, Haußler, Baur, Marquardt, & Hermsdorfer, 2009), de tempos de reação (Wright, Hull, & Czeisler, 2002), de estimativas de tempo (Campbell, Murphy, & Boothroyd, 2001), de cálculos aritméticos (Loeb, Holding, & Baker, 1982) de velocidade manual, de raciocínio verbal (Monk & Carrier, 1998), de memória e de raciocínio lógico (Folkard & Monk, 1980).

Estudos que utilizam EEG evidenciam que o processo S se comporta de forma diferente nos diferentes cronotipos. Em condições normais de CE e na ausência de constrangimentos profissionais, os matutinos apresentam uma maior dissipação da pressão durante os primeiros ciclos de sono (maior decaimento da atividade delta) quando comparados aos indivíduos vespertinos (Mongrain, Carrier, & Dumont, 2005). Tendo em conta o período de vigília, os indivíduos matutinos tendem a acumular mais rapidamente níveis elevados de pressão de sono quando comparados com os indivíduos vespertinos (estudos de ondas teta e alfa em EEG) (Taillard et al., 2003).

As diferenças entre cronotipos não se limitam a parâmetros fisiológicos. Efetivamente, algumas variáveis neurocomportamentais dependem do cronotipo, como observado, por exemplo, nos picos mais matutinos do estado de alerta e desempenho observados nos indivíduos matutinos quando comparados com indivíduos vespertinos (Natale & Cicogna, 1996).

São vários os estudos que avaliam as flutuações temporais de performance em condições normais de CE tendo em conta a preferência circadiana dos indivíduos. Os estudos mostram picos de performance a diferentes horas do dia, dependendo do cronotipo específico de cada indivíduo (Valdez, Ramírez, & García, 2012). Os resultados sugerem que a hora do dia e o cronotipo têm a capacidade de influenciar a performance em tarefas cognitivas que acedem à capacidade de controlar recursos atencionais e o comportamento

(principalmente tarefas inibitórias do tipo “go/no-go”), mas não para tarefas que requeiram processos automáticos como por exemplo testes de vocabulários e questões triviais muito simples (Yang, Hasher, & Wilson, 2007; Yoon, 1997).

Existem ainda diferenças inter-individuais substanciais na forma como um indivíduo reage ao desequilíbrio entre a componente homeostática e circadiana, provocada, por exemplo, por privação total ou parcial de sono ou mesmo em situações de trabalho por turnos. Evidências recentes mostram que em situações de privação total de sono, a modulação da performance pode ser mantida (resistência cognitiva) ou por outro lado muito diminuída (Dorrian, Rogers, & Dinges, 2005). As diferenças encontradas na vulnerabilidade cognitiva em situações de privação total de sono são consideradas “traço estável” e apresentam uma base neural muito robusta (Van Dongen, Baynard, Maislin, & Dinges, 2004). Estas diferenças inter-individuais foram observadas numa variedade de testes neurocomportamentais que avaliam a atenção mantida em tarefas psicomotoras e mesmo em testes que avaliam tarefas cognitivas mais complexas como a atenção e a memória (Chee & Chuah, 2008). São já vários os estudos que avaliam e mostram o contributo da componente genética para a vulnerabilidade da performance cognitiva sob condições homeostáticas e circadianas “adversas” (Bachmann, et al., 2012; Goel, Banks, Lin, Mignot, & Dinges, 2011; Groeger et al., 2008).

Seguidamente, descrevem-se com algum detalhe algumas funções psicológicas e executivas que apresentam flutuações circadianas significativas e sempre que possível ter em conta a variável cronotipo.

- Flutuações diárias do estado de alerta, da sonolência e da Fadiga

Antes de descrever as flutuações circadianas destas 3 variáveis, é apropriado descrever sucintamente o que significam, visto haver na literatura científica diferentes opiniões sobre o seu significado. O estado de alerta refere-se ao controlo atencional, atenção mantida e atenção seletiva que predispõe o organismo para responder, sendo que o estado de alerta subjetivo é a experiência subjetiva de nos sentirmos capazes de responder num determinado momento (Kantowitz, Roediger III, & Helmes, 2001), a sonolência subjetiva refere-se ao desejo de dormir num determinado momento (Dement & Carskadon, 1982; Shen, Barbera, & Shapiro, 2006) e fadiga subjetiva refere-se à perda de desejo ou à

perda de capacidades para continuar a executar, sendo sinónimo de exaustão (Craig, Tran, Wijesuriya, & Boord, 2006; Wijesuriya, Tran, & Craig, 2007). A fadiga e a sonolência afetam a relação que existe entre o estado de alerta e a performance (Van Dongen & Dings, 2001).

O estado de alerta, sonolência e a fadiga, modelados ao longo do dia pela interação entre o processo circadiano e homeostático, estão na base da grande maioria dos processos cognitivos, com capacidade para afetar a sua performance em diferentes domínios (Cajochen et al., 2004; Dijk & von Schantz, 2005). De facto o desequilíbrio, ou mesmo os distúrbios na relação entre o processo circadiano e homeostático pode levar a distúrbios de sono com dificuldades aumentadas em manter performances cognitivas elevadas, durante a vigília.

Apesar dos vários fatores mascaradores que podem impedir o acesso à ritmicidade circadiana do estado de alerta, da sonolência e da fadiga, ela é, muitas vezes avaliada com sucesso, sob condições controladas, com recurso às escalas de autorrelato (Babkoff, Caspy, & Mikulincer, 1991; Monk, Leng, Folkard, & Weitzman, 1983).

Para avaliar a ritmicidade circadiana do estado de alerta e sonolência subjetiva é também comum usar-se a escala visuo-analógica pela sua validade, simplicidade e baixo custo (Kawada, Suziki, Shimizu, & Katsumata, 2012; Monk, 1989). No que toca à fadiga subjetiva, mental ou física é frequentemente medida através de escalas de likert e escalas visuo-analógicas (Tseng, Gajewski & Kluding, 2010; Yamashita, Terao & Mizokami, 2012;).

Estado de alerta

O ritmo circadiano do estado de alerta subjetivo não é uma simples consequência do ritmo da temperatura central. Apesar do oscilador circadiano responsável pelo ritmo da temperatura central contribuir muito para o ritmo circadiano do estado de alerta, não deverá ser esquecida a influência do processo homeostático que controla o ciclo sono/vigília (Monk, 1987). Num protocolo de 72h de privação de sono, ou em estudos de DF consegue-se identificar um paralelismo muito vincado entre o ritmo de TC, o ritmo do estado de alerta subjetivo e a performance cognitiva. Este dado vai ao encontro da afirmação anterior, pelo menos mediante a utilização de protocolos RC (Froberg, 1977) ou

protocolos DF (Wright, et al., 2002). Assim, temperaturas centrais mais altas estão relacionadas com maiores estados de alerta que por sua vez correspondem a melhores performances cognitivas.

Estudos recentes têm sido consistentes a indicar que o estado de alerta subjetivo varia em paralelo com medidas de atenção mantida objetiva (*Psychomotor Vigilance Test - PVT*), com declínio à hora de ir para a cama (e.g.. Johnson et al., 1992; Monk, Buysse, Reynolds, Kupfer & Houck, 1996) e que se prolonga até 1 a 2 horas após pico mínimo da temperatura central (Gillberg, Kecklund, & Akerstedt, 1994; Monk, et al., 1996). Atingido este mínimo, o estado de alerta subjetivo começa a subir ao longo da manhã, alcançando o pico máximo entre as 11h e a 14h (Froberg, 1977; Monk, 1989). Os constructos, estado de alerta subjetivo e o estado de sonolência subjetivo, não são recíprocos, e por isso não se pode deduzir um a partir do outro do outro (Moller, Devins, Shen, & Shapiro, 2006).

Relativamente ao estado de alerta subjetivo e à variável cronotipo, indivíduos matutinos apresentam a acrofase do estado de alerta antes da acrofase da TC (avanço de fase), enquanto indivíduos vespertinos tendem a ter as acrofases destas duas variáveis em fase (Clodore, Foret, & Benoit, 1986). Estas diferenças resultam do facto da contribuição relativa dos dois processos (S e C) ser diferente nos matutinos e vespertinos (Benoit, 1992). O estado de alerta subjetivo dos vespertinos é mais influenciado pela componente circadiana, enquanto os matutinos têm uma maior influência da componente homeostática. Este facto explica o porquê dos indivíduos matutinos sofrerem mais com alterações do ciclo sono-vigília, permitindo aos vespertinos adaptarem-se melhor a essas situações (Natale & Cicogna, 1996). Os indivíduos vespertinos tendem a apresentar valores mais baixos de alerta subjetivo no período da manhã comparativamente aos indivíduos matutinos, enquanto o contrário se verifica no final do dia (Natale & Cicogna, 2002). Num protocolo DF, Taillard e colaboradores, encontraram uma diferença de fase circadiana do estado de alerta de duas horas, entre participantes matutinos e vespertinos (Taillard et al., 1999). Conclusões semelhantes foram retiradas de estudos em que utilizaram protocolos experimentais de RC (Lack & Baley, 1994). Por sua vez, Adan (1994), num estudo de rotina normal com as medições em laboratório, adianta que a diferença de fase do estado de alerta é de 7 a 8 horas entre os matutinos e vespertinos. Vidacek, Kaliterna, Rodosevic-Vidacek, & Folkard (1988) evidenciam uma diferença de 4 horas entre o pico máximo de alerta subjetivo de matutinos e vespertinos.

Sonolência

Relativamente à sonolência subjetiva são vários os estudos de campo e laboratoriais que mostram a existência de uma variação diurna (Monk et al., 1983). Os níveis mais elevados de sonolência subjetiva ocorrem paralelamente aos valores mínimos da temperatura central, enquanto que os menores níveis de sonolência dão-se 7 horas antes do pico máximo da temperatura (Monk, 1987). Sendo que a sonolência é o resultado da relação entre S e C, num protocolo de dessincronização forçada verificou-se que o mínimo de sonolência ocorre no pico máximo da temperatura central no que diz respeito à componente circadiana (medida e influenciada pela temperatura central) e em média 6 horas após acordar relativamente ao ciclo sono vigília (Monk, 1987). Por outro lado, num estudo ecológico, realizado em 16 raparigas do ensino secundário, Andrade e Menna-Barreto (1996) mostraram que a sonolência diminui ao longo do dia, entre as 08:00h e as 16:00h. O pico máximo ocorre nos primeiros testes da manhã, e decai de forma contínua (cerca de 48%), anulando o hipotético efeito cumulativo das tarefas escolares que poderiam estar na base da sonolência e fundamentando o seu carácter circadiano.

De notar que estudos com protocolos de privação de sono de apenas 24h mostram que a sonolência afeta negativamente o estado de alerta e a performance cognitiva, sugerindo uma diminuição da função e da atividade cerebral, no tálamo, estrutura envolvida no estado de alerta e atenção e também no córtex pré-frontal, região cortical relacionada com estado de alerta, atenção e outras funções cognitivas complexas (Thomas et al, 2000; Wu et al., 1991). Num estudo de Haavisto e colaboradores (2010) utilizando um protocolo de restrição de sono (5 dias que mimetizam uma semana de trabalho), em que os indivíduos apenas podiam dormir 4 horas por dia, mostrou-se que a performance em múltiplas tarefas (*multi-tasking*) ia-se deteriorando com o prolongamento da restrição do sono e com a passagem do tempo a realizar a tarefa (“time-on-task effect”). A sonolência por sua vez acompanhou este mesmo padrão. Verificaram ainda, que esta deterioração se prolongou para os dois dias seguintes (2 dias de recuperação que mimetizam o fim de semana), nos quais a restrição de sono já não vigorava, mostrando desta forma a necessidade de se estabelecerem horários de trabalho que evitassem a restrição de sono por períodos prolongados (Haavisto et al., 2010)

Considerando as variações diárias de sonolência e o cronotipo, estudos de rotina normal, mostraram que os níveis de sonolência subjetiva principalmente de manhã são maiores nos indivíduos vespertinos do que nos indivíduos matutinos e vice-versa no final do dia (Andrade, Benedito-Silva & Menna-Barreto, 1992; Clodore et al., 1986). Indivíduos vespertinos adolescentes com restrições crônicas de sono têm uma sonolência muito alta durante a manhã, que vai diminuindo ao longo do dia. Neste caso a diferença de fase entre o acordar e o mínimo do estado de alerta é diminuta além de que nestas situações a pressão de sono ainda não foi restabelecida (Carskadon & Acebo, 2002). Referir ainda que a *inércia de sono* se mantém por períodos maiores de tempo nos indivíduos vespertinos comparativamente aos matutinos (Taillard et al, 2003). Num protocolo de rotina constante ao analisar-se a componente circadiana da sonolência subjetiva verificou-se que há um atraso da acrofase de 2 horas nos indivíduos vespertinos relativamente aos matutinos (Taillard et al., 2003). Relativamente à componente homeostática da sonolência, esta cresce mais lentamente nos vespertinos do que nos indivíduos matutinos (vigília – densidade espectral EEG entre 6 a 9 Hz, banda teta), no entanto em relação à sua dissipação, ela é bastante mais rápida nos indivíduos matutinos (durante o sono - *slow wave sleep* (SWS) and *slow wave activity* (SWA)) (Taillard et al, 2003).

Fadiga

A fadiga sempre foi descrita como uma função sinusoidal com níveis elevados nas horas tardias do dia (noite) e níveis mais baixos nas primeiras horas do dia (manhã), refletindo desta forma o tempo desde o último episódio de sono e também a componente circadiana (Dodge, 1982; Monk, 1982). Adan em 1994 num estudo de rotina normal com recolha de dados em laboratório define uma variação diurna da fadiga com pico mínimo ao meio dia a partir do qual começa a aumentar. Estudos recentes sugerem a importância de diferenciar a fadiga mental da fadiga física (Craig et al., 2006; Verwey & Zaidel, 2000; Wijesuriya et al., 2007). Contrariamente a outros autores, Pietrowsky e Lahl (2008) verificaram num estudo ecológico com medições efetuadas em laboratório que no período das 08:00h até às 19:00h os níveis de fadiga física e a fadiga mental diminuem, contudo,

com padrões distintos entre a fadiga mental e física no período da tarde. De facto os níveis de fadiga mental à tarde diminuem menos que a fadiga física.

Relativamente à fadiga subjetiva e ao cronotipo, estudos de rotina normal com recolha de dados em laboratório, salientam que os matutinos se encontram em avanço de fase de 7 a 8 horas face aos vespertinos, tendo os matutinos apresentado o picco mínimo às 10h e os vespertinos às 17h (Adan, 1994).

- Flutuações diárias da performance cognitiva

Variações circadianas da performance têm sido identificadas em diferentes tarefas. Por exemplo, detetamos melhor as alterações de luminosidade ao fim a tarde do que de manhã (Tassi, Pellerin, Moessinger, Eschenlauer, & Muzet, 2000), percebemos melhor a passagem do tempo durante a tarde e princípio da noite do que de manhã (Kuriyama et al., 2003). A memória a curto prazo tende a piorar da manhã para a tarde, enquanto a performance em tarefas de memória a longo prazo é melhor ao fim do dia (às 20:00h) do que nas primeiras horas manhã (Folkard & Monk, 1980). As flutuações diárias das funções cognitivas, que variam em complexidade desde a atenção mantida até ao raciocínio lógico, têm sido investigadas partindo da hipótese da existência do paralelismo existente entre a TC e a variação nas medidas de performance que são avaliadas (Schmidt et al., 2007). Na verdade são vários os estudos que mostram a relação direta entre a TC e a performance avaliada, mesmo em protocolos de rotina normal. Esta relação está presente, por exemplo, na atenção mantida em tarefas psicomotoras, “tarefas de codificação simples” e em tarefas de adição (ou seja, tarefas muito simples e cognitivamente pouco exigentes) (Wright, et al., 2002). Contudo a performance cognitiva não é regulada exclusivamente e diretamente pelo oscilador que modela a TC, sendo de assumir que uma quantidade razoável de outros fatores pode influenciar a variação da performance de tarefas cognitivas mais complexas. Ritmos circadianos na performance cognitiva estão documentados na atenção, na memória e noutras funções executivas, e por isso com capacidade de modularem a execução de muitas tarefas (Cajochen et al., 1999; Valdez et al., 2008).

São 3 os processos cognitivos fundamentais capazes de afetar a performance cognitiva de muitas tarefas, a atenção, a memória e funções executivas (Cajochen et al., 2004; Valdez et al., 2008).

Performance Atencional

A atenção é o processo neurofisiológico que permite ao indivíduo reagir ao ambiente, selecionando determinados sinais sensoriais e adequando uma determinada resposta. É o processo cognitivo fundamental que está na base do comportamento e atua pelo processamento preferencial de algum(s) tipo(s) de informação cognitiva em detrimento de outra(s) (Cohen & O'Donnell, 1993). Indivíduos com problemas de estado de alerta terão problemas de atenção, contudo, indivíduos sem problemas de estado de alerta poderão apresentar problemas de atenção (Gitelman, 2003). A atenção classicamente é dividida em 4 categorias globais: o estado de alerta, na sua vertente tónica (capacidade de responder ao ambiente a qualquer momento) e vertente fásica (capacidade de reação após um sinal de alarme); a atenção mantida (capacidade de responder eficientemente ao ambiente por longos períodos de tempo, desde minutos a horas); a atenção seletiva (capacidade de responder a um estímulo em detrimento de outro) e a atenção dividida (capacidade de distribuir a atenção por duas ou mais fontes ou tipos de informação, ou por duas ou mais operações mentais) (Cohen and O'Donnell, 1993; Valdez et al., 2005). Apesar de a atenção não ser um conceito unitário, representando a associação de vários processos, apresenta na sua essência o propósito único de aprimorar o processamento sensorial, motor e cognitivo. Variações circadianas da atenção mantida foram encontradas em protocolos de rotina normal (Blake, 1967), no estado de alerta tónico (Carrier and Monk, 2000) e na atenção seletiva (Horowitz, Cade, Wolfe, & Czeisler, 2003), em protocolos DF e RC respetivamente. É importante reter que as variações circadianas apresentadas nas diversas dimensões da atenção, podem modular a performance de muitas tarefas, tal como tarefas de memória, cálculo aritmético, leitura, percepção de tempo (Valdez et al., 2005).

Atenção Mantida

Manter a atenção é um pré-requisito para melhores performances quando um indivíduo é submetido a testes cognitivos. Alterações da eficiência da performance de vários testes cognitivos podem ser produzidas por variações de processos cognitivos

fundamentais, como a atenção mantida (Valdez, Ramírez, García, Talamantes, & Cortez, 2010). Assumindo a existência de ciclos circadianos de atenção, é vital perceber a influência destes ciclos na execução dos diferentes testes cognitivos (Valdez et al., 2005). Está documentado num protocolo de rotina normal que a atenção mantida apresenta variação circadiana (Blake, 1967). Usando o PVT (*Psychomotor Vigilance test*), Dinges e Powell (1985), em protocolos RC e DF, descobriram que a performance se mantém estável ao longo do dia até as 16:00h (Cajochen et al., 1999), muito provavelmente devido à componente circadiana se opor ao aumento da pressão do sono. Quando este balanço de forças deixa de ser estável, por exemplo, estendendo-se a execução do teste para a noite biológica, num protocolo RC, verificam-se deteriorações na performance do PVT durante a noite biológica e estabilização ou mesmo pequenas melhorias no dia seguinte, apresentando alto grau de paralelismo com a TC (Schmidt et al., 2007). Os perfis obtidos no PVT (Monk, 1997) são concordantes com outros testes, tais como aqueles que recorrem ao paradigma das tarefas de tempo de reação (Wright et al. 2002). O *Choice Reaction Time* (Tempo de reação de escolha múltipla ou CRT) é uma tarefa muito sensível a avaliar a performance da atenção mantida em tarefas psicomotoras (Kolev, Falkenstein, & Yordanova, 2006) e usada desde muito cedo na avaliação da performance atencional. Notar que existem estudos de DF que mostram o contributo da componente circadiana e homeostática para a evolução diurna da atenção mantida (Cajochen et al., 2004; Lim & Dinges, 2008), contudo, alguns estudos que usaram o mesmo paradigma experimental, não conseguiram mostrar o contributo da componente circadiana, justificando-a apenas pela componente homeostática (Harrison, Jones, & Waterhouse, 2007).

Quando se tem em conta o cronotipo, estudos de rotina normal dizem-nos que os matutinos apresentam maiores níveis de atenção mantida durante a manhã e níveis mais baixos durante ao fim da tarde/início da noite relativamente aos indivíduos vespertinos, verificando-se o contrário ao fim do dia (Clodoré, et al., 1986; Horne et al., 1980). Estes resultados são particularmente evidentes quando comparamos os cronotipos extremos, isto é, nos matutinos e vespertinos extremos (Mongrain, Noujaim, Blais & Dumont, 2008). De qualquer forma, é relevante referir que não há alterações significativas no desempenho da atenção mantida quando os indivíduos matutinos e vespertinos são testados de acordo com os horários preferidos de sono (Mongrain, et al., 2008).

Processamento de informação e performance psicomotora

Quando nos referimos a atenção mantida em tarefas psicomotoras, estamos a referir-nos à junção dos tempos de reação e à atenção mantida, elementos característicos de uma grande variedade de ações humanas e por isso com capacidade para afetarem a performance de várias tarefas cognitivas (Van Dogen & Dinges, 2005). A performance da atenção mantida em tarefas psicomotoras é afetada pela componente circadiana mas também pela componente homeostática como descrito no artigo de Van Dogen e Dinges (2005). É analisada frequentemente recorrendo ao paradigma dos tempos de reação. A medição do tempo de reação (TR), o tempo de reconhecimento (TRc) e o tempo de movimento (TM) são considerados indicadores rigorosos e válidos para avaliar o tempo necessário para iniciar e executar uma determinada ação (Luce, 1986). O tempo de reação é o tempo compreendido entre o aparecimento de um estímulo e o final da realização de uma resposta motora, podendo este tempo (TR) ser dividido em Tempo de reconhecimento e Tempo de Movimento (Magill, 2011; Whelan, 2008). O tempo de reconhecimento reflete a integridade do sistema de processamento de informação. O tempo de movimento, por seu lado, refere-se ao intervalo de tempo a partir do início da realização da execução do movimento em resposta ao estímulo, refletindo a integridade da componente motora do sistema nervoso central e periférico. Importa notar que o TRc e TM são considerados relativamente independentes um do outro (Magill, 2011).

Relativamente aos tempos de reação, variações circadianas estão documentadas em alguns estudos de rotina normal (Blake, 1967). As melhores performances ocorrem ao final da tarde/início da noite e as piores durante a noite e nas primeiras horas da manhã, e são também afetados negativamente pelo aumento da pressão do sono, o que é verificado em estudos de privação ou restrição total de sono (Blatter et al., 2006; Reilly, Atkinson, & Waterhouse, 1997). Num protocolo DF verificou-se que o tempo de reação correlaciona-se com a temperatura central de forma que as melhores performances são atingidas no pico de temperatura e as piores quando a temperatura é mais baixa (Wright et al., 2002). Estudos de privação de sono em rotina contante que utilizaram o PVT mostraram que as mulheres apresentam tempos de reação inferiores aos dos homens, independentemente da idade, no

entanto, também carregam menos vezes de forma prematura no botão da tarefa (Blatter et al., 2006).

A velocidade de processamento de informação apresenta uma variação circadiana semelhante à dos tempos de reação (Bratzke, Rolke, Steinborn, & Ulrich, 2009). A velocidade do processamento de informação do ser humano e a sua qualidade podem ser avaliados utilizando apenas um estímulo, com uma tarefa simples de tempo de reação (“Single Reaction Task”) ou utilizando dois ou mais estímulos através do *choice reaction time*. (Magill, 2011). No que respeita a algumas habilidades motoras de coordenação fina, baseadas na rapidez e força reativa tendem a ter o pico mais cedo no dia comparativamente a habilidades da motricidade grosseira, que são fortemente influenciadas pela temperatura central (Waterhouse, 2010).

No que respeita à relação entre os tempos de reação e o cronotipo, em estudos de rotina normal, assumimos as variações encontradas relativamente à atenção mantida, em que se usaram testes psicomotores.

Atenção Seletiva

A tarefa de cancelamento de letras é o exemplo clássico para avaliar a atenção seletiva, ou seja, é a capacidade de nos focarmos numa única fonte ou tipo de informação, excluindo as outras. Está documentado num protocolo de rotina normal e utilizando uma tarefa de cancelamento de letras que a atenção seletiva apresenta variação circadiana (Blake, 1967). Num protocolo laboratorial de privação de sono, foi verificado um evidente paralelismo entre a performance de tarefas de cancelamento de letras e o ritmo da TC (De Gennaro, Ferrara, Curcio, & Bertini, 2001), sendo que o paralelismo se pronuncia quando a tarefa implica maiores recursos da memória de trabalho, (Mikulincer, Babkoff, Caspy, & Sing, 1988). Isto sugere que a tarefa de cancelamento de 3 letras é mais sensível do que uma tarefa de cancelamento de 2 letras, mostrando a implicação da carga mnésica na expressão da performance (Casagrande, Violani, Curcio, & Bertini, 1997). De qualquer forma importa esclarecer que o fator S também contribui para a variação diurna da performance da atenção seletiva como verificado nos protocolos de restrição de sono em CR (Babkoff, Mikulincer, Caspy, Kempinski, & Sing, 1988).

Relativamente à relação entre atenção distribuída e o cronotipo, são muito pouco os estudos que a avaliaram, ainda assim, num estudo de Horne e colaboradores (1980) usando um protocolo de rotina normal, os matutinos desempenharam melhor tarefas de deteção de sinal de manhã, com decaimento da parte da tarde, enquanto os vespertinos tiveram um baixo desempenho durante a manhã e melhoraram ao longo dia.

Performance Mnésica

Memória de trabalho

A memória de trabalho é um processo neuropsicológico que provisiona armazenamento temporário e a manipulação de informação, essencial aos processos cognitivos (Baddeley, 2003; Logie, Baddeley, Mané, Donchin, & Sheptak, 1989).

A memória de trabalho bem como a atenção mantida têm a capacidade de influenciar a performance da maioria, senão de todas as tarefas neurocomportamentais (Roger et al., 2003). Tem sido sugerido que a memória de trabalho é controlada por um sistema atencional central (Baddeley, 1992) e que sem a capacidade de manter o desempenho da memória de trabalho e da atenção mantida, o funcionamento neurocognitivo fica altamente debilitado. Além de necessitarmos da memória de trabalho para executarmos tarefas básicas quotidianas, a memória de trabalho parece ser um indicador fundamental da aprendizagem, inteligência e habilidades do raciocínio fluido (Fry & Hale, 2000). Efetivamente, a performance em tarefas de memória de trabalho tem sido reportada como preditora da performance de muitas outras tarefas cognitivas (Engle, 2001).

As tarefas de *Span* (palavras ou dígitos), entre todas as medidas disponíveis de análise da memória de trabalho têm-se mostrado medidas fiáveis e validas, principalmente aquelas que levam a evocar os dígitos em sentido inverso (Conway et al., 2005). Em 1967, Blake verificou variações circadianas da memória de trabalho recorrendo ao *digit span*.

Folkard, Knauth e Monk (1976), recorrendo a protocolos de rotina normal e utilizando uma tarefa de deteção visual, mostraram que a quantidade de informação mantida na memória de trabalho determina a evolução circadiana da performance. Assim, mostraram que a performance apresenta um paralelismo com a TC quando pouco

elementos precisavam de ser recordados, contudo à medida que este número aumentava, mais cedo no dia se apresentava o pico máximo de performance, podendo haver mesmo uma inversão de fase relativa ao pico da TC (Folkard, et al., 1976).

Com o recurso a protocolos experimentais mais bem controlados e que prolongavam a vigília pela noite biológica, foi mostrado que na realidade as flutuações circadianas relacionadas com a performance em tarefas de memória a curto prazo, apresentavam um paralelismo forte com o ritmo de TC (Cajochen et al., 1999; Wright et al., 2002). Além disso, o efeito da hora do dia no desempenho da memória de trabalho depende ainda dos requisitos da tarefa ou ainda da população alvo a ser testada (e.g. adolescentes/idosos; matutinos/vespertinos) (Carrier & Monk, 2000). Johnson e colaboradores (1992), recorrendo a um protocolo de restrição de sono e a outro de dessincronização forçada, mostraram que o ritmo circadiano da memória de trabalho, varia em paralelo com o ritmo circadiano do estado de alerta subjetivo e com a TC, sugerindo assim, que o *pacemaker* responsável pelo ritmo da TC é determinante nas variações circadianas da memória de trabalho. No entanto, evidenciam igualmente que a componente homeostática também afeta a performance nas tarefas de memória de trabalho (Valdez, 2012). Por sua vez Ramirez e colaboradores (2006) com recurso a um protocolo RC verificou um quase paralelismo entre o ritmo circadiano das componentes visuo-espaciais e fonológicas da memória de trabalho com a TC, com uma diminuição da capacidade de armazenamento entre as 05:00h e as 08:00h, 1 a 3 horas após o mínimo da TC.

A performance em tarefas de memória de trabalho comporta-se de maneira semelhante às tarefas de atenção mantida, talvez pelo facto da atenção mantida ser um componente de base para as tarefas memória de trabalho, que desta forma afeta seu desempenho (Baddeley, 2003). O desempenho nas tarefas de memória de trabalho está de acordo com o “synchrony effect” (Rowe, Hasher, & Turcotte, 2009), pelo que, indivíduos que se sintam mais alerta pela manhã, tendem a executar melhor as tarefas de manhã do que de tarde, ao passo que os indivíduos que se sintam mais alerta à tarde, tendem a desempenhar melhor as tarefas à tarde do que de manhã. Relativamente à memória de trabalho e cronotipo, Schmidt e colaboradores (2010) mostraram usando um paradigma *n-back* (avalia a memória de trabalho ativa) que os matutinos e vespertinos não apresentam desempenho similar ao longo do dia, evidenciando que os indivíduos vespertinos

apresentam melhores desempenhos ao fim da tarde do que de manhã e tendem a ser melhores que os matutinos nessas horas (Schmidt et al., 2010). Roberts e Kyllonen (1999) mostraram que indivíduos com maiores pontuações na escala da vespertinidade correlacionam-se com maiores pontuações nas tarefas de memória de trabalho.

Performance nas funções executivas – Inibição e Flexibilidade.

As funções executivas referem-se a capacidade de programar o comportamento face às exigências ambientais, sendo, portanto, fundamental para a tomada de decisão, autocontrole e resolução de problemas (Luria, 1986; Stuss & Alexander, 2000). As funções executivas incluem diferentes componentes: iniciativa, inibição, flexibilidade, planeamento, previsão, auto-monitorização, verificação e correção (Lezak, Howieson, Loring, Hannay, Fisher, 2004; Stuss, 2011). As funções executivas estão intimamente relacionadas com os lobos frontais, principalmente com a zona pré-frontal (Luria, 1986).

Mediante a análise de literatura apenas nos detivemos na inibição e flexibilidade. A inibição é a capacidade de coibir o comportamento a dirigir-se para objetivos secundários ou irrelevantes (Nigg, 2000), enquanto a flexibilidade refere-se à capacidade humana de ajustar o comportamento de acordo com as modificações ambientais (Miller & Cohen, 2001) e pode ser avaliada enquanto eixo neuropsicológico pelo “Trail-Making Test” (Reitan e Tarshes, 1959). Estas duas componentes das funções executivas são extremamente importantes para a tomada de decisão e resolução de problemas.

Dos poucos estudos que avaliaram a performance circadiana da flexibilidade e inibição, os resultados obtidos estão longe de serem consensuais. Hartley e Shirley (1976), utilizando o stroop num protocolo de rotina normal com testes a diferentes horas do dia, postularam que a performance da inibição e flexibilidade é pior ao final da tarde. Sagaspe e colaboradores (2006), utilizando o teste de stroop em rotina constante, não conseguiram obter variações circadianas. Van der Heijden, de Sonneville e Althaus (2010) também não conseguiram verificar flutuações circadianas na inibição e na flexibilidade, usando como participantes crianças entre os 10 e os 12 anos testadas em diferentes horas do dia. Ramírez, García e Valdez (2012), por seu lado, conseguiram identificar flutuações circadianas tanto na flexibilidade como na inibição, recorrendo a um protocolo de rotina

contante. Utilizando o teste de stroop, estes autores mostraram que as variações circadianas da inibição e flexibilidade são idênticas às de outros processos cognitivos, mantendo algum paralelismo com TC (atraso de fase de 1-2 horas). Mostraram ainda que estas duas componentes das funções executivas são modeladas pela atenção mantida. Tarefas *go-no-go* demonstram uma flutuação circadiana da performance, denotando altos níveis de precisão à tarde e baixa precisão à noite e de madrugada (Manly, Lewis, Robertson, Watson, & Datta, 2002).

Relativamente a estas funções executivas e o cronotipo, sabe-se dos poucos estudos realizados até agora que os adolescentes obedecem ao *synchrony effect*, apresentando melhores desempenhos nas tarefas, em horas em que o estado de alerta é máximo e que pelo contrário os desempenhos pioram nas horas em que estão menos alerta (Hahn et al., 2012). Além deste efeito, nos matutinos, verificou-se que quanto mais tempo demora a realização da tarefa (*time on task effect*) pior é o desempenho nos períodos não ótimos. Contudo este efeito não se faz sentir quando as tarefas são realizadas no período ótimo. Precisamente o mesmo efeito foi obtido nos vespertinos, de forma que os piores desempenhos são obtidos de manhã (período não ótimo) principalmente quando o tempo para realizar a tarefa aumenta, não se verificando o mesmo no período da tarde (período ótimo) (Lara, Madrid, & Correa, 2014).

Perante o supramencionado, existem evidências que mostram que a interação dos processos, S e C, modela os eventos neurocomportamentais ao longo do dia. No entanto, o impacto da hora do dia (em que determinadas funções são avaliadas) e do cronotipo na performance cognitiva (principalmente nas funções cognitivas superiores) permanece largamente ignorado pela psicologia cognitiva e neuropsicologia (Schmidt et al., 2007; Hofman & Swaab, 2006). Mediante essa preocupação e devido a ausência de estudos em protocolos de rotina constante e tendo em conta o cronotipo, com maior controlo experimental, o nosso estudo teve as 3 seguintes questões principais:

Maiores questões do presente estudo:

- Do ponto de vista circadiano, os participantes da nossa amostra apresentarão padrões semelhantes aos encontrados na maioria dos estudos?

