PAULO FILIPE PEREIRA DO NASCIMENTO DE FIGUEIREDO

VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA, CARGA DE TREINO E CARACTERIZAÇÃO PSICOFISIOLÓGICA NO TÉNIS: ESTUDO DE CASO

Orientadora: Professora Doutora Raquel Maria Santos Barreto Sajara Madeira

Universidade Lusófona – Centro Universitário de Lisboa

Faculdade de Educação Física e Desporto

Lisboa

2023

PAULO FILIPE PEREIRA DO NASCIMENTO DE FIGUEIREDO

VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA, CARGA DE TREINO E CARACTERIZAÇÃO PSICOFISIOLÓGICA NO TÉNIS: ESTUDO DE CASO

Tese defendida em provas públicas para obtenção do Grau de Doutor no Curso de Doutoramento em Educação Física e Desporto, na Especialidade de Didática da Educação Física e Desporto, conferido pela Universidade Lusófona – Centro Universitário de Lisboa, no dia 03 de Março de 2023, perante o júri, com o Despacho de Nomeação Nº 02/2022, de 5 de dezembro de 2022, com a seguinte composição:

Presidente:
Prof. Doutor Jorge dos Santos Proença Martins, Professor Catedrático e Diretor da Faculdade de Educação Física e Desporto – Ulusofona, por delegação do Reitor da Universidade Lusófona;
Arguentes:
Prof. Doutor Luís Manuel Pinto Lopes Rama, Professor Auxiliar da Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física, Universidade de Coimbra;
Prof. Doutor Miguel Crespo, Head of Participation na Education of Development Department, International Tennis Federation, London SW15 5XZ, UK;
Vogais:
Prof. Doutor Francisco Alberto Arruda Carreiro da Costa, Professor Catedrático da Faculdade de Educação Física e Desporto, Universidade Lusófona;
Prof. Doutor Luís Miguel Rosado da Cunha Massuça, Professor Associado da Faculdade de Educação Física e Desporto, Universidade Lusófona;
Orientadora:
Profª. Doutora Raquel Maria Santos Barreto Sajara Madeira, Prof. Auxiliar da Faculdade de Educação Física e Desporto, Universidade Lusófona

Universidade Lusófona – Centro Universitário de Lisboa

Faculdade de Educação Física e Desporto

Lisboa

2023

AGRADECIMENTOS

À Professora Doutora Raquel Barreto Sajara Madeira pela orientação, aconselhamento e exemplo de profissionalismo, mas sobretudo pela amizade e responsabilidade na minha vida profissional e académica.

Ao Professor Doutor Jorge Proença pelo apoio e confiança que sempre, sem exceção, me demostrou ao longo dos anos.

Ao Rui Machado, Coordenador Técnico da Federação Portuguesa de Ténis, pelo exemplo de profissionalismo, pela amizade e por ter acreditado em mim.

Ao Professor Engenheiro Tiago Farias, parceiro de Ténis, pela cedência de material e pela amizade.

Ao Professor Doutor Paulo Cunha, colega neste percurso, pelo constante incentivo, fonte de motivação e pela amizade.

Ao Professor Doutor Luís Monteiro pela amizade e por ter sempre uma palavra de incentivo para comigo.

Aos Professores Doutores Sofia Fonseca e António Lopes pelas informações preciosas no arranque deste projeto.

Aos meus atletas que tão gentilmente se dispuseram a participar neste estudo.

A todos os colegas da Faculdade de Educação Física e Desporto da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, que me fazem sentir orgulho por pertencer a este corpo docente.

A todos os meus alunos e atletas que diariamente me desafiam e são motivo de inspiração e aprendizagem.

A todos os meus professores e formadores a quem eu devo tanto.

Ao meu pai, falecido há tanto tempo, mas que continua a ser o maior exemplo de vida que alguma vez encontrei.

À minha mãe, irmãos, familiares e amigos por estarem sempre disponíveis, especialmente nas horas mais difíceis.

Acima de tudo, à Rita por tudo aquilo que trouxeste à minha vida e aos meus filhos Joana, Maria, Lourenço, Diogo e Sofia.

RESUMO

A monitorização dos atletas é um dos aspetos críticos na otimização e individualização do processo de treino e recuperação. A monitorização da frequência cardíaca (FC), variabilidade da frequência cardíaca (VFC), perceção do esforço (RPE) e questionário de stress e recuperação para atletas (RestQ-Sport) através de dados não invasivos, fornece contributos importantes para este processo. A dissertação tem como objetivo investigar atletas de elite de Ténis em contexto de treino e de competição através de 3 estudos.

No estudo 1, o objetivo foi monitorizar o período de preparação de dois atletas de elite de Ténis durante 4 (atleta A, masculino, 28 anos) e 3 (atleta B, feminino, 21 anos) microciclos de treino (M), através de variáveis fisiológicas (FC e VFC), psicológicas (RestQ-Sport e RPE) e caracterização do treino, carga de treino (CT) e volume de treino (VT). A análise da VFC, através das médias semanais, foi feita utilizando a variação mínima útil (SWC) e o erro padrão de forma a estabelecer uma zona de variação trivial. Os principais resultados foram: Para o atleta A as maiores variações foram encontradas de M2 para M3, no logaritmo natural da raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (Ln rMSSD), - 4,05% do SWC; na frequência cardíaca em repouso (FCrep), +0,68%; no índice do sistema nervoso parassimpático (PNSIndex), -14,4% e índice do sistema nervoso simpático (SNSIndex), -12,8%. Para o atleta B, foi de M1 para M2 que se verificaram as maiores variações, Ln rMSSD, +14,4%; FCrep, -14,8%; PNSIndex, 373,8% e SNSIndex, 300%. Foram investigadas as associações entre a carga de treino (CT) e volume de treino (VT) e RPE, FCrep, Ln rMSSD e o intervalo de tempo entre batimentos consecutivos (R-R). Para o atleta A, a RPE correlacionou-se com o VT ($r = 0,692$, $p < 0,01$), FCrep $r = 0,546$; $p < 0,01$ e R-R $r = -0,999$, $p < 0,01$; a FCrep com VT, $r = 0,546$; $p < 0,01$ e com R-R, $r = -0,999$, $p < 0,01$. Para a atleta B a RPE correlacionou-se com o VT, $r = 0,811$, $p < 0,01$; para Ln rMSSD e R-R, $r = 0,829$, $p < 0,01$; para FCrep e Ln rMSSD, $r = -0,848$, $p < 0,01$; Para Fcrep e R-R, $r = -0,994$, $p < 0,01$. Para as respostas ao RestQ-Sport, foram encontradas diferenças no atleta A, no índice de recuperação de M0 para M3 e de M0 para M4 ($p < 0,01$ e $p < 0,03$), e para a atleta B, de M0 para M1 ($p < 0,01$). Para o índice de stress, no atleta A de M0 para M3 e de M0 para M4 ($p < 0,02$) e para a atleta B de M0 para M1, M2 e M3 ($p < 0,01$).