- Os ritmos cognitivos observados em condições laboratoriais de DF e RC serão também eles observados em condições de rotina normal (ecológica)?
- Se os ritmos forem observados, existirão diferenças significativas nos parâmetros estudados entre indivíduos matutinos e vespertinos?

Hipóteses

As questões acima referidas suscitam um conjunto de hipóteses que esperamos validar ou refutar no presente estudo. A saber,

1. Hipóteses relativas às variáveis de sono do Manual de Registo Diário (Diário de Sono):
 - a) H1 - O Efeito fim de semana influenciará significativamente as variáveis de sono nos vespertinos, mais do que nos matutinos.
 - b) H2 - A variável Cronotipo (matutino e vespertino) influenciará significativamente as variáveis de sono, à semana e ao fim de semana.
2. Hipóteses Relativas aos ritmos de temperatura corporal periférica e atividade
 - a) H3 - O Efeito fim de semana influenciará significativamente o ritmo de atividade e da temperatura corporal periférica nos vespertinos, mais do que nos matutinos.
 - b) H4 - A variável Cronotipo (matutino e vespertino) influenciará significativamente o ritmo de atividade e da temperatura corporal periférica, à semana e ao fim de semana.
3. Hipóteses relativas aos ritmos das tarefas psicológicas e executivas
 - a) H5- As Variáveis Fadiga física, Fadiga Mental, Sonolência e Estado de Alerta, avaliadas pelas VAS apresentarão ritmos circadianos num estudo em rotina normal (Ecológico), com diferenças entre matutinos e vespertinos.
 - b) H6- As Variáveis Fadiga física, Fadiga Mental, Sonolência e Estado de Alerta serão influenciadas significativamente pela variável hora do dia, com diferenças entre matutinos e vespertinos.

- c) H7 – Os parâmetros das funções cognitivas estudadas (atenção, memória, velocidade de Processamento, flexibilidade) apresentarão ritmos circadianos num estudo em rotina normal (Ecológico), com diferenças entre matutinos e vespertinos.

- d) H8 – A Variável Hora do dia influenciará significativamente os parâmetros estudados da Performance Atencional, da Performance Mnésica, da Velocidade de Processamento e a Flexibilidade, com diferenças entre matutinos e vespertinos.

MATERIAIS E MÉTODOS

Participantes

O presente estudo teve por base uma amostra de conveniência composta por 16 alunos da Universidade de Aveiro (15 mulheres e 1 homem), com idades compreendidas entre os 19 e 21 anos ($M= 20$; $DP= 0.35$; $Md=20$), que frequentavam as licenciaturas de Psicologia e Educação Básica. Com base na pontuação do questionário de Matutividade e Vespertinidade de Horne & Östberg (MEQ) (Horne & Östberg, 1976), aferido/validado para a população portuguesa (Silva et al., 2002), os participantes foram divididos em 2 grupos. O grupo Matutino (M), composto por 3 participantes matutinos (m) e 3 participantes moderadamente matutinos (mm) que obtiveram uma média global de 59,5 pontos ($DP= 3.78$) no MEQ e o grupo Vespertino (V), composto por 10 indivíduos moderadamente vespertinos (mv) que obtiveram uma média global de 37 pontos ($DP= 2.91$) no MEQ. Para uma melhor compreensão da distribuição dos participantes por grupos, seus dados sociodemográficos e pontuações no questionário de cronotipo apresenta-se a seguinte tabela.

Tabela 2.1 – Distribuição dos participantes por grupos (M e V) mediante pontuações e classificações do questionário MEQ, e variáveis sociodemográficas (Sexo e Idade).

Sujeito nº	Idade	Sexo	Pontuação do MEQ	Classificação MEQ	Grupo
1	20	Feminino	33	mv	V
2	20	Feminino	34	mv	V
3	20	Feminino	34	mv	V
4	20	Feminino	36	mv	V
5	20	Feminino	37	mv	V
6	20	Feminino	37	mv	V
7	20	Feminino	38	mv	V
8	20	Feminino	40	mv	V
9	20	Feminino	40	mv	V
10	21	Feminino	41	mv	V

11	20	Feminino	53	mm	M
12	20	Feminino	55	mm	M
13	20	Feminino	59	mm	M
14	20	Masculino	60	m	M
15	20	Feminino	61	m	M
16	19	Feminino	63	m	M

Instrumentos

Questionário de Matutividade e Vespertividade de Horne & Östberg:

O MEQ permite avaliar o padrão individual de distribuição dos parâmetros circadianos no nictômero (toda e qualquer periodicidade equivalente ao ciclo dia e noite) ou cronotipo. É um questionário amplamente utilizado na investigação científica, desenvolvido por Horne & Östberg (1976). É composto por 19 perguntas de escolha múltipla relativas à preferência de horários para determinadas atividades diárias. Todas as questões têm 4 opções de resposta e todas deverão ser respondidas com máximo de honestidade. Cada resposta tem associada uma pontuação, a soma de todas as pontuações gera um resultado final compreendido entre 17 e os 86 pontos. Pontuações mais baixas indicam tendência para a vespertividade, enquanto pontuações mais altas indicam tendência para matutividade.

Foi utilizada uma versão brasileira on-line, alojada no site <http://www.temponavida.com/gmdrb/gmdrb/Cronotipo.html>, no entanto, foram utilizados os pontos de corte da população portuguesa (Silva et al, 2002).

- Matutinos –]59;86]
- Moderadamente Matutinos – [54;59]
- Indiferentes - [43;53]
- Moderadamente Vespertino – [31;42]
- Vespertino – [17;31[

Tempatilumis:

O actímetro ACT10 (consultoria eletrónica, São Paulo, Brasil) ou Tempatilumi é um dispositivo eletrônico colocado no pulso contrário ao da mão dominante, como se fosse um relógio de pulso. Tem a capacidade de registrar a temperatura corporal periférica em graus centígrados, intensidade de movimento pelo algoritmo matemático designado por mini-metter (o resultado exibido no registro é o resultado de um algoritmo matemático, que aproxima o resultado da atividade, utilizando os valores da leitura direta do sensor e utilizando uma resolução de 8 bits), intensidade luminosa do ambiente em LUX e horário de eventos, mediante o pulsar de um pequeno botão na parte frontal do dispositivo. Todos os registos são armazenados numa memória não volátil do tipo FLASH em conjunto com o horário proveniente de um relógio de tempo real. A capacidade de registro é de aproximadamente 30 dias. O sistema possui ainda um alarme programável de acordo com a necessidade da investigação.

Para configurar e descarregar os dados do Actímetro ACT10 é necessário uma interface/*hardware* e um *software* compatíveis com este modelo. Relativamente ao interface/*hardware*, da mesma marca, foi utilizado o modelo ACTCabo10. Concentra todo o módulo eletrônico de comunicação para a transmissão de dados dos equipamentos através de uma porta de comunicação RS232 presente na grande maioria dos computadores. Atua igualmente como fonte de alimentação para os actímetros referidos.

O *software* utilizado para programar e descarregar todos os dados armazenados foi o programa actímetro CE.

Manual de Registo Diário:

O manual de registo diário foi criado para recolher informações acerca do sono e da atividade dos participantes. Cada folha do manual correspondia a um dia, sendo que a página frontal correspondia ao diário de sono e a de trás ao diário de atividade.

O diário de sono era constituído por perguntas acerca do horário de ir para cama, latência de sono, horário de acordar, duração de sono, tempo de demora para sair da cama. Além destas perguntas fechadas o questionário de sono continha um campo de “Observações” onde o participante deveria apontar algumas considerações que não se incluíam nas perguntas acima descritas. O diário de sono tinha a composição apresentada no anexo 1.

O diário de atividade era constituído por duas tabelas (cada uma com 12 horas) sendo que a primeira compreendia a janela temporal 00:00h a 12:00h (inclusive) e a segunda, a janela temporal 13:00h às 23:00h (inclusive). Nestas duas tabelas encontravam-se 4 atividades gerais, lazer, atividade física, trabalho e refeições sendo que o participante deveria colocar um X nas horas onde realizava as diferentes tarefas apresentadas (ver anexo 1).

iPad 2:

O iPad2 é um *tablet* ou plataforma digital *touch screen* com sistema operativo iOS4, desenvolvida pela Apple Inc (*Apple Distribution International, Hollyhill Industrial Estate Hollyhill, Cork Republic of Ireland*). Esta plataforma corre aplicações desenvolvidas na linguagem de programação *Objective-C*, baseada no programa X Code da Apple.

Aplicação - Software de Treino e Avaliação de Funções Executivas – STAFE:

A STAFE é uma aplicação pensada e desenvolvida de raiz no âmbito deste doutoramento, programada para correr num iPad com sistema operativo iOS4 (ou superior) e convertível em patente. A aplicação é desenvolvida e apresentada ao participante numa sequência automática de tarefas sem interrupções e é constituída por dois blocos distintos:

O primeiro bloco, composto por quatro tarefas visuo-analógicas que avaliam a fadiga física (tarefa 1), fadiga mental (tarefa 2), sonolência (tarefa 3) e estado de alerta (tarefa 4). A resposta é dada através do clique numa régua dimensional (não graduada) de 10 cm (figura 2.1). Os resultados são exportados em centímetros.



Figura 2.1 – Exemplo de uma das escalas visuo-analógicas utilizadas no STAFE.

O segundo bloco, é composto por 4 tarefas cognitivas, *choice reaction time* (Tarefa 5), *Signal Detection* (Tarefa 6), *Digit Span* (Tarefa 7) e *Trail Making Test “b”* (Tarefa 8).

De referir que nas tarefas onde fenómenos de habituação sejam possíveis, foram utilizadas estratégias que visassem a sua anulação. As tarefas deste segundo bloco encontram-se abaixo descritas de forma pormenorizada.

5ª Tarefa - *Choice Reaction Time*

São apresentados uma sequência de 10 quadrados no monitor, todos eles equidistantes de um outro quadrado colocado em baixo e a meio do ecrã (figura 2.2):

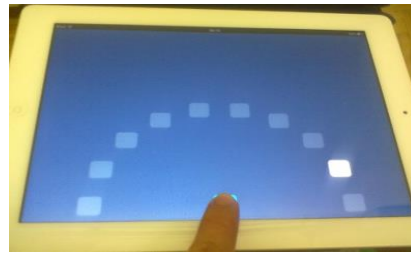


Figura 2.2 – Choice Reaction Time do STAFE

- O dedo deverá ser colocado no botão base (quadrado no meio do ecrã em baixo) e o participante deverá aguardar até que um dos outros quadrados se acenda (aleatoriamente). Quando isso acontecer, o participante deverá mover o mesmo dedo o mais rápido possível para esse quadrado;
- O tempo que demora a acender as luzes, depois de se colocar o dedo no quadrado base, varia aleatoriamente entre 1 e 3 segundos;
- Pretende-se com esta tarefa registar 3 tipos de tempo: aquele que está compreendido entre o acendimento aleatório da luz de um dos 10 quadrados até que o dedo seja levantado do quadrado base (tempo de reconhecimento), e o tempo que demora desde que se levantou o dedo do quadrado base até que se tocou no quadrado com a luz que acendeu (tempo de movimento). O somatório destes dois tempos é designado por tempo de reação.
- O processo repete-se 10 vezes, sem interrupções.
- O output de dados contém informação do tempo de reconhecimento, o tempo de movimento, o somatório de cada uma destas ações (tempo de reação).

Pretende-se com esta tarefa medir tempos reação de escolha múltipla, permitindo avaliar, sobretudo a atenção mantida neste caso em tarefas psicomotoras, velocidade de

processamento e integridade da componente motora, embora também avalie a atenção distribuída e tomada de decisão.

6ª tarefa - *Signal Detection*

Esta tarefa inicia-se num ecrã de números dispostos em linhas. Os números deverão estar dispostos ao acaso (figura 2.3).

- Na primeira parte da tarefa (sub-tarefa a ou SD1) é pedido ao participante para identificar no ecrã o algarismo que lhe vai ser apresentado. De seguida, no ecrã, o participante deverá assinalar esse algarismo, começando no canto superior esquerdo e terminando no canto inferior direito. Cada linha deverá conter entre 20% e 40% do algarismo que foi pedido ao participante para identificar.
- Numa segunda fase (sub-tarefa b ou SD3), o participante deverá repetir a sub-tarefa anterior, contudo, deverá identificar 3 algarismos diferentes. Cada linha deverá conter entre 10 e 20% de cada algarismo.



Figura 2.3 – *Signal Detection* do STAFE

Notas chave:

- 1- Todos os algarismos que o participante deve identificar surgem de forma randomizada.
- 2- Cada linha contém 20 algarismos.
- 3- Após conclusão de cada linha, o participante assinala no botão “OK” (último botão do lado direito de cada linha) que análise dessa linha foi concluída.
- 4- O participante tem 45s para desenvolver a tarefa.

- 5- O programa regista por cada linha concluída, qual o algarismo que deveria ser selecionado, qual a percentagem relativa de aparecimento do(s) algarismo(s) nessa linha, a sequência de algarismos dessa linha, o tempo que demora a ser concluída a linha, o número de acertos, o número de erros e o número de omissões das linhas concluídas e as posições selecionadas por participante.

Com esta tarefa pretende-se avaliar sobretudo a atenção seletiva, embora também avalie a memória de trabalho e flexibilidade (*shifting*), sendo a tarefa muito sensível à fadiga.

7ª Tarefa - *Digit Span*

Sub-tarefa a - Num ecrã aparece uma determinada sequência de números (1 número apresentado de cada vez). O participante deverá memorizar a sequência e deverá reescreve-la num teclado numérico que aparecerá no ecrã após o aparecimento da sequência que deve ser memorizada (figura 2.4).

Sub-tarefa b - Esta sub-tarefa será exatamente a mesma, contudo o participante deverá reescrever a sequência da forma inversa, ou seja, do fim para o princípio (figura 2.4).

Notas referentes às duas sub-tarefas:

- 1- As sequências começam com 2 algarismos e vão até à sequência de 9 algarismos.
- 2- Por cada sequência numérica o participante deverá ter duas oportunidades. Em ambas as oportunidades as sequências apresentadas são iguais. Caso não alcance sucesso nessas duas oportunidades, a sub-tarefa deverá ser terminada.
- 3- O programa, em cada sub-tarefa, regista até que sequência o participante foi capaz de memorizar, indicando o nº de algarismos recordados e se foi à primeira ou segunda tentativa.



Figura 2.4 – *Digit Span* do STAFE

Com a sub-tarefa a) e b) pretende-se avaliar memória de dígitos (memória de trabalho)

8ª Tarefa - *Trail Making Test “B”*

Constituída por um ecrã cheio de pontos espalhados de forma randomizada (figura 2.5). Estes pontos contêm no seu interior números e letras. O participante deve ligar os números e as letras, sem levantar o dedo, na seguinte sequência:

- 1-a-2-b-3-c-4-d-5-e-6-f-7-g-8-h



Figura 2.5 – *Trail Making Test “B”* do STAFE

Notas chave:

1. O programa regista quanto tempo o participante demorou a completar a tarefa, quantos erros foram cometidos, qual a sequência de sinalização e se a sequência total foi completada ou não.
2. A linha criada pela passagem do dedo fica registada no ecrã num espetro de cor, que tem como polos, o verde (traço mais recente) e o vermelho (para traço mais antigo).

3. Um *print screen* do ecrã fica arquivado em formato de imagem (.Jpeg).

Com esta tarefa pretende-se avaliar a flexibilidade e orientação visuo-espacial.

Procedimentos:

Primeiramente foram realizados os pedidos de autorização formal aos diretores de curso da Licenciatura em Psicologia, Professora Doutora Ana Allen Gomes e da Licenciatura de em Educação básica, Professora Doutora Ana Isabel Andrade, para que se pudesse fazer a divulgação do presente estudo nas aulas dos cursos supracitados e para que os alunos interessados pudessem responder ao MEQ. Após o deferimento dos pedidos, foi dado a conhecer parte do projeto a todas as turmas de psicologia e educação básica na universidade de Aveiro onde foram distribuídas folhas com instruções para o preenchimento on-line do questionário MEQ (ver anexo 2). Depois do preenchimento do questionário on-line (preenchido por cerca de 35% dos 142 alunos que receberam as instruções), e mediante os resultados obtidos pelos participantes, foram criados dois grupos. Um a que chamamos “M” com alunos que obtiveram pontuações acima do ponto de corte definido para moderadamente matutinos (54 inclusive) e outro a que chamamos “V” constituído por alunos que obtiveram pontuações abaixo do ponto de corte definido para moderadamente vespertinos (42 inclusive). Após esta fase de análise intermédia foi dado a conhecer aos grupos de alunos selecionados, a segunda fase de estudo. Nesta fase que compreendia um período de 15-17 dias, cada participante deveria andar com o *tempatilumi* o máximo tempo possível, colocado no pulso contrário ao da mão dominante (eliminar artefactos de movimento excessivo), e responder às tarefas do iPad. No manual de Registo diário, o diário de sono deveria ser preenchido ao deitar e ao acordar, sendo que o diário de atividade apenas era preenchido ao deitar. Perante esta informação os participantes acederam ou não continuar para a segunda fase, preenchendo o respetivo consentimento informado onde compreendiam e aceitavam todas as regras inerentes ao estudo.

Seguidamente, foi fornecido a cada participante, um *tempatilumi*, um iPad, um manual de registo diário bem como um Manual de utilização (MU) (ver anexo 3) com FAQ's e informações necessárias para o bom uso de todo o material entregue. Esclareceu-

se verbalmente duas regras que consideramos de suma importância (presentes também no MU), a primeira foi de que o participante tinha de premir o botão de evento do tempatilumi sempre que o tirasse (tomar banho, atividade física, etc..) e a segunda foi de que o participante que não poderia repetir a tarefa do ipad sem que passasse 1 hora sobre o último ensaio válido, ou seja, concluído sem ocorrência de erros (*bug's*). A exceção a esta última regra seriam os primeiros dois dias de ensaios em que cada participante deveria realizar a tarefa o maior número vezes possível para estabilização da curva de aprendizagem. Os participantes foram ainda informados que se tivessem alguma dúvida ou verificassem que algo de errado se passava com os aparelhos eletrónicos durante o tempo de estudo, entrassem em contacto com o investigador, por telemóvel ou email criado para o efeito.

Finalmente, os participantes foram informados que após o término do estudo (15-17 dias), deveriam entregar o material facultado no laboratório de psicologia experimental e aplicada da universidade de Aveiro (PSYLAB) em dia e hora a combinar.

Nota: Em nenhum momento os participantes foram informados das hipóteses em estudo. Relativamente ao período de tempo em que decorreram os ensaios, é relevante informar que se realizaram em pleno decurso de aulas com espaçamento de pelo menos 15 dias relativo a férias escolares bem como períodos de festas académicas, de forma a evitar atrasos de fase característicos destes períodos.

Tratamento e Análises de dados

Para se proceder à análise de dados foram utilizados os *Softwares, IBM SPSS Statistics 20, Excel (Microsoft Office 2010) e El temps*, disponibilizados no mercado, e que tem sido largamente utilizados e escrutinados em publicações científicas internacionais com revisão de pares. No entanto, para uma análise estatística convencional com os programas supracitados, foi necessário trabalhar os dados brutos (outputs diretos dos tempatilumis, do programa STAFE dos iPads e do manual do registo diário), tendo sido criadas várias aplicações, algoritmos, macros e syntaxes para o efeito. Para um melhor entendimento de todo o procedimento analítico, descrevem-se seguidamente os instrumentos de análise utilizados bem como as análises efetuadas por estes.

Com recurso ao Excel

Aplicação Automática de Análise de *Outliers* – Registos de Tempatilumis (A₃O-RT).

Aplicação desenvolvida de raiz para este doutoramento, com base num algoritmo que permite a análise automática de *outliers* dos registos do tempatilumis (atividade e temperatura). Nesta aplicação, consideram-se *outliers* todos os pontos do registo que correspondam aos momentos em que o tempatilumi não estava colocado no pulso do participante, ou seja em estado “parado”. As séries temporais de temperatura correspondentes a períodos em que o tempatilumi não está colocado são excluídas do registo final, sendo sempre um pouco superiores às series temporais de atividade excluídas, o que pode ser explicado pelo facto do tempatilumi demorar algum tempo a atingir o real valor da temperatura corporal periférica sempre que é colocado, enquanto a deteção de atividade é imediata. Esta aplicação realiza análises independentes para a temperatura e para a atividade.

O algoritmo desenvolvido para a automatização da depuração dos dados, teve como base os seguintes critérios:

- Cada ponto do registo é analisado relativamente ao desvio padrão da média dos 10 pontos imediatamente anteriores. Se o valor se encontrar abaixo de n desvios padrões e se a atividade for considerada nula (quando o tempatilumi do sujeito regista valores de atividade inferiores ao máximo registado no estado “parado”-atividade residual), considera-se que o tempatilumi não está colocado, e por isso o ponto é excluído.
- Cada ponto é igualmente analisado relativamente ao desvio padrão da média dos 30 pontos que se seguem. Se se incluir no intervalo de n desvios padrões considerado, e a atividade for não nula, o tempatilumi está colocado e por isso o ponto não é excluído.
- Para analisar o efeito fim de semana nos ritmos de temperatura e atividade a aplicação isola e cola automaticamente as séries temporais correspondentes aos dias de semana e aos dias de fim de semana. Isto é, forma séries temporais completas e contínuas para os dias da semana (Seg; Ter; Qua; Qui; Sex; Seg; Ter...) e séries temporais completas e contínuas para os dias de fim de semana (Sab; Dom; Sab; Dom; Sab...).

Programa de Importação Automática e Pré-tratamento de dados (PIA-PTD) do Software de treino e avaliação de funções executivas (STAFE)

Aplicação desenvolvida no âmbito deste estudo (doutoramento), que importa de forma automática os dados cognitivos contidos em planilhas Excel isoladas, provenientes do STAFE do iPad, para uma única planilha, organizando uma série temporal completa com a totalidade dos dados das 8 tarefas do iPad. O programa indexa ao mesmo minuto (unidade de tempo), todos os valores das tarefas executadas num mesmo ensaio experimental. Quando necessário, o programa está preparado para através dos dados brutos contidos nas planilhas isoladas, calcular valores de parâmetros cognitivos. A aplicação (no âmbito deste Doutoramento), foi programada para identificar 24 parâmetros cognitivos extraídos do STAFE.

1. Tarefa 1 – valor absoluto, em centímetros.
2. Tarefa 2 - valor absoluto, em centímetros.
3. Tarefa 3 - valor absoluto, em centímetros.
4. Tarefa 4 - valor absoluto, em centímetros.
5. Tarefa 5 – Tempo de reconhecimento médio, em segundos.
6. Tarefa 5 – Tempo de movimento médio, em segundos.
7. Tarefa 5 – Tempo de reação médio, em segundos.
8. Tarefa 6, sub-tarefa a – Média de acertos
9. Tarefa 6, sub-tarefa a – Média de erros
10. Tarefa 6, sub-tarefa a – Média de omissões
11. Tarefa 6, sub-tarefa a – Tempo médio por linha analisada, em segundos.
12. Tarefa 6, sub-tarefa a – Tempo médio gasto na sinalização de cada algarismo, em segundos.
13. Tarefa 6, sub-tarefa b – Média de acertos
14. Tarefa 6, sub-tarefa b – Média de erros
15. Tarefa 6, sub-tarefa b – Média de Omissões
16. Tarefa 6, sub-tarefa b – Tempo médio por linha analisada, em segundos.

17. Tarefa 6, sub-tarefa b - Tempo médio gasto na sinalização de cada algarismo, em segundos.
18. Tarefa 7 sub-tarefa a – Média do número de algarismos memorizados.
19. Tarefa 7 sub-tarefa a – Média do número de algarismos memorizados em relação ao total de tentativas.
20. Tarefa 7 sub-tarefa b – Média do número de algarismos memorizados.
21. Tarefa 7 sub-tarefa b – Média do número de algarismos memorizados em relação ao total de tentativas.
22. Tarefa 8 – Tempo médio que a concluir a tarefa, em segundos.
23. Tarefa 8 – Erros médios se a tarefa for concluída
24. Tarefa 8 – Caso a tarefa não seja concluída nos 45s, número médio de erros e número de pontos corretamente selecionados.

Algoritmo em Excel para cálculo automático da média das médias dos valores obtidos no STAFE nos quatro intervalos temporais de 6 horas, tendo em conta o Cronotipo.

Este algoritmo, para cada participante, e para cada tarefa do STAFE, calcula a média dos valores obtidos nos 15 a 17 dias em que o mesmo as realizou (um ou mais para cada tarefa) nos intervalos 00:00h-06:00h (1º Período/intervalo), 06:00h-12:00h (2º Período/intervalo), 12:00h-18:00h (3º Período/intervalo) e 18:00h-24:00h (4º Período/intervalo). Seguidamente tendo em conta o grupo matutino e grupo vespertino, faz a média das médias obtidas no passo anterior.

Aplicação de preenchimento automático de séries temporais interrompidas (A-Pasti)

Aplicação desenvolvida de raiz para este doutoramento, com base num algoritmo que permite que nos casos em que o tempatilumi, por falta de bateria ou por outro problema, deixe de funcionar e por isso deixe de efetuar registos, a serie temporal então interrompida seja preenchida. Condição necessária para realizar análises no *software* de ritmos “**El temps**”.

Planilha para uniformização de dados recolhidos no Diário de sono (PUD-DS)

Planilha Excel para converter os dados temporais recolhidos do diário de sono que estão no formato hh:mm, para “minutos corrigidos” para posterior análise de estatística convencional.

Com recurso ao El temps

Software Desenvolvido pela Universidade de Barcelona para análise aprofundada de ritmicidade humana, versão 260 (análises realizadas na Universidade de São Paulo). Com este programa fizeram-se análises de actogramas/termogramas, periódogramas, formas de onda e análises cosinor. No entanto, para que os dados brutos provenientes dos tempatilumis e do STAFE pudessem ser lidos e integrados no software **El-Temps**, usaram-se as aplicações e macros: **Aplicação Automática de Análise de *Outliers* – Registos de Tempatilumis (A3O-RT); Aplicação de preenchimento automático de séries temporais interrompidas (A-PASTI); Programa de Importação Automática e Pré-tratamento de dados (PIA-PTD) do *Software* de treino e avaliação de funções executivas (STAFE).**

Com o “El-Temps”, realizaram-se várias análises. Todas elas tiveram por função verificar a existência de ritmos e sua caracterização:

- Actogramas/termograma,
- Periódogramas,
- *Wave form*
- Análises cosinor

Actogramas/termograma

O actogramas para análise visual de ritmo de atividade e o termograma para análise visual de ritmo de temperatura, são representações gráficas comuns na cronobiologia (figura 2.6). Nestas representações, através de análise visual verifica-se se a variável medida possui ou não ritmo, e quais os padrões que o ritmo apresenta. Um actograma constrói-se a partir de uma série temporal da variável medida. A série é subdividida em

períodos de 24 horas (00:00h – 23:59h) e as resultantes desta divisão são empilhadas, para que cada linha do gráfico corresponda a um dia. Seguidamente dá-se como exemplo um actograma.

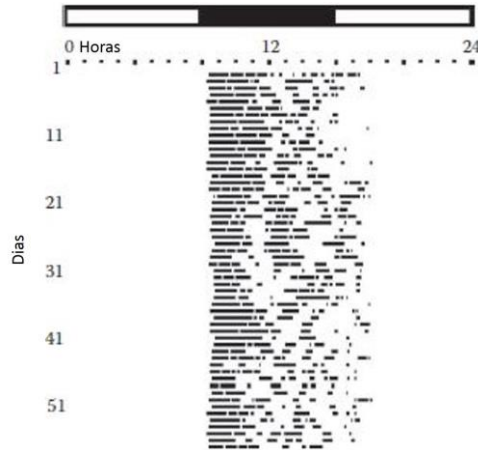


Figura 2.6 - Actograma de atividade/repouso do rato doméstico (*Mus musculus*) mantido num ciclo de CE de 8 horas de escuro e 16 de claro (CE 16:8h). Série temporal de 56 dias. As zonas mais brancas correspondem a períodos de repouso durante o dia, as mais escuras representam períodos de atividade, durante a noite.

Períodogramas

O períodograma (figura 2.7) na análise de series temporais prediz qual ou quais os períodos dos ciclos que melhor se adaptam aos dados. Quanto ao períodograma, foram utilizados o Lomb Scargle, sendo calculada a densidade de potência espectral (PSD), dimensão análoga à % de variância.

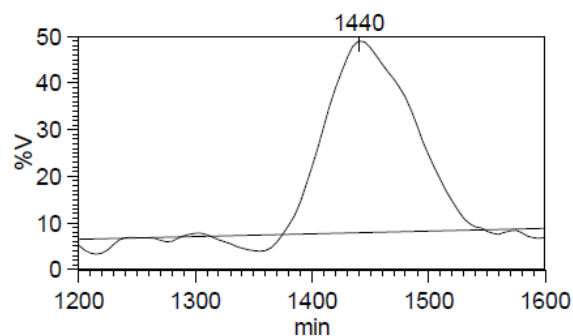


Figura 2.7 – Periodograma *lomb Scargle* do ritmo de temperatura corporal periférica, com determinação do período que melhor se adapta à variável rítmica, neste caso 1440min.

Waveform

A *waveform* (figura 2.8) permite-nos perceber através de análise visual como varia a variável medida no período de 24h. À semelhança do actograma a série temporal é dividida em períodos de 24 h, e os dados dos diferentes dias colocados no mesmo eixo cartesiano.

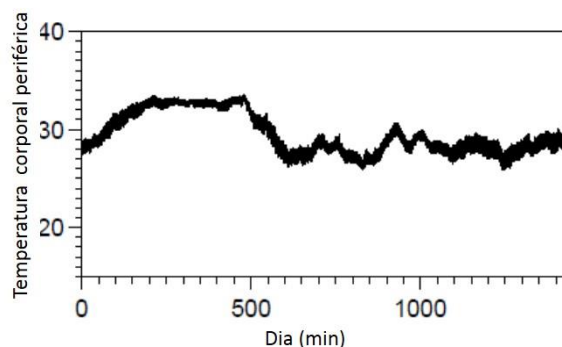


Figura 2.8 - *Waveform* de uma série temporal de 16 dias da medida da temperatura corporal periférica.

Análise Cosinor

Método de análise de ritmos biológicos que consiste no ajuste da curva cosseno aos dados. Através desta análise são vários os parâmetros que podemos calcular e que caracterizam o ritmo (figura 2.9). A amplitude do ritmo, o mesor e a acrofase são três exemplos e os utilizados neste estudo. Realizaram-se análises COSINOR (Mesor, Amplitude e Acrofase) para a temperatura corporal periférica e atividade nos dois grupos

de cronotipo, à semana e ao fim de semana, bem como para os parâmetros das funções cognitivas estudadas.

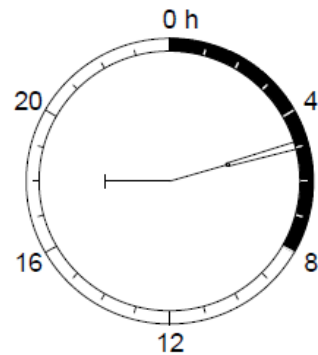


Figura 2.9 - Análise cosinor do ritmo da temperatura corporal periférica evidenciando a acrofase por volta das 05:00h.

Com Recurso ao IBM SPSS Statistics 20

As análises estatísticas com o SPSS foram realizadas em conformidade com as características das distribuições, as dimensões das amostras e a tipologia das variáveis. Para o teste das hipóteses de estudo usaram-se testes de Wilcoxon, de Mann-Whitney e Friedman.

RESULTADOS

Para uma melhor leitura e compreensão dos resultados decidiu-se dividi-los de acordo com a metodologia de obtenção de dados (diário de sono, tempatilumis e iPad).

1. Cronotipo e os diferentes parâmetros (variáveis) do diário de sono do manual de registo diário à semana e ao fim de semana.

1.1 - Efeito Fim-de Semana

1.1.1 - Grupo Matutino (semana vs fim de semana)

O início do sono, o fim do sono, e meia fase do sono, revelam uma média superior no fim de semana. Também a média de duração de sono é maior no fim de semana, sendo que a latência do sono e o tempo para se levantar da cama é semelhante à semana e fim de semana (Tabela 3.1.1):

Tabela 3.1.1 – Estatísticas descritivas do grupo matutino à semana e ao fim de semana.

	N	Média (min)	Desvio Padrão (min)	Mínimo (min)	Máximo (min)
Início do Sono na Semana	6	1481,67	48,620	1431	1542
Fim do Sono na Semana	6	486,33	39,016	440	547
Duração do Sono na Semana	6	444,50	59,255	337	502
Latência do Sono na Semana	6	6,83	4,446	3	15
Tempo para se Levantar na Semana	6	14,50	18,876	2	52
Meia Fase do Sono na Semana	6	1703,92	32,763	1671	1762
Início do Sono no Fim de Semana	6	1508,33	52,260	1467	1607
Fim do Sono no Fim de Semana	6	565,50	52,417	493	614
Duração do Sono no Fim de Semana	6	505,83	79,693	386	606
Latência do Sono no Fim de Semana	6	9,00	12,345	1	32
Tempo para se Levantar no Fim de Semana	6	13,67	13,574	0	38
Meia Fase do Sono no Fim de Semana	6	1761,25	42,404	1706	1800

A comparação das variáveis do diário de sono entre a semana e o fim de semana no grupo matutino foi feita com base no teste de Wilcoxon, e encontra-se descrita nas Tabelas 3.1.2 e 3.1.3

Tabela 3.1.2 - Testes de Wilcoxon no grupo matutino, comparando os postos dos diferentes indicadores do sono à semana e ao fim de semana

		N	Posto médio	Soma dos postos
Início do Sono no Fim de Semana - Início do Sono na Semana	Postos negativos	2 ^a	1,50	3,00
	Postos positivos	4 ^b	4,50	18,00
	Empates	0 ^c		
	Total	6		
Fim do Sono no Fim de Semana - Fim do Sono na Semana	Postos negativos	0 ^d	,00	,00
	Postos positivos	5 ^e	3,00	15,00
	Empates	1 ^f		
	Total	6		
Duração do Sono no Fim de Semana - Duração do Sono na Semana	Postos negativos	1 ^g	2,00	2,00
	Postos positivos	5 ^h	3,80	19,00
	Empates	0 ⁱ		
	Total	6		
Latência do Sono no Fim de Semana - Latência do Sono na Semana	Postos negativos	5 ^j	3,00	15,00
	Postos positivos	1 ^k	6,00	6,00
	Empates	0 ^l		
	Total	6		
Tempo para se Levantar no Fim de Semana - Tempo para se Levantar na Semana	Postos negativos	4 ^m	3,00	12,00
	Postos positivos	2 ⁿ	4,50	9,00
	Empates	0 ^o		
	Total	6		
Meia Fase do Sono no Fim de Semana - Meia Fase do Sono na Semana	Postos negativos	0 ^p	,00	,00
	Postos positivos	5 ^q	3,00	15,00
	Empates	1 ^r		
	Total	6		

a. Início do Sono no Fim de Semana < Início do Sono na Semana; b. Início do Sono no Fim de Semana > Início do Sono na Semana; c. Início do Sono no Fim de Semana = Início do Sono na Semana; d. Fim do Sono no Fim de Semana < Fim do Sono na Semana; e. Fim do Sono no Fim de Semana > Fim do Sono na Semana; f. Fim do Sono no Fim de Semana = Fim do Sono na Semana; g. Duração do Sono no Fim de Semana < Duração do Sono na Semana; h. Duração do Sono no Fim de Semana > Duração do Sono na Semana; i. Duração do Sono no Fim de Semana = Duração do Sono na Semana; j. Latência do Sono no Fim de Semana < Latência do Sono na Semana; k. Latência do Sono no Fim de Semana > Latência do Sono na Semana; l. Latência do Sono no Fim de Semana = Latência do Sono na Semana; m. Tempo para se Levantar no Fim de Semana < Tempo para se Levantar na Semana; n. Tempo para se Levantar no Fim de Semana > Tempo para se Levantar na Semana; o. Tempo para se Levantar no Fim de Semana = Tempo para se Levantar na Semana; p. Meia Fase

do Sono no Fim de Semana < Meia Fase do Sono na Semana; q. Meia Fase do Sono no Fim de Semana > Meia Fase do Sono na Semana; r. Meia Fase do Sono no Fim de Semana = Meia Fase do Sono na Semana.

Tabela 3.1.3 – Testes Wilcoxon para comparação indicadores do sono entre semana e fim de semana, no grupo matutino.

	Início do Sono	Fim do Sono	Duração do Sono	Latência do Sono	Tempo para se Levantar	Meia Fase do Sono
Z	-1,572 ^b	-2,023 ^b	-1,782 ^b	-,949 ^c	-,315 ^c	-2,023 ^b
p (2-caudas)	,116	,043	,075	,343	,752	,043

b. Baseado nos postos negativos.

c. Baseado nos postos positivos.

Perante os dados desta última tabela, verifica-se que existe uma diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre o fim do sono à semana e ao fim de semana ($p = 0,043$) e entre a meia fase sono à semana e ao fim de semana ($p = 0,043$). De referir ainda a aparente tendência para essa mesma diferença ($p = 0,075$) no que respeita à duração de sono entre a semana e o fim de semana.

Assim, damos conta que o final do sono acontece mais tarde ao fim de semana (09:25h) do que à semana (08:06h), em cerca de 79 minutos. Relativamente à meia fase do sono verifica-se igualmente que é mais tardia ao fim de semana (05:21h) do que à semana (04:23h), em aproximadamente 58 minutos. No que respeita à duração de sono e considerando a tendência aparente atrás falada, verifica-se que os participantes matutinos deste estudo têm tendência a dormir aproximadamente mais 60 minutos ao fim de semana (duração do sono de 8 horas e 25 minutos) que à semana (duração do sono de 7 horas e 24 minutos).

1.1.2 - Grupo Vespertino (semana vs fim de semana)

A média do início do sono é semelhante entre a semana e ao fim de semana. Por outro lado, o fim do sono e a meia fase do sono revelam uma média superior no fim de semana. Também a média de duração de sono é maior no fim de semana, sendo que a média de latência do sono é semelhante entre a semana e o fim de semana. Relativamente à média do tempo que se demoram a levantar é superior à semana do que ao fim de semana (Tabela 3.1.4).

Tabela 3.1.4 – Estatísticas descritivas do grupo vespertino à semana e ao fim de semana

	N	Média (min)	Desvio Padrão (min)	Mínimo (min)	Máximo (min)
Início do Sono na Semana	9	1545,33	36,759	1495	1618
Fim do Sono na Semana	9	513,56	36,875	444	553
Duração do Sono na Semana	9	408,33	40,743	357	466
Latência do Sono na Semana	9	26,22	27,730	4	94
Tempo para se Levantar na Semana	9	25,89	19,871	3	56
Meia Fase do Sono na Semana	9	1749,50	30,610	1696	1797
Início do Sono no Fim de Semana	9	1541,56	55,579	1461	1621
Fim do Sono no Fim de Semana	9	610,33	84,741	465	713
Duração do Sono no Fim de Semana	9	508,67	77,062	377	628
Latência do Sono no Fim de Semana	9	24,67	23,463	5	80
Tempo para se Levantar no Fim de Semana	9	17,56	15,781	4	52
Meia Fase do Sono no Fim de Semana	9	1795,89	60,294	1695	1887

A comparação das variáveis entre a semana e o fim de semana foi feita com base no teste de Wilcoxon, como descrito nas Tabelas 3.1.5 e 3.1.6

Tabela 3.1.5 – Testes de Wilcoxon no grupo vespertino, comparando os postos dos diferentes indicadores do sono à semana e ao fim de semana.

		N	Posto Médio	Soma dos postos
Início do Sono no Fim de Semana - Início do Sono na Semana	Posto negativo	5 ^a	5,00	25,00
	Posto positivo	4 ^b	5,00	20,00
	Empates	0 ^c		
	Total	9		
Fim do Sono no Fim de Semana - Fim do Sono na Semana	Posto negativo	2 ^d	2,00	4,00
	Posto positivo	7 ^e	5,86	41,00
	Empates	0 ^f		
	Total	9		
Duração do Sono no Fim de Semana - Duração do Sono na Semana	Posto negativo	2 ^g	2,50	5,00
	Posto positivo	7 ^h	5,71	40,00
	Empates	0 ⁱ		
	Total	9		
Latência do Sono no Fim de Semana - Latência do Sono na Semana	Posto negativo	5 ^j	5,00	25,00
	Posto positivo	4 ^k	5,00	20,00
	Empates	0 ^l		
	Total	9		

Tempo para se Levantar no Fim de Semana - Tempo para se Levantar na Semana	Posto negativo	6 ^m	6,50	39,00
	Posto positivo	3 ⁿ	2,00	6,00
	Empates	0 ^o		
	Total	9		
Meia Fase do Sono no Fim de Semana - Meia Fase do Sono na Semana	Posto negativo	3 ^p	2,67	8,00
	Posto positivo	6 ^q	6,17	37,00
	Empates	0 ^r		
	Total	9		

a. Início do Sono no Fim de Semana < Início do Sono na Semana; b. Início do Sono no Fim de Semana > Início do Sono na Semana; c. Início do Sono no Fim de Semana = Início do Sono na Semana; d. Fim do Sono no Fim de Semana < Fim do Sono na Semana; e. Fim do Sono no Fim de Semana > Fim do Sono na Semana; f. Fim do Sono no Fim de Semana = Fim do Sono na Semana; g. Duração do Sono no Fim de Semana < Duração do Sono na Semana; h. Duração do Sono no Fim de Semana > Duração do Sono na Semana; i. Duração do Sono no Fim de Semana = Duração do Sono na Semana; j. Latência do Sono no Fim de Semana < Latência do Sono na Semana; k. Latência do Sono no Fim de Semana > Latência do Sono na Semana; l. Latência do Sono no Fim de Semana = Latência do Sono na Semana; m. Tempo para se Levantar no Fim de Semana < Tempo para se Levantar na Semana; n. Tempo para se Levantar no Fim de Semana > Tempo para se Levantar na Semana; o. Tempo para se Levantar no Fim de Semana = Tempo para se Levantar na Semana; p. Meia Fase do Sono no Fim de Semana < Meia Fase do Sono na Semana; q. Meia Fase do Sono no Fim de Semana > Meia Fase do Sono na Semana; r. Meia Fase do Sono no Fim de Semana = Meia Fase do Sono na Semana.

Tabela 3.1.6 – Testes Wilcoxon para comparação indicadores do sono entre semana e fim de semana, no grupo vespertino.

	Início do Sono	Fim do Sono	Duração do Sono	Latência do Sono	Tempo para se Levantar	Meia Fase do Sono
Z	-,296 ^b	-2,192 ^c	-2,073 ^c	-,297 ^b	-1,958 ^b	-1,718 ^c
p (2-caudas)	,767	,028	,038	,767	,050	,086

b. Baseado nos postos positivos

c. Baseado nos postos negativos

Mediante a análise da última tabela podemos verificar que existe uma diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre o fim do sono à semana e ao fim de semana ($p = 0,028$), entre a duração de sono à semana e ao fim de semana ($p = 0,038$) e entre o tempo que cada sujeito demora a se levantar à semana e ao fim de semana ($p = 0,050$). De referir ainda a aparente tendência para essa mesma diferença ($p = 0,086$) no que respeita à meia fase do sono entre a semana e o fim de semana.

Assim, damos conta que o final do sono acontece mais tarde ao fim de semana (10:10h) do que à semana (08:33h), em cerca de 97 minutos. Relativamente à duração do sono verifica-se que é maior ao fim de semana (duração de 8 horas e 28 minutos) em aproximadamente 100 minutos. No que respeita à meia fase do sono e considerando a

tendência aparente atrás falada, verifica-se que os participantes vespertinos têm uma meia fase do sono mais tardia ao fim de semana (05:55h) comparativamente à semana (05:09h) em aproximadamente 46 minutos. No que respeita ao tempo que cada participante demora a levantar-se após acordar é maior à semana que ao fim de semana em cerca de 8 minutos.

1.2- Efeito Cronotipo

1.2.1 - Matutinos semana vs Vespertinos semana

A comparação dos dois grupos à semana foi feita com base no teste de Mann Whitney. Os postos para os diferentes parâmetros do sono são mostrados nas tabelas 3.1.7 e os testes estatísticos na tabela 3.1.8

Tabela 3.1.7– Teste de Mann-Whitney da comparação dos dois grupos (M e V) à semana.

	Cronotipo	N	Posto médio	Soma dos postos
Início do Sono na Semana	Matutino	6	5,00	30,00
	Vespertino	9	10,00	90,00
	Total	15		
Fim do Sono na Semana	Matutino	6	6,42	38,50
	Vespertino	9	9,06	81,50
	Total	15		
Duração do Sono na Semana	Matutino	6	9,92	59,50
	Vespertino	9	6,72	60,50
	Total	15		
Latência do Sono na Semana	Matutino	6	5,08	30,50
	Vespertino	9	9,94	89,50
	Total	15		
Tempo para se Levantar na Semana	Matutino	6	5,67	34,00
	Vespertino	9	9,56	86,00
	Total	15		
Meia Fase do Sono na Semana	Matutino	6	4,83	29,00
	Vespertino	9	10,11	91,00
	Total	15		

Tabela 3.1.8- Testes de Mann-Whitney para comparação dos dois grupos (M e V) à semana.

	Início do Sono	Fim do Sono	Duração do Sono	Latência do Sono	Tempo para se Levantar	Meia Fase do Sono
Mann-Whitney U	9,000	17,500	15,500	9,500	13,000	8,000
p (2-caudas)	,034	,262	,175	,038	,098	,025

Numa análise aos dados da tabela, verifica-se que existe uma diferença estatisticamente significativa entre os dois grupos, no início de sono ($p=0,36$), na latência do sono ($p=0,36$) e na meia fase do sono ($p=0,26$).

O início do sono começa mais tarde nos vespertinos em cerca de 63 minutos, à 01:45h, a latência do sono é maior nos vespertinos em aproximadamente 20 minutos e a meia fase do sono ocorre 45 minutos mais tarde nos vespertinos do que nos matutinos.

1.2.2 – Matutinos fim de semana vs Vespertinos fim de semana

A comparação dos dois grupos ao fim de semana foi feita novamente com base no teste de Mann Whitney. Os postos e os testes estatísticos para os diferentes parâmetros do sono são mostrados nas tabelas seguintes 3.1.9 e 3.1.10 respetivamente:

Tabela 3.1.9 – teste de Mann-Whitney da comparação dos dois grupos (M e V) ao fim de semana

	Cronotipo	N	Posto médio	Soma dos postos
Início do Sono no Fim de Semana	Matutino	6	6,33	38,00
	Vespertino	9	9,11	82,00
	Total	15		
Fim do Sono no Fim de Semana	Matutino	6	5,83	35,00
	Vespertino	9	9,44	85,00
	Total	15		
Duração do Sono no Fim de Semana	Matutino	6	7,92	47,50
	Vespertino	9	8,06	72,50
	Total	15		
Latência do Sono no Fim de Semana	Matutino	6	5,33	32,00
	Vespertino	9	9,78	88,00
	Total	15		

Tempo para se Levantar no Fim de Semana	Matutino	6	7,33	44,00
	Vespertino	9	8,44	76,00
	Total	15		
Meia Fase do Sono no Fim de Semana	Matutino	6	6,33	38,00
	Vespertino	9	9,11	82,00
	Total	15		

Tabela 3.1.10 - Testes de Mann-Whitney para comparação dos dois grupos (M e V) ao fim de semana.

	Início do Sono	Fim do Sono	Duração do Sono	Latência do Sono	Tempo para se Levantar	Meia Fase do Sono
Mann-Whitney U	17,000	14,000	26,500	11,000	23,000	17,000
p (2-caudas)	,239	,126	,953	,058	,636	,239

Mediante a análise desta tabela pode verificar-se que não existem diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos do cronotipo nas variáveis do diário de sono ao fim de semana, contudo parece existir uma tendência para que a latência de sono seja maior nos vespertinos em aproximadamente 16 minutos ($p=0,66$).

2. Análise dos ritmos de temperatura corporal periférica (TP) e atividade extraídos dos “tempatilumis”

2.1 - Efeito Fim-de Semana

2.1.1 - Análise dos ritmos de temperatura e atividade no grupo matutino (semana vs fim de semana)

Pela observação das acrofases presentes na seguinte tabela, verificamos que tanto no ritmo de TC, como no ritmo de atividade/repouso elas surgem mais tarde no fim de semana, cerca de 50 minutos no caso do ritmo de temperatura e 42 minutos no ritmo de atividade (tabela 3.2.1).

Tabela 3.2.1 – Estatísticas descritivas do grupo matutino à semana e ao fim de semana.

		N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	
Semana	Temperatura	Mesor (°C)	6	29,8967	,72564	28,97	30,73
		Amplitude (°C)	6	2,3500	,78542	,92	3,20
		Acrofase (min)	6	295,2933	76,10556	228,93	438,64
	Atividade	Mesor (Mini-metter)	6	84,1200	9,10495	68,88	95,62
		Amplitude (Mini-metter)	6	48,6350	7,48911	36,44	56,63
		Acrofase (min)	6	952,7583	17,93026	921,61	972,57
Fim-de Semana	Temperatura	Mesor (°C)	6	30,0633	1,40328	28,47	31,89
		Amplitude (°C)	6	3,0533	1,41214	,72	4,76
		Acrofase (min)	6	346,0117	70,86755	274,41	468,93
	Atividade	Mesor (Mini-metter)	6	82,5350	14,40535	62,36	97,60
		Amplitude (Mini-metter)	6	52,1967	13,62651	29,87	64,78
		Acrofase (min)	6	994,0950	83,36594	830,56	1060,14

A comparação dos diferentes parâmetros do ritmo de temperatura e atividade entre a semana e o fim de semana foi feita com base no teste de Wilcoxon, como descrito nas Tabelas 3.2.2 e 3.2.3.

Tabela 3.2.2 – Teste de Wilcoxon no grupo matutino, comparando os postos dos parâmetros, Mesor (Mes), Amplitude (Amplit) e Acrofase (Acrof) dos ritmos atividade (A) e temperatura (T) à semana (S) e ao fim de semana (FS).

		N	Posto médio	Soma dos postos
FS_T_Mes vs S_T_Mes	Postos negativos	2 ^a	4,50	9,00
	Postos positivos	4 ^b	3,00	12,00
	Empates	0 ^c		
	Total	6		
FS_T_Amplit vs S_T_Amplit	Postos negativos	2 ^d	2,00	4,00
	Postos positivos	4 ^e	4,25	17,00
	Empates	0 ^f		
	Total	6		

FS_T_Acrof vs S_T_Acrof	Postos negativos	0 ^g	,00	,00
	Postos positivos	6 ^h	3,50	21,00
	Empates	0 ⁱ		
	Total	6		
FS_A_Mes vs S_A_Mes	Postos negativos	2 ^j	5,00	10,00
	Postos positivos	4 ^k	2,75	11,00
	Empates	0 ^l		
	Total	6		
FS_A_Ampli vs S_A_Ampli	Postos negativos	1 ^m	6,00	6,00
	Postos positivos	5 ⁿ	3,00	15,00
	Empates	0 ^o		
	Total	6		
FS_A_Acrof vs S_A_Acrof	Postos negativos	1 ^p	5,00	5,00
	Postos positivos	5 ^q	3,20	16,00
	Empates	0 ^r		
	Total	6		

a. FS_T_Mes < S_T_Mes; b. FS_T_Mes > S_T_Mes; c. FS_T_Mes = S_T_Mes; d. FS_T_Ampli < S_T_Ampli; e. FS_T_Ampli > S_T_Ampli; f. FS_T_Ampli = S_T_Ampli; g. FS_T_Acrof < S_T_Acrof; h. FS_T_Acrof > S_T_Acrof; i. FS_T_Acrof = S_T_Acrof; j. FS_A_Mes < S_A_Mes; k. FS_A_Mes > S_A_Mes; l. FS_A_Mes = S_A_Mes; m. FS_A_Ampli < S_A_Ampli; n. FS_A_Ampli > S_A_Ampli; o. FS_A_Ampli = S_A_Ampli; p. FS_A_Acrof < S_A_Acrof; q. FS_A_Acrof > S_A_Acrof; r. FS_A_Acrof = S_A_Acrof.

Tabela 3.2.3 – Testes Wilcoxon para comparação dos diferentes parâmetros dos ritmos entre semana e fim de semana, no grupo matutino.

	FS_T_Mes vs S_T_Mes	FS_T_Ampli vs S_T_Ampli	FS_T_Acrof vs S_T_Acrof	FS_A_Mes vs S_A_Mes	FS_A_Ampli vs S_A_Ampli	FS_A_Acrof vs S_A_Acrof
Z	-,314 ^b	-1,363 ^b	-2,201 ^b	-,105 ^b	-,943 ^b	-1,153 ^b
p (2-caudas)	,753	,173	,028	,917	,345	,249

b. Baseado nos postos negativos.

Mediante a análise da última tabela e relativamente aos dois ritmos analisados, não verificamos diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos mesores e amplitudes à semana e ao fim de semana. Contudo, verifica-se que existe uma diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) apenas entre a acrofase do ritmo da temperatura à semana e ao fim de semana ($p = 0,028$) não se verificando o mesmo para o ritmo da

atividade. Desta forma verificamos um ligeiro atraso de fase no fim de semana em cerca de 50 minutos (Tabela 3.2.3) para a acrofase do ritmo da temperatura.

2.1.2 – Análise dos ritmos de temperatura e atividade no grupo vespertino (semana vs fim de semana)

Mais uma vez, através da *visual data analysis* parece-nos que o comportamento das componentes da análise Cosinor em relação aos dois ritmos foi semelhante ao que constatamos no grupo matutino. Estes resultados estão descritos na tabela 3.2.4.

Tabela 3.2.4 – Estatísticas descritivas do grupo vespertino à semana e ao fim de semana.

		N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo	
Semana	Temperatura	Mesor (°C)	10	29,8390	1,38313	27,36	31,97
		Amplitude (°C)	10	1,9710	,68138	1,26	3,55
		Acrofase (min)	10	328,6230	90,34530	219,52	506,68
	Atividade	Mesor (Mini-metter)	10	81,1960	14,01471	57,99	102,59
		Amplitude (Mini-metter)	10	43,9190	7,95394	30,81	55,16
		Acrofase (min)	10	1007,7600	63,71250	854,99	1087,76
Fim de Semana	Temperatura	Mesor (°C)	10	30,1700	1,63944	27,42	33,00
		Amplitude (°C)	10	2,5490	,87678	,89	3,71
		Acrofase (min)	10	368,8140	136,26079	202,21	662,63
	Atividade	Mesor (Mini-metter)	10	76,8990	13,45654	55,67	96,19
		Amplitude (Mini-metter)	10	49,2130	8,45641	39,39	61,69
		Acrofase (min)	10	1059,1130	67,88675	935,11	1137,98

A comparação dos diferentes parâmetros dos ritmos de temperatura e atividade entre a semana e o fim de semana foi feita com base no teste de Wilcoxon, como descrito nas Tabelas 3.2.5 e 3.2.6.

Tabela 3.2.5 – teste de Wilcoxon no grupo vespertino, comparando os postos dos parâmetros, Mesor (Mes), Amplitude (Amplit) e Acrofase (Acrof) dos ritmos atividade (A) e temperatura (T) à semana (S) e ao fim de semana (FS).

		N	Posto médio	Soma dos postos
FS_T_Mes vs S_T_Mes	Postos negativos	3 ^a	5,00	15,00
	Postos positivos	7 ^b	5,71	40,00
	Empates	0 ^c		
	Total	10		
FS_T_Amplit vs S_T_Amplit	Postos negativos	4 ^d	2,50	10,00
	Postos positivos	6 ^e	7,50	45,00
	Empates	0 ^f		
	Total	10		
FS_T_Acrof vs S_T_Acrof	Postos negativos	3 ^g	5,33	16,00
	Postos positivos	7 ^h	5,57	39,00
	Empates	0 ⁱ		
	Total	10		
FS_A_Mes vs S_A_Mes	Postos negativos	7 ^j	5,14	36,00
	Postos positivos	3 ^k	6,33	19,00
	Empates	0 ^l		
	Total	10		
FS_A_Ampli vs S_A_Ampli	Postos negativos	3 ^m	4,33	13,00
	Postos positivos	7 ⁿ	6,00	42,00
	Empates	0 ^o		
	Total	10		
FS_A_Acrof vs S_A_Acrof	Postos negativos	3 ^p	3,00	9,00
	Postos positivos	7 ^q	6,57	46,00
	Empates	0 ^r		
	Total	10		

a. FS_T_Mes < S_T_Mes; b. FS_T_Mes > S_T_Mes; c. FS_T_Mes = S_T_Mes; d. FS_T_Amplit < S_T_Amplit; e. FS_T_Amplit > S_T_Amplit; f. FS_T_Amplit = S_T_Amplit; g. FS_T_Acrof < S_T_Acrof; h. FS_T_Acrof > S_T_Acrof; i. FS_T_Acrof = S_T_Acrof; j. FS_A_Mes < S_A_Mes; k. FS_A_Mes > S_A_Mes; l. FS_A_Mes = S_A_Mes; m. FS_A_Ampli < S_A_Ampli; n. FS_A_Ampli > S_A_Ampli; o. FS_A_Ampli = S_A_Ampli; p. FS_A_Acrof < S_A_Acrof; q. FS_A_Acrof > S_A_Acrof; r. FS_A_Acrof = S_A_Acrof.

Tabela 3.2.6 – Testes Wilcoxon para comparação dos parâmetros dos ritmos de temperatura e atividade entre semana e fim de semana, no grupo vespertino.

	FS_T_Mes	FS_T_Amplit	FS_T_Acrof	FS_A_Mes	FS_A_Ampli	FS_A_Acrof
	vs	vs	vs	vs	vs	vs
	S_T_Mes	S_T_Amplit	S_T_Acrof	S_A_Mes	S_A_Ampli	S_A_Acrof
Z	-1,274 ^b	-1,784 ^b	-1,172 ^b	-,866 ^c	-1,478 ^b	-1,886 ^b
p (2-caudas)	,203	,074	,241	,386	,139	,059

b. Baseado nos postos negativos.

c. Baseado nos postos positivos.

Pela análise da tabela não se verificam diferenças estatisticamente significativa ($p < 0,05$), no entanto, de referir a aparente tendência para essa mesma diferença ($p = 0,059$) no que respeita à acrofase do ritmo de atividade à semana relativamente ao fim de semana, onde se verifica um ligeiro atraso de fase de aproximadamente 52 minutos. Ao contrário do que se verificou no grupo matutino não se encontraram diferenças com significado estatístico na acrofase do ritmo de temperatura entre a semana e o fim de semana.

2.2 – Efeito Cronotipo

2.2.1 Comparação dos ritmos de temperatura e atividade à semana entre o grupo matutino e o grupo vespertino

A comparação dos dois grupos à semana foi feita com base no teste de Mann Whitney. Os postos e os testes estatísticos são considerados na tabela 3.2.7 e 3.2.8

Tabela 3.2.7 – Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos dos parâmetros, Mesor (Mes), da Amplitude (Amplit) e Acrofase (Acrof) dos ritmos da Temperatura (T) e Atividade (A) à semana (S).

	Cronotipo	N	Posto médio	Soma dos postos
S_T_Mes	Matutino	6	8,50	51,00
	Vespertino	10	8,50	85,00
	Total	16		
S_T_Amplit	Matutino	6	10,67	64,00
	Vespertino	10	7,20	72,00
	Total	16		

S_T_Acrof	Matutino	6	7,67	46,00
	Vespertino	10	9,00	90,00
	Total	16		
S_A_Mes	Matutino	6	9,33	56,00
	Vespertino	10	8,00	80,00
	Total	16		
S_A_Amplit	Matutino	6	10,50	63,00
	Vespertino	10	7,30	73,00
	Total	16		
S_A_Acrof	Matutino	6	4,50	27,00
	Vespertino	10	10,90	109,00
	Total	16		

Tabela 3.2.8- Testes de Mann-Whitney para comparação dos dois grupos (M e V) à semana.

	S_T_Mes	S_T_Amplit	S_T_Acrof	S_A_Mes	S_A_Amplit	S_A_Acrof
Mann-Whitney U	30,000	17,000	25,000	25,000	18,000	6,000
p (2-caudas)	1,000	,159	,588	,588	,193	,009

Pela análise da tabela anterior encontramos apenas diferenças com significado estatístico na comparação entre a acrofase do ritmo de atividade/repouso entre os matutinos e os vespertinos ($p=,009$). Verifica-se que a acrofase à semana ocorre aproximadamente 55 minutos mais tarde no grupo vespertino.

2.3.2 Comparação dos ritmos de temperatura e atividade ao fim de semana entre o grupo matutino e o grupo vespertino

A comparação dos dois grupos ao fim de semana foi feita com base no teste de Mann Whitney. Os postos e os testes estatísticos são considerados nas tabelas 3.2.9 e 3.2.10.

Tabela 3.2.9 – Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos dos parâmetros, Mesor (Mes), da Amplitude (Amplit) e Acrofase (Acrof) dos ritmos da Temperatura (T) e Atividade (A) ao fim de semana (FS).

	Cronotipo	N	Posto médio	Soma dos postos
FS_T_Mes	Matutino	6	8,17	49,00
	Vespertino	10	8,70	87,00
	Total	16		
FS_T_Amplit	Matutino	6	10,17	61,00
	Vespertino	10	7,50	75,00
	Total	16		
FS_T_Acrof	Matutino	6	8,17	49,00
	Vespertino	10	8,70	87,00
	Total	16		
FS_A_Mes	Matutino	6	9,83	59,00
	Vespertino	10	7,70	77,00
	Total	16		
FS_A_Amplit	Matutino	6	9,83	59,00
	Vespertino	10	7,70	77,00
	Total	16		
FS_A_Acrof	Matutino	6	6,00	36,00
	Vespertino	10	10,00	100,00
	Total	16		

Tabela 3.2.10 - Testes de Mann-Whitney para comparação dos dois grupos (M e V) à semana.

	FS_T_Mes	FS_T_Amplit	FS_T_Acrof	FS_A_Mes	FS_A_Ampli	FS_A_Acrof
Mann-Whitney U	28,000	20,000	28,000	22,000	22,000	15,000
p (2-caudas)	,828	,278	,828	,386	,386	,104

Pela análise da tabela não verificamos diferenças com significado estatístico para nenhum dos ritmos.

3. Averiguação da existência de ritmos, dos auto-relatos subjetivos e ritmos cognitivos (dados provenientes) dos iPads, com recurso ao software de análise de ritmos – El Temps.

Antes de nos debruçarmos sobre esta análise, importa referir que houve fraca colaboração dos participantes na execução das tarefas ao fim de semana. Este motivo impediu a análise de ritmos das autoavaliações e ritmos cognitivos à semana vs fim de semana, que se pretendia fazer, tendo sido apenas feita a análise para a existência ou não de ritmos nos diferentes parâmetros estudados nos 15-17 dias de experiência, não diferenciando dias de semana e fins-de-semana. Efetivamente o número de respostas ao fim de semana, para a grande maioria dos participantes foi muito baixa, não permitindo a análise cosinor dos dados. Relevante é também o facto da tarefa *Trail Making Test*”B” ter exibido muitos erros durante a sua execução. Assim, por duvidarmos da fiabilidade dos dados registados nesta tarefa decidiu-se não proceder à sua análise.

3.1 Análises cosinor dos 24 parâmetros estudados

Na análise dos 24 parâmetros estudados, quer subjetivos (escalas visuo-analógicas) quer objetivos (tarefas associadas a funções executivas realizadas em iPad), só encontrámos ritmos significativos na maioria dos sujeitos na autoavaliação de fadiga física, fadiga mental, sonolência e estado de alerta (escalas de autoavaliação) e por isso só descrevemos a análise cosinor das tarefas VAS. Houve parâmetros de algumas tarefas onde não se obtiveram ritmos, nem num único participante.

Importa referir, no entanto, que os participantes onde foram obtidos ritmos em mais parâmetros foram aqueles que responderam mais vezes às tarefas e que cumpriram quase à risca tudo o que lhes foi pedido.

3.1.1 - Comparação das acrofases das quatro escalas visuo-analógicas entre o grupo matutino e o grupo vespertino – Efeito Cronotipo.

Pela observação das acrofases presentes na seguinte tabela, verificamos a que a acrofase da fadiga física e fadiga mental nos matutinos se encontra por volta das 14:00h, enquanto nos vespertinos surge por volta das 06:00h da manhã. Relativamente à acrofase

da sonolência, surge nos matutinos por volta das 07:00h e por volta das 05:00h vespertinos. Nos vespertinos a acrofase do estado de alerta surge por volta 16:30h enquanto nos matutinos surge por volta das 11:00h (tabela 3.3.1).

Tabela 3.3.1: Estatísticas descritivas das acrofases das escalas visuo-analógicas de fadiga física, fadiga mental, sonolência e estado de alerta.

Grupo		N	Mínimo (min)	Máximo (min)	Média (min)	Desvio Padrão (min)
Matutinos	Fadiga_física	6	14	1428	800,41	621,464
	Fadiga_mental	6	11	1378	814,28	619,103
	Sonolência	3	7	1271	437,55	721,733
	Estado_de_Alerta	5	187	938	682,01	296,087
	Valid N (listwise)	3				
Vespertinos	Fadiga_física	6	54	1318	355,33	481,120
	Fadiga_mental	5	23	1422	401,76	577,266
	Sonolência	7	188	497	318,98	101,791
	Estado_de_Alerta	7	810	1176	992,15	129,605
	Valid N (listwise)	5				

A comparação das acrofases das diferentes escalas nos dois grupos foi feita com base no teste de Mann-Whitney. Os postos e os testes estatísticos são considerados na tabela 3.3.2 e 3.3.3.

Tabela 3.3.2 – Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos das acrofases das tarefas 1, 2, 3 e 4.

	Cronotipo	N	Posto Médio	Soma dos postos
VA_Fadiga_física_Parâmetro1	Matutino	6	7,17	43,00
	Vespertino	6	5,83	35,00
	Total	12		
VA_Fadiga_mental_Parâmetro2	Matutino	6	6,33	38,00
	Vespertino	5	5,60	28,00
	Total	11		
VA_Sonolência_Parâmetro3	Matutino	3	4,33	13,00
	Vespertino	7	6,00	42,00
	Total	10		
VA_Estado_de_alerta_Parâmetro4	Matutino	5	3,80	19,00
	Vespertino	7	8,43	59,00
	Total	12		

Tabelas 3.3.3 - Testes de Mann-Whitney para comparação dos dois grupos (M e V) para as 4 escalas visuo-analógicas.

	VA_Fadiga_física_ Parâmetro1	VA_Fadiga_ment al_Parâmetro2	VA_Sonolência _Parâmetro3	VA_Estado_de_al erta_Parâmetro4
Mann-Whitney U	14,000	13,000	7,000	4,000
p (2-caudas)	,522	,715	,425	,028

Mediante a análise da tabela x pode verificar-se que existem diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos do cronotipo na acrofase do estado de alerta ($p=,029$), sendo que a acrofase nos matutinos é as 11:22h e nos vespertinos às 16:32h.

4 - Efeito de hora do dia e efeito cronotipo nos diferentes parâmetros estudados,

4.1 – Efeito hora do dia

Seguidamente apresentam-se as análises das performances nas tarefas visuo-analógicas e cognitivas dos indivíduos matutinos e vespertinos nas 4 janelas temporais de 6 horas em que se divide o dia (00:00h às 06:00h ou 1º período/intervalo; 06:00h às 12:00h ou 2º período/intervalo; 12:00h às 18:00h ou 3º período/intervalo; 18:00h às 24:00h ou 4º período/intervalo). Apenas são mostrados resultados onde foram obtidas significâncias estatísticas ($p<.05$) ou tendências para essa mesma significância estatística ($p<.10$).

4.1.1 -Fadiga física

Em relação à fadiga física, os valores médios das médias das respostas dos indivíduos matutinos e vespertinos nos 4 intervalos ao longo dos 15-17 dias, são descritos na tabela 3.4.1.

Tabela 3.4.1 – Estatísticas descritivas, por intervalo de tempo, na tarefa visuo-analógica para a fadiga física, no grupo matutino e grupo vespertino.

GRUPO H&O	N	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Média (cm)	Desvio Padrão(cm)	
Vespertino	Fadiga_física_0_6	4	5,92630	7,99137	6,9150067	1,01160387
	Fadiga_física_6_12	10	3,21537	5,96400	4,8390517	,93281797
	Fadiga_física_12_18	10	1,85259	6,07570	4,4076351	1,23611111
	Fadiga_física_18_24	10	1,56873	9,07371	5,3781222	2,12607423
	N válido	4				
Matutino	Fadiga_física_0_6	4	6,08566	9,19323	8,3146624	1,48937644
	Fadiga_física_6_12	6	,89871	4,71489	2,6599088	1,20729271
	Fadiga_física_12_18	6	1,06005	6,08356	3,9328876	1,90130125
	Fadiga_física_18_24	6	1,63471	8,20148	5,6792469	2,63020245
	N válido	4				

No grupo vespertino observamos uma diminuição dos valores médios de fadiga física do 1º período até ao 3º período com uma subida na última janela temporal, enquanto o grupo matutino atinge o pico mínimo de fadiga física no 2º período, aumenta nos períodos seguintes e atinge o pico máximo no 1º período (ver tabela 3.4.1).