No estudo 2, o objetivo foi interpretar as diferenças em Ln rMSSD e FCrep nos resultados de cada atleta e averiguar se existem diferenças na recolha de dados através da utilização de dias isolados ou médias semanais. Foi calculado o rácio entre Ln rMSSD e R-R para averiguar as diferenças entre os dois atletas. O atleta A apresentou um padrão condizente com uma situação de saturação parassimpática (ligeira diminuição de Ln rMSSD, diminuição da FCrep e diminuição de Ln rMSSD:R-R). A atleta B um padrão considerado

clássico (diminuição de Ln rMSSD e aumento da FCrep e vice-versa). A utilização de dias isolados (segunda-feira, quinta-feira e sábado) para recolha de dados de VFC pode originar resultados absolutos e tendências díspares comparativamente à utilização de médias semanais.

No estudo 3, o objetivo foi monitorizar um atleta de elite de Ténis durante o Campeonato Nacional Absoluto de Ténis, através da caracterização dos encontros (variáveis fisiológicas, psicológicas e observacionais) e avaliações matinais em repouso. Foram encontradas diferenças entre os 4 encontros nas variáveis das características dos jogos e FC, e entre os jogos de serviço e jogos de resposta nas variáveis características do jogo e FC exceto para o jogo 3. Foram encontradas correlações estatisticamente significativas entre as variáveis duração dos pontos e o tempo de recuperação entre pontos para os encontros 2, ($r = 0,349$, $p < 0,01$), encontro 3, ($r = 0,230$, $p < 0,03$) e encontro 4 $r (106) = 0,241$, $p < 0,01$. Encontramos uma correlação para a associação entre a duração dos encontros e o tempo de jogo efetivo ($r = -0,930$, $p < 0,05$); entre a duração dos encontros e a RPE ($r = 0,916$, $p < 0,05$), e para a associação entre a RPE e o tempo de jogo efetivo ($r = -0,977$, $p < 0,05$). Encontrámos diferenças na FC antes do início do encontro 4 (jogo da final) e os outros encontros anteriores. Nos períodos de recuperação sentado do encontro 4 verificou-se uma diminuição do SNSIndex nos dois últimos períodos ao contrário da FC que continuou a aumentar ligeiramente.

Palavras-chave: *Ténis, variabilidade da frequência cardíaca, perceção do esforço, carga de treino, recuperação*

ABSTRACT

Athlete monitoring is one of the critical aspects in the optimization and individualization of the training and recovery process. The monitoring of heart rate (HR), heart rate variability (HRV), perceived exertion (RPE) and stress and recovery questionnaire for athletes (RestQ-Sport) through non-invasive data, provides important contributions to this process. This dissertation aims to investigate elite tennis athletes in context of training and competition through 3 studies.

In study 1, the objective was to monitor the preparation period of two tennis elite athletes during 4 (athlete A, male, 28 years old) and 3 (athlete B, female, 21 years old) training micro cycles (M), through physiological (HR and HRV), psychological (RestQ-Sport and RPE) and training characterization, training load (CT) and training volume (VT) variables. HRV analysis through weekly averages was done using the smallest worthwhile change (SWC) and the standard error to establish a trivial variation zone. The main results were: For athlete A, the greatest variations were found from M2 to M3, in the natural logarithm of the square root of the mean sum of squares of the differences between adjacent R-R intervals (Ln rMSSD), -4.05% SWC; in resting heart rate (HRrest), +0.68%; in parasympathetic nervous system index (PNSIndex), -14.4% and sympathetic nervous system index (SNSIndex), -12.8%. For athlete B, it was from M1 to M2 that the largest variations were seen, Ln rMSSD, +14.4%; HRrest, -14.8%; PNSIndex, 373.8% and SNSIndex, 300%. The associations between training load (CT) and training volume (VT) and RPE, HRrest, Ln rMSSD and the time interval between consecutive beats (R-R) were investigated. For athlete A, RPE correlated with VT ($r = 0.692$, $p < 0.01$), HRrest $r = 0.546$; $p < 0.01$ and R-R $r = -0.999$, $p < 0.01$; HRrest with VT, $r = 0.546$; $p < 0.01$ and with R-R, $r = -0.999$, $p < 0.01$. For athlete B the RPE correlated with VT, $r = 0.811$, $p < 0.01$; for Ln rMSSD and R-R, $r = 0.829$, $p < 0.01$; for HRrest and Ln rMSSD, $r = -0.848$, $p < 0.01$; For Fcrep and R-R, $r = -0.994$, $p < 0.01$. For the responses to the RestQ-Sport, differences were found in athlete A, in the recovery index from M0 to M3 and from M0 to M4 ($p < 0.01$ and $p < 0.03$), and for athlete B, from M0 to M1 ($p < 0.01$). For the stress index, in athlete A from M0 to M3 and from M0 to M4 ($p < 0.02$) and for athlete B from M0 to M1, M2 and M3 ($p < 0.01$).

In study 2, the goal was to interpret the differences in Ln rMSSD and HRrest in each athlete's results and to ascertain if there were differences in data collection by using single days or weekly averages. The ratio between Ln rMSSD and R-R was calculated to ascertain the differences between the two athletes. Athlete A presented a pattern consistent with a parasympathetic saturation situation (slight decrease in Ln rMSSD, decrease in HRrest and decrease in Ln rMSSD:R-R). Athlete B a pattern considered classic (decreased Ln rMSSD and

increased HRrest and vice versa). The use of single days (Monday, Thursday, and Saturday) for HRV data collection may lead to different absolute results and trends compared to the use of weekly averages.