As flutuações da média das médias dos valores absolutos de fadiga física nos grupos matutinos e vespertinos em cada intervalo de tempo, são melhor visualizadas na figura 3.1.

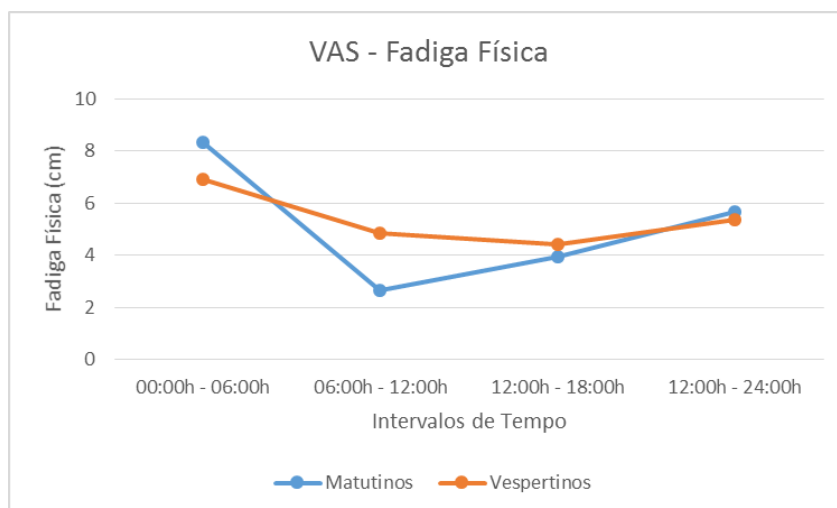


Figura 3.1: Evolução temporal da média das médias dos valores absolutos de fadiga física de cada participante, registados nos grupos matutinos e vespertinos, por janela temporal (intervalo).

Mediante a análise dos resultados, e apesar do teste de Friedman não nos permitir uma comparação “inter” intervalos, verificou-se uma flutuação significativa ao longo do dia tanto no grupo matutino ($\chi^2 = 11,100$; gl = 3; p= .011) como no grupo vespertino ($\chi^2 = 8,100$; gl = 3; p= .044).

4.1.2 - Fadiga Mental

Em relação à fadiga mental, os valores médios das médias das respostas dos indivíduos matutinos e vespertinos nos 4 intervalos ao longo dos 15-17 dias, são descritos na tabela 3.4.2.

Tabela 3.4.2. – Estatísticas descritivas, por intervalo de tempo, na tarefa visuo-analógica para fadiga mental, nos grupo matutino e grupo vespertino.

GRUPO H&O	N	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Média (cm)	Desvio Padrão (cm)	
Vespertino	Fadiga_Mental_0_6	4	6,34462	8,70518	7,2255977	1,11919614
	Fadiga_Mental_6_12	10	2,21057	6,80982	5,1369763	1,40208027
	Fadiga_Mental_12_18	10	3,04833	6,07570	4,7401094	1,18195564
	Fadiga_Mental_18_24	10	2,93576	6,69323	5,4827285	1,25058206
	N válido	4				
Matutino	Fadiga_Mental_0_6	4	7,12151	9,31607	8,2677713	1,00661218
	Fadiga_Mental_6_12	6	1,15768	4,96638	2,7218133	1,20127398
	Fadiga_Mental_12_18	6	1,36490	5,77410	3,9419218	1,85102993
	Fadiga_Mental_18_24	6	2,88533	8,00957	5,9971592	2,30565259
	N válido	4				

No grupo vespertino o pico mínimo da fadiga mental é obtido na janela temporal das 12:00h-18:00h, aumenta nas 2 janelas temporais seguintes, atingindo o pico máximo no intervalo das 00:00h-06:00h. O grupo matutino, por sua vez, atinge o pico mínimo no intervalo das 06:00h-12:00h aumentando consecutivamente nos intervalos seguintes, atingindo o máximo no intervalo das 00:00h-06:00h (ver tabela 3.4.2).

As flutuações da média das médias dos valores absolutos de fadiga mental nos grupos matutinos e vespertinos em cada intervalo de tempo, são melhor visualizadas na figura 3.2

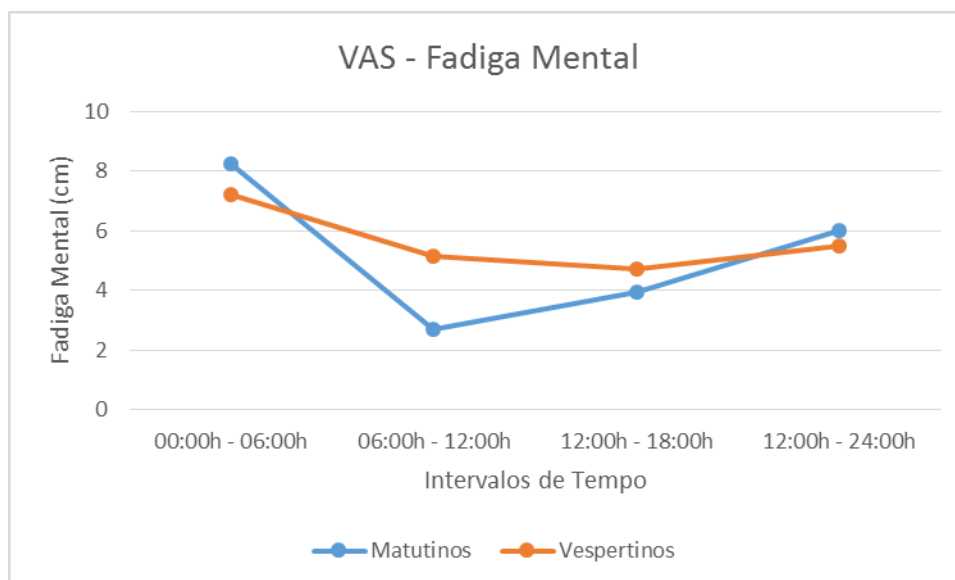


Figura 3.2: Evolução temporal da média das médias dos valores absolutos de fadiga mental de cada participante, registados nos grupos matutinos e vespertinos, por janela temporal (intervalo).

Mediante a análise dos resultados, verificou-se uma flutuação significativa ao longo do dia em relação à fadiga mental no grupo matutino ($\chi^2 = 9,900$; gl = 3; p= .019), sendo que o grupo vespertino apresenta uma tendência aparente para uma flutuação significativa ao longo do dia ($\chi^2 = 6,300$; gl = 3; p= .098).

4.1.3 - Sonolência

Em relação à sonolência, os valores médios das médias das respostas dos indivíduos matutinos e vespertinos nos 4 intervalos ao longo dos 15-17 dias, são descritos na tabela 3.4.3.

Tabela 3.4.3 – Estatísticas descritivas, por intervalo de tempo, na tarefa visuo-analógica para a sonolência, nos grupos matutino e grupo vespertino.

GRUPO H&O	N	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Média (cm)	Desvio Padrão(cm)
Sonolência_0_6	4	6,80279	8,13745	7,4496460	,71518272
Sonolência_6_12	10	5,05179	7,95959	6,6524530	1,01079116
Vespertino					
Sonolência_12_18	10	3,64125	6,85508	4,8136692	1,09355974
Sonolência_18_24	10	2,73904	7,16135	4,9009659	1,23963580
N válido	4				

	Sonolência_0_6	4	5,80677	9,41235	7,7826083	1,87037893
	Sonolência_6_12	6	2,44943	4,99253	3,5720078	1,04907537
Matutino	Sonolência_12_18	6	,65310	4,88098	3,5474819	1,47648609
	Sonolência_18_24	6	1,25249	7,54553	5,1208075	2,25994614
	N válido	4				

No grupo vespertino verifica-se uma diminuição da sonolência do 1º intervalo (pico máximo) para os seguintes, sendo que no 3º e 4º intervalo se verificam valores semelhantes e mínimos. Também no grupo matutino verificamos o máximo de sonolência no 1º intervalo, contudo, ela cai drasticamente no 2º e 3º intervalo (valores semelhantes – pico mínimo), voltando a subir no período das 18:00h-24:00h (ver tabela 3.4.3).

As flutuações da média das médias dos valores absolutos de sonolência nos grupos matutinos e vespertinos em cada intervalo de tempo, são melhor visualizadas na figura 3.3.

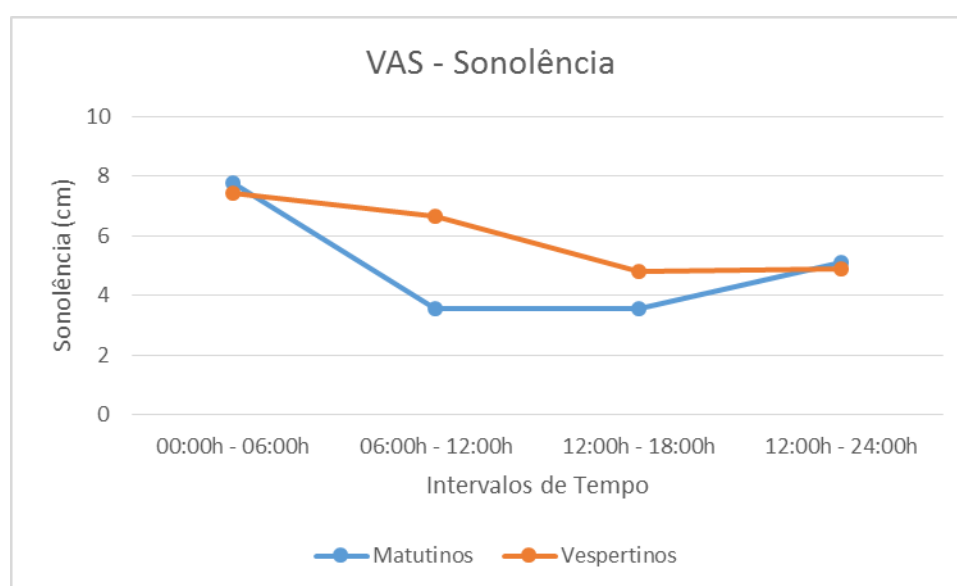


Figura 3.3: Evolução temporal da média das médias dos valores absolutos de sonolência, registados nos grupos matutinos e vespertinos, por janela temporal (intervalo).

Mediante a análise dos resultados da sonolência, verificou-se, uma flutuação significativa no grupo vespertino ($\chi^2 = 8,100$; gl = 3; p= .044) e uma tendência aparente para uma flutuação significativa no grupo matutino ($\chi^2 = 6,900$; gl = 3; p= .075).

4.1.4 - Estado de Alerta

Em relação ao estado de alerta, os valores médios das médias das respostas dos indivíduos matutinos e vespertinos nos 4 intervalos ao longo dos 15-17 dias, são descritos na tabela 3.4.4.

Tabela 3.4.4 – Estatísticas descritivas, por intervalo de tempo, na tarefa visuo-analógica para o estado de alerta, nos grupo matutino e grupo vespertino.

GRUPO H&O	N	Mínimo (cm)	Máximo (cm)	Média (cm)	Desvio Padrão(cm)	
Vespertino	Estado_Alerta_0_6	4	3,75498	4,72112	4,1575365	,43767142
	Estado_Alerta_6_12	10	2,95461	6,25100	4,3881634	1,08514969
	Estado_Alerta_12_18	10	4,40488	14,60893	6,4258679	3,17825634
	Estado_Alerta_18_24	10	3,76494	10,21414	5,6076715	1,89010666
	N válido	4				
Matutino	Estado_Alerta_0_6	4	,46813	4,73110	2,3518486	2,03874821
	Estado_Alerta_6_12	6	4,79831	7,54095	6,5229575	,91651202
	Estado_Alerta_12_18	6	4,79582	8,51793	6,5849119	1,53561075
	Estado_Alerta_18_24	6	2,29321	7,66061	5,1773070	1,94198799
	N válido	4				

No grupo vespertino os valores de estado de alerta são menores nos 2 primeiros intervalos, são máximos no 3º intervalo e começam a decair, ainda que pouco, no 4º intervalo. No grupo matutino os valores máximos de estado de alerta conseguem-se no 2º e 3º período, diminuem no 4º período e caem drasticamente no período 00:00h-06:00 (ver tabela 3.4.4).

As flutuações da média das médias dos valores absolutos do estado de alerta nos grupos matutinos e vespertinos em cada intervalo de tempo, são melhor visualizadas na figura 3.4.

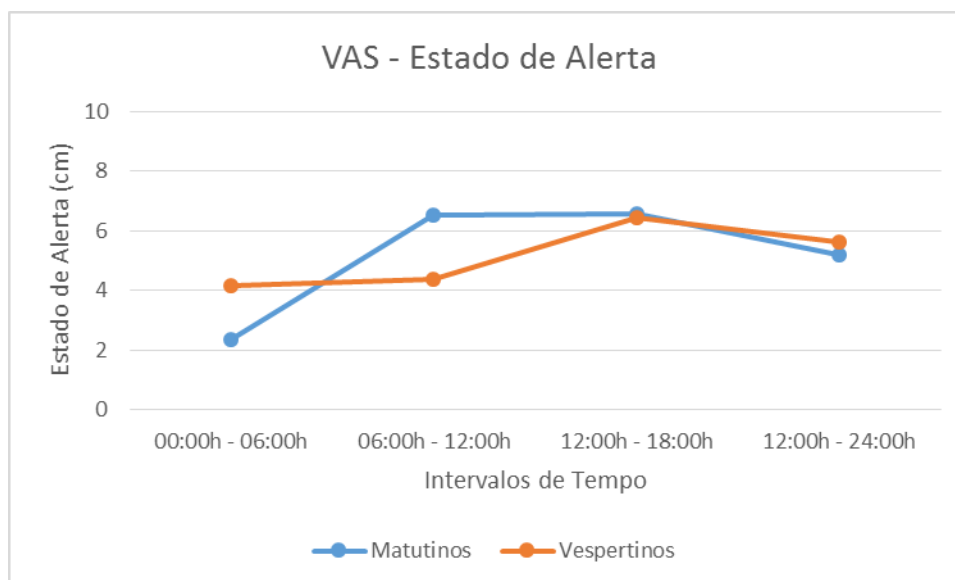


Figura 3.4: Evolução temporal da média das médias dos valores absolutos do estado de alerta, registados nos grupos matutinos e vespertinos, por janela temporal (intervalo).

Mediante a análise dos resultados do estado de alerta, verificou-se uma flutuação significativa ao longo do dia tanto no grupo matutino ($\chi^2 = 8,100$; gl = 3; p= .044) como no grupo vespertino ($\chi^2 = 8,700$; gl = 3; p= .034).

4.1.5 - CRT – Tempo de movimento

Em relação ao parâmetro, tempo de movimento, da tarefa de *Choice Reaction Time*, os valores médios das médias dos tempos motores dos indivíduos matutinos e vespertinos nos 4 intervalos, ao longo dos 15-17 dias, são descritos na tabela 3.4.5.

Tabela 3.4.5 – Estatísticas descritivas, por intervalo de tempo, do tempo de movimento na tarefa de *Choice Reaction Time*, nos grupos matutino e grupo vespertino.

GRUPO H&O	N	Mínimo (s)	Máximo (s)	Média (s)	Desvio Padrão
CRT_temp_movimento_0_6	4	,34693	,49927	,4043805	,07286640
CRT_temp_movimento_6_12	10	,34578	,49928	,4108174	,05512353
Vespertino CRT_temp_movimento_12_18	10	,30212	,71910	,3991204	,12977463
CRT_temp_movimento_18_24	10	,32558	,57174	,3830431	,08286135
N válido	4				

	CRT_temp_movimento_0_6	4	,36290	,47817	,4189435	,04890682
	CRT_temp_movimento_6_12	6	,29083	,49793	,3918635	,06983325
Matutino	CRT_temp_movimento_12_18	6	,29390	,45520	,3790182	,06246546
	CRT_temp_movimento_18_24	6	,26145	,45453	,3844858	,07532189
	N válido	4				

No grupo vespertino observamos o pico máximo o tempo de movimento atingido no período das 06:00h-12:00h, diminui nos dois seguintes intervalos e volta a aumentar no período das 00:00h-06:00h. No grupo matutino, o pico máximo atinge-se no período das 00:00h-06:00h diminui até ao 3º período (pico mínimo) e volta a aumentar no período das 18:00h-24:00h (ver tabela 3.4.5).

As flutuações da média das médias dos valores absolutos do tempo de movimento nos grupos matutinos e vespertinos em cada intervalo de tempo, são melhor visualizadas na figura 3.5.

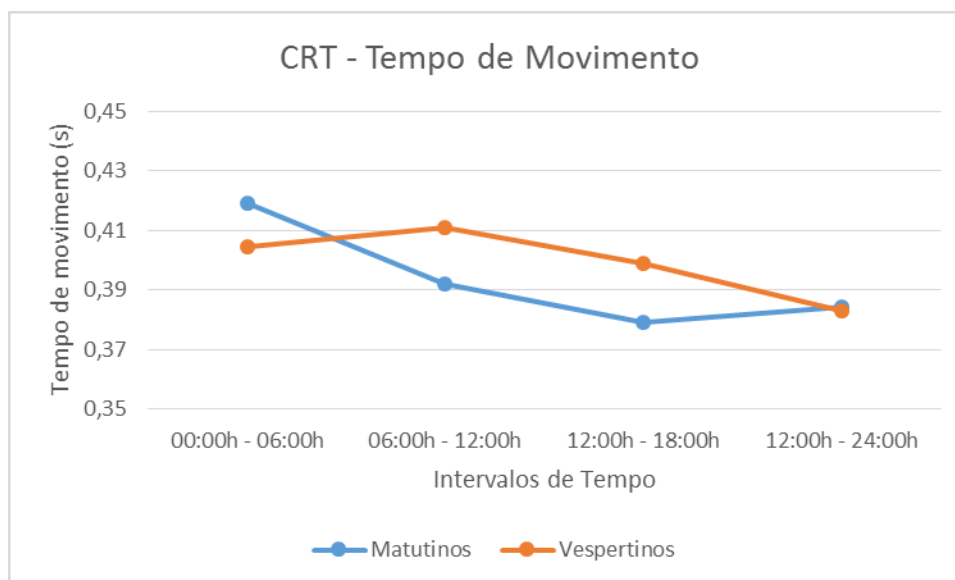


Figura 3.5: Evolução temporal da média das médias dos valores absolutos do tempo de movimento em segundos, registados nos grupos matutinos e vespertinos, por janela temporal (intervalo).

Mediante a análise dos resultados relativos ao tempo de movimento da tarefa de *Choice Reaction Time*, apenas verificamos uma tendência aparente para uma flutuação significativa no grupo vespertino ($\chi^2 = 6,900$; $gl = 3$; $p = .075$).

4.1.6 - SD1 – Omissões

Em relação ao parâmetro omissões da tarefa SD1, os valores médios das médias dos valores relativos de omissões dos indivíduos matutinos e vespertinos nos 4 intervalos ao longo dos 15-17 dias, são descritos na tabela 3.4.6.

Tabela 3.4.6 – Estatísticas descritivas, por intervalo de tempo, das omissões (valor relativo) na tarefa SD1, nos grupo matutino e grupo vespertino.

GRUPO H&O	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	
Vespertino	SD_1_Omissões_0_6	4	,00000	,01190	,0052579	,00499196
	SD_1_Omissões_6_12	10	,00000	,11026	,0308345	,03240115
	SD_1_Omissões_12_18	10	,00837	,05426	,0175425	,01441290
	SD_1_Omissões_18_24	10	,00000	,05555	,0138692	,01688820
	N válido	4				
Matutino	SD_1_Omissões_0_6	4	,00000	,05208	,0201823	,02293786
	SD_1_Omissões_6_12	6	,00140	,03362	,0140877	,01084465
	SD_1_Omissões_12_18	6	,00430	,02152	,0130381	,00678453
	SD_1_Omissões_18_24	6	,00354	,06231	,0206635	,01931742
	N válido	4				

No grupo vespertino verifica-se o máximo de omissões no 2º período, de onde decrescem até ao período das 00:00h-06:00h (pico mínimo). No grupo matutino, o máximo das omissões verifica-se no período das 18:00h-06:00h, sendo que diminui no 2º e 3º período (pico mínimo) (ver tabela 3.4.6).

As flutuações da média das médias dos valores relativos de omissões no SD1 nos grupos matutinos e vespertinos em cada intervalo de tempo, são melhor visualizadas na figura 3.6.

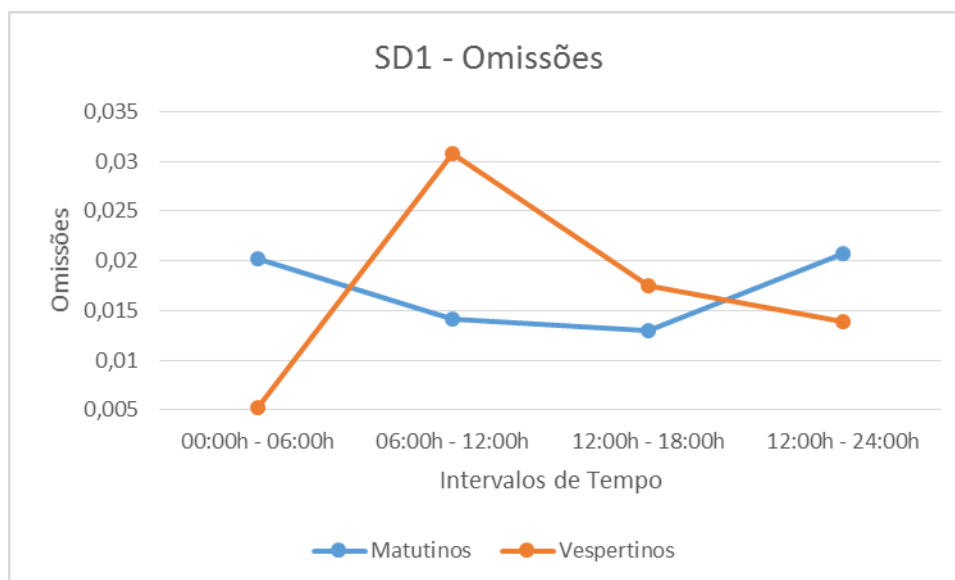


Figura 3.6: Evolução temporal da média das médias dos valores relativos de omissões na tarefa SD1, registados nos grupos matutinos e vespertinos, por janela temporal (intervalo).

Mediante a análise dos resultados dos valores relativos de omissões na tarefa SD1, verificou-se uma flutuação significativa ao longo no grupo vespertino ($\chi^2 = 8,100$; gl = 3; p= .044).

4.1.7 - SD1 – Tempo Algoritmo

Em relação ao parâmetro tempo médio gasto por identificação do algoritmo na tarefa SD1, os valores médios das médias do tempo por algoritmo dos indivíduos matutinos e vespertinos nos 4 intervalos ao longo dos 15-17 dias, são descritos na tabela 3.4.7.

Tabela 3.4.7 – Estatísticas descritivas, por intervalo de tempo, do tempo por algoritmo na tarefa SD1, no grupo matutino e grupo vespertino.

GRUPO H&O	N	Mínimo (s)	Máximo (s)	Média (s)	Desvio Padrão
SD_1_Temp_Alga_0_6	4	,08597	,10058	,0940041	,00616951
SD_1_Temp_Alga_6_12	10	,08762	,13753	,1076379	,01751249
Vespertino SD_1_Temp_Alga_12_18	10	,07093	,18169	,1044844	,03243563
SD_1_Temp_Alga_18_24	10	,07822	,13950	,0980177	,01762354
N válido	4				

	SD_1_Temp_Alga_0_6	4	,07740	,10783	,0894867	,01294969
	SD_1_Temp_Alga_6_12	6	,07760	,11975	,0951564	,01310558
Matutino	SD_1_Temp_Alga_12_18	6	,07430	,11517	,0910052	,01429430
	SD_1_Temp_Alga_18_24	6	,07920	,11094	,0928564	,01293480
	N válido	4				

No grupo vespertino o tempo médio gasto na identificação e seleção do algarismo nas diferentes linhas da tarefa é máximo no 2º intervalo e daí diminui até ao 1º intervalo (pico mínimo). No grupo matutino verifica-se igualmente o máximo no 2º período e o mínimo no 1º período, de qualquer forma, há uma ligeira subida do tempo do 3º para 4º período (ver tabela 3.4.7).

As flutuações da média das médias do tempo gasto na identificação do algarismo no SD1 nos grupos matutinos e vespertinos em cada intervalo de tempo, são melhor visualizadas na figura 3.7.

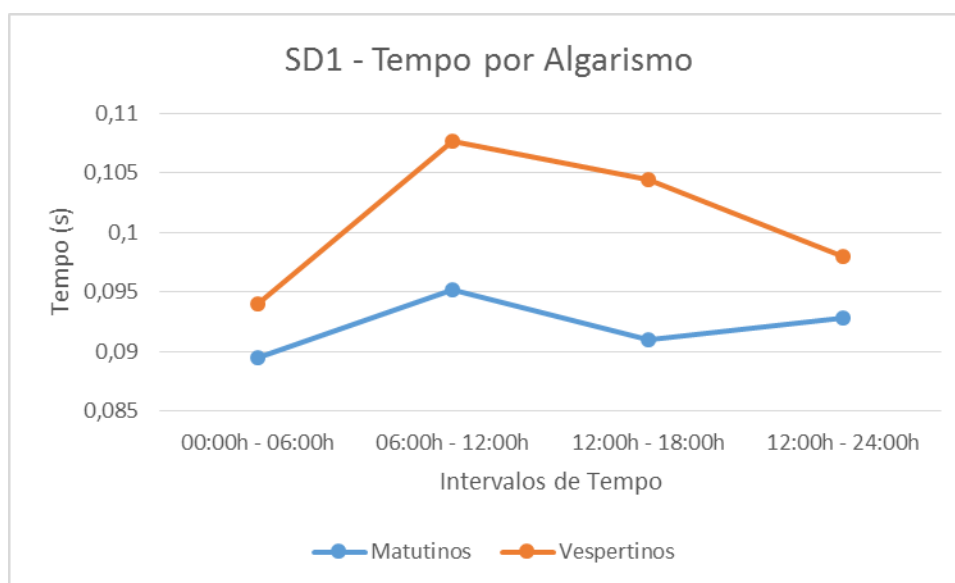


Figura 3.7: Evolução temporal da média das médias do tempo gasto na identificação do algarismo no SD1, registados nos grupos matutinos e vespertinos, por janela temporal (intervalo).

Mediante a análise dos resultados, apenas se verificou uma tendência aparente para uma flutuação significativa no grupo matutino ($\chi^2 = 7,500$; gl = 3; p= .058).

4.1.8 - SD3 - Acertos

Em relação ao parâmetro acertos, da tarefa SD3, os valores médios das médias dos valores relativos de acertos dos indivíduos matutinos e vespertinos nos 4 intervalos ao longo dos 15-17 dias, são descritos na tabela 3.4.8.

Tabela 3.4.8 – Estatísticas descritivas, por intervalo de tempo, dos valores relativos de acertos na tarefa SD3, no grupo matutino e grupo vespertino.

GRUPO H&O		N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Vespertino	SD_3_Acertos_0_6	4	,75844	,97302	,8973223	,09499449
	SD_3_Acertos_6_12	10	,70888	,98042	,8443511	,10911076
	SD_3_Acertos_12_18	10	,72222	1,79765	,9340380	,33654274
	SD_3_Acertos_18_24	10	,64475	1,42576	,9196123	,23143487
	N válido	4				
Matutino	SD_3_Acertos_0_6	4	,92460	1,00000	,9709538	,03248326
	SD_3_Acertos_6_12	6	,82434	,97720	,9142147	,06474366
	SD_3_Acertos_12_18	6	,79771	,97148	,8730154	,06501318
	SD_3_Acertos_18_24	6	,76797	,98091	,8824498	,07981122
	N válido	4				

No grupo vespertino a percentagem de acertos é máxima no 3º período, diminui nos períodos seguintes e atinge o valor mínimo no período das 06:00h-12:00h. Por sua vez os matutinos atingem o máximo de acertos no 1º período e valores mínimos (idênticos) no 3º e 4º período (ver tabela 3.4.8).

As flutuações da média das médias dos valores relativos de acertos na tarefa SD3 nos grupos matutinos e vespertinos em cada intervalo de tempo, são melhor visualizadas na figura 3.8.

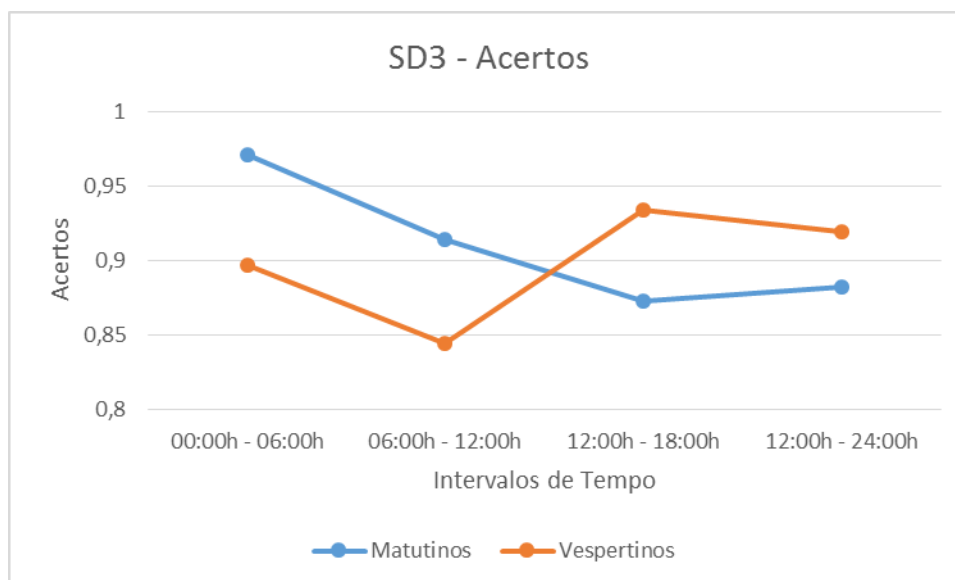


Figura 3.8: Evolução temporal da média das médias dos valores relativos de acertos, registados nos grupos matutinos e vespertinos, por janela temporal (intervalo).

Mediante a análise dos resultados dos valores relativos de acertos na tarefa SD3, apenas se verificou uma tendência aparente para uma flutuação significativa no grupo vespertino ($\chi^2 = 7,500$; gl = 3; p= .058).

4.1.9 - SD 3 - Erros

Em relação ao parâmetro erros da tarefa SD3, os valores médios das médias dos valores relativos de erros dos indivíduos matutinos e vespertinos nos 4 intervalos ao longo dos 15-17 dias, são descritos na tabela 3.4.9.

Tabela 3.4.9 – Estatísticas descritivas, por intervalo de tempo, dos valores relativos de erros na tarefa SD3, no grupo matutino e grupo vespertino.

GRUPO H&O	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
SD_3_Erros_0_6	4	,00000	,00000	0E-7	0E-8
SD_3_Erros_6_12	10	,00000	,12917	,0202590	,04152835
Vespertino SD_3_Erros_12_18	10	,00000	,11086	,0150549	,03622497
SD_3_Erros_18_24	10	,00000	,06101	,0081019	,02022812
N válido	4				

	SD_3_Erros_0_6	4	,00000	,14290	,0357250	,07145000
	SD_3_Erros_6_12	6	,00000	,00641	,0030708	,00253566
Matutino	SD_3_Erros_12_18	6	,00000	,00754	,0029499	,00326096
	SD_3_Erros_18_24	6	,00000	,09354	,0257207	,03183139
	N válido	4				

No grupo vespertino verificou-se o máximo de erros no 2º período, no 3º e 4º período os erros diminuíram e atingiram o mínimo no 1º período. No grupo matutino o máximo de erros foi obtido no 1º período, diminui no 2º e 3º período (mínimo) voltando a subir no 4º período (ver tabela 3.4.9).

As flutuações das médias dos valores relativos de erros na tarefa SD3 nos grupos matutinos e vespertinos em cada intervalo de tempo, são melhor visualizadas na figura 3.9.

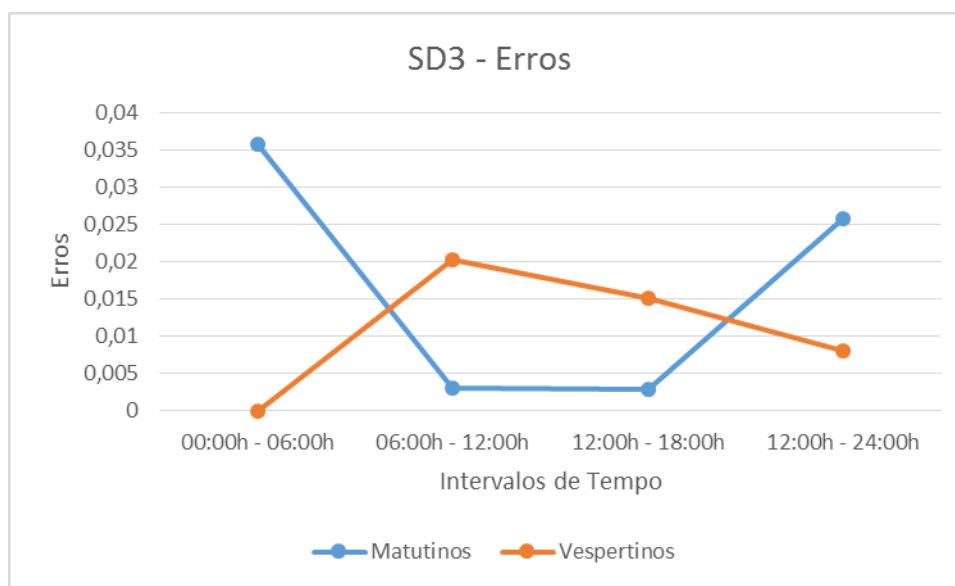


Figura 3.9: Evolução temporal da média das médias dos valores relativos de erros na tarefa SD3, registados nos grupos matutinos e vespertinos, por janela temporal (intervalo).

Mediante a análise dos resultados dos valores relativos de erros na tarefa SD3, verificou-se uma flutuação significativa ao longo do dia apenas no grupo vespertino ($\chi^2 = 8,143$; gl = 3; p= .043).