In study 3, the objective was to monitor an elite tennis athlete during the Absolute National Tennis Championships through characterization of matches (physiological, psychological, and observational variables) and assessments at morning rest. Differences were found between the 4 matches in the variables of game characteristics and HR, and between service and return games in the variables game characteristics and HR except for game 3. Statistically significant correlations were found between the variable's duration of points and recovery time between points for match 2, ($r = 0.349$, $p < 0.01$), match 3, ($r = 0.230$, $p < 0.03$) and match 4 $r(106) = 0.241$, $p < 0.01$. We found a correlation for the association between match duration and effective playing time ($r = -0.930$, $p < 0.05$); between match duration and RPE ($r = 0.916$, $p < 0.05$), and for the association between RPE and effective playing time ($r = -0.977$, $p < 0.05$). We found differences in HR before the start of match 4 (the final match) and the other previous matches. In the sitting recovery periods of match 4 there was a decrease in SNSIndex in the last two periods unlike HR which continued to increase slightly.

Key words: *Tennis, heart rate variability, perceived exertion, training load, recovery*

ABREVIATURAS

ATP	Men's Professional Tennis (Associação dos Tenistas Profissionais)
CT	Carga de Treino
CV	Coeficiente de Variação
DFA	Análise de flutuações depuradas de tendências de curto prazo
DP	Desvio Padrão
EP	Erro Padrão
ES	Effect Size
FC	Frequência Cardíaca
FCmax	Frequência Cardíaca máxima
FCrecup	Frequência Cardíaca de recuperação
FCrep	Frequência Cardíaca em repouso
HF	Potência absoluta no espectro de alta frequência
ITF	Federação Internacional de Ténis
LF	Potência absoluta no espectro de baixa frequência
Ln rMSSD	Logaritmo natural da raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes
M0	Microciclo anterior ao início do estudo
M(1,2,3 e 4)	Microciclos de treino
PNSIndex	Índice Parassimpático
RestQ-Sport	Questionário de Recuperação e Stress para Atletas
rMSSD	Raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes
RPE	Perceção Subjetiva do Esforço
RPE CR-10	Perceção Subjetiva do Esforço escala adaptada de Borg
R-R	Intervalo de tempo entre batimentos cardíacos consecutivos
SampEn	Entropia da amostra
SD1	Desvio padrão da variabilidade dos intervalos R-R instantâneos
SD2	Desvio padrão da variabilidade dos intervalos R-R contínuos
SDNN	Desvio padrão de todos os intervalos R-R
SNA	Sistema Nervoso Autónomo

SNP	Sistema Nervoso Parassimpático
SNS	Sistema Nervos Simpático
SNSIndex	Índice do Sistema Nervos Simpático
sRPE	Perceção Subjetiva do Esforço da sessão de treino
ST	Sessão de Treino
StressIndex	Índice de Stress
SWC	Smallest Worthwhile Change (Variação Mínima Útil)
TP	Potência Total
VFC	Variabilidade da Frequência Cardíaca
VLF	Potência absoluta no espectro de muito baixa frequência
VO2	Consumo de Oxigénio
VO2max	Consumo máximo de Oxigénio
VT	Volume de Treino
WTA	Women's Tennis Association (Associação de Jogadoras de Ténis)

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....1

RESUMO.....2

ABSTRACT 4

ABREVIATURA.....6

ÍNDICE.....8

ÍNDICE DE QUADROS.....11

ÍNDICE DE FIGURAS.....12

ÍNDICE DE TABELAS.....15

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO 19

CAPÍTULO II - REVISÃO DE LITERATURA 24

2.1. VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA COMO INDICADOR DA FUNÇÃO AUTÓNOMA E RESPOSTA AO TREINO 25

2.1.1. Sistema Nervoso Autónomo 25

2.1.2. Variabilidade da Frequência Cardíaca: Um Instrumento para Avaliar o Status do Sistema Nervoso Autónomo 27

2.1.3. Medição e Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca 28

2.1.4. Variabilidade da Frequência Cardíaca e Exercício 32

2.1.4.1.Variabilidade da Frequência Cardíaca Durante o Exercício 33

2.1.4.2. Influência da intensidade do exercício 33

2.1.4.3. Medidas do Domínio Temporal 34

2.1.4.4. Medidas do Domínio da Frequência 34

2.1.4.5. Influência da Duração do Exercício 35

2.1.4.6. Influência da Modalidade do Exercício 37

2.1.4.7. Medidas Não Lineares 38

2.1.4.8. Variabilidade da Frequência Cardíaca Durante o Exercício – Sumário.....39

2.1.5. Variabilidade da Frequência Cardíaca Pós-Exercício 40

2.1.5.1. Influência da intensidade do exercício 41

2.1.5.2. Influência da Duração do Exercício 42

2.1.5.3. Influência da Modalidade do Exercício 43

2.1.5.4. Medidas Não Lineares 43

2.1.5.5. Variabilidade da Frequência Cardíaca Pós-Exercício – Sumário …. 44

2.2. EFEITOS DO TREINO NA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA 50

2.2.1. Efeitos do Treino na Variabilidade da Frequência Cardíaca – Sumário....55

2.3. MONITORIZAÇÃO DO TREINO E RECUPERAÇÃO DOS ATLETAS ATRAVÉS DE DADOS PSICOLÓGICOS 56

2.4. CARACTERIZAÇÃO DO TÉNIS 59

2.4.1. Introdução 59

2.4.2. Caracterização do jogo de Ténis 60

2.4.3. Características Físicas e Fisiológicas do Ténis de Competição 63

CAPÍTULO III - METODOLOGIA, INSTRUMENTAÇÃO E PROCEDIMENTOS 65

3.1. PARTICIPANTES 66

3.2. PROCEDIMENTOS GERAIS 66

3.3. PROCEDIMENTOS ESPECÍFICOS 66

3.3.1. Determinação da carga de treino 66

3.3.2. Avaliação psicométrica – RestQ-Sport 67

3.3.3. Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca e Frequência Cardíaca em Repouso. 67

3.3.4. Encontros de Ténis 68

3.3.5. Perceção do Esforço 69

3.3.6. Análises dos Encontros 69

3.4. INSTRUMENTOS 71

3.5. PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS 72

3.5.1. Estudo 1 72

3.5.2. Estudo 2 73

3.5.3. Estudo 3 74

CAPÍTULO IV - APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS 75

4.1. ESTUDO 1 - MONITORIZAÇÃO DA CARGA DE TREINO, RECUPERAÇÃO, E VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM ATLETAS DE ELITE DE TÉNIS: UM ESTUDO DE CASO. 76

4.1.1. Características da Amostra 76

4.1.2. Resultados 77

4.1.3. Discussão 89

4.1.4. Conclusões.....97

4.2. ESTUDO 2 - MONITORIZAÇÃO DAS ADAPTAÇÕES AO TREINO EM DOIS ATLETAS DE TÉNIS DE ELITE: COMPARAÇÃO METODOLÓGICA 99

4.2.1. Características da Amostra 100

4.2.2. Procedimentos específicos 100

4.2.3. Resultados 100

4.2.4. Discussão 106

4.2.5. Conclusões 108

4.3. ESTUDO 3 - CARACTERÍSTICAS DE JOGO, PADRÕES DE ATIVIDADE E VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA DURANTE UM TORNEIO DE TÉNIS NUM ATLETA DE ELITE: UM ESTUDO DE CASO 109

4.3.1. Características Antropométricas e de Composição Corporal 110

4.3.2. Resultados 110

4.3.3. Discussão 127

4.3.4. Conclusões 134

CAPÍTULO V – CONCLUSÕES GERAIS 135

5.1. CONCLUSÕES GERAIS 136

5.2. LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES PARA FUTURAS INVESTIGAÇÕES…..139

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 141

ANEXOS 170

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Efeitos da atividade do sistema nervoso simpático e parassimpático em órgãos e tecidos celulares (adaptado de Ernst, 2014)

Quadro 2. Principais métodos de análise da VFC no domínio do tempo, frequência e não lineares e sua representação de atividade do SNS e SNP.

Quadro 3 – Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) durante o exercício e após o exercício.

Quadro 4 – Escala CR-10 de Borg, modificada por (Foster et al., 2001)

Quadro 5. Características dos encontros de Ténis.

Quadro 6. Caracterização fisiológica do Ténis

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. VFC medida num curto período, apresentando os valores dos intervalos R-R em milissegundos e o cálculo da respetiva FC.

Figura 2. Contribuições de cada ramo do sistema nervoso autónomo para a frequência cardíaca, determinadas por estudos que utilizaram bloqueadores (retirado de White & Raven, 2014)

Figura 3. Recuperação dos valores de VFC após diferentes intensidades de exercício. Adaptado de Stanley et al. (2013)

Figura 4. Capacidades físicas e componentes relevantes para o desempenho no Ténis. Adaptado de Kovacs, (2007).

Figura 5. Campo de Ténis, local de realização dos encontros.

Figura 6. Descrição dos valores médios para os atletas A e B das variáveis Ln RMSSD (ms), ao longo dos dias de treino. As linhas horizontais a cheio representam os dois intervalos definidos através do cálculo individual da SWC. A linha horizontal tracejada representa a linha de tendência. As linhas verticais a cheio para cada pondo de dados representam a estimativa individual para cada variável do Erro Típico Estimado.

Figura 7. Descrição dos valores médios para os atletas A e B das variáveis Ln RMSSD (ms), FCrep ($b.min^{-1}$), PNSIndex (au) e SNSIndex (au) ao longo dos microciclos de treino. M0 – valor basal. As linhas horizontais a cheio representam os dois intervalos definidos através do cálculo individual para cada variável da SWC. A linha horizontal tracejada representa a linha de tendência (valores de cada microciclo). As linhas verticais a cheio para cada pondo de dados representam a estimativa individual para cada variável do Erro Típico Estimado. Os pontos a cheio representam os dados dos microciclos e os pontos cinzentos representam os valores basais. Os pontos sem preenchimento no atleta A representam uma medição feita após o términus dos 4 microciclos e 72 horas de repouso.

Figura 8. Descrições dos valores médios dos atletas A e B, entre microciclos (M) para as escalas do RestQ-Sport de recuperação e de stress. Índice de Recuperação (au) e Índice de Stress (au). M0 – valor basal. As linhas horizontais a cheio representam os dois intervalos definidos através do cálculo individual para cada variável da SWC. A linha horizontal tracejada representa a linha de tendência. As linhas verticais a cheio para cada pondo de dados representam a estimativa individual para cada variável do Erro Típico Estimado. Os pontos a

cheio representam os dados dos microciclos e os pontos cinzentos representam os valores basais.

Figura 9. Variação entre cada microciclo, das variáveis: CT (eixo x principal – au); Ln rMSSD (eixo x secundário - ms); SNSIndex (eixo x secundário - $b.min^{-1}$); Índice de Recuperação (eixo x secundário - au) e Índice de Stress (eixo x secundário - au); para os atletas A e B. A forma circular a tracejado assinala M3 e M1, respetivamente para cada atleta.

Figura 10. Relação ao longo do estudo, nos atletas A e B, entre as variáveis logaritmo natural da raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (Ln rMSSD-ms) e intervalo de tempo entre batimentos consecutivos (R-R-ms), rácio Ln rMSSD:RR e linhas de tendência.

Figura 11. Valores para o atleta A do logaritmo natural da raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (Ln rMSSD-ms) e frequência cardíaca em repouso (FCrep-$b.min^{-1}$). Médias semanais e dias selecionados para análise. Linhas lineares de tendência em dias particulares, escolhidos, para ilustrar as diferenças. A barra a cheio representa o SWC + EP.