4.1.10 - SD3 - Tempo por linha

Em relação ao parâmetro tempo médio gasto em cada linha na tarefa na tarefa SD3, os valores médios das médias do tempo por linha dos indivíduos matutinos e vespertinos nos 4 intervalos ao longo dos 15-17 dias, são descritos na tabela 3.4.10.

Tabela 3.4.10 – Estatísticas descritivas, por intervalo de tempo, do tempo por linha na tarefa SD3, no grupo matutino e grupo vespertino.

GRUPO H&O	N	Mínimo (s)	Máximo (s)	Média (s)	Desvio Padrão (s)	
Vespertino	SD_3_Temp_linha_0_6	4	4,93202	6,33862	5,5420178	,58525368
	SD_3_Temp_linha_6_12	10	5,00273	7,24484	6,2674901	,74124925
	SD_3_Temp_linha_12_18	10	4,92725	12,08806	6,4364970	2,20320585
	SD_3_Temp_linha_18_24	10	3,89832	9,86752	6,1283984	1,65279513
	N válido	4				
Matutino	SD_3_Temp_linha_0_6	4	6,19888	7,24884	6,5311979	,48619758
	SD_3_Temp_linha_6_12	6	5,13922	6,95056	6,1478965	,67503649
	SD_3_Temp_linha_12_18	6	4,74930	6,52173	5,7868791	,56936302
	SD_3_Temp_linha_18_24	6	4,76240	6,39077	5,7904319	,54918110
	N válido	4				

No grupo vespertino verificou-se que o tempo médio gasto por cada linha analisada tinha um pico máximo no intervalo das 12:00h-18:00h, diminui ligeiramente no intervalo seguinte e atinge um pico mínimo no intervalo das 00:00h-06:00h. No grupo matutino, pelo contrário, o pico máximo é atingido no intervalo das 00:00h-06:00h diminuindo ao longo do dia até que se atinge o pico mínimo nos últimos 2 intervalos, 12:00h-24:00h (valores idênticos) (ver tabela 3.4.10).

As flutuações da média dos tempos médios gasto por linha por participante, nos grupos matutinos e vespertinos em cada intervalo de tempo, são melhor visualizadas na figura 3.10.

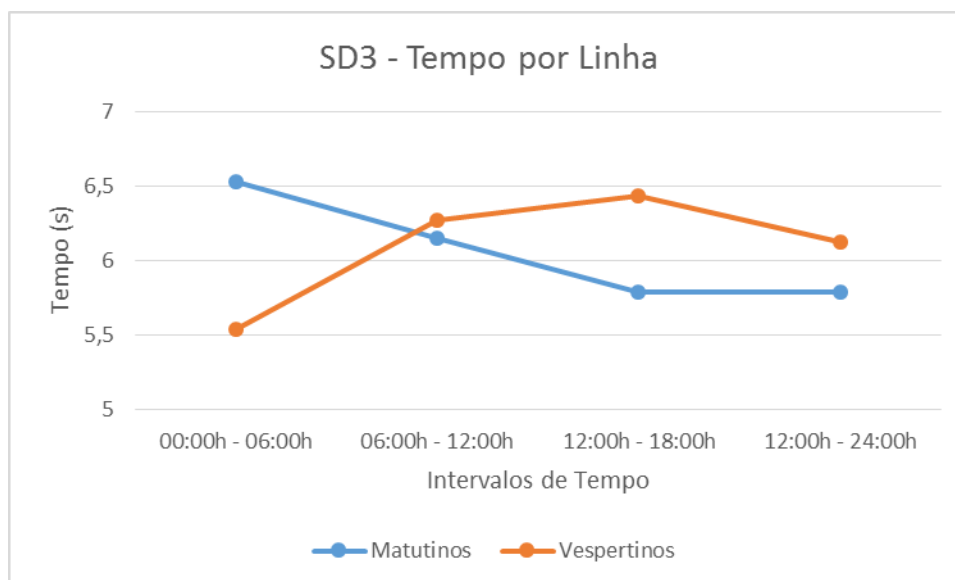


Figura 3.10: Evolução temporal da média do tempo médio gasto por linha em segundos no SD3, registados nos grupos matutinos e vespertinos, por janela temporal (intervalo).

Mediante a análise dos resultados do tempo gasto por linha, verificou-se uma tendência aparente para uma flutuação significativa no grupo matutino ($\chi^2 = 6,900$; gl = 3; p= .075).

4.1.11 - Digit Span versão direta – nº recordações/número de tentativas

Em relação ao parâmetro número de recordações por número de tentativas na tarefa de *digit span* versão direta, os valores médios das médias dos indivíduos matutinos e vespertinos nos 4 intervalos ao longo dos 15-17 dias, são descritos na tabela 3.4.11.

Tabela 3.4.11 – Estatísticas descritivas, por intervalo de tempo, do número de recordações por número de tentativas na tarefa de *digit span* versão direta, no grupo matutino e grupo vespertino.

GRUPO H&O	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Matutino	4	,77143	,93778	,8482121	,07348720
Matutino	10	,64133	,90143	,7901286	,08786808
Vespertino	10	,62192	1,71353	,8874071	,32212727
Vespertino	10	,58333	1,39881	,8723763	,23431413
N válido	4				

	Digit_direto_NºREC_TENT_0_6	4	,77778	1,00000	,8861028	,09954185
	Digit_direto_NºREC_TENT_6_12	6	,76048	,96081	,8540189	,07663120
Matutino	Digit_direto_NºREC_TENT_12_18	6	,73160	,89887	,8087806	,06581215
	Digit_direto_NºREC_TENT_18_24	6	,76910	,94834	,8492805	,06914997
	N válido	4				

No grupo vespertino verificou-se que o período que necessitou de menos apoio na segunda tentativa da tarefa (sucesso à primeira tentativa) foi o 3º período (pico máximo) e 4º período. No 1º período verificou-se uma diminuição até que atinge um pico mínimo na janela temporal das 06:00h-12:00h (maior número de recordações com base na segunda tentativa). No grupo matutino verificou-se o pico máximo no 1º período e o pico mínimo no 3º período (ver tabela 3.4.11).

As flutuações da média das médias do número de recordações por número de tentativas na tarefa de *digit span* versão direta, nos grupos matutino e vespertino em cada intervalo de tempo, são melhor visualizadas na figura 3.11.

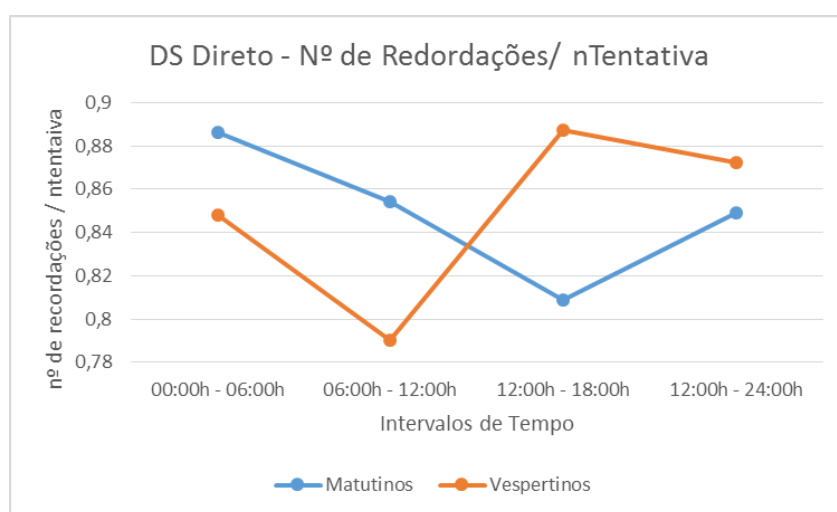


Figura 3.11: Evolução temporal da média das médias do nº de recordações por número de tentativa na tarefa de *digit span* directo, registados nos grupos matutinos e vespertinos, por janela temporal (intervalo).

Mediante a análise dos resultados, verificou-se uma tendência aparente para uma flutuação significativa no grupo vespertino ($\chi^2 = 7,500$; gl = 3; p= .058).

4.2 – Efeito Cronotipo

De seguida, apresentam-se as análises das diferenças das performances nas tarefas Visuo-analógicas (VAS) e cognitivas entre os grupos matutinos e vespertinos nos 4 intervalos de 6 horas em estudo (00:00h às 06:00h; 06:00h às 12:00h; 12:00h às 18:00h; 18:00h às 24:00h). Mais uma vez apenas são dados a conhecer os resultados onde foram obtidas diferenças com significado estatístico ou com tendência ao aparecimento desse mesmo significado.

4.2.1 - Fadiga física

Em relação à fadiga física, as médias dos valores absolutos registados nos indivíduos dos grupos matutinos e vespertinos, nos 4 intervalos, apresentam-se na tabela 3.4.12.

Tabela 3.4.12 – Média das médias dos valores absolutos registados nos indivíduos dos grupos matutino e grupo vespertino na escala visuo-analógica para a fadiga física.

	00:00h - 06:00h (cm)	06:00h - 12:00h (cm)	12:00h - 18:00h (cm)	18:00h - 24:00h (cm)
Matutinos	8,3146624	2,6599088	3,9328876	5,6792469
Vespertinos	6,9150067	4,8390517	4,4076351	5,3781222

A comparação dos intervalos nos dois grupos e a significância estatística das comparações foi feita com base no teste de Mann-Whitney. Os postos são mostrados na tabela 3.4.13 e a significância estatística é apresentada na tabela 3.4.14.

Tabela 3.4.13 – Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos relativos à tarefa visuo-analógica da fadiga física.

	Cronotipo	N	Posto Médio	Soma dos Postos
Fadiga_fisica_0_6	Vespertino	4	3,25	13,00
	Matutino	4	5,75	23,00
	Total	8		
Fadiga_fisica_6_12	Vespertino	10	11,33	102,00
	Matutino	6	4,86	34,00
	Total	16		
Fadiga_fisica_12_18	Vespertino	10	8,67	78,00
	Matutino	6	8,29	58,00

	Total	16		
	Vespertino	10	8,00	72,00
Fadiga_física_18_24	Matutino	6	9,14	64,00
	Total	16		

Tabela 3.4.14 – Testes U de Mann-Whitney para comparação dos diferentes intervalos de análise, entre matutinos e vespertinos na escala visuo-analógica para a fadiga física.

	Fadiga física 00:00h – 06:00h	Fadiga física 06:00h – 12:00h	Fadiga física 12:00h – 18:00h	Fadiga física 18:00h - 24:00h
Mann-Whitney U	3,000	6,000	30,000	27,000
p (2-caudas)	,149	,007	,874	,634

Mediante a análise da tabela 3.4.14 pode verificar-se que existem diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos do cronotipo no intervalo das 06:00h – 12:00h ($p=,007$), sendo a fadiga física maior nos vespertinos do que nos matutinos.

4.2.2 - Fadiga Mental

Em relação à fadiga mental, as médias dos valores absolutos registados nos indivíduos dos grupos matutinos e vespertinos, nos 4 intervalos, apresentam-se na tabela 3.4.15.

Tabela 3.4.15 – Média das médias dos valores absolutos registados nos indivíduos dos grupos matutino e grupo vespertino na escala visuo-analógica para a fadiga mental.

	00:00h - 06:00h (cm)	06:00h - 12:00h (cm)	12:00h - 18:00h (cm)	18:00h - 24:00h (cm)
Matutinos	8,2677713	2,7218133	3,9419218	5,9971592
Vespertinos	7,2255977	5,1369763	4,7401094	5,4827285

A comparação dos intervalos nos dois grupos e a significância estatística das comparações foi feita com base no teste de Mann-Whitney. Os postos são mostrados na tabela 3.4.16 e a significância estatística é apresentada na tabela 3.4.17.

Tabela 3.4.16 – Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos relativos à tarefa visuo-analógica para a fadiga mental.

	Cronotipo	N	Posto Médio	Soma dos Postos
Fadiga_Mental_0_6	Vespertino	4	3,25	13,00
	Matutino	4	5,75	23,00
	Total	8		
Fadiga_Mental_6_12	Vespertino	10	11,22	101,00
	Matutino	6	5,00	35,00
	Total	16		
Fadiga_Mental_12_18	Vespertino	10	9,56	86,00
	Matutino	6	7,14	50,00
	Total	16		
Fadiga_Mental_18_24	Vespertino	10	7,56	68,00
	Matutino	6	9,71	68,00
	Total	16		

Tabela 3.4.17 – Testes U de Mann-Whitney para comparação dos intervalos de análise, entre matutinos e vespertinos na escala visuo-analógica para fadiga mental.

	Fadiga Mental 00:00h – 06:00h	Fadiga Mental 06:00h – 12:00h	Fadiga Mental 12:00h – 18:00h	Fadiga Mental 18:00h - 24:00h
Mann-Whitney U	3,000	7,000	22,000	23,000
p (2-caudas)	,149	,010	,315	,368

Mediante a análise da tabela 3.4.17 pode verificar-se que existem diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos do cronotipo no intervalo das 06:00h – 12:00h ($p=,010$), sendo a fadiga mental maior nos vespertinos do que nos matutinos.

4.2.3 – Sonolência

Em relação à sonolência, as médias dos valores absolutos registados nos indivíduos dos grupos matutinos e vespertinos, nos 4 intervalos, apresentam-se na tabela 3.4.18.

Tabela 3.4.18 – Média das médias dos valores absolutos registados nos indivíduos dos grupos matutino e grupo vespertino na escala visuo-analógica para a sonolência.

	00:00h - 06:00h (cm)	06:00h - 12:00h (cm)	12:00h - 18:00h (cm)	18:00h - 24:00h (cm)
Matutinos	7,7826083	3,5720078	3,5474819	5,1208075
Vespertinos	7,449646	6,652453	4,8136692	4,9009659

A comparação dos intervalos nos dois grupos e a significância estatística das comparações foi feita com base no teste de Mann Whitney. Os postos são mostrados na tabela 3.4.19 e a significância estatística é apresentada na tabela 3.4.20.

Tabela 3.4.19 – Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos relativos à tarefa visuo-analógica para a sonolência.

	Cronotipo	N	Posto Médio	Soma dos Postos
Sonolência_0_6	Vespertino	4	4,50	18,00
	Matutino	4	4,50	18,00
	Total	8		
Sonolência_6_12	Vespertino	10	12,00	108,00
	Matutino	6	4,00	28,00
	Total	16		
Sonolência_12_18	Vespertino	10	10,00	90,00
	Matutino	6	6,57	46,00
	Total	16		
Sonolência_18_24	Vespertino	10	8,33	75,00
	Matutino	6	8,71	61,00
	Total	16		

Tabela 3.4.20 – Testes U de Mann-Whitney para comparação dos diferentes intervalos de análise, entre matutinos e vespertinos na escala visuo-analógica para a sonolência.

	Sonolência 00:00h – 06:00h	Sonolência 06:00h – 12:00h	Sonolência 12:00h – 18:00h	Sonolência 18:00h - 24:00h
Mann-Whitney U	8,000	,000	18,000	30,000
p (2-caudas)	1,000	,001	,153	,874

Mediante a análise da tabela 3.4.20 pode verificar-se que existem diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos do cronotipo no intervalo das 06:00h – 12:00h ($p=,001$), sendo a sonolência maior nos vespertinos do que nos matutinos.

4.2.4 - Estado de alerta

Em relação ao estado de alerta, as médias dos valores absolutos registados nos indivíduos dos grupos matutinos e vespertinos, nos 4 intervalos, apresentam-se na tabela 3.4.21.

Tabela 3.4.21 – Média das médias dos valores absolutos registados nos indivíduos dos grupos matutino e grupo vespertino na escala visuo-analógica para o estado de alerta.

	00:00h - 06:00h (cm)	06:00h - 12:00h (cm)	12:00h - 18:00h (cm)	18:00h - 24:00h (cm)
Matutinos	2,3518486	6,5229575	6,5849119	5,177307
Vespertinos	4,1575365	4,3881634	6,4258679	5,6076715

A comparação dos intervalos nos dois grupos e a significância estatística das comparações foi feita com base no teste de Mann-Whitney. Os postos são mostrados na tabela 3.4.22 e a significância estatística é apresentada na tabela 3.4.23.

Tabela 3.4.22 – Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos relativos à tarefa visuo-analógica para o estado de alerta.

	Cronotipo	N	Posto Médio	Soma dos Postos
Estado_Alerta_0_6	Vespertino	4	5,50	22,00
	Matutino	4	3,50	14,00
	Total	8		
Estado_Alerta_6_12	Vespertino	10	5,44	49,00
	Matutino	6	12,43	87,00
	Total	16		
Estado_Alerta_12_18	Vespertino	10	7,56	68,00
	Matutino	6	9,71	68,00
	Total	16		
Estado_Alerta_18_24	Vespertino	10	8,78	79,00
	Matutino	6	8,14	57,00
	Total	16		

Tabela 3.4.23 – Testes U de Mann-Whitney para comparação dos diferentes intervalos de análise, entre matutinos e vespertinos na escala visuo-analógica para o estado de alerta.

	Estado de Alerta 00:00h – 06:00h	Estado de Alerta 06:00h– 12:00h	Estado de Alerta 12:00h – 18:00h	Estado de Alerta 18:00h - 24:00h
Mann-Whitney U	4,000	4,000	23,000	29,000
p (2-caudas)	,248	,004	,368	,791

Mediante a análise da tabela 3.4.23 pode verificar-se que existem diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos do cronotipo no intervalo das 06:00h – 12:00h ($p=,004$), sendo o estado de alerta maior nos matutinos do que nos vespertinos.

4.2.5 - CRT Tempo de reconhecimento

Em relação ao tempo de reconhecimento da tarefa de *Choice Reaction Time*, as médias dos valores absolutos registados nos indivíduos dos grupos matutinos e vespertinos, nos 4 intervalos, apresentam-se na tabela 3.4.24.

Tabela 3.4.24 – Média das médias dos valores absolutos registados, em segundos, nos indivíduos dos grupos matutino e grupo vespertino no tempo de reconhecimento da tarefa de *Choice Reaction Time*.

	00:00h - 06:00h (s)	06:00h - 12:00h (s)	12:00h - 18:00h (s)	18:00h - 24:00h (s)
Matutinos	0,4129912	0,3717637	0,3682062	0,3787095
Vespertinos	0,4014603	0,410996	0,4526284	0,4208155

A comparação dos intervalos nos dois grupos e a significância estatística das comparações foi feita com base no teste de Mann-Whitney. Os postos são mostrados na tabela 3.4.25 e a significância estatística é apresentada na tabela 3.4.26.

Tabela 3.4.25 – Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos relativos ao tempo de reconhecimento da tarefa de *Choice Reaction Time*.

	Cronotipo	N	Posto Médio	Soma dos Postos
CRT_temp_recon_0_6	Vespertino	4	4,50	18,00
	Matutino	4	4,50	18,00
	Total	8		
CRT_temp_recon_6_12	Vespertino	10	10,67	96,00
	Matutino	6	5,71	40,00
	Total	16		
CRT_temp_recon_12_18	Vespertino	10	10,00	90,00
	Matutino	6	6,57	46,00
	Total	16		
CRT_temp_recon_18_24	Vespertino	10	9,11	82,00
	Matutino	6	7,71	54,00
	Total	16		

Tabela 3.4.26 – Testes U de Mann-Whitney para comparação dos diferentes intervalos de análise, entre matutinos e vespertinos no tempo de reconhecimento na tarefa de *Choice Reaction Time*.

	CRT Tempo recon 00:00h – 06:00h	CRT Tempo recon 06:00h – 12:00h	CRT Tempo recon 12:00h – 18:00h	CRT Tempo recon 18:00h - 24:00h
Mann-Whitney U	8,000	12,000	18,000	26,000
p (2-caudas)	1,000	,039	,153	,560

Mediante a análise da tabela 3.4.26 pode verificar-se que existem diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos do cronotipo no intervalo das 06:00h – 12:00h ($p=,039$), sendo o tempo de reconhecimento superior nos vespertinos comparativamente aos matutinos.

4.2.5 - SD 1 - Erros

Em relação aos erros da tarefa SD1, as médias dos valores relativos registados nos indivíduos dos grupos matutinos e vespertinos, nos 4 intervalos, apresentam-se na tabela 3.4.27.

Tabela 3.4.27 – Média das médias dos valores relativos de erros na tarefa SD1 registados nos indivíduos dos grupos matutino e grupo vespertino.

	00:00h - 06:00h	06:00h - 12:00h	12:00h - 18:00h	18:00h - 24:00h
Matutinos	0	0,0002747	0,0001276	0,0003158
Vespertinos	0	0,0007918	0,0008006	0

A comparação dos intervalos nos dois grupos e a significância estatística das comparações foi feita com base no teste de Mann-Whitney. Os postos são mostrados na tabela 3.4.28 e a significância estatística é apresentada na tabela 3.4.29.

Tabela 3.4.28 – Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos relativos aos erros na tarefa SD1.

	Cronotipo	N	Posto Médio	Soma dos Postos
SD_1_Erros_0_6	Vespertino	4	4,50	18,00
	Matutino	4	4,50	18,00
	Total	8		
SD_1_Erros_6_12	Vespertino	10	9,78	88,00
	Matutino	6	6,86	48,00
	Total	16		
SD_1_Erros_12_18	Vespertino	10	9,33	84,00
	Matutino	6	7,43	52,00
	Total	16		
SD_1_Erros_18_24	Vespertino	10	7,50	67,50
	Matutino	6	9,79	68,50
	Total	16		

Tabela 3.4.29 – Testes U de Mann-Whitney para comparação dos erros na tarefa SD1 nos diferentes intervalos de análise, entre matutinos e vespertinos.

	SD1 erros 00:00h – 06:00h	SD1 erros 06:00h – 12:00h	SD1 erros 12:00h – 18:00h	SD1 erros 18:00h - 24:00h
Mann-Whitney U	8,000	20,000	24,000	22,500
p (2-caudas)	1,000	,162	,297	,098

Mediante a análise da tabela 3.4.29 pode verificar-se que existe uma tendência ao aparecimento de diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos do

cronotipo no intervalo das 18:00h - 24:00h ($p=,098$), sendo o número de erros neste intervalo maior nos matutinos do que nos vespertinos.

4.2.6 - SD3 - ACERTOS

Em relação aos acertos da tarefa SD3 as médias dos valores relativos registados nos indivíduos dos grupos matutinos e vespertinos, nos 4 intervalos, apresentam-se na tabela 3.4.30.

Tabela 3.4.30 – Média das médias dos valores relativos de acertos na tarefa SD3 registados nos indivíduos dos grupos matutino e grupo vespertino.

	00:00h - 06:00h	06:00h - 12:00h	12:00h - 18:00h	18:00h - 24:00h
Matutinos	0,9709538	0,9142147	0,8730154	0,8824498
Vespertinos	0,8973223	0,8443511	0,934038	0,9196123

A comparação dos intervalos nos dois grupos e a significância estatística das comparações foi feita com base no teste de Mann-Whitney. Os postos são mostrados na tabela 3.4.31 e a significância estatística é apresentada na tabela 3.4.32.

Tabela 3.4.31 – Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos relativos aos acertos na tarefa SD3.

	Cronotipo	N	Posto Médio	Soma dos Postos
SD_3_Acertos_0_6	Vespertino	4	3,00	12,00
	Matutino	4	6,00	24,00
	Total	8		
SD_3_Acertos_6_12	Vespertino	10	7,11	64,00
	Matutino	6	10,29	72,00
	Total	16		
SD_3_Acertos_12_18	Vespertino	10	7,78	70,00
	Matutino	6	9,43	66,00
	Total	16		
SD_3_Acertos_18_24	Vespertino	10	8,89	80,00
	Matutino	6	8,00	56,00
	Total	16		

Tabela 3.4.32 – Testes U de Mann-Whitney para comparação dos acertos na tarefa SD3 nos diferentes intervalos de análise, entre matutinos e vespertinos.

	SD3 Acertos 00:00h – 06:00h	SD3 Acertos 06:00h – 12:00h	SD3 Acertos 12:00h – 18:00h	SD3 Acertos 18:00h - 24:00h
Mann-Whitney U	2,000	19,000	25,000	28,000
p (2-caudas)	,083	,186	,491	,711

Mediante a análise da tabela 3.4.32 pode verificar-se que existe uma tendência ao aparecimento de diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos do cronotipo no intervalo das 00:00h – 06:00h ($p=,083$), sendo o número de acertos neste intervalo maior nos matutinos do que nos vespertinos.

4.2.7 - SD3 - Erros

Em relação aos erros da tarefa SD3, as médias dos valores relativos registados nos indivíduos dos grupos matutinos e vespertinos, nos 4 intervalos, apresentam-se na tabela 3.4.33.

Tabela 3.4.33 – Média das médias dos valores relativos de erros na tarefa SD3 registados nos indivíduos dos grupos matutino e grupo vespertino.

	00:00h - 06:00h	06:00h - 12:00h	12:00h - 18:00h	18:00h - 24:00h
Matutinos	0,035725	0,0030708	0,0029499	0,0257207
Vespertinos	0	0,020259	0,0150549	0,0081019

A comparação dos intervalos nos dois grupos e a significância estatística das comparações foi feita com base no teste de Mann-Whitney. Os postos são mostrados na tabela 3.4.34 e a significância estatística é apresentada na tabela 3.4.35.

Tabela 3.4.34 – Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos relativos aos erros na tarefa SD3.

	Cronotipo	N	Posto Médio	Soma dos Postos
SD_3_Erros_0_6	Vespertino	4	4,00	16,00
	Matutino	4	5,00	20,00
	Total	8		

SD_3_Erros_6_12	Vespertino	10	9,17	82,50
	Matutino	6	7,64	53,50
	Total	16		
SD_3_Erros_12_18	Vespertino	10	8,72	78,50
	Matutino	6	8,21	57,50
	Total	16		
SD_3_Erros_18_24	Vespertino	10	6,33	57,00
	Matutino	6	11,29	79,00
	Total	16		

Tabela 3.4.35 – Testes U de Mann-Whitney para comparação dos erros na tarefa SD3 nos diferentes intervalos de análise, entre matutinos e vespertinos.

	SD3 erros 00:00h – 06:00h	SD3 erros 06:00h – 12:00h	SD3 erros 12:00h– 18:00h	SD3 erros 18:00h - 24:00h
Mann-Whitney U	6,000	25,500	29,500	12,000
p (2-caudas)	,317	,519	,821	,027

Mediante a análise da tabela 3.4.35 pode verificar-se que existem diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos do cronotipo no intervalo das 18:00h – 24:00h ($p=,027$), sendo o número de erros neste intervalo maior nos matutinos do que nos vespertinos.

4.2.8 - SD 3 – Tempo por linha

Em relação ao tempo médio gasto na análise de cada linha da tarefa SD3, as médias dos valores absolutos registados nos indivíduos dos grupos matutinos e vespertinos, nos 4 intervalos, apresentam-se na tabela 3.4.36.

Tabela 3.4.36 – Média das médias de tempo gasto, em segundos, em cada linha do SD3, registados nos indivíduos dos grupos matutino e grupo vespertino.

	00:00h - 06:00h (s)	06:00h - 12:00h (s)	12:00h - 18:00h (s)	18:00h - 24:00h (s)
Matutinos	6,5311979	6,1478965	5,7868791	5,7904319
Vespertinos	5,5420178	6,2674901	6,436497	6,1283984

A comparação dos intervalos nos dois grupos e a significância estatística das comparações foi feita com base no teste de Mann-Whitney. Os postos são mostrados na tabela 3.4.37 e a significância estatística é apresentada na tabela 3.4.38.

Tabela 3.4.37 – Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos relativos ao tempo médio gasto na análise de cada na tarefa SD3.

	Cronotipo	N	Posto Médio	Soma dos Postos
SD_3_Temp_linha_0_6	Vespertino	4	3,00	12,00
	Matutino	4	6,00	24,00
	Total	8		
SD_3_Temp_linha_6_12	Vespertino	10	9,00	81,00
	Matutino	6	7,86	55,00
	Total	16		
SD_3_Temp_linha_12_18	Vespertino	10	8,44	76,00
	Matutino	6	8,57	60,00
	Total	16		
SD_3_Temp_linha_18_24	Vespertino	10	8,78	79,00
	Matutino	6	8,14	57,00
	Total	16		

Tabela 3.4.38 – Testes U de Mann-Whitney para comparação do tempo médio gasto por linha na tarefa SD3 nos diferentes intervalos de análise, entre matutinos e vespertinos.

	SD3 temp Linha 00:00h – 06:00h	SD3 Temp Linha 06:00h – 12:00h	SD3 Temp Linha 12:00h – 18:00h	SD3 Temp Linha 18:00h - 24:00h
Mann-Whitney U	2,000	27,000	31,000	29,000
p (2-caudas)	,083	,634	,958	,791

Mediante a análise da tabela 3.4.38 pode verificar-se que existe uma tendência ao aparecimento de diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos do cronotipo no intervalo das 00:00h – 06:00h ($p=,083$), sendo o tempo gasto para analisar cada linha da tarefa, neste intervalo, maior nos matutinos do que nos vespertinos.

4.2.9 – *Digit Span* inverso – nº de recordações por número de tentativa

Relativamente ao número de recordações por número de tentativa na tarefa de *digit span* inverso, as médias dos valores registados nos indivíduos dos grupos matutinos e vespertinos, nos 4 intervalos, apresentam-se na tabela 3.4.39.

Tabela 3.4.39 – Média das médias da quantidade de algarismos recordados por número de tentativa no *digit span* inverso nos indivíduos dos grupos matutino e grupo vespertino.

	00:00h - 06:00h	06:00h - 12:00h	12:00h - 18:00h	18:00h - 24:00h
Matutinos	0,9149222	0,8858803	0,8494121	0,8593487
Vespertinos	0,8879475	0,7978743	0,9112479	0,8641035

A comparação dos intervalos nos dois grupos e a significância estatística das comparações foi feita com base no teste de Mann-Whitney. Os postos são mostrados na tabela 3.4.40 e a significância estatística é apresentada na tabela 3.4.41.

Tabela 3.4.40 – Teste de Mann-Whitney entre o grupo matutino e vespertino, considerando os postos relativos à quantidade de algarismos recordados por número de tentativa no *digit span* inverso.

	Cronotipo	N	Posto Médio	Soma dos Postos
Digit_inverso_nºRec_Tent_0_6	Vespertino	4	4,13	16,50
	Matutino	4	4,88	19,50
	Total	8		
Digit_inverso_nºRec_Tent_6_12	Vespertino	10	6,22	56,00
	Matutino	6	11,43	80,00
	Total	16		
Digit_inverso_nºRec_Tent_12_18	Vespertino	10	8,22	74,00
	Matutino	6	8,86	62,00
	Total	16		
Digit_inverso_nºRec_Tent_18_24	Vespertino	10	8,33	75,00
	Matutino	6	8,71	61,00
	Total	16		

Tabela 3.4.41 – Testes U de Mann-Whitney para comparação do número de Algarismos recordados por número tentativa no *digit span* inverso nos diferentes intervalos de análise, entre matutinos e vespertinos.

	Digit_inv_nºRec/ tent 00:00h – 06:00h	Digit_inv_nºRec/ tent 06:00h – 12:00h	Digit_inv_nºRec/ tent 12:00h – 18:00h	Digit_inv_nºRec/ tent 18:00h - 24:00h
Mann-Whitney U	6,500	11,000	29,000	30,000
p (2-caudas)	,663	,030	,791	,874

Mediante a análise da tabela 3.4.41 pode verificar-se que existem diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos do cronotipo no intervalo das 06:00h – 12:00h ($p=,030$), sendo o número de recordações por número de tentativa superior nos matutinos, indicando que neste intervalo usam menos a segunda hipótese que é dada para recordar a sequência.

DISCUSSÃO

No que respeita aos resultados encontrados salientamos o facto de, no período entre as 6h e as 12h, os vespertinos terem tido pior desempenho do que os matutinos em algumas das funções cognitivas avaliadas, bem como na fadiga (física e mental), na sonolência e no estado de alerta autoavaliados. Este resultado está de acordo com o que seria de esperar pela teoria e pelos estudos laboratoriais (e.g. Adan, 1994; Andrade, Benedito-Silva & Menna -Barreto, 1992; Clodore et al., 1986; Horne et al., 1980; Natale & Cicogna, 2002; Schmidt et al., 2010)

Tendo em conta o número de “medidas” efetuadas e o número de hipóteses testadas, discutimos os resultados encontrados por hipótese, concluindo com uma discussão geral.

De acordo com a *primeira hipótese*, segundo a qual o «efeito fim de semana» influenciaria significativamente as variáveis de sono nos vespertinos e não nos matutinos, os resultados sugerem que a hipótese não se confirmou com a nossa amostra, na medida em que os matutinos e os vespertinos não se distinguem quanto à compensação da eventual privação de sono durante a semana (débito de sono) comprovado igualmente pelo *jet lag* social. Efetivamente, apesar dos vespertinos dormirem mais 1 hora e 40 minutos em média ao fim de semana, os matutinos também dormiram em média mais 60 minutos no mesmo período. O *jet lag* social foi de 58 minutos nos matutinos e de 46 minutos nos vespertinos. Em 2010, Lund e colaboradores observaram distúrbios de sono numa população de 1125 estudantes de uma população urbana, dos 17 aos 24 anos. 60% dos casos eram categorizados como tendo baixa qualidade de sono pelo *Pittsburgh Sleep Quality Index* (PSQI alto), com consequências para a saúde física e mental. Efetivamente, os estudos sugerem que, no que diz respeito aos jovens, nos dias em que há imposição de horários sociais (aulas) há uma maior sonolência nos indivíduos vespertinos quando comparados com os matutinos, principalmente no período da manhã (Volk, Dyroff, Georgi, & Pflug, 1994). Também nestes dias a inércia do sono é mais pronunciada nos indivíduos vespertinos, algo que não se verifica nos dias livres de compromissos sociais, onde a inércia do sono é independente do Cronotipo (Roenneberg, et al., 2003).

Relativamente às compensações de sono consequentes às eventuais privações durante a semana, os resultados com a nossa amostra não estão de acordo com o que seria esperado pelos estudos relativamente à diferença entre matutinos e vespertinos (Wittmann et al. 2006). Porém, os vespertinos da nossa amostra apresentaram resultados que estão de acordo com o seria esperado pelos estudos que sugerem que a combinação de horários tardios de início de sono, principalmente nos indivíduos vespertinos extremos (controlado em grande parte pelos sistemas de temporização) com o início madrugador da vigília (imposto pelos horários sociais), resulta numa acumulação substancial de débito de sono ao longo da semana de trabalho, compensado no fim de semana com maior número de horas dormidas e com acordares mais tardios (Rogers, Dorrian, & Dinges, 2003; Taillard et al., 2003). Os estudos sugerem que há um maior *jet lag* social nos vespertinos, variável avaliada através da diferença entre a meia fase do sono à semana e ao fim de semana (Wittmann, Dinich, Merrow, & Roenneberg, 2006).

Em suma, a primeira hipótese não foi confirmada, dado que os matutinos também apresentaram débitos de sono e *jet lag* social, apesar de os vespertinos da nossa amostra apresentaram resultados de acordo com o que é descrito na literatura.

Para esclarecer estes resultados, deverá ser feito um estudo com matutinos e vespertinos extremos e com uma amostra de maior dimensão. De fato a diferença de pontuação média entre o grupo M e V é apenas de 22,5 pontos na escala do MEQ, que tem um espectro de 69 pontos. O estudo dos ritmos sociais e da possível homogeneização de ritmos na população universitária também não poderá ser colocado de parte.

Relativamente à ***segunda hipótese***, segundo a qual a variável cronotipo influenciaria significativamente as variáveis de sono, durante a semana e ao fim de semana, relativamente às latências de sono seria de esperar que fossem os matutinos a terem maiores latências, admitindo que teriam menores privações de sono durante a semana e porque a vespertinidade está associada a menos tempo de sono à semana quando comparado à quantidade que seria ideal, maior número de horas de sono ao fim de semana, horários mais tardios de início e fim de sono (exacerbados ao fim de semana), ciclos de sono/vigília mais irregulares (Taillard, Philip, & Bioulac, 1999). Porém, com a nossa amostra os matutinos apresentaram menores latências de sono (6,83 minutos) do que os vespertinos (26,22 minutos).

A maior latência nos vespertinos poderia dever-se ao facto de eventualmente se deitarem mais cedo do que a hora “biológica” (fator C), por saberem que teriam que se levantar mais cedo, contudo comparando as horas de deitar (Diários de Sono) e as batifases da temperatura central, os resultados não suportam esta hipótese. Também não avaliámos a necessidade de sono (longos e curtos dormidores), que poderia explicar este resultado contrário ao esperado, apesar de muitos estudos sugerirem não haver associação entre o cronotipo e a duração do sono (Robilliard et al., 2002), sugerindo que estas duas dimensões são independentes. A pequena dimensão da amostra (grande variabilidade nos dados) e os ritmos sociais dos estudantes universitários poderão ser os fatores explicativos. Efetivamente, a formação de grupos de estudantes para fins de estudo e lazer numa instituição universitária (um local específico) poderão provocar aproximações nas “acrofases” dos ritmos sociais, arrastando os ritmos biológicos (Benedito-Silva et al., 1998; Ehlers, Frank & Krupfer, 1988), além que, como visto na interpretação da hipótese 1, os indivíduos matutinos da nossa amostra também se encontrarem privado de sono, o que pode ajudar a explicar as reduzidas latências de sono quando comparados com os vespertinos, e por norma os indivíduos matutinos lidarem pior com alterações impostas ao ritmo de sono/vigília preferido.

Como referido na hipótese 1, num estudo mais alargado, deverá usar-se um instrumento como a Métrica dos Ritmos Sociais (Monk, Flaherty, Frank, Hoskinson & Krupfer, 1990; Silva, Silva, Silvério & Macedo, 2000) para testar a hipótese acima referida de possíveis efeitos de coesão de grupo na homogeneização dos ritmos sociais, com os já mencionados efeitos de arrastamento e mascaramento dos ritmos biológicos.

Contudo, no que respeita às horas de início do sono, a nossa hipótese é confirmada à semana, uma vez que os vespertinos adormeceram mais tarde do que os matutinos em 64 minutos. Ao fim de semana e comparando com os grupos seria de esperar que esta diferença aumentasse, visto os vespertinos terem tendência a atrasar a fase a fim de semana, contudo a diferença foi apenas de 30 minutos sem significância estatística. Mais uma vez parece-nos ser o efeito da homogeneização dos ritmos sociais que nesta idade tende a arrastar as fases dos matutinos no sentido dos vespertinos.

Relativamente à meia fase do sono, a nossa hipótese é confirmada à semana, uma vez que os vespertinos têm uma meia fase de sono mais tardia que os matutinos (48 min). Seria de

esperar um resultado semelhante ao fim de semana, ou ainda mais exacerbado, com a meia fase do sono dos vespertinos mais atrasada por comparação com a semana. Contudo a diferença entre as meias fases do sono diminui e essa diferença não obteve significado estatístico. De facto foram os matutinos que mais atrasaram a meia fase do sono entre a semana e o fim de semana, algo que ajuda a compreender este resultado.

Relativamente ao fim do sono não houve diferenças com significado estatístico entre matutinos e vespertinos à semana o que sugere que estes tenderão a cumprir «rigidamente» os horários de acordar. Contudo, ao fim de semana seria de esperar diferenças bem vincadas no horário de acordar, o que não se verificou. Este fato pode ficar a dever-se ao facto de alguns indivíduos do grupo vespertino terem também ao fim de semana de cumprir com horários de imposição social (trabalho) o que numa amostra pequena contribui para grande variabilidade de resultados.

Efetivamente os estudos sugerem uma associação muito forte entre o cronotipo e a altura do dia em que se inicia a fase do sono e da vigília, de forma que nos antípodas encontramos os matutinos extremos que têm preferência em acordar às primeiras horas da manhã e a deitarem-se bastante cedo, nas primeiras horas da noite, e os vespertinos extremos que por oposição apresentam grandes dificuldades para acordarem de manhã e deitam-se tardiamente, já de madrugada, com meias fases do sono mais tardias à semana e ao fim de semana comparativamente aos matutinos (Duffy et al., 2001; Natale & Cicogna, 2002; Taillard, Philip, Chastang, & Bioulac, 2004).

Segundo a *terceira hipótese*, o efeito fim de semana influenciaria significativamente o ritmo de atividade e da temperatura corporal periférica nos vespertinos, mais do que nos matutinos. As análises COSINOR dos registos da Temperatura Corporal Periférica (TP) e da Atividade nos dois grupos de Cronotipo, nos dias de semana e ao fim de semana mostraram que no grupo de matutinos, tanto no ritmo de TC, como no ritmo de atividade/repouso as acrofases surgiram mais tarde no fim de semana, cerca de 50 minutos no caso do ritmo de temperatura no e 42 minutos no ritmo de atividade. Contudo, a diferença encontrada entre a semana e o fim de semana foi significativa apenas para o ritmo da temperatura, o que sugere uma dessincronização interna entre estes dois ritmos, evidenciada pela perda da relação de fase estável entre as acrofases destes dois ritmos. (Aschoff, 1965).

Relativamente aos vespertinos, a *visual data analysis* sugere que o comportamento das componentes dos dois ritmos foi semelhante ao encontrado no grupo de matutinos. Contudo, as diferenças entre a semana e o fim de semana não foram estatisticamente significativas em ambos os ritmos estudados para um $p < .05$, apesar de no ritmo da atividade dos vespertinos a diferença ser estatisticamente significativa para um $p < .10$, sugerindo uma vez mais uma dessincronização interna, face a perda de relação de fase estável entre os dois ritmos.

Encontrámos uma perda de relação de fase entre os ritmos, sugerindo uma provável dessincronização interna, e um desafio temporal para os indivíduos dos dois grupos (Aschoff, 1965). Aliás, os resultados das meias fases de sono nos dois grupos suportam esta hipótese, uma vez que as diferenças entre as meias fases de sono da semana e do fim de semana são de cerca de uma hora, sendo estatisticamente significativa para $p < .05$ nos matutinos e estatisticamente significativa para $p < .10$ para os vespertinos. Resumindo, em ambos os grupos há uma perda de relação de fase entre os ritmos estudados para testar a nossa terceira hipótese (TP e atividade) e as meias fases de sono. Se ao fim de semana não houvesse esta perda, apesar de haver atraso de fase, seria normal, significaria que o sinal era forte o suficiente para manter todos os osciladores sincronizados, o que é bastante comum principalmente nos vespertinos bem sincronizados. Mas tal não aconteceu, pelo que os resultados sugerem que os participantes da nossa amostra enfrentaram um desafio temporal, relativamente ao qual se poderá questionar o que estará a acontecer com outros ritmos (ex., hormonais), com consequências na saúde e bem-estar.

Efetivamente, o papel do ciclo «claro-escuro» (CE) é o de arrastar os ritmos endógenos que lhe são sensíveis, de um período endógeno para um período exato de 24h (Roenneberg et al., 2003). Por exemplo, nos humanos, o período endógeno do ciclo da TC é em média um pouco maior que 24 horas (24,18h segundo Czeisler et al., 1999), no entanto, na presença de pistas temporais, o período deste ciclo passa a ser de exatamente 24h (Czeisler et al., 1999). Os diferentes ritmos não só se sincronizam com o *zeitgeber* externo (consideremos como principal o CE) e com o qual mantêm relações de fase estáveis, mas também guardam, em condições normais, relações de fase estáveis entre si (mantêm ângulos de fase estáveis) (Cajochen, Chellappa, & Schmidt, 2010; Moore-Ede, Schmelzer, Kass, & Herd, 1976). Este facto origina o fenómeno descrito na literatura como

“ordem temporal interna” ou “OTI”, conceito muito relacionado com a saúde e bem-estar (Wetterberg, 1994), e traduzido pelo mapa de fases característico de cada espécie.

No entanto, há pessoas que possuem um avanço de fase (matutinos) relativamente à maioria dos indivíduos (intermédios) e pessoas que possuem um atraso de fase (vespertinos) em diversos ritmos para além da TP (Ferreira, Miguel, Martino & Menna-Barreto, 2013; Sarabia, Rol, Mendiola & Madrid, 2008), como por exemplo, as concentrações plasmáticas de melatonina e de cortisol (Baehr, Revelle, & Eastman, 2000; Bailey & Heitkemper, 2001; Duffy et al., 2001; Kerkhof & Van Dongen, 1996).

Uma vez que, os matutinos estão bem sincronizados e adaptados a *Zeitgebers* como o ciclo claro/escuro e aos horários de imposição social (Schmidt, et al., 2007) e têm tendência para serem mais regulares nos horários de dormir, de acordar e na duração do sono, quando comparados com os indivíduos vespertinos (Taillard et al., 1999), *a nossa terceira hipótese não foi confirmada.*

A não confirmação da nossa hipótese, decorrente da literatura, poderia dever-se não só a aspetos relacionados com a dimensão da amostra, método de amostragem e falhas nos registos dos participantes, mas também com o instrumento usado para classificar os participantes como matutinos e vespertinos, neste caso o questionário de matutinidadade e vespertinidadade (MEQ), de Horne e Östberg (1976), por ser um instrumento de autoavaliação. Contudo, estudos controlados de dessincronização forçada revelaram um pico de temperatura “mais cedo no dia” nos indivíduos matutinos (Duffy, Rimmer, & Czeisler, 2001; Hasan et al., 2012), bem como picos de temperatura central e acordares “mais cedo no dia”, comparativamente aos indivíduos vespertinos (Duffy et al., 2001). Desta forma sugerimos, num próximo estudo fazer um piloto prévio com recurso ao MCTQ, admitindo que possa ser mais sensível neste tipo de estudo, aliás como descrito no estudo de Miguel e colaboradores (2014), onde verificaram a maior sensibilidade do MCTQ comparativamente ao MEQ.

No que respeita à *quarta hipótese*, de que a variável cronotipo influenciaria significativamente o ritmo de atividade e da temperatura corporal periférica (TP), à semana e ao fim de semana, seria esperado (de acordo com a literatura) que nos vespertinos as

acrofases fossem mais tardias do que nos matutinos, tanto durante os dias de semana como nos fins-de-semana, independentemente do efeito fim de semana.

Comparando os dois grupos em relação aos ritmos de TP e atividade à *semana*, encontramos apenas diferenças estatisticamente significativas entre as acrofases do ritmo de atividade/repouso entre os matutinos e os vespertinos, ocorrendo a acrofase média à semana aproximadamente 55 minutos mais tarde no grupo vespertino. No fim de semana não encontramos diferenças estatisticamente significativas para nenhum dos ritmos. Este resultado pode ser explicado pelo facto de no fim de semana os matutinos se deitarem mais tarde do que durante a semana e os vespertinos se deitarem à mesma hora que se deitaram durante a semana, como previsto na possível homogeneização dos ritmos sociais. Como, de acordo com os nossos resultados, o débito médio de sono dos matutinos da nossa amostra é menor do que o dos vespertinos, considerando os ritmos sociais de lazer do fim de semana (Benedito-Silva et al., 1998; Ehlers, Frank & Krupfer, 1988) os matutinos poderão atrasar a hora de deitar com maior facilidade do que os vespertinos, não obstante o contributo do fator cronobiológico e homeostático para a hora de início de sono.

Seria igualmente de esperar que as acrofases da temperatura fossem mais tardias nos vespertinos do que nos matutinos, à semana e ao fim de semana e que essas diferenças tivessem significado estatístico. Contribuirão para este resultado a diferença de apenas 22,5 pontos no MEQ entre os dois grupos.

Em suma, a nossa quarta hipótese só foi confirmada para o ritmo de atividade-repouso à semana.

Segundo a nossa **quinta hipótese**, a sonolência, o estado de alerta, a fadiga mental e a fadiga física, avaliadas com escalas visuo-analógicas (VAS), apresentariam ritmos circadianos em condições de rotina normal (ecológica), com diferenças entre matutinos e vespertinos.

Na nossa amostra, a acrofase da fadiga física e fadiga mental é de cerca de 14 horas nos matutinos e de 6 horas da manhã nos vespertinos. Relativamente à acrofase da sonolência, nos matutinos é de 7 horas e nos vespertinos é de 5 horas. Nos vespertinos a acrofase do estado de alerta é igual a 16h 30m, enquanto nos matutinos é igual a 11 horas. Isto é,

encontrámos ritmos na fadiga física e fadiga mental, na sonolência e no estado de alerta, confirmando a nossa hipótese relativamente ao carácter rítmico.

Relativamente à fadiga física e mental e ao estado de alerta, resultantes dos fatores C e S do modelo de Borbély (Carrier & Monk, 2000), as variações rítmicas estão de acordo com os resultados da maioria dos estudos apenas para os vespertinos. De fato as acrofases estão de acordo com a literatura. As acrofases encontradas nos matutinos, à exceção da acrofase do estado de alerta, apresentam uma distribuição estranha e que poderá ficar a dever-se mais uma vez à amostra reduzida de matutinos.

Comparando os matutinos com vespertinos relativamente às acrofases dos ritmos encontrados, encontrámos diferenças estatisticamente significativas apenas entre os dois grupos do cronotipo relativamente à acrofase do estado de alerta, com uma acrofase igual a 11h 22m nos matutinos e uma acrofase igual a 16h 32 minutos nos vespertinos. Foi confirmada a nossa hipótese apenas este ritmo. Efetivamente, algumas variáveis cognitivas e comportamentais dependem do cronotipo, como observado, por exemplo, nos picos mais matutinos do estado de alerta e performance observados nos indivíduos matutinos quando comparados com indivíduos vespertinos (Natale & Cicogna, 1996). Este aspeto é importante do ponto de vista científico e prático, dado que o estado de alerta é modelado ao longo do dia pela interação entre o processo circadiano e o homeostático, com impacto na performance em diferentes domínios (Cajochen et al., 2004; Dijk & von Schantz, 2005).

De acordo com a *sexta hipótese*, segundo a qual as variáveis fadiga física, fadiga mental, sonolência e estado de alerta seriam influenciadas significativamente pela variável hora do dia, com diferenças entre matutinos e vespertinos.

No que diz respeito à fadiga física, no grupo vespertino observámos uma diminuição dos valores médios de fadiga física do 1º período até ao 3º período com uma subida na última janela temporal, enquanto o grupo matutino atinge o pico mínimo de fadiga física no 2º período, aumenta nos períodos seguintes atingindo o pico máximo no 1º período.

Mediante a análise dos resultados, e apesar do teste de Friedman não nos permitir uma comparação “inter” intervalos, verificou-se uma flutuação significativa ao longo do dia tanto no grupo matutino como no grupo vespertino.

Relativamente ao Cronotipo, encontrámos diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos no intervalo das 6h – 12h, sendo a fadiga física maior nos vespertinos do que nos matutinos.

Relativamente à fadiga mental, no grupo vespertino o pico mínimo da fadiga mental foi obtido na janela temporal das 12h-18h, aumentou nas 2 janelas temporais seguintes, atingindo o pico máximo no intervalo das 0h-6h. No grupo de matutinos, por sua vez, a fadiga mental atingiu o pico mínimo no intervalo das 6h-12h, aumentando consecutivamente nos intervalos seguintes, atingindo o máximo no intervalo das 0h-6h.

Encontrámos uma flutuação significativa ao longo do dia em relação à fadiga mental no grupo matutino para um $p < .05$, e no grupo vespertino para um $p < .10$.

Comparando os matutinos com os vespertinos, encontrámos diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos do Cronotipo no intervalo das 6h – 12h, com a fadiga mental a ser maior nos vespertinos do que nos matutinos.

Os resultados seguem o padrão referido noutros estudos. Na nossa amostra a fadiga física e a fadiga mental revelaram padrões de flutuação semelhantes dentro de cada cronotipo. Contudo, estudos recentes sugerem a importância de diferenciar a fadiga mental da fadiga física (Wijesuriya et al., 2007; Craig et al., 2006; Verwey & Zaidel, 2000). Por exemplo, Pietrowsky e Lahl (2008) verificaram num estudo ecológico, com medições efetuadas em laboratório, que no período das 8h até às 19h os níveis de fadiga física e fadiga mental diminuem, contudo com padrões distintos entre a fadiga mental e a fadiga física no período da tarde. De facto os níveis de fadiga mental à tarde diminuem menos que a fadiga física.

Relativamente à diferença observada na fadiga subjetiva entre matutinos e vespertinos os resultados revelaram igualmente padrões que estão de acordo com a literatura. Estudos de rotina normal com recolha de dados em laboratório, salientam que os matutinos se encontram em avanço de fase de 7 a 8 horas face aos vespertinos, tendo os matutinos apresentado o pico mínimo às 10h e os vespertinos às 17h (Adan, 1994).

No que se relaciona com a sonolência, no grupo vespertino verificou-se uma diminuição da sonolência do 1º intervalo (pico máximo) para os seguintes, sendo que no 3º e 4º intervalo se verificaram valores semelhantes e mínimos. Também no grupo matutino verificámos o

máximo de sonolência no 1º intervalo, contudo, diminuiu drasticamente no 2º e 3º intervalo (valores semelhantes – pico mínimo), voltando a subir no período 18h-24h.

Encontrámos uma flutuação significativa no grupo vespertino para um $p < .05$ e uma flutuação significativa no grupo matutino para um $p < .10$.

Comparando matutinos com vespertinos, encontrámos diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos no intervalo 6h – 12h, sendo a sonolência maior nos vespertinos do que nos matutinos, o que é consistente com o que seria de esperar tendo em conta a teoria e os estudos laboratoriais e de campo.

Efetivamente, no que respeita à sonolência subjetiva são vários os estudos de campo e laboratoriais que confirmam a existência de uma variação diurna (Monk et al., 1983). Os níveis mais elevados de sonolência subjetiva ocorrem paralelamente aos valores mínimos da temperatura central, enquanto os menores níveis de sonolência ocorrem 7 horas antes do pico máximo da temperatura (Monk, 1987). Efetivamente a modulação da sonolência por S e C varia entre os matutinos e vespertinos, contribuindo para padrões diários de sonolência distintos entre eles (Taillard, 2003).

Por outro lado, num estudo ecológico, realizado em 16 raparigas do ensino secundário, Andrade e Menna-Barreto (1996) mostraram que a sonolência diminui ao longo do dia, entre as 8h e as 16h. O pico máximo ocorre nos primeiros testes da manhã, e decai de forma contínua (cerca de 48%), anulando o hipotético efeito cumulativo das tarefas escolares que poderiam estar na base da sonolência e fundamentando o seu carácter circadiano.

De notar que estudos com protocolos de privação de sono de apenas 24h mostram que a sonolência afeta negativamente o estado de alerta e a performance cognitiva (Wu et al., 1991, Thomas et al, 2000).

No que respeita às diferenças entre matutinos e vespertinos, os nossos resultados aproximam-se dos encontrados noutros estudos. Considerando as variações diárias de sonolência e o cronotipo, estudos de rotina normal mostraram que os níveis de sonolência subjetiva, principalmente de manhã, são maiores nos indivíduos vespertinos do que nos indivíduos matutinos e vice-versa no final do dia (Andrade, Benedito-Silva & Menna - Barreto, 1992; Clodore et al., 1986).

Indivíduos vespertinos adolescentes com restrições crônicas de sono têm uma sonolência muito alta durante a manhã, que vai diminuindo ao longo do dia. Neste caso a diferença de fase entre o acordar e o mínimo do estado de alerta é diminuta além de que nestas situações a pressão de sono ainda não foi restabelecida (Carskadon & Acebo, 2002). Podemos ainda referir que a *inércia de sono* se mantém por períodos maiores de tempo nos indivíduos vespertinos comparativamente aos matutinos (Taillard et al, 2003).

Finalmente, no que respeita ao estado de alerta, no grupo vespertino os valores de estado de alerta foram menores nos dois primeiros intervalos, foram máximos no 3º intervalo e começaram a decair, ainda que pouco, no 4º intervalo. No grupo matutino os valores máximos de estado de alerta foram atingidos no 2º e no 3º período, diminuíram no 4º período e diminuíram drasticamente no período 0h-6h. Encontrámos uma flutuação significativa ao longo do dia tanto no grupo matutino como no grupo vespertino, ambos para um $p < .05$.

Comparando os matutinos e vespertinos, encontrámos diferenças estatisticamente significativas entre os dois grupos no intervalo 6h – 12h, sendo o estado de alerta maior nos matutinos do que nos vespertinos.

O ritmo circadiano do estado de alerta subjetivo não é uma simples consequência do ritmo da temperatura central. Apesar do oscilador circadiano responsável pelo ritmo da temperatura central contribuir muito para o ritmo circadiano do estado de alerta, não deverá ser esquecida a influência do processo homeostático que controla o ciclo sono/vigília (Monk, 1987; Taillard, 2003).

Relativamente ao estado de alerta subjetivo e a variável cronotipo, indivíduos matutinos apresentam a acrofase do estado de alerta antes da acrofase da TC (avanço de fase), enquanto os indivíduos vespertinos tendem a ter as acrofases destas duas variáveis em fase (Clodore, Foret, & Benoit, 1986).

Estas diferenças resultam do facto da contribuição relativa dos dois processos (S e C) ser diferente nos matutinos e vespertinos (Benoit, 1992). O estado de alerta subjetivo dos vespertinos é mais influenciado pela componente circadiana, enquanto os matutinos têm uma maior influência da componente homeostática. Este facto explica o porquê dos

indivíduos matutinos sofrerem mais com alterações do ciclo sono-vigília, permitindo aos vespertinos adaptarem-se melhor a essas situações (Natale & Cicogna, 1996).

Os indivíduos vespertinos tendem a apresentar valores mais baixos de alerta subjetivo no período da manhã comparativamente aos indivíduos matutinos, enquanto o contrário ocorre no final do dia (Natale & Cicogna, 2002), o que está de acordo com os nossos resultados.

Por sua vez, Adan (1994), num estudo de rotina normal com as medições em laboratório, verificou que a diferença de fase do estado de alerta é de 7 a 8 horas entre os matutinos e vespertinos.

No que diz respeito à *sétima hipótese*, os parâmetros das funções cognitivas estudadas (atenção, memória, velocidade de processamento, flexibilidade) apresentariam ritmos circadianos num estudo em rotina normal (ecológico), com diferenças entre matutinos e vespertinos.

Devido à fraca colaboração dos participantes na execução das tarefas, a análise que se pretendia fazer de ritmos das autoavaliações e ritmos cognitivos ao fim de semana versus durante a semana teve de ser abandonada, tendo sido apenas feita a análise para a existência ou não de ritmos nos diferentes parâmetros estudados na janela temporal total de 15-17 dias de experiência, *não diferenciando dias de semana e fins-de-semana*. Por outro lado, os participantes em que foram obtidos ritmos num maior número de parâmetros foram aqueles que responderam mais vezes às tarefas e que cumpriram quase à risca tudo o que lhes foi pedido. Porém, tal como foi referido a propósito da quinta hipótese, apenas nas tarefas 1 a 4 encontramos ritmos num número de participantes suficientes para compararmos os matutinos com os vespertinos. Na verdade, houve parâmetros onde nenhum dos participantes apresentou ritmos circadianos.

Este resultado não nos deverá surpreender, uma vez que apenas usando um paradigma experimental, com um controlo exaustivo de variáveis definidas na literatura como parasitas (motivação, stress, alimentação, postura, temperatura ambiente, consumo de cafeína, atividade física, condições de luz etc) se poderá assumir a relação entre a

performance neurocognitiva e os ritmos biológicos (Schmidt, Collete, Cajochen & Peigneux, 2007).

Por outro lado, evidências recentes mostram que em situações de privação total de sono, a modulação da performance pode ser mantida (resistência cognitiva) ou, pelo contrário muito diminuída (Dorrian, Rogers, & Dinges, 2005). Estas diferenças inter-individuais foram observadas numa variedade de testes neurocomportamentais que avaliam a atenção mantida em tarefas psicomotoras e mesmo em testes que avaliam tarefas cognitivas mais complexas como a atenção e a memória (Chee & Chuah, 2008)

Na ausência desse controlo, essas variáveis parasitas podem mascarar o perfil circadiano das funções neurocognitivas e neurocomportamentais. Neste sentido, a performance cognitiva depende ainda de mecanismos compensatórios como fatores motivacionais ou expectativas devida à experiência (Mavjee & Horne, 1994), que podem levar ao mascaramento ou, no limite, à eliminação do contributo da modulação circadiana para a performance cognitiva, como acontece com os níveis de vigília (Kraemer et al., 2000)

Do ponto de vista cognitivo, este modelo, dos dois processos, sugere que a eficiência neurocomportamental pode mudar ao longo do dia, seja pelo aumento da pressão homeostática, pelo facto do tempo circadiano permitir melhor ou pior desempenho para a tarefa, ou pela interação/cominação destas duas componentes (Carrier & Monk, 2000).

O contributo da componente circadiana (processo C) para a modulação da performance cognitiva não é evidente quando a pressão homeostática do sono (processo S) é baixa. Quando a pressão do sono aumenta até ao máximo, a componente circadiana (processo C) para a modulação da performance cognitiva torna-se evidente (Dijk & Archer, 2009). Assim, é de esperar uma ausência de ritmos em estudos ecológicos porque aqueles dependem também da componente homeostática, que podem “ocultar” a componente circadiana. Ou seja, a variável cognitiva poderá acompanhar o padrão da temperatura, de qualquer forma, se for sensível à pressão do sono, na fase onde se verificaria o máximo desempenho, a pressão do sono “silencia-o”.

Finalmente, segundo a **oitava hipótese**, a variável hora do dia influencia significativamente os parâmetros estudados da performance atencional, da performance

mnésica, da velocidade de processamento e o eixo *shifting* das funções executivas, com diferenças entre matutinos e vespertinos.

Em geral, encontrámos flutuações significativas ($p < .05$ e $p < .10$) no tempo de movimento do *Choice Reaction Test* (CRT) nos vespertinos, porém sem efeito cronotipo, no número de omissões na tarefa *Signal Detection* com 1 algarismo (SD1) nos vespertinos, porém sem efeito cronotipo, no tempo médio gasto em cada algarismo do SD1 nos matutinos, sem efeito cronotipo, no número de acertos no SD3 (3 algarismos) nos vespertinos, com efeito cronotipo no período 0h – 6h (número maior de acertos nos matutinos), no número de erros no SD3 nos vespertinos, com efeito cronotipo no período 18h – 24h (maior número de erros nos matutinos), no tempo por linha no SD3 nos matutinos, com efeito cronotipo no período 0h – 6h (tempo maior nos matutinos do que nos vespertinos), e no número de algarismos recordados a dividir pelo número de tentativas, nos vespertinos, mas sem efeito cronotipo.

O facto de termos encontrado flutuações em algumas variáveis está de acordo com o que seria esperado pela teoria e estudos com protocolos experimentais. O facto de não termos encontrado flutuações noutras variáveis, que a literatura nos diz existirem, dever-se-á à presença de fatores confundentes em estudos de natureza ecológica, ao número de participantes da amostra, e também à fraca colaboração dos participantes na execução das tarefas.

Relativamente ao efeito cronotipo (comparação entre matutinos e vespertinos numa mesma janela temporal do dia), o maior número de acertos na tarefa de deteção de sinal com 3 algarismos nos matutinos, no período 0h – 6h não corresponde ao que seria esperado pela teoria e pelos estudos com protocolos experimentais (Horne et al., 1980) e pode ter ficado a dever-se à diminuta amostra tanto de matutinos como vespertinos que temos neste intervalo.

Nas variáveis em que encontrámos flutuações com significado estatístico, no tempo de movimento do CRT, os vespertinos atingiram os valores máximos no segundo intervalo (6 – 12h) e os valores mínimos no 4 intervalo (18h-24h). Este resultado relativo ao «tempo movimento», especificamente, está de acordo com o esperado pela teoria e pelos estudos com protocolos experimentais.

O CRT é uma tarefa muito sensível a avaliar a performance da atenção mantida em tarefas psicomotoras (Kolev, Falkenstein, & Yordanova, 2006) e usada desde muito cedo na avaliação da performance atencional. A performance da atenção mantida em tarefas psicomotoras é afetada pela componente circadiana mas também pela componente homeostática como descrito no artigo de Van Drogen e Dinges (2005).

A medição do tempo de reação (TR), o tempo de reconhecimento (TRc) e o tempo de movimento (TM) são considerados indicadores rigorosos e válidos para avaliar o tempo necessário para iniciar e executar uma determinada ação (Luce, 1986). O tempo de reconhecimento reflete a integridade do sistema de processamento de informação. O tempo de movimento, por seu lado, refere-se ao intervalo de tempo a partir do início da realização da execução do movimento em resposta ao estímulo e reflete a integração da componente motora do sistema nervoso central e periférico (Magill, 2011).

Relativamente aos tempos de reação, variações circadianas estão documentadas em alguns estudos de rotina normal (Blake, 1967). As melhores performances ocorrem ao final da tarde/início da noite e as piores durante a noite e nas primeiras horas da manhã, e são também afetados negativamente pelo aumento da pressão do sono, o que é verificado em estudos de privação ou restrição total de sono (Blatter et al., 2006). Num protocolo de dessincronização forçada (DF) verificou-se que o tempo de reação se correlaciona com a temperatura central de forma que as melhores performances são atingidas no pico de temperatura e as piores quando a temperatura é mais baixa (Wright et al., 2002). A velocidade de processamento de informação apresenta uma variação circadiana semelhante à dos tempos de reação (Bratzke, Rolke, Steinborn, & Ulrich, 2009). Ainda assim, existem estudos que sugerem que algumas habilidades motoras de coordenação fina, baseadas na rapidez e força reativa, tendem a ter o pico mais cedo no dia comparativamente a habilidades da motricidade grosseira, que são fortemente influenciadas pela temperatura central (Waterhouse, 2010).

No que respeita ao número médio de omissões no SD1, apenas os vespertinos apresentaram flutuação significativa com o máximo no período 6h – 12h.

A tarefa de cancelamento de letras é o exemplo clássico para avaliar a atenção seletiva, ou seja, a capacidade de nos focarmos numa única fonte ou tipo de informação, excluindo as

outras. Como está documentado num protocolo de rotina normal com uma tarefa de cancelamento de letras que a atenção seletiva apresenta variação circadiana (Blake, 1967), assim como num protocolo laboratorial de privação de sono, foi verificado um evidente paralelismo entre a performance de tarefas de cancelamento de letras e o ritmo da TC (De Gennaro, Ferrara, Curcio, & Bertini, 2001; Mikulincer, Babkoff, Caspy, & Sing, 1988). A flutuação por nós encontrada para o número de omissões em vespertinos está de acordo com estes estudos.

Relativamente ao tempo médio despendido na identificação de cada algarismo na tarefa SD1, apenas houve flutuação significativa no grupo matutino, com o tempo máximo no 2º intervalo (6h – 12h) e diminuição progressiva até ao 1º intervalo (0h – 6h). Este resultado não está de acordo com o esperado pela teoria e estudos com protocolos experimentais sobre atenção seletiva acima referido, o que pode ser explicado pelo escasso número de matutinos a responderem o período de tempo 0h – 6h.

No que respeita ao número de erros na tarefa SD3, no grupo vespertino verificou-se o máximo de erros no período 6h – 12h, com diminuição progressiva até ao período 0h – 6h. Relativamente ao efeito cronotipo, encontrámos um maior número de erros nos matutinos no período 18h – 24h. Ambos os resultados estão de acordo com o esperado pela teoria e pelos estudos com protocolos experimentais (Horne et al, 1980).

Já no tempo médio gasto por linha na tarefa SD3, só encontrámos uma flutuação significativa para $p < .10$ nos matutinos, sendo o pico máximo atingido no intervalo das 0h às 6h, diminuindo ao longo do dia até ao pico mínimo nos últimos 2 intervalos, isto é, entre as 12h e as 24 horas (valores idênticos). Este resultado está de acordo com o esperado pela teoria e pelos estudos com protocolos experimentais (De Gennaro, Ferrara, Curcio, & Bertini, 2001; Mikulincer, Babkoff, Caspy, & Sing, 1988). O mesmo acontece com o efeito cronotipo (Horne et al., 1980).

Quanto ao número de recordações a dividir pelo número de tentativas no *Digit Span* em sentido direto (memória de trabalho), só encontrámos efeito da hora do dia nos vespertinos, que necessitaram de maior recurso às segundas tentativas no período das 6h – 12h. Nos outros períodos precisaram de recorrer menos vezes às segundas tentativas. Este padrão

está de acordo com o esperado pela teoria e pelos estudos com protocolos experimentais, apenas nos vespertinos.