Figura 12. Valores para a Atleta B do logaritmo natural da raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (Ln rMSSD-ms) e frequência cardíaca em repouso (FCrep-$b.min^{-1}$). Médias semanais e dias selecionados para análise. Linhas lineares de tendência em dias particulares, escolhidos, para ilustrar as diferenças. A barra a cheio representa o SWC + EP.

Figura 13. Valores do logaritmo natural da raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (Ln rMSSD-ms) e frequência cardíaca em repouso (FCrep-$b.min^{-1}$), para os atletas A e B. Médias semanais e dias selecionados para análise. Linhas lineares de tendência em dias particulares, escolhidos, para ilustrar as diferenças.

Figura 14. Descrição dos valores médios da raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (rMSSD-ms), nos 4 momentos dos 4 encontros

Figura 15. Descrição dos valores médios da média do tempo entre batimentos consecutivos (R-R-ms) nos 4 momentos dos 4 encontros

Figura 16. Descrição da variação do Índice do Sistema Nervoso Parassimpático (PNSIndex) nos 4 momentos dos 4 encontros

Figura 17. Descrição da variação do Índice do Sistema Nervoso Simpático (SNSIndex) nos 4 momentos dos 4 encontros

Figura 18. Descrição da variação do Índice de Stress (StressIndex) nos 4 momentos dos 4 encontros

Figura 19. Descrição da variação da Frequência Cardíaca (FC-b.min^{-1}) nos 4 encontros durante os momentos: entrada no campo até ao início do aquecimento e período sentado após o aquecimento, nos 4 encontros. ** p<0,01

Figura 20. Descrição do comportamento das variáveis nos períodos de recuperação sentado nos 4 encontros: Frequência Cardíaca (FC-b.min^{-1}), Frequência Cardíaca de Recuperação (FCrecup-(%), Média do tempo entre batimentos consecutivos (R-R-ms), Raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (rMSSD-ms), Índice do Sistema Nervoso Parassimpático (PNSIndex), Índice do Sistema Nervoso Simpático (SNSIndex) e Índice de Stress (StressIndex).

Figura 21. Descrição da variação ao longo do tempo (número de registos ao longo do tempo) durante o 4º encontro da variável: FC (b.min^{-1}) e linha de tendência

Figura 22. Descrição das variações nos 8 períodos sentado do 4º encontro das variáveis: Média do tempo entre batimentos consecutivos (R-R.10^{-1}-ms), Raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (RMSSD.10-ms), Desvio padrão da variabilidade dos intervalos R-R instantâneos (SD1-ms), Índice do Sistema Nervoso Parassimpático (PNSIndex)

Figura 23. Descrição das variações nos 8 períodos sentado do 4º encontro das variáveis: Frequência Cardíaca (FC-b.min^{-1}), Índice do Sistema Nervoso Simpático (SNSIndex) e Índice de Stress (StressIndex).

Figura 24. Descrição das variações nos 8 períodos sentado do 4º encontro das variáveis: Frequência Cardíaca de Recuperação (FCrecup-(%), Frequência Cardíaca imediatamente após o ponto ter terminado (FCtermp - 10^{-1}b.min^{-1}), Frequência Cardíaca Máxima durante o período sentado (FCinic - 10^{-1}b.min^{-1}) e o Tempo desde que termina o ponto até ao início do período sentado (Tempo – s)

Figura 25. Descrição das variações nos 8 períodos sentado do 4º encontro, quando projetamos o resultado do encontro com o período sentado, das variáveis: Frequência Cardíaca (FC:10-b.min^{-1}), raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (Ln rMSSD-ms) e Índice do Sistema Nervoso Simpático (SNSIndex-au).

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Características antropométricas e de composição corporal no início do estudo e no final.

Tabela 2. Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação (CV - %) nos, microciclos de treino (M1, M2, M3 e M4) através das variáveis: Número de Sessões de Treino (ST - au), Volume de Treino (VT – min), Perceção do Esforço (RPE – Borg CR-10), Carga de Treino (CT - au), Rácio CT e ST.

Tabela 3. Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação (CV - %) dos microciclos de treino M1-M4) para atletas A e B, nas variáveis: Frequência Cardíaca em Repouso (FCrep-b.min^{-1}); Intervalo de tempo entre batimentos consecutivos (R-R-ms); Raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (rMSSD-ms); Logaritmo natural da raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (Ln rMSSD-au); Índice do Sistema Nervoso Parassimpático (PNSIndex); Índice do Sistema Nervoso Simpático (SNSIndex).

Tabela 4. Variações entre microciclos (M) para Ln rMSSD (%), FCrep (%), PNSIndex (%) e SNSIndex (%). [↑] aumento; [↓] diminuição; [↔] variação trivial; [?] variação incerta. ES (au) – variação percentual dos variáveis x SWC. CL – limites de confiança, SWC (%) – variação mínima útil.

Tabela 5. Diferenças entre o microciclo de base (M0) e os seguintes, (M1, M2 M3 e M4) para as escalas do RestQ-Sport de recuperação e de stress. Índice de Recuperação (au) e Índice de Stress (au)

Tabela 6. Variações entre o primeiro microciclo (M) e o último para as escalas do RestQ-Sport de recuperação e de stress. Índice de Recuperação (%) e Índice de Stress (%). [↑] aumento; [↓] diminuição; [↔] variação trivial; [?] variação incerta. ES (au) – variação percentual dos variáveis x SWC. CL – limites de confiança, SWC (%) – variação mínima útil.

Tabela 7. Coeficientes de correlação (correlação de Pearson), entre as variáveis: Carga de Treino (CT-min.RPE); Volume de Treino (VT-min); Perceção do Esforço (RPE-CR-10); Frequência Cardíaca em Repouso (FCrep-b.min^{-1}); Logaritmo natural da raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (Ln rMSSD-ms); Intervalo de tempo entre batimentos consecutivos (R-R-ms); Índice do Sistema Nervoso Parassimpático (PNSIndex); Índice do Sistema Nervoso Simpático (SNSIndex).

Tabela 8. Coeficientes de correlação (correlação de Pearson), entre as variáveis: Carga de Treino (CT-min.RPE); Volume de Treino (VT-min); Perceção do Esforço (RPE-CR-10); Frequência Cardíaca em Repouso (FCrep-b.min^{-1}); Logaritmo natural da raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (Ln rMSSD-ms); Intervalo de tempo entre batimentos consecutivos (R-R-ms); Índice do Sistema Nervoso Parassimpático (PNSIndex); Índice do Sistema Nervoso Simpático (SNSIndex).

Tabela 9. . Variações entre a média semanal (Msem), segunda-feira (2a), quinta-feira (5a) e sábado (SAB) para Ln rMSSD (%); FCrep (%); ES (au) – variação percentual dos variáveis x SWC. CL – limites de confiança, SWC (%) – variação mínima útil.

Tabela 10. Características antropométricas do Atleta A

Tabela 11. Valores médios das variáveis Duração total dos Pontos (s), Número de batimentos (au), Mudanças direção (au), Recuperação total encontro (s), Recuperação em pé (s), FC total (b.min^{-1}), FC recuperação sentado (b.min^{-1}), para cada encontro

Tabela 12. Zonas de intensidade - % FCmax de acordo com Tanaka et al., (2001)

Tabela 13 - Duração de cada encontro (s), frequência de batimentos (bat.min^{-1}), tempo de jogo efetivo (%) e RPE (Cr-10).

Tabela 14. Correlações entre as variáveis Duração do encontro (s), Frequência de batimentos (bat.min^{-1}), Tempo de jogo efetivo (%) e RPE (CR – 10).

Tabela 15. Análise das características dos encontros de Ténis – Duração dos pontos (s), número de batimentos (au), mudanças de direção (au), recuperação total encontro (s), Recuperação em pé (s), Recuperação sentado (s)

Tabela 16. Análise das características dos encontros de Ténis. Comparação entre jogos de serviço e resposta nas variáveis, Duração ponto serviço (s), Duração ponto resposta (s), Número de batimentos serviço (au), Número de batimentos resposta (au), Mudanças direção serviço (au), Mudanças direção resposta (au), Recuperação entre pontos serviço (s), Recuperação entre pontos resposta (s).

Tabela 17. Análise das características dos encontros de Ténis nas variáveis, FC total (b.min^{-1}), FC pontos serviço (b.min^{-1}), FC pontos Resposta (b.min^{-1}), FC recuperação sentado (b.min^{-1}), FC recuperação sentado set1 (b.min^{-1}), FC recuperação sentado set2 (b.min^{-1})

Tabela 18. Carga de treino (au), Perceção subjetiva do esforço (RPE – au), Sessões de treino (min) Frequência Cardíaca em Repouso (FCrep-b.min^{-1}); Intervalo de tempo entre batimentos consecutivos (R-R-ms); Raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre

intervalos R-R adjacentes (rMSSD-ms); Logaritmo natural da raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (Ln rMSSD-au); Índice do Sistema Nervoso Parassimpático (PNSIndex); Índice do Sistema Nervoso Simpático (SNSIndex).

Tabela 19. Coeficientes de correlação entre as variáveis: Carga de Treino (CT-RPExVTmin), Perceção do Esforço (RPE-Cr-10), Frequência Cardíaca em Repouso (FCrep-b.min^{-1}), Média do tempo entre batimentos consecutivos (R-R-ms), Raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (RMSSD-ms), Desvio padrão da variabilidade dos intervalos R-R instantâneos (SD1-ms), Índice do Sistema Nervoso Parassimpático (PNSIndex), Índice do Sistema Nervoso Simpático (SNSIndex) e Índice de Stress (StressIndex).

Tabela 20. Registos temporais dos intervalos selecionados para análise: início do registo até ao 1º ponto, entrada no campo até ao início do aquecimento, período de aquecimento e período sentado após o período de aquecimento, nos 4 encontros

Tabela 21. Valores das variáveis nos intervalos de tempo, início do registo até ao 1º ponto, entrada no campo até ao início do aquecimento, período de aquecimento e período sentado após o período de aquecimento, nos 4 encontros: Frequência Cardíaca (FC-b.min^{-1}), Média do tempo entre batimentos consecutivos (R-R-ms), Raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (rMSSD-ms), Índice do Sistema Nervoso Parassimpático (PNSIndex), Índice do Sistema Nervoso Simpático (SNSIndex) e Índice de Stress (StressIndex).

Tabela 22. Valores médios e desvio padrão nos períodos sentado das variáveis: Frequência Cardíaca (FC-b.min^{-1}), Frequência Cardíaca de Recuperação (FCrecup (%),Média do tempo entre batimentos consecutivos (R-R-ms), Raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (rMSSD-ms), Desvio padrão da variabilidade dos intervalos R-R instantâneos (SD1-ms), Análise de flutuações depuradas de tendências de curto prazo (DFA1), Índice do Sistema Nervoso Parassimpático (PNSIndex), Índice do Sistema Nervoso Simpático (SNSIndex) e Índice de Stress (StressIndex).

Tabela 23. Valores médios das variáveis nos 8 períodos de 45s de recuperação sentado do 4º encontro, médias e desvio padrão (DP) e coeficientes de variação (CV): Frequência Cardíaca (FC-b.min^{-1}), Frequência Cardíaca de Recuperação (FCrecup-(%), Média do tempo entre batimentos consecutivos (R-R-ms), Raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (RMSSD-ms), Desvio padrão da variabilidade dos intervalos R-R instantâneos (SD1-ms), Análise de flutuações depuradas de tendências de

curto prazo (DFA1), Índice do Sistema Nervoso Parassimpático (PNSIndex), Índice do Sistema Nervoso Simpático (SNSIndex) e Índice de Stress (StressIndex).