A memória de trabalho é um processo neuropsicológico que provisiona armazenamento temporário e a manipulação de informação, essencial aos processos cognitivos (Baddeley, 2003; Logie, Baddeley, Mané, Donchin, & Sheptak, 1989). A memória de trabalho bem como a atenção mantida têm a capacidade de influenciar a performance da maioria, senão de todas as tarefas neurocomportamentais (Roger et al., 2003). As tarefas de *Span* (palavras ou dígitos), entre todas as medidas disponíveis de análise da memória de trabalho, têm-se mostrado medidas fiáveis e válidas, principalmente aquelas que levam a evocar os dígitos em sentido inverso (Conway et al., 2005). Johnson e colaboradores (1992), recorrendo a um protocolo de restrição de sono e a outro de dessincronização forçada, mostraram que o ritmo circadiano da memória de trabalho varia em paralelo com o ritmo circadiano do estado de alerta subjetivo e com a TC, sugerindo assim, que o sistema de temporização responsável pelo ritmo da TC é determinante nas variações circadianas da memória de trabalho. No entanto, evidenciam igualmente que a componente homeostática também afeta a performance nas tarefas de memória de trabalho (Valdez, 2012). Ramirez e colaboradores (2006) com recurso a um protocolo RC verificou um quase paralelismo entre o ritmo circadiano das componentes visuo-espaciais e fonológicas da memória de trabalho com a TC, com uma diminuição da capacidade de armazenamento entre as 5h e as 8h, 1 a 3 horas após o mínimo da TC. A performance em tarefas de memória de trabalho comporta-se de maneira semelhante às tarefas de atenção mantida, talvez pelo facto da atenção mantida ser um componente de base para as tarefas memória de trabalho, que desta forma afeta seu desempenho (Baddeley, 2003). O desempenho nas tarefas de memória de trabalho está de acordo com o “synchrony effect” (Rowe, Hasher, & Turcotte, 2009), pelo que, indivíduos que se sintam mais alerta pela manhã tendem a executar melhor as tarefas de manhã do que de tarde, ao passo que os indivíduos que se sintam mais alerta à tarde, tendem a desempenhar melhor as tarefas à tarde do que de manhã. Relativamente à memória de trabalho e cronotipo, Schmidt e colaboradores (2010) mostraram usando um paradigma *n-back* (avalia a memória de trabalho ativa) que os matutinos e vespertinos não apresentam desempenho similar ao longo do dia, evidenciando que os indivíduos vespertinos apresentam melhores desempenhos ao fim da tarde do que de manhã e tendem a ser melhores que os matutinos nessas horas (Schmidt et al., 2010).

Roberts e Kyllonen (1999) mostraram que indivíduos com maiores pontuações na escala da vespertinidade se correlacionam com maiores pontuações nas tarefas de memória de trabalho.

Também encontramos o efeito cronotipo em variáveis que não apresentaram flutuações significativas com a nossa amostra, tais como o tempo de reconhecimento no CRT, com um tempo maior nos vespertinos no período 6h – 12h, o número de erros no SD1, maior nos matutinos no período 18h – 24h, e no número de recordações a dividir pelo número de tentativas no *digit span* em sentido inverso, maior nos matutinos no período 6h – 12h, o que sugere que os matutinos utilizam menos a segunda hipótese que está disponível para cada sequência. Em suma, nas variáveis memória de trabalho e atenção seletiva, os resultados estão de acordo com o que seria esperado pela teoria e pelos estudos com protocolos experimentais (Horne et al., 1980; Schmidt et al., 2010).

Relativamente ao tempo de reação de escolha múltipla e o cronotipo, em estudos de rotina normal, não encontramos estudos. Contudo, tendo em conta as variações encontradas relativamente à atenção mantida, em que se usaram testes psicomotores, poderemos inferir que as variações e a relação com o cronotipo terão o mesmo perfil.

CONCLUSÕES

Os nossos resultados sugerem que os participantes da nossa amostra apresentaram sofrimento temporal por dessincronização da ordem temporal interna, que houve ritmos circadianos nas variáveis de autoavaliação, mesmo com o paradigma ecológico, que houve um efeito da hora do dia, ainda que expresso em intervalos de 6 horas, em vários parâmetros de tarefas cognitivas e motoras medidas objetivamente, assim como uma diminuição da performance cognitiva nos vespertinos, comparativamente aos matutinos, na janela temporal das 6h às 12 horas, que coincide com a maior concentração de horas de aulas por dia na Universidade onde o estudo foi realizado.

LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Como principais limitações do estudo, salientamos a pequena dimensão da amostra ($n = 16$, 6 matutinos e 10 vespertinos), a mortalidade de sujeitos, um número exíguo de matutinos e de vespertinos extremos, a não utilização de uma métrica de ritmos sociais que permitiriam explicar alguns resultados que não concordam com o que seria esperado pela teoria e pelos estudos com protocolos experimentais, algumas anomalias nas tarefas do programa STAFE, a inconsistência na execução das tarefas pelos participantes ao longo do dia e eventuais efeitos dos valores extremos em algumas médias das medições efetuadas.

BIBLIOGRAFIA

- Adan A., & Natale V. (2002). Gender differences in morningness–eveningness preference. *Chronobiology International*, 19(4), 709–720.
- Adan, A. (1994). Variaciones diurnas de alerta y fatiga auto-evaluadas, y velocidad motora. Estudio de los factores matutinidad y sexo (género). *Revista Latinoamericana de Psicología*, vol. 26(2), 235-251.
- Adan, A., Archer, S. N., Hidalgo, M. P., Di Milia, L., Natale, V., & Randler, C. (2012). Circadian Typology: A Comprehensive Review. *Chronobiology International*, 29(9), 1153-1175.
- Albrecht, U. & Eichele, G. (2003). The Mammalian Circadian Clock. *Current Opinion in Genetics & Development*, 13(3), 271-277.
- Andershed, A. K. (2005). *Sync with adolescence: The role of morningness–eveningness in adolescence*. Boston, MA: Springer.
- Andrade, M. M., Benedito-Silva, A. A. & Menna-Barreto, L. (1992). Correlations between morningness–eveningness character, sleep habits and temperature rhythm in adolescents. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 25(8), 835–839.
- Andrade, M., & Menna-Barreto, L. (1996). Diurnal variation in oral temperature, sleepiness, and performance of high school girls. *Biological Rhythm Research*, 27(3), 336-342.
- Archer, S.N., Robilliard, D.L., Skene, D.J., Smits, M., Williams, A., Arendt, J., & von Schantz, M. (2003). A length polymorphism in the circadian clock gene *Per3* is linked to delayed sleep phase syndrome and extreme diurnal

preference. *Sleep*, 26(4) - 413-415.

- Areas, R., Duarte, L., & Menna-Barreto, L. (2006). Comparative analysis of rhythmic parameters of the body temperature in humans measured with thermistors and digital thermometers. *Biological Rhythm Research*, 37(5), 419–424.
- Arendt J. (2006). Melatonin and human rhythms. *Chronobiology International*, 23(1-2), 21–37.
- Aschoff, J. (1954). Zeitgeber der tierischen Tagesperiodik. *Naturwissenschaften*, 41(3), 49-56.
- Aschoff, J. (1960). Exogenous and endogenous components in circadian rhythms. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 25, 11-28.
- Aschoff, J. (1965). Circadian Rhythms in Man: A self-sustained oscillator with an inherent frequency underlies human 24-hour periodicity. *Science*, 148, 1427-1432.
- Aschoff, J. (1988). Masking of Circadian Rhythms by Zeitgebers as Opposed to Entrainment. In Hekkens, W.T., Kerkhof, G.A., & Rietveld, W.J. (Eds.), *Trends in Chronobiology* (pp. 149-161). Oxford: Pergamom Press.
- Aschoff, J. (1990). Sources of thoughts from temperature regulation to rhythm research. *Chronobiology International*, 7(3), 179-86.
- Aston-Jones, G. (2005). Brain structures and receptors involved in alertness. *Sleep Medicine*, 6 (Suppl. 1), S3–S7.
- Babkoff, H., Caspy, T., & Mikulincer, M. (1991). Subjective sleepiness ratings: The effects of sleep deprivation, circadian rhythmicity and cognitive

performance. *Sleep*, 14(6), 534–539.

- Babkoff, H., Mikulincer, M., Caspy, T., Kempinski, D., & Sing, H. (1988). The topology of performance curves during 72 hours of sleep loss: a memory and search task. *Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A-Human Experimental Psychology*, 40(4), 737–756.
- Bachmann, V., Klaus, F., Bodenmann, S., Schafer, N., Brugger, P., Huber, S., Berger, W., & Landolt, H. P. (2012). Functional ADA Polymorphism Increases Sleep Depth and Reduces Vigilant Attention in Humans. *Cerebral Cortex*, 22(4), 962-970.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556-559.
- Baddeley, A. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4, 829–839.
- Baehr, E. K., Revelle, W., & Eastman, C. I. (2000). Individual differences in the phase and amplitude of the human circadian temperature rhythm: With an emphasis on morningness–eveningness. *Journal of Sleep Research*, 9(2), 117–127.
- Bailey, S. L., & Heitkemper, M. M. (2001). Circadian rhythmicity of cortisol and body temperature: Morningness–eveningness effects. *Chronobiology International*, 18(2), 249–261.
- Bailey, S.L., & Heitkemper, M.M. (1991). Morningness-eveningness and early-morning salivary cortisol levels. *Biological Psychology*, 32(2-3), 181–192.
- Benedito-Silva, A., Menna-Barreto, L., Alam, M., Rotenberg, L., Moreira, L., Menezes, A., da Silva, H., & Marques, N. (1998). Latitude and Social

Habits as Determinants of the Distribution of Morning and Evening Types in Brazil. *Biological Rhythms Research*, 29(5), 591-597.

- Benloucif, S., Guico, M.J., Reid, K.J., Wolfe, L.F., L'Hermitage-Baleriaux, M., & Zee, P.C. (2005). Stability of melatonin and temperature as circadian phase markers and their relation to sleep in humans. *Journal Biological Rhythms*, 20(2), 178–188.
- Benoit, O. (1992). Regulation circadienne des états de veille et de sommeil. In Benoit, O. & Foret, J. (Eds), *Le Sommeil humain, bases expérimentales physiologiques et physiopathologiques* (pp. 95-114). Paris: Masson.
- Bernard, C. (1960). *Introducción al estudio de la medicina experimental*. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Dirección General de Publicaciones.
- Blake, M.J. (1967). Time of day effects on performance in a range of task. *Psychonomic Science*, 9(6), 349 – 350.
- Blatter, K., & Cajochen, C. (2007). Circadian rhythms in cognitive performance: Methodological constraints, protocols, theoretical underpinnings. *Physiology and Behavior*, 90(2-3), 196–208.
- Blatter, K., Graw, P., Münch, M., Knoblauch, V., Wirz-Justice, A., & Cajochen, C. (2006). Gender and age differences in psychomotor vigilance performance under differential sleep pressure conditions. *Behavioural Brain Research*, 168(2), 312–317.
- Bonnet, M. H. (2000). Sleep deprivation. In Dement, W. (Ed.), *Principles and practice of sleep medicine* (3rd ed., pp. 53–71). Philadelphia: Saunders.
- Bonnet, M. H. (2005). Acute Sleep Deprivation. In Kryger, R., & Dement, W.

(Ed.), *Principles and Practice of Sleep Medicine*. Philadelphia: Elsevier, Saunders.

- Borbély, A. A. (1982). A two process model of sleep regulation. *Human Neurobiology, 1*(3), 195–204.
- Borbély, A. A., & Achermann, P. (1999). Sleep homeostasis and models of sleep regulation. *Journal of Biological Rhythms, 14*(6), 557-568.
- Borisenkov, M.F., Perminova, E.V., & Kosova, A.L. (2012). Impact of perinatal photoperiod on the chronotype of 11- to 18-years-olds in northern European Russia. *Chronobiology International, 29*(3), 305–310.
- Bratzke, D., Rolke, B., Steinborn, M.B., & Ulrich, R. (2009). The effect of 40 h constant wakefulness on task-switching efficiency. *Journal of Sleep Research, 18*(2), 167–172.
- Brown, L., Reynolds III, C., Monk, T., Prigerson, H., Dew, M., Houck, P., Mazumdar, S., Buysse, D., Hoch, C., & Kupfer, D. (1996). Social rhythm stability following late-life spousal bereavement: associations with depression and sleep impairment. *Psychiatry Research, 62*(2), 161-169.
- Cajochen, C., Chellappa, S., & Schmidt, C. (2010). What keeps us awake? The role of clocks and hourglasses, light, and melatonin. *International Review of Neurobiology, 93*, 57-90.
- Cajochen, C., Khalsa, S. B., Wyatt, J. K., Czeisler, C. A., & Dijk, D. J. (1999). EEG and ocular correlates of circadian melatonin phase and human performance decrements during sleep loss. *American Journal of Physiology, 277*, R640-R649.
- Cajochen, C., Knoblauch, V., Wirz-Justice, A., Krauchi, K., Graw, P., &

Wallach, D. (2004). Circadian modulation of sequence learning under high and low sleep pressure conditions. *Behavioral Brain Research*, 151(1-2), 167–176.

- Cajochen, C., Krauchi, K., & Wirz-Justice, A. (2003). Role of melatonin in the regulation of human circadian rhythms and sleep. *Journal of Neuroendocrinology*, 15(4), 432-437.
- Campbell, S., Murphy, P. & Boothroyd, C. (2001). Long-term time estimation is influenced by circadian phase. *Physiology & Behavior*, 72 (4), 589–593.
- Carpenter, G.A. & Grossberg, S. (1984). A neural theory of circadian rhythms: Aschoff's rule in diurnal and nocturnal mammals. *American Journal of Physiology*, 247(6), 1067-1082.
- Carrier J, & Monk TH (2000). Circadian rhythms of performance: new trends. *Chronobiology International*, 17(6), 719–732.
- Carskadon, M. A., & Acebo, C. (2002). Regulation of sleepiness in adolescents: update, insights, and speculation. *Sleep*, 25(6), 606–614.
- Carskadon, M. A., Wolfson, A. R., Acebo, C., Tzischinsky, O., & Seifer, R. (1998). Adolescent sleep patterns, circadian timing, and sleepiness at a transition to early school days. *Sleep*, 21(8), 871–881.
- Carskadon, M.A., Acebo, C., & Seifer, R. (2001). Extended nights, sleep loss, and recovery sleep in adolescents. *Archives Italiennes de Biologie*, 139(3), 301–312.
- Casagrande, M., Violani, C., Curcio, G., & Bertini, M. (1997). Assessing vigilance through a brief pencil and paper letter cancellation task (LCT): Effects of one night of sleep deprivation and of the time of day. *Ergonomics*, 40(6), 613–630.

- Cavallera, G. M., & Giudici, S. (2008). Morningness and eveningness personality: A survey in literature from 1995 up till 2006. *Personality and Individual Differences, 44*(1), 3–21.
- Chee, M. W., & Chuah, L. Y. (2008). Functional neuroimaging insights into how sleep and sleep deprivation affect memory and cognition. *Current Opinion in Neurology, 21*(4), 417-423.
- Chelminski, I., Ferraro, F., Petros, T., & Plaud, J. (1999). An analysis of the “eveningness–morningness” dimension in “depressive” college students. *Journal of Affective Disorders, 52*(1-3), 19-29.
- Chelminski, I., Ferraro, F.R., Petros, T., & Plaud, J.J. (1997). Horne and Östberg questionnaire: a score distribution in a large sample of young adults. *Personality and Individual Differences, 23*(4), 647–652.
- Clayton, J.D., Kyriacou, C.P., & Reppert, S.M. (2001). Keeping time with the human genome. *Nature, 409*, 829–831.
- Clodore, M., Foret, J. & Benoit, O. (1986). Diurnal variation in subjective and objective measures of sleepiness: The effects of sleep reduction and circadian type. *Chronobiology International, 3*(4), 255-263.
- Cofer, L. F., Grice, J. W., Sethre-Hofstad, L., Radi, C. J., Zimmermann, L. K., Palmer-Seal, D., & Santa-Maria, G. (1999). Developmental perspectives on morningness–eveningness and social interactions. *Human Development, 42*(4), 169–198.
- Cohen R.A., & O’Donnell B.F. (1993). Models and mechanisms of attention. In Cohen, R., Sparling-Cohen, Y., & O’Donnell, B. (Eds), *The Neuropsychology of Attention* (pp177–186). New York, NY: Plenum Press.

- Conway, A., Kane, M., Bunting, M., Hambrick, D., Wilhelm, O., & Engle, R. (2005). Working memory span tasks: A methodological review and user's guide. *Psychonomic Bulletin & Review*, *12*(5), 769–786.
- Craig, A., Tran, Y., Wijesuriya, N., & Boord, P. (2006). A controlled investigation into the psychological determinants of fatigue. *Biological Psychology*, *72*(1), 78–87.
- Czeisler, C.A., Duffy, J.F., Shanahan, T.L., Brown, E.N., Mitchell, J.F., Rimmer, D.W., Ronda, J.M., Silva, E.J., Allan, J.S., Emens, J.S., Dijk, D.J., & Kronauer, R.E.(1999). Stability, precision, and near-24-hour period of the human circadian pacemaker. *Science*, *284*(5423), 2177–2181.
- Daan, S., & Pittendrigh, C.S. (1976). A functional analysis of circadian pacemakers in nocturnal rodents. II. The variability of phase response curves. *Journal of Comparative Physiology*, *106*, 253-266.
- Daan, S., Beersma, D., & Borbély, A. A. (1984). Timing of human sleep: Recovery process gated by a circadian pacemaker. *American Journal of Physiology*, *246*, R161–R178.
- De Gennaro, L., Ferrara, M., Curcio, G., & Bertini, M. (2001). Visual search performance across 40 h of continuous wakefulness: Measures of speed and accuracy and relation with oculomotor performance. *Physiology and Behavior*, *74*(1-2), 194–204.
- Dement, W.C., & Carskadon, M.A. (1982). Current perspectives on daytime sleepiness: the issues. *Sleep*, *5* (Suppl 2), S56–66
- Dickey, J. (1995). Earth Rotation. Pasadena Ca: The American Geophysical Union.

- Dijk, D. J., & Archer, S. N. (2009). Circadian and Homeostatic Regulation of Human Sleep and Cognitive Performance and Its Modulation by PERIOD3. *Sleep Medicine Clinics*, 4(2), 111–125.
- Dijk, D. J., & Czeisler, C. A. (1994). Paradoxical timing of the circadian rhythm of sleep propensity serves to consolidate sleep and wakefulness in humans. *Neuroscience Letters*, 166(1), 63-68.
- Dijk, D. J., & Czeisler, C. A. (1995). Contribution of the circadian pacemaker and the sleep homeostat to sleep propensity, sleep structure, electroencephalographic slow waves and sleep spindle activity in humans. *Journal of Neuroscience*, 15(5), 3526-3538.
- Dijk, D. J., & Von Schantz, M. (2005). Timing and consolidation of human sleep, wakefulness, and performance by a symphony of oscillators. *Journal Biological Rhythms*, 20(4), 279–290.
- Dijk, D. J., Duffy, J. F., & Czeisler, C. A. (1992). Circadian and sleep/wake dependent aspects of subjective alertness and cognitive performance. *Journal of Sleep Research*, 1(2), 112-117
- Dinges, D. F., & Powell, J. W. (1985). Microcomputer analyses of performance on a portable, simple visual RT task during sustained operations. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers: A Journal of the Psychonomic Society*, 17(6), 625–655.
- Dodge, R.E. (1982). Circadian rhythms and fatigue: a discrimination of their effects on performance. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 53(11), 1131–1136.
- Dorrian, J., Rogers, N., & Dinges, D. (2005). Psychomotor vigilance

performance: A neurocognitive assay sensitive to sleep loss. In C. Kushida (Ed.), *Sleep Deprivation: Clinical Issues, Pharmacology, and Sleep Loss Effects* (pp. 39-70). New York: Marcel Dekker.

- Duarte, L.L., Menna-Barreto, L., Miguel, M.A., Louzada, F., Araújo, J., Alam, M., Areas, R., & Pedrazzoli, M. (2014). Chronotype ontogeny related to gender. *Brazilian journal of medical and biological research*, 47(4), 316-320.
- Duffy, J. F., Rimmer, D. W., & Czeisler, C. A. (2001). Association of intrinsic circadian period with morningness–eveningness, usual wake time, and circadian phase. *Behavioral Neuroscience*, 115(4), 895–899.
- Duffy, J.F., Dijk, D.J., Hall, E.F., & Czeisler, C.A. (1999). Relationship of endogenous circadian melatonin and temperature rhythms to self-reported preference for morning or evening activity in young and older people. *Journal of Investigative Medicine*, 47(3), 141–150.
- Edwards, B., Waterhouse, J., & Reilly, T. (2008). Circadian rhythms and their association with body temperature and time awake when performing a simple task with the dominant and non-dominant hand. *Chronobiology International*, 25(1), 115–132.
- Ehlers, C., Frank, E., & Krupfer, D. (1988). Social Zeitgebers and biological Rhythms: a unified approach to understanding the ethiology of depression. *Archives of General Psychiatry*, 45, 948-952.
- Engle, R. W. (2001). What is working memory capacity? In Roediger, H., Nairne, J., Neath, I., & Suprenant, A. (Eds), *The nature of remembering: Essays in honor of Robert G. Crowder (297-314)*. Washington D. C: American Psychological Association Press.
- Ferreira, L., Miguel, M., Martino, M. & Menna-Barreto, L.(2013). Circadian

rhythm of wrist temperature and night shift-work. *Biological Rhythm Research*, 44(5), 737–744.

- Folkard S., & Monk T.H. (1980). Circadian rhythms in human memory. *British Journal of Psychology*, 71(2), 295–307.
- Folkard, S. (1975). Diurnal variation in logical reasoning. *British Journal of Psychology*, 66(1), 1–8.
- Folkard, S., Knauth, P., & Monk, T. H. (1976). The effect of memory load on the circadian variation in performance efficiency under a rapidly rotating shift system. *Ergonomics*, 19(4), 479–488.
- Foster, G., & Roenneberg, T. (2008). Human Responses to the Geophysical Daily, Annual and Lunar Cycles. *Current Biology*, 18(17), R784-R794.
- Froberg, J. E. (1977). Twenty-four-hour patterns in human performance, subjective and physiological variables and differences between morning and evening active subjects. *Biological Psychology*, 5(2), 119–134.
- Fry, A.F., & Hale, S. (2000). Relationships among processing speed, working memory, and fluid intelligence in children. *Biological Psychology*, 54 (1-3), 1-34.
- García, A., Ramirez, C., Martínez, B. & Valdez, P. (2012). Circadian rhythms in two components of executive functions: cognitive inhibition and flexibility. *Biological Rhythm Research*, 43(1), 49-63.
- Gau, S.S., & Soong, W.T. (2003). The transition of sleep–wake patterns in early adolescence. *Sleep* 26(4), 449–454.
- Giannotti, F., & Cortesi, F. (2002). Sleep patterns and daytime functioning in

adolescence: An epidemiological survey of an Italian High School student sample. In Carskadon, M. (Ed.), *Adolescent sleep patterns. Biological, social, and psychological influences* (pp. 132–147). Cambridge: Cambridge University Press.

- Giannotti, F., Cortesi, F., Sebastiani, T., & Ottaviano, S. (2002). Circadian preference, sleep and daytime behaviour in adolescence. *Journal of Sleep Research, 11*(3), 191–200.
- Gibertini, M., Graham, C., & Cook, M.R. (1999). Self-report of circadian type reflects the phase of the melatonin rhythm. *Biological Psychology, 50*(1), 19–33.
- Gillberg, M., Kecklund, G., & Akerstedt, T. (1994). Relations between performance and subjective ratings of sleepiness during a night awake. *Sleep, 17*(3), 236–241.
- Gitelman, D. R. (2003). Attention and its disorders. *British Medical Bulletin, 65*, 21–34.
- Godinho, A.L. (1996). Factores Preditivos das Consequências do Trabalho por Turnos. Dissertação de mestrado apresentada à faculdade de Psicologia e Ciências da educação da Universidade de Coimbra.
- Goel, N., Banks, S., Lin, L., Mignot, E., & Dinges, D. F. (2011). Catechol-Omethyltransferase Val158Met polymorphism associates with individual differences in sleep physiologic responses to chronic sleep loss. *PLoS ONE, 6*(12), e29283.
- Gompf, H. S., & Aston-Jones, G. (2008). Role of orexin input in the diurnal rhythm of locus coeruleus impulse activity. *Brain Reserch, 1224*, 43–52.

- Griefahn, B., & Robens, S. (2008). The cortisol awakening response: a pilot study on the effects of shift work, morningness and sleep duration. *Psychoneuroendocrinology*, 33(7), 981–988.
- Griefahn, B., Künemund, C., Golka, K., Their, R., & Degen, G. (2002). Melatonin synthesis: a possible indicator of intolerance to shift work. *American Journal of Industrial Medicine*, 42(5), 427–436.
- Groeger, J. A., Viola, A. U., Lo, J. C., von Schantz, M., Archer, S. N., & Dijk, D. J. (2008). Early morning executive functioning during sleep deprivation is compromised by a PERIOD3 polymorphism. *Sleep*, 31(8), 1159–1167.
- Gupta, S., & Pati, A.K. (1994). Characteristics of circadian rhythm in six variables of morning active and evening active healthy human subjects. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 38(2), 101–107.
- Haavisto, M., Porkka-Heiskanen, T., Hublin, C., Harma, M., Mutanen P., Muller, K., Virkkala, J., & Sallinen, M. (2010). Sleep restriction for the duration of a work week impairs multitasking performance. *Journal of Sleep Research*, 19(3), 444–454.
- Hagenauer, M.H., Perryman, J.I., Lee, T.M., & Carskadon, M.A. (2009). Adolescent changes in the homeostatic and circadian regulation of sleep. *Developmental Neuroscience*, 31(4), 276–284.
- Hahn, C., Cowell, J., Wiprzycka, U., Goldstein, D., Ralph, M., Hasher, L., & Zelazo, P. (2012). Circadian rhythms in executive function during the transition to adolescence: the effect of synchrony between chronotype and time of day. *Developmental Science*, 15(3), 408–416.
- Halberg, F (1977). Implications of biologic rhythms for clinical practice.

Hospital practice, 12(1), 139-149.

- Halberg, F. & Simpson, H. (1967). Circadian acrophases of human 17-hydroxycorticosteroid excretion referred to midsleep rather than midnight. *Human Biology*, 39, 405-413.
- Halberg, F. (1959). Physiologic 24-hour periodicity; general and procedural considerations with reference to the adrenal cycle. *Internationale Zeitschrift für Vitaminforschung*, 10, 225-296.
- Harada, T., Kobayashi, R., Wada, K., Nishihara, R., Kondo, A., Akimitsu, O., Noji, T., Taniwaki, N., Nakade, M., Krejci, M., & Takeuchi, H. (2011). Effects of birth season on circadian typology appearing in Japanese young children aged 2 to 12 years disappears in older students aged 18 to 25 years. *Chronobiology International*, 28(7), 638–642.
- Harrison, Y., Jones, K., & Waterhouse, J. (2007). The influence of time awake and circadian rhythm upon performance on a frontal lobe task. *Neuropsychologia*, 45, 1966–1972.
- Hartley, L.R., & Shirley, E. (1976). Color-name interference at different times of day. *Journal of Applied Psychology*, 61(1), 119–122.
- Hasan, S., Santhi, N., Lazar, A.S., Slak, A., Lo, J., von Schantz, M., Archer, S.N., Johnston, J.D., & Dijk, D.J. (2012). Assessment of circadian rhythms in humans: comparison of real-time fibroblast reporter imaging with plasma melatonin. *The FASEB Journal*, 26(6), 2414–2423.
- Hasher, L., Goldstein, D., & May, C. (2005). It's about time: Circadian rhythms, memory and aging. In Ohta, C. (Ed.), *Human learning and memory: Advances in theory and application* (pp. 199–217). Kansas: Lawrence Erlbaum Associates.

- Hicks, R.A., Mistry, R., Lucero, K., Lee, L., & Pellegrini, R. (1989). The sleep durations and sleep satisfactions of college students: striking changes over the last decade (1978-1988). *Perceptual and motor skills*, 68, 806.
- Hofman, M. A., & Swaab, D. F. (2006). Living by the clock: The circadian pacemaker in older people. *Ageing Research Reviews*, 5(1), 33–51.
- Horne, J. A., & Östberg, O. (1976). A self-assessment questionnaire to determine morningness– eveningness in human circadian rhythms. *International Journal of Chronobiology*, 4(2), 97–110.
- Horne, J. A., Brass, C. G., & Petitt, A. N. (1980). Circadian performance differences between morning and evening “types”. *Ergonomics*, 23(1), 29 – 36.
- Horowitz, T.S., Cade, B.E., Wolfe, J.M., & Czeisler, C.A. (2003). Searching night and day: a dissociation of effects of circadian phase and time awake on visual selective attention and vigilance. *Psychological Science*, 14(6), 549–557.
- Jasper, I., Haußler, A., Baur, B., Marquardt, C., & Hermsdorfer, J. (2009). Circadian variations in the kinematics of handwriting and grip strength. *Chronobiology International*, 26(3), 576–594.
- Johnson, M. P., Duffy, J. F., Dijk, D. J., Ronda, J. M., Dyal, C. M., & Czeisler, C. A. (1992). Short-term memory, alertness and performance: a reappraisal of their relationship to body temperature. *Journal of Sleep Research*, 1(1), 24–29.
- Kaiser, D. (2013). Infralow Frequencies and Ultradian Rhythms. *Seminars in Pediatric Neurology*, 20(4), 242–245.
- Kanazawa, S., & Perina, K. (2009). Why night owls are more intelligent.

Personality and Individual Differences, 47, 685–690.

- Kantowitz, B., Roedinger III, H., & Elmes, D. (2001). *Psicología experimental*. 7 Edición. México: International Thomson Editores.
- Kawada, T., Suzuki, H., Shimizu, T., & Katsumata, M. (2012). Polygraphic sleep latency and subjective sleepiness by visual analog scale (VAS): The limitation of VAS. *Applied Ergonomics*, 43(1), 266-266.
- Kerkhof, G. A. (1985). Inter-individual differences in the human circadian system: a review. *Biological Psychology*, 20(2), 83-112.
- Kerkhof, G.A., & Van Dongen, H.P. (1996). Morning-type and eveningtype individuals differ in the phase position of their endogenous circadian oscillator. *Neuroscience Letters*, 218(3), 153–156.
- Killgore, W. D., & Killgore, D. B. (2007). Morningness–eveningness correlates with verbal ability in women but not men. *Perceptual and Motor Skills*, 104, 335–338.
- Kim, S., Dueker, G.L., Hasher, L., & Goldstein, D. (2002). Children’s time of day preference: age, gender, and ethnic differences. *Personality and Individual Differences*, 33(7), 1083–1090.
- Kim, S.J., Lee, Y.J., Kim, H., Cho, I.H., Lee, J.Y., & Cho, S.J. (2010). Age as a moderator of the association between depressive symptoms and morningness–eveningness. *Journal of Psychosomatic Reserach*, 68(2),159–164.
- Kirby, E. G., & Kirby, S. L. (2006). Improving task performance: The relationship between morningness and proactive thinking. *Journal of Applied Social Psychology*, 36(11), 2715–2729.

- Klei, L., Reitz, P., Miller, M., Wood, J., Maendel, S., Gross, D., Waldner, T., Eaton, J., Monk, T.H., & Nimgoankor, V.L. (2005). Heritability of morningness-eveningness and self-report sleep measures in a family based sample of 521 Hutterites. *Chronobiology International*, 22(6), 1041–1054.
- Kleitman, N., Titelbaum, S., & Feiveson, P. (1938). The effect of body temperature on reaction time. *American Journal of Physiology*, 121(6), 495–501.
- Kloss, J., Szuba, M., & Dinges, D. (2002). Sleep loss and sleepiness: Physiological and Neurobehavioral effects. In Davis, K., Charney, D., Coyle, J., & Nemeroff C (Eds.), *Neuropsychopharmacology - 5th Generation of Progress (pp. 1895-1906)*. Philadelphia: Lippincott, Williams, & Wilkins.
- Kolev, V., Falkenstein, M., & Yordanova, J. (2006). Motor-response generation as a source of aging-related behavioural slowing in choice-reaction tasks. *Neurobiology of Aging*, 27(11), 1719–1730.
- Koninck, J. (1991). Biological rhythms associated with sleep and psychological adjustment. *Journal of Psychiatry & Neuroscience*, 16(3), 115–122.
- Kraemer, S., Danker-Hopfe, H., Dorn, H., Schmidt, A., Ehlert, I., & Herrmann, W. M. (2000). Time-of-day variations of indicators of attention: Performance, physiologic parameters, and selfassessment of sleepiness. *Biological Psychiatry*, 48(11), 1069–1080.
- Kuriyama, K., Uchiyama, M., Suzuki, H., Hirokuni, T., Akiko, O., Sayaka, A., Yuichi, K., Toru, N., & Kiyohisa, T. (2003). Circadian fluctuation of time perception in healthy human subjects. *Neuroscience Research*, 46(1), 23–31.

- Lack, L. C., & Bailey, M. (1994). Endogenous circadian rhythms of evening and morning types. *Sleep Research*, 23, 501.
- Landolt, H. P. (2008). Sleep homeostasis: a role for adenosine in humans?. *Biochemical Pharmacology*, 75(11), 2070–2079.
- Lara, T., Madrid, J.A., & Correa, Á. (2014) The Vigilance Decrement in Executive Function Is Attenuated When Individual Chronotypes Perform at Their Optimal Time of Day. *PLoS ONE*, 9(2): e88820.
- Levandovski, R., Dantas, G., Fernandes, L.C., Caumo, W., Torres, I., Roenneberg, T., Hidalgo, M.P., & Allebrandt, K.V. (2011). Depression scores associate with chronotype and social jet lag in a rural population. *Chronobiology International*, 28(9), 771–778.
- Lezak, M.D., Howieson, D.B., Loring, D.W., Hannay, H.J., Fisher, J.S. (2004). *Neuropsychological Assessment*, 4th edition. New York: Oxford University Press.
- Lim, J., & Dinges, D.F. (2008). Sleep deprivation and vigilant attention. *Annals of The New York Academy of Sciences*, 1129, 305–322.
- Loeb, M., Holding, D., & Baker, M. (1982). Noise stress and circadian arousal in self-paced computation. *Motivation & Emotion*, 6(1), 43–48.
- Logie, R., Baddeley, A., Mané, A., Donchin, E., & Sheptak, R. (1989). Working memory in the acquisition of complex cognitive skills. *Acta Psychologica*, 71(1-3), 53–87.
- Lotze, M., Wittmann, M., Steinbuechel, N., Poppel, E., & Roenneberg, T. (1999). Daily rhythm of temporal resolution in the auditory system. *Cortex*,

35(1), 89–100.