Tabela 24. Correlações (correlação de Pearson), entre a percentagem da Frequência Cardíaca de Recuperação (FCrecup - %) e a Frequência Cardíaca imediatamente após o ponto ter terminado (FCtermp - $b.min^{-1}$), Frequência Cardíaca Máxima durante o período sentado (FCinic - $b.min^{-1}$) e o Tempo desde que termina o ponto até ao início do período sentado (Tempo – s)

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

I. INTRODUÇÃO

O desempenho desportivo em atletas de elite resulta da combinação de inúmeros fatores, que interagem uns com os outros de uma forma complexa, mas é o processo de treino que, de uma forma inequívoca, tem o maior impacto no seu desempenho (Tucker & Collins, 2012). O planeamento do treino em atletas de elite inclui normalmente inúmeros períodos de cargas de treino intensas que combinadas com a recuperação adequada podem resultar em adaptações positivas ou melhorias no desempenho, sendo esta a base dos programas de treino eficazes (Meeusen et al., 2006). O equilíbrio entre as cargas de treino e os períodos de recuperação revela-se assim um fator crucial e quando esta relação é quebrada, podem ocorrer alterações fisiológicas, bioquímicas ou psicológicas (Borresen & Lambert, 2009; Costa & Samulski, 2005).

Um dos elementos chave para otimizar e individualizar o processo de treino e recuperação é a monitorização do atleta que se tem tornado cada vez mais importante (Halson, 2014). Para além da quantificação em que consiste o treino e a sua estrutura, as respostas individuais dos atletas revelam-se particularmente interessantes. Estas respostas, de acordo com Kellmann et al., (2018), são normalmente referidas em termos de trajetórias de fadiga e recuperação, adaptações funcionais e desempenho desportivo. Independentemente da metodologia utilizada, é hoje consensual que as respostas agudas e crónicas ao estímulo do treino podem variar significativamente entre atletas em termos temporais, magnitude e direção (Buchheit, Chivot, et al., 2010a; Halson, 2014; Hautala et al., 2009; Plews et al., 2012; Lambert & Borresen, 2010).

A quantificação da carga de treino (CT) é normalmente baseada em indicadores de intensidade do esforço externos tais como distância, número de repetições, e internos, consumo de oxigénio, frequência cardíaca (FC), lactato sanguíneo, perceção subjetiva do esforço (RPE) que são depois calculados em conjunto com o tempo de treino para determinação da CT.

Para a monitorização das respostas do atleta, existem hoje vários instrumentos e métodos, tais como análises à saliva e ao sangue (Nederhof et al., 2008), questionários psicométricos (Borresen & Ian Lambert, 2009; M. Kellmann, 2010) e medições de índices derivados da FC incluindo frequência cardíaca em repouso (FCrep), e variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (Buchheit, 2014).

Um dos instrumentos mais utilizados para avaliar o equilíbrio entre a recuperação e o stress, é o Questionário de Recuperação e Stress para Atletas (RestQ-Sport) (Kallus &

Kellmann, 2016; Leite et al., 2013), apresentando como vantagem ter sido elaborado especificamente para atletas (Kellmann et al., 2018).

As medições derivadas da FC são utilizadas como marcadores indicativos do status do sistema nervoso autónomo (SNA) (Aubert et al., 2003; Michael et al., 2017), e podem fornecer informações sobre adaptações ao treino e níveis de fadiga (Buchheit, 2014; Hottenrott & Hoos, 2017; Thorpe et al., 2016). Apesar dos múltiplos fatores que podem influenciar a FC (ambientais, fisiológicos, patológicos, psicológicos), é assumido que, em desportos competitivos, a influência do treino tem um papel predominante nas variações do SNA e, assim, os índices derivados da FC podem representar o nível de treino do atleta (Buchheit, 2014; Daanen et al., 2012; Schneider et al., 2018). Por outro lado, a FC em esforço dá-nos informações sobre a intensidade da carga (Madeira, 2010). Existe assim, um crescente interesse pela monitorização da atividade do SNA dos atletas, em situação de repouso, em exercício e após o exercício (Achten & Jeukendrup, 2003; Aubert et al., 2003; Bellenger et al., 2016; Buchheit, 2014; Flatt, Globensky, et al., 2019; Nunan et al., 2009; Plews, Laursen, et al., 2017; Plews, Laursen, Stanley, et al., 2013; Stanley et al., 2013; TaskForce, 1996; Al Haddad et al., 2011).

O grande interesse pelas medições feitas através dos índices derivados da FC é, segundo Buchheit, (2014), o facto de serem não invasivas, pouco dispendiosas, eficazes em termos de tempo, fáceis de obter e facilmente aplicadas de forma rotineira e simultaneamente a vários atletas, especialmente nos dias de hoje, graças aos avanços tecnológicos em monitores de FC e aplicações para *smartphone.* Nenhuma outra forma de obter parâmetros fisiológicos, que ofereça estas vantagens, está disponível (Schneider et al., 2018).

O Ténis é uma modalidade desportiva multifacetada, que evoluiu de um desporto em que a capacidade técnica era a característica mais importante, para um desporto que também requer a interação complexa de várias capacidades físicas (i.e., força, agilidade) e capacidades metabólicas (i.e., aeróbias e anaeróbias) de forma a atingir elevados níveis de desempenho (Baiget et al., 2015; Edel et al., 2019; Fernandez-Fernandez et al., 2008; Mendez-Villanueva et al., 2010; Ulbricht et al., 2016). Nesse sentido, a identificação dos determinantes fisiológicos do desempenho é crucial para os atletas, e envolve monitorização do treino e avaliação do desempenho em competição (Kilit et al., 2016). O conhecimento acerca do perfil de atividade e respostas fisiológicas em competição torna-se essencial para o planeamento de programas de treino eficazes. Esta informação tem sido a base fisiológica para a preparação de jogadores de competição (Mendez-Villanueva et al., 2010).

Contudo, a informação obtida da investigação no Ténis, tem sido maioritariamente conquistada através de situações específicas de treino e simulações de encontros de Ténis, onde é difícil conseguir, verdadeiramente, replicar as condições de jogo real (Kilit et al., 2016; Mendez-Villanueva et al., 2010) quer a nível das características de movimentação no jogo (Hornery et al., 2007), quer a nível psicofisiológico (Fernandez-Fernandez et al., 2015). Por outro lado, outra limitação dos estudos prende-se com o nível dos sujeitos envolvidos. A maior parte dos jogadores envolvidos são de nível regional ou nacional, não são jogadores de elite, jogadores profissionais (Fernandez-Fernandez et al., 2008).