- Louzada, F., & Menna-Barreto, L.(2007). *O sono na sala de aula: tempo escolar e tempo biológico*. Rio de Janeiro: Vieira e Lent.
- Lowrey, P.L., & Takahashi, J.S. (2004). Mammalian Circadian Biology: elucidating genome-wide levels of temporal organization. *Annual Review of Genomics and Human Genetics*, 5, 407-441.
- Luce, G.G. (1971). *Biological Rhythms in human and animal physiology*. New York: Dover Publications.
- Luce, R. (1986). *Response times: Their role in inferring elementary mental organization*. New York, NY: Oxford University Press.
- Lund, H.G., Reider, B.D., Whiting, A.B., & Prichard, J.R. (2010). Sleep patterns and predictors of disturbed sleep in a large population of college students. *Journal of Adolescent Health*, 46, 124–32.
- Luria, A.R. (1986). *Las funciones corticales superiores del hombre*. México: Fontamara.
- Magill, R. A. (2011). *Motor learning and control: Concepts and applications*. 8th edition. New York, NY: McGraw-Hill Companies.
- Manly, T., Lewis, G. H., Robertson, I. H., Watson, P. C., & Datta, A. K. (2002). Coffee in the cornflakes: Time-of-day as a modulator of executive response control. *Neuropsychologia*, 40(1), 1–6.
- Marques, M., & Menna-Barreto, L. (2003). *Cronobiologia: Principios e Aplicações*. 3ª Edição. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.

- Martin, J.S., Hébert, M., Ledoux, E., Gaudreault, M., & Laberge, L. (2012). Relationship of chronotype to sleep, light exposure, and workrelated fatigue in students workers. *Chronobiology International*, 29(3), 295–304.
- Martins, R., Azevedo, M., Silva, C. (1996). Questionário compósito de matutuidade para medição do "tipo diurno": caracterização psicométrica. *Psiquiatria Clínica*, 17(2), 115-121.
- Mavjee, V., & Horne, J. A. (1994). Boredom effects on sleepiness/alertness in the early afternoon vs. early evening and interactions with warm ambient temperature. *British Journal of Psychology*, 85, 317–333.
- May, C. P. (1999). Synchrony effects in cognition: The costs and a benefit. *Psychonomic Bulletin & Review*, 6(1), 142–147.
- May, C. P., & Hasher, L. (1998). Synchrony effects in inhibitory control over thought and action. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24(2), 363–379.
- Mecacci, L., & Rocchetti, G. (1998). Morning and evening types: stress-related personality aspects. *Personality and Individual Differences*. 25(3), 537–542.
- Meijer, A. (2008). Chronic sleep reduction, functioning at school and school achievement in preadolescents. *Journal of Sleep Research*, 17(4), 395–405.
- Meijer, A.M., Habekothé, H. T., & van Den Wittenboer, G. L. (2000). Time in bed, quality of sleep and school functioning of children. *Journal of Sleep Research*, 9(2), 145–154.
- Menna-Barreto, L. (2004). Homeostasia uma revisão necessária?. *Neurociências - Perspectivas*, 2, 105-107.

- Merikanto, I., Kronholm, E., Peltonen, M., Laatikainen, T., Lahti, T., & Partonen, T. (2012). Relation of chronotype to sleep complaints in the general Finnish population. *Chronobiology International*, 29(3), 311–317.
- Miguel, M., Oliveira, V., Pereira, D. & Pedrazzoli, M. (2014). Detecting chronotype differences associated to latitude: a comparison between Horne-Östberg and Munich Chronotype questionnaires. *Annals of Human Biology*, 41(2),105-108.
- Mikulincer, M., Babkoff, H., Caspy, T., & Sing, H. (1988). The effects of 72 hours of sleep loss on psychological variables. *British Journal of Psychology*, 80(2), 145–162.
- Miller E.K., & Cohen, J.D. (2001). An integrative theory of prefrontal cortex function. *Annual Review of Neuroscience*, 24, 167–202.
- Minors, D. & Waterhouse, J. (1981). *Circadian Rhythms and the Human*. Bristol: Wright -PSG.
- Minors, D.S., & Waterhouse, J.M. (1986). Circadian rhythms and their mechanisms. *Experientia*, 42(1), 1-13.
- Minors, D.S., & Waterhouse, J.M. (1989). Masking in Humans: the problem and some attempts to solve it. *Chronobiology International*, 6(1), 29-53.
- Mistlberger, R., & Antle, M. (2011). Entrainment of circadian clocks in mammals by arousal and food. *Essays in Biochemistry*, 49(1), 119-136.
- Mistlberger, R., & Rusak, B. (1989). Mechanisms and Models of Circadian Timekeeping System. In Kryger, M., Roth, T., & Dement, W. (Eds.), *Principles and Practice of Sleep Medicine*, Philadelphia: W.B. Saunders

Company.

- Mistlberger, R., & Skene, D. (2004) Social influences on mammalian circadian rhythms: animal and human studies. *Biological Reviews*, 79(3), 533-556.
- Moller, H. J., Devins, G. M., Shen, J., & Shapiro, C. M.(2006). Sleepiness is not the inverse of alertness: Evidence from four sleep disorder patient groups. *Experimental Brain Research*, 173(2), 258–266.
- Mongrain, V., Carrier, J., & Dumont, M. (2005). Chronotype and sex effects on sleep architecture and quantitative sleep EEG in healthy young adults. *Sleep*, 28(7), 819-827.
- Mongrain, V., Lavoie, S., Selmaoui, B., Paquet, J., & Dumont, M. (2004). Phase relationships between sleep-wake cycle and underlying circadian rhythms in Morningness-Eveningness. *Journal of Biological Rhythms*, 19(3), 248-257.
- Mongrain, V., Noujaim, J., Blais, H. & Dumont, M. (2008). Daytime vigilance in chronotypes: diurnal variations and effects of behavioral sleep fragmentation. *Behavioural Brain Research*, 190(1), 105–111.
- Mongrain, V., Paquet, J., & Dumont, M. (2006). Contribution of the photoperiod at birth to the association between season of birth and diurnal preference. *Neuroscience Letters*, 406(1-2), 113–116.
- Monk, T. & Carrier, J. (1998). A parallelism between human body temperature and performance independent of the endogenous circadian pacemaker. *Journal of Biological Rhythms*, 13(2), 113–122.
- Monk, T. & Leng, V. (1986). Interactions Between Inter-Individual and Inter-Task Differences in the Diurnal Variation of Human Performance.

Chronobiology International, 3(3), 171-177.

- Monk, T. H. (1982). The arousal model of time of day effects in human performance efficiency. *Chronobiologia*, 9(1), 49–54.
- Monk, T. H. (1987). Subjective ratings of sleepiness the underlying circadian mechanisms. *Sleep*, 10(4), 343-353.
- Monk, T. H. (1989). A Visual Analogue Scale technique to measure global vigor and affect. *Psychiatry Research*, 27(1), 89–99.
- Monk, T. H. (1997). Circadian rhythms in human performance and mood under constant conditions. *Journal of Sleep Research*, 6, 9–18.
- Monk, T. H., Buysse, D. J., Reynolds, C. F., Kupfer, D. J., & Houck, P. R. (1996). Subjective alertness rhythms in elderly people. *Journal of Biological Rhythms*, 11(3), 268–276.
- Monk, T. H., Petrie, S. R., Hayes, A. J., & Kupfer, D. J. (1994). Regularity of daily life in relation to personality, age, gender, sleep quality and circadian rhythms. *Journal of Sleep Research*, 3(4), 196-205.
- Monk, T., Flaherty, J., Frank, E., Hoskinson, K., & Krupfer, D. (1990). The Social Rhythms Metric. An instrument to quantify the daily rhythms of life. *Journal of Nervous and Mental Disease*, 178, 120-126.
- Monk, T.H., & Kupfer, D. J. (2007). Which aspects of morningness–eveningness change with age? *Journal of Biological Rhythms*, 22, 278–280.
- Monk, T.H., Leng, V.C., Folkard, S., & Weitzman, E.D. (1983). Circadian rhythms in subjective alertness and core body temperature. *Chronobiologia*,

10(1), 49–55.

- Moore-Ede, M. & Sulzmann, F. (1981). Internal Temporal Order. In Aschoff, J. (Ed), *Handbook of Behavioural Neurobiology, vol.4*, (pp.215-241). New York: Plenum.
- Moore-Ede, M.C., Schmelzer, W.S., Kass, D.A., & Herd, J. A. (1976). Internal organizaion of the circadian timing system in Multicellular Animals. *Federation Proceedings, 35*(12), 2333-2338.
- Moore-Ede, M.C., Sulzman, F.M., & Fuller, C.A. (1982). *The Clocks that time us*. Cambridge: Harvard University Press.
- Natale, V., & Adan, A. (1999). Season of birth modulates the morningness–eveningness preference. *Neuroscience Letters, 274*(2), 139–141.
- Natale, V., & Cicogna, P. (1996). Circadian regulation of subjective alertness in morning and evening “types”. *Personality and Individual Differences, 20*(4), 491-497.
- Natale, V., & Cicogna, P. (2002). Morningness–eveningness dimension: Is it really a continuum? *Personality and Individual Differences, 32*(5), 809–816.
- Natale, V., & Di Milia, L. (2011). Season of birth and morningness: comparison between the northern and southern hemispheres. *Chronobiology International, 28*(8), 727–730.
- Neubauer, A.C. (1992). Psychometric comparison of two circadian rhythm questionnaires and their relationship with personality. *Personality and Individual Differences, 13*(2), 125–131.
- Nigg, J.T. (2000). On inhibition/disinhibition in developmental

psychopathology: views from cognitive and personality psychology and a working inhibition taxonomy. *Psychological Bulletin*, 126(2), 220–246.

- Paine, S-J., Gander, P.H., & Travier, N. (2006). The epidemiology of morningness/eveningness: influence of age, gender, ethnicity, and socioeconomic factors in adults (30–49 years). *Journal of Biological Rhythms*, 21(1), 68–76.
- Palmer, J.D. (1976). *An introduction to biological rhythms*. New York: Academic Press, Inc.
- Paranjpe, D.A., & Sharma, V.K. (2005). Evolution of Temporal order in living organisms. *Journal of Circadian Rhythms*, 3,(7), 1-13.
- Partonen, T., Treutlein, J., Alpman, A., Frank, J., Johansson, C., Depner, M., Aron, L., Rietschel, M., Wellek, S., Soronen, P., Paunio, T., Koch, A., Chen, P., Lathrop, M., Adolfsson, R., Persson, M.L., Kasper, S., Schalling, M., Peltonen, L., & Schumann, G. (2007). Three Circadian Clock Genes Per2, Arntl and Npas2 Contribute to Winter Depression. *Annals of Medicine*, 39(3), 229-238.
- Pietrowsky, R., & Lahl, O. (2008). Diurnal variation of physical and mental fatigue. *Sleep and Biological Rhythms*, 6(4), 228–233.
- Pittendrigh, C. (1960). Circadian Rhythms and the Circadian Organization of Living Systems. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 25, 159-184.
- Pittendrigh, C. (1981). Circadian systems: Entrainment. In Aschoff, J. (Ed), *Handbook Behavioral Neurobiology Vol. 4 Biological Rhythms* (pp 94-124). New York: Plenum.

- Pittendrigh, C., & Minis, D. (1960). Circadian Rhythms and the Circadian Organization of Living Systems. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 25, 159-184.
- Ramírez, C., García, A., & Valdez, P. (2012). Identification of circadian rhythms in cognitive inhibition and flexibility using a Stroop task. *Sleep and Biological Rhythms*, 10(2), 136–144.
- Ramírez, C., Talamantes, J., García, A., Morales, M., Valdez, P., & Menna-Barreto, L. (2006). Circadian rhythms in phonological and visuospatial storage components of working memory. *Biological Rhythm Research*, 37(5), 433–441.
- Randler C. (2011). Age and gender differences in morningness–eveningness during adolescence. *The Journal of Genetic Psychology*, 172(3), 302–308.
- Randler, C. (2008). Morningness–eveningness comparison in adolescents from different countries around the world. *Chronobiology International*, 25(6), 1017–1028.
- Randler, C., & Schaal, S. (2010). Morningness-eveningness, habitual sleep-wake variables and cortisol levels. *Biological Psychology*, 85(1), 14–18.
- Randler, C., Bilger, S., & Díaz-Morales, J.F. (2009). Associations among sleep, chronotype, parental monitoring, and pubertal development among German adolescents. *The Journal of Psychology*, 143(5), 509–520.
- Reilly, T., Atkinson, G., & Waterhouse, J. (1997). *Biological Rhythms and Exercise*. Oxford: Oxford University Press.
- Reitan, R.M., & Tarshes, E.L. (1959). Differential effects of lateralized brain

lesions on the trail making test. *Journal of Nervous and Mental Disorders*, 129, 257–262.

- Roberts, R. D., & Kyllonen, P. C. (1999). Morningness–eveningness and intelligence: Early to bed, early to rise will likely make you anything but wise!. *Personality and Individual Differences*, 27(6), 1123–1133.
- Robilliard, D., Archer, S.N., Arendt, J., Lockley, S.W., Hack, L.M., English, J., Leger, D., Smits, M.G., Williams, A., Skene, D.J., & von Schantz, M. (2002). The 3111Clock gene polymorphism is not associated with sleep and circadian rhythmicity in phenotypically characterized human subjects. *Journal of Sleep Research*, 11(4),305–312.
- Roenneberg, T., Daan, S., & Merrow, M. (2003). The art of entrainment. *Journal of Biological Rhythms*, 18(3), 183–194.
- Roenneberg, T., Kuehnle, T., Pramstaller, P.P., Ricken, J., Havel, M., Guth, A., & Merrow, M. (2004). A marker for the end of adolescence. *Current Biology*, 14(24), R1038–R1039.
- Rogers, N. L., Dorrian, J., & Dinges, D. F. (2003). Sleep, waking and neurobehavioural performance. *Frontier Biosciences*, 8, S1056–S1067.
- Rosenwasser, A.M. (2009). Functional neuroanatomy of sleep and circadian rhythms. *Brain Research Reviews*, 61(2), 281–306.
- Rowe, G., Hasher, L., & Turcotte, J. (2009). Age and synchronic effects in visuospatial working memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(10), 1873–1880.
- Russo, P.M., Bruni, O., Lucidi, F., Ferri, R., & Violani, C. (2007). Sleep habits and circadian preference in Italian children and adolescents. *Journal of Sleep*

Research, 16(2), 163–169.

- Sagaspe, P., Sanchez-Ortuno, M., Charles, A., Taillard, J., Valtat, C., Bioulac, B., & Philip, P. (2006). Effects of sleep deprivation on Color-Word, Emotional, and Specific Stroop interference and on self reported anxiety. *Brain and Cognition*, 60(1), 76–87.
- Sarabia, J., Rol, M., Mendiola, P., & Madrid, J. (2008). Circadian rhythm of wrist temperature in normal-living subjects A candidate of new index of the circadian system. *Physiology and Behavior*, 95(4), 570–580.
- Schmidt, C., Collette, F., Cajochen, C., & Peigneux, P. (2007). A time to think: circadian rhythms in human cognition. *Cognitive Neuropsychology*, 24(7), 755-789.
- Schmidt, C., Peigneux, P., & Cajochen, C. (2012). Age-related changes in sleep and circadian rhythms : impact on cognitive performance and underlying neuroanatomical networks. *Frontiers in Neurology*, 3(118), 1-11.
- Schmidt, C., Peigneux, P., Leclercq, Y., Sterpenich, V., Vandewalle, G., Phillips, C., Tinguely G., Darsaud, A., Gais, S., Schabus, M., Desseilles, M., Dang-Vu, T., Salmon, E., Balteau, E., Luxen, A., Cajochen, C., Maquet, P., & Collette, F. (2010). *Working memory load affects chronotype- and time-of-day dependent cerebral activity modulations*. Poster presented in the BioValley Life Sciences Week, Basel.
- Shen, J., Barbera, J., & Shapiro, C.M. (2006). Distinguishing sleepiness and fatigue: focus on definition and measurement. *Sleep Medicine Reviews*, 10(1), 63–76.
- Silva, C. (2000a). *Distúrbio do sono do trabalho por turnos*. Braga: Edições Centro de Estudos em Educação e Psicologia, Universidade do Minho.

- Silva, C. (2000b). Fundamentos Teóricos e Aplicações da Cronobiologia. *Psicologia: Teoria, Investigação e Prática*, 5(2), 253-265.
- Silva, C., Silva, I., Silvério, J. & Macedo, F. (2000). Métrica dos ritmos sociais. *Psicologia: Teoria, Investigação e Prática*, 5(2), 341-353.
- Silva, C.F., Rodrigues, P.F., Klein, J.M., & Macedo, F. (2000). Investigação em Cronobiologia. *Psicologia. Teoria, Investigação e Prática*, 5(2), 267-283.
- Silva, C.F., Silvério, J., Rodrigues, P., Pandeirada, J., Fernandes, S., Macedo, F., & Razente, S. (2002). The Portuguese version of the Horne and Östberg morningness-eveningness questionnaire: its role in the education and Psychology. *Revista Psicológica e Educação*, 1(1-2), 39-50.
- Silva, P., & Nobre, F. (1993). Ritmos Biológicos no Homem. Aspectos Particulares em Medicina. *Acta Médica Portuguesa*, 6, 95-99.
- Stephan, F., & Zucker, I. (1972). Circadian rhythms in drinking behavior and locomotor activity of rats are eliminated by hypothalamic lesions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 69(6), 1583–1586.
- Stuss, D.T. (2011). Functions of the frontal lobes: relation to executive functions. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17(5), 759–765.
- Stuss, D.T., & Alexander, M.P. (2000). Executive functions and the frontal lobes: a conceptual view. *Psychological Research*, 63(3-4), 289–98.
- Taillard, J., Philip, P., & Bioulac, B. (1999). Morningness/eveningness and the need for sleep. *Journal of Sleep Research*, 8(4), 291-295.

- Taillard, J., Philip, P., Chastang, J-F., & Bioulac, B. (2004). Validation of Horne and Östberg Morningness–Eveningness questionnaire in a middleaged population of French workers. *Journal of Biological Rhythms*, *19*(1), 76–86.
- Taillard, J., Philip, P., Claustrat, B., Capelli, A., Coste, O., Chaumet, G., & Sagaspe, P. (2011). Time course of neurobehavioral alertness during extended wakefulness in morning- and evening-type healthy sleepers. *Chronobiology International*, *28*(6), 520–527.
- Taillard, J., Philip, P., Coste, O., Sagaspe, P., & Bioulac, B. (2003). The circadian and homeostatic modulation of sleep pressure during wakefulness differs between morning and evening chronotypes. *Journal of Sleep Research*, *12*(4), 275–282.
- Tankova, I., Adan, A., & Buela-Casal, G. (1994). Circadian typology and individual differences. A review. *Personality and Individual Differences*, *16*(5), 671–684.
- Tassi, P., Pellerin, N., Moessinger, M., Eschenlauer, R., & Muzet, A. (2000). Variation of visual detection over the 24-hour period in humans. *Chronobiology International*, *17*(6), 795–805.
- Thomas, M., Sing, H., Belenky, G., Holcomb, H., Mayberg, H., Dannals, R., Wagner Jr., H., Thorne, D., Popp, K., Rowland, L., Welsh, A., Balwinski, S., & Redmond, D. (2000). Neural basis of alertness and cognitive performance impairments during sleepiness. I. Effects of 24 h of sleep deprivation on waking human regional brain activity. *Journal of Sleep Research*, *9*(4), 335-352.
- Tonetti, L., Fabbri, M., & Natale, V. (2008). Sex differences in sleep-time preference and sleep need: a cross-sectional survey among Italian

- preadolescent, adolescent and adults. *Chronobiology International*, 25(5), 745–759.
- Tonetti, L., Fabbri, M., Martoni, M., & Natale, V. (2011). Season of birth and sleep-timing preferences in adolescents. *Chronobiology International*, 28(6), 536–540.
 - Tseng, B., Gajewski, B. & Kluding, P.(2010). Reliability, responsiveness, and validity of the visual analog fatigue scale to measure exertion fatigue in people with chronic stroke: A preliminary study. *Stroke Research and Treatment*, 2010, Article number 412964.
 - Tzischinsky, O., & Shochat, T. (2011). Eveningness, sleep patterns, daytime functioning, and quality of life in Israeli adolescents. *Chronobiology International*, 28(4), 338-343.
 - Valdez, P., Ramírez, C., & García, A. (2012). Circadian rhythms in cognitive performance: implications for neuropsychological assessment. *ChronoPhysiology and Therapy*, 12(2), 81-92.
 - Valdez, P., Ramírez, C., García, A., Talamantes, J., & Cortez J. (2010). Circadian and Homeostatic Variation in Sustained Attention. *Chronobiology International*, 27(2), 393–416.
 - Valdez, P., Ramírez, C., García, A., Talamantes, J., Armijo, P., Borrani, J. (2005). Circadian rhythms in components of attention. *Biological Rhythm Research*, 36(1/2), 57–65.
 - Valdez, P., Reilly, T., & Waterhouse, J. (2008). Rhythms of mental performance. *Mind Brain and Education*, 2(1), 7–16.
 - Van der Heijden, K.B., de Sonnevile, L.M., & Althaus, M. (2010). Time-of-

day effects on cognition in preadolescents: a trails study. *Chronobiology International*, 27(9-10), 1870–1894.

- Van Dongen, H. P., & Dinges, D. F. (2001). Circadian Rhythms in Fatigue, Alertness and Performance. M. H. Kryger, T. Roth & W. C. Dement (Eds.), *Principles and Practice of Sleep Medicine (3rd ed.)*, pp. 391–399. W. B. Saunders, Philadelphia, Pennsylvania.
- Van Dongen, H. P., & Dinges, D. F. (2003). Investigating the interaction between the homeostatic and circadian processes of sleep–wake regulation for the prediction of waking neurobehavioural performance. *Journal of Sleep Research*, 12(3), 181–187.
- Van Dongen, H. P., & Dinges, D. F. (2005). Sleep, Circadian Rhythms, and Psychomotor Vigilance. *Clinics in Sports Medicine*, 24(2), 237–249.
- Van Dongen, H. P., Baynard, M. D., Maislin, G., & Dinges, D. F. (2004). Systematic interindividual differences in neurobehavioral impairment from sleep loss: evidence of trait-like differential vulnerability. *Sleep*, 27(3), 423–433.
- Vandewalle, G., & Schmidt, C. (2013). Neuroimaging the interaction between circadian and homeostatic processes In E. Nofzinger, P. Maquet & M. J. Thorpy (Eds.), *Neuroimaging of Sleep and Sleep Disorders* (pp. 163–170). New York: Cambridge Press.
- Vanin, S., Bhutani, S., Montelli, S., Menegazzi, P., Green, E.W., Pegoraro, M., Sandrelli, F., Costa, R., & Kyriacou, C.P. (2012). Unexpected features of *Drosophila* circadian behavioural rhythms under natural conditions. *Nature*, 484, 371–375.
- Verwey, W.B., & Zaidel, D.M. (2000). Predicting drowsiness accidents from

personal attributes, eye blinks and ongoing driving behavior. *Personality and Individual Differences*, 28(1), 123–42.

- Vidacek, S., Kaliterna, L., Rodosevic-Vidacek, B., & Folkard, S. (1988). Personality differences in the phase of circadian rhythms: a comparison of morningness and extraversion. *Ergonomics*, 31(6), 873–888.
- Volk, S., Dyroff, J., Georgi, K., & Pflug, B. (1994). Subjective sleepiness and physiological sleep tendency in healthy young morning and evening subjects. *Journal of Sleep Research*, 3(3), 138-143
- Vollmer, C. , Pötsch, F., & Randler, C. (2103). Morningness is associated with better gradings and higher attention in class. *Learning and Individual Differences*, 27, 167–173.
- Waterhouse, J. (2010). Circadian rhythms and cognition. *Progress in Brain Research* 185, 131-153.
- Waterhouse, J., Folkhard, S., Van Dongen, H., Minors, D., Owens, D., Kerkhof, G., Weinert, D., Nevill, A., Macdonald, I., Sytnik, N., & Tucker, P. (2001). Temperature profiles, and the effect of sleep on them, in relation to morningness-eveningness in healthy female subjects. *Chronobiology International*, 18(2), 227–247.
- Wetterberg, L. (1994). Light and Biological Rythms. *Journal of Internal Medicine*, 235(1), 5-19.
- Whelan, R. (2008). Effective analysis of reaction time data. *The Psychological Record*, 58(3), 475–482.
- Wijesuriya, N., Tran, Y., & Craig, A. (2007). The psychophysiological determinants of fatigue. *International Journal of Psychophysiology*, 63(1), 77–

- Wittmann, M., Dinich, J., Merrow, M., & Roenneberg, T. (2006). Social jet lag: misalignment of biological and social time. *Chronobiology International*, 23(1- 2), 497-509.
- Wright, K., Hull, J. T., Hughes, R. J., Ronda, J. M., & Czeisler, C. A. (2006). Sleep and wakefulness out of phase with internal biological time impairs learning in humans. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(4), 508-521.
- Wright, K., Hull, J.T., & Czeisler, C.A. (2002). Relationship between alertness, performance, and body temperature in humans. *American Journal of Physiology Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 283(6),R1370–R1377.
- Wu, J. C., Gillin, J. C., Buchsbaum, M. S., Hershey, T., Hazlett, E., Sicotte, N., & Bunney, W. E. (1991). The effect of sleep deprivation on cerebral glucose metabolic rate in normal humans assessed with positron emission tomography. *Sleep*, 14(2), 155-162.
- Wyatt, J. (2004). Delayed sleep phase syndrome: pathophysiology and treatment options. *Sleep*, 27(6), 1195-1203.
- Yamashita, H., Terao, T., & Mizokami, Y. (2012). The Effects of Single and Repeated Psychiatric Occupational Therapy on Psychiatric Symptoms: Assessment Using a Visual Analogue Scale. *Stress and Health*, 28(2), 98-101.
- Yang, L., Hasher, L., & Wilson, D. E. (2007). Synchrony effects in automatic and controlled retrieval. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(1), 51-56.
- Yoon, C. (1997). Age differences in consumers' processing strategies: An investigation of moderating influences. *Journal of Consumer Research*, 24(3),

329-342.

- Yoon, C., May, C. P., Goldstein, D., & Hasher, L. (2000). Aging, circadian arousal patterns, and cognition. In D. Park & N. Schwarz (Eds.), *Cognitive aging: A primer* (pp. 151–172). Philadelphia, PA: Psychology Press.
- Young, M.W., & Kay, S.A. (2001). Time zones: a comparative genetics of circadian clocks. *Nature Reviews Genetics*, 2, 702–715.
- Zavada, A., Gordijn, M.C., Beersma, D., Daan, S., & Roenneberg, T. (2005). Comparison of the Munich Chronotype Questionnaire with the Horne-Östberg's Morningness-Eveningness score. *Chronobiology International*, 22(2), 267–278.
- Zimmermann, L.K. (2011). Chronotype and the transition to college life. *Chronobiology International*, 28(10), 904–910.

ANEXOS

Anexo 1

Diário de sono:

Responder ao acordar:

- A que horas se deitou ontem? _____ Teve por objetivo adormecer imediatamente? _____
- Quanto tempo demorou a adormecer? _____
- Recorda-se, se durante o sono, acordou e voltou a adormecer?
 - a) () Sim Quantas Vezes? _____
 - b) () Não
 - c) () Não me lembro
- A que horas acordou hoje? _____
- Quanto tempo demorou a sair da cama? _____
- Como foi acordado?
 - a) () pelo despertador
 - b) () fui acordado por alguém
 - c) () Sozinho
- Como considera a qualidade de sono? (assinale com um X)

Muito fraca	Fraca	Razoável	Boa	Muito boa
-------------	-------	----------	-----	-----------

Responder ao deitar:

- Passou “pelas brasas” durante o dia de hoje?
 - a) () Sim
 - b) () Não

Hora que cochilou:	Hora que Acordou:

Durante o dia, retirou o tempatilumi?

Hora em que retirou:	Hora em que colocou:	Observações:

Vai ter algum exame/frequência no dia seguinte? _____

- **Diário de Atividade**

Manhã

	00**	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Trabalho													
Refeições													
Lazer*													
Actividade Física													

Tarde

	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Trabalho											
Refeições											
Lazer*											
Actividade Física											

*- Lazer não significa atividade Física

** - 00 Significa meia-noite

Anexo 2

Caros alunos das **Licenciaturas em Psicologia e de Educação Básica**,

O estudo que irá ser por mim desenvolvido/coordenado e que conduzirá à minha tese de Doutoramento, sob orientação do **Professor Doutor Carlos Fernandes da Silva**, iniciará-se com a caracterização do cronotipo (matutino, intermédio ou vespertino) de parte da população universitária da Universidade de Aveiro. Para isso será de vital importância o preenchimento com o máximo de honestidade a todas as perguntas apresentadas no questionário.

Após a obtenção/análise de todos os resultados, alguns dos alunos serão convidados a passarem à fase seguinte do estudo. Ser-lhes-á pedido para realizarem pequenas tarefas que comunicarei em fase posterior.

Nota: será de extrema importância a participação do máximo número de alunos!

Instruções:

1. Aceder no browser à seguinte página,

<http://cronoeach.wordpress.com/cronotipo/>(página do grupo multidisciplinar de desenvolvimento e ritmos biológicos)

2. Carregar em **INÍCIO**;

3. Ler as instruções e carregar no ícone Play;

4. Preencher todos os campos obrigatórios!

- Em cidade, colocar Aveiro
- Em UF, colocar PT
- Em observações colocar, **voluntário de pesquisa liderada pelo Dr Pedro Moura e Professor Doutor Carlos Fernandes e colocar a sigla, PSI1, PSI2 ou PSI3 / EB1, EB2 ou EB3** consoante seja aluno do primeiro, segundo ou terceiro ano.

5. Relembro que todas as questões terão de ser respondidas com o **máximo de honestidade**;

6. No fim do questionário vai ser gerada uma determinada pontuação. Agradeço que me enviem um mail identificado (com **nome, idade, curso, ano e telefone para contacto**) para phd.chrono@gmail.com, referindo qual a pontuação obtida;

Nota: caso haja dúvidas, agradeço contacto para phd.chrono@gmail.com ou para o número

933 333 101.

Agradecemos o tempo dispensado para o preenchimento deste questionário, assegurando mais uma vez a confidencialidade de todos os resultados.

(José Pedro Pestana Alves de Moura)

Anexo 3

Considerações relevantes sobre a investigação os equipamentos que vos foram entregues:

- Obrigatoriedade de responder às tarefas no horário das 08:00 as 18:00. Para além deste horário os alunos deverão responder à tarefa o máximo número de vezes possível. Considera-se como frequência ótima a realização da tarefa 1 vez por hora.
- Não execute a tarefa do iPad ao mesmo tempo que executa outra tarefa.
- Mantenha-se concentrado durante toda a execução da tarefa
- Caso verifiquem algum “bug” na sequência das tarefas, encerrem a aplicação e reiniciem o ensaio outra vez.
- No final de cada tarefa não se esqueça de encerrar a aplicação que executou, uma vez que se não o fizer não consegue realiza-la novamente aparecendo sempre o ecrã “FIM”. Informações sobre o encerramento da tarefa consultar anexo 1 deste manual.
- Não ligar **NUNCA** o iPad ao iTunes
- Relativamente ao tempatilumi sempre que for retirado carregar no botão de evento. Aproveitar esse momento para verificar quantos bips são audíveis. No caso do número de bips ser diferente de 1 entrar em contacto imediato com um dos investigadores (contactos em anexo). Tentem evitar esquecer-se de clicar no botão de evento sempre que retirem o tempatilumi.
- Ter em atenção a Bateria do iPad. Uma carga noturna é suficiente para poderem executar as tarefas no decorrer do dia.

- O tempatilumi não é à prova de água. Retirar o tempatilumi para tomar banho e lavar a loiça. Muito cuidado na lavagem das mãos. Sempre que verificarem que há perigo de contacto com água retirem o tempatilumi.
- Por uma questão de higiene retirar o tempatilumi quando realizam desporto.
- A obrigatoriedade de horários (08:00 – 18:00) só é de segunda a sexta. Durante o fim de semana a tarefa deve a ser respondida quando acordarem, sem imposição de horários. Exemplo: se durante a semana tenho de acordar às 8 para começar a responder às tarefas, no fim de semana, caso só acorde as 15h, começo a fazer ensaios a partir desta hora.
- Durante os dias de semana, considerem que acordam às 8 da manhã. Se daí para a frente adormecerem novamente devem considerar esse evento como passagem “pelas brasas” (cochilo) e deverá constar no diário do sono!
- Leiam bem a explicação das tarefas antes de cada tarefa até perceberem bem tudo o que é para fazer e treinem bastante durante estes primeiros dias. Sejam cada vez mais rápidos e vão cada vez mais longe!!!
- A última tarefa pode apresentar um problema: quando carregamos no algarismo 1 ele não escurece (não é seleccionado) e por isso não consigo extrair dados. Nesse caso, peço-vos que, **sempre sem levantar o dedo**, o desviem um pouco para o lado e passem novamente por cima do algarismo 1 até ele escurecer. A partir daí vai tudo correr bem...
- As tarefas não são *multi-touch*. Usa-se sempre o dedo indicador, sem haver ajuda dos outros dedos.
- Cuidado ao limparem o ecrã. Usem um pano húmido e certifiquem-se que o ecrã não tem “areias” ou alguma coisa que o possa danificar.

- No diário de atividades quando me refiro a trabalho, falo em aulas, trabalhos de casa escolares ou eventualmente a alguma atividade profissional q desenvolvam. Nesse sentido vamos assinalar no diário de atividades com um A se forem aulas e trabalhos de casa, com um T se for com outra atividade profissional desde que se repita.

Relativamente a alguns erros (*bugs*) com a app do iPad!

- Caso verifiquem que a sequência das tarefas não é a que vos foi apresentada, **desliguem a aplicação e repitam o ensaio**. Por exemplo é comum na “Signal Detection sub-tarefa a) (1 algarismo) passar diretamente para o *Digit Span*, sem passar pela sub-tarefa b (3 algarismos), ficando tudo uma grande “salganhada” ;)... Desliguem a aplicação e repitam!
- Após conclusão de todas as tarefas (sem qualquer problema), ou seja, conseguiram evoluir nas tarefas até ao *Trail Making Test*, estejam pelo menos uma hora sem repetir a aplicação.... Esta regra vai ser válida para todo o estudo! APÓS CADA TAREFA BEM CONCLUÍDA, ESTEJAM PELO MENOS UMA HORA SEM REPETIR!
- Caso o *Trail Making Test* não dê para fazer, porque apareceu o ecrã a dizer fim, mas não houve problemas nas outras tarefas, considerem o ensaio válido e por isso estejam uma hora sem repetir.