A oportunidade de monitorizar e investigar dois atletas de elite, profissionais de Ténis, em contexto de pré-época, e um em contexto competitivo durante o Campeonato Nacional Absoluto, foi o elemento catalisador para este estudo de caso, procurando assim, dar um contributo para aumentar o conhecimento sobre estes atletas em particular.

Foram realizados 3 estudos:

Estudo 1

Monitorizámos o período de preparação de dois atletas de elite de Ténis através de variáveis fisiológicas (FC e VFC), psicológicas (RestQ-Sport e RPE) e caracterização do treino (CT e VT).

Foram definidos para este estudo os seguintes objetivos:

- Descrever o comportamento de variáveis representativas do SNP e SNS, de manhã em situação de repouso durante um período de 4 e 3 semanas.

- Averiguar de que forma o comportamento das variáveis representativas do SNP e SNS e variáveis psicométricas, varia em função de diferentes intensidades e volumes de treino ao longo das 4 e 3 semanas de treino.

- Determinar se existem associações entre as relações das variáveis representativas do SNP e SNS, avaliações psicométricas e diferentes intensidades e volumes de treino.

Estudo 2

Com base nos dados obtidos do estudo 1, procurámos explorar, através de um estudo maioritariamente descritivo algumas questões que emergiram.

Foram definidos para este estudo os seguintes objetivos:

- Contribuir para a interpretação das variações individuais de cada atleta numa variável representativa da atividade do SNP.
- Comparar metodologias diferentes para analisar as respostas das variáveis representativas do SNS e SNP em função da carga de treino.

Estudo 3

Investigámos um atleta de elite de Ténis durante o Campeonato Nacional Absoluto de Ténis, através da caracterização dos encontros (variáveis fisiológicas, psicológicas e observação) e avaliações em repouso.

Foram definidos para este estudo os seguintes objetivos:

- Descrever os padrões de atividade, perceção de esforço e os parâmetros cardiovasculares FC e VFC de um jogador profissional de Ténis, em 4 encontros oficiais.
- Investigar os efeitos da situação de jogo de serviço e jogo de resposta nas respostas da FC e características dos encontros.
- Averiguar possíveis associações entre a FC e VFC e padrões de atividade durante os 4 encontros.
- Descrever o comportamento da FC e VFC em repouso e antes do início de cada encontro.
- Descrever o comportamento da FC e VFC nas situações de repouso em troca de campo.

CAPÍTULO II

REVISÃO DA LITERATURA

II. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA COMO INDICADOR DA FUNÇÃO AUTÓNOMA E RESPOSTA AO TREINO

2.1.1. Sistema Nervoso Autónomo

O sistema nervoso autónomo (SNA) influencia e controla múltiplas funções do nosso corpo, tais como o sistema respiratório e cardiovascular, musculatura lisa, temperatura corporal, glândulas endócrinas e exócrinas e apresenta uma parte aferente (sensorial) e uma parte eferente. Distingue-se do sistema nervoso somático de várias formas. O controlo deste sistema nervoso é ativado pelos centros localizados no hipotálamo, tronco cerebral e medula espinhal, que através de uma série de nervos exercem a sua influência em inúmeros órgãos e tecidos do corpo. Este sistema autónomo, visceral, baseia-se em reflexos sensoriais e motores. Estes reflexos viscerais são (quase sempre) involuntários. Apresenta três subsistemas principais: sistema nervoso simpático (SNS), sistema nervoso parassimpático (SNP) e sistema nervoso entérico. A função principal do SNA é manter a estabilidade do corpo sob diversas condições e estímulos, procurando assim, manter a homeostase (Ernst, 2014, 2017; Shaffer & Venner, 2013).

Do ponto de vista tradicional, os sistemas nervosos simpático e nervoso parassimpático têm sido considerados como opostos, o primeiro responsável pelas reações ao stress e o último pelo relaxamento. Isto reflete-se por exemplo, a nível do coração através do aumento da frequência cardíaca (FC) nos momentos mais agitados, e redução da FC nos momentos mais calmos (Aubert et al., 2003) - Quadro 1.

Esta visão tradicional foi primeiro desenvolvida pelo médico e investigador Walter Bradford Cannon (1871-1945), que acreditava que o SNA, e respostas fisiológicas associadas, refletiam a resposta do cérebro a qualquer estímulo ou desafio introduzindo os conceitos de *fight or flight* e homeostasia (Brown, 2002). Desde essa data, o estudo da fisiologia baseia-se no princípio de que as células, tecidos e órgãos lutam para manter um estado estático e constante – estado estável ou 'steady state'.

Quadro 1. Efeitos da atividade do sistema nervoso simpático e parassimpático em órgãos e tecidos celulares (adaptado de Ernst, 2014)

Órgão/Tecido	Resposta Simpática	Resposta Parassimpática
Coração	FC	FC ↓
	Força de contração ↑	Velocidade de condução ↓
	Velocidade de condução ↑	
Arteríolas		
Pele	Constrição forte	-
Vísceras abdominais	Constrição forte	-
Rim	Constrição forte	-
Músculo esquelético	Constrição fraca	-
Pulmões		
Vias respiratórias	Broncodilatação	Broncoconstrição
Glândulas		
Fígado	Glucogenólise	-
	Glucogénese	-
Glândulas sudoríparas	Sudação generalizada	-
	Sudação local	-
Medula suprarrenal	Secreção de adrenalina ↑	-
Estômago		
Motilidade	Diminuição	Aumento
Esfíncteres	Contração	Relaxamento
Secreção		Estimulação
Intestino		
Motilidade	Diminuição	Aumento
Esfíncteres	Contração	Relaxamento
Secreção		Estimulação
Bexiga	Relaxamento	Contração
Rim	Secreção de renina ↑	-
Olho		
Músculo radial da iris	Contração (dilatação da pupila)	-
Músculo esfíncter da pupila	-	Contração (constrição da pupila)
Músculo ciliar	Relaxamento para visão ao longo	Contração para visão ao perto

A introdução de novas tecnologias na aquisição e processamento de sinais de forma constante e ao longo do tempo em processos fisiológicos como sejam a FC, a pressão arterial

(PA) e atividade nervosa, tem vindo a mostrar que estes processos biológicos variam de formas complexas e não lineares, mesmo em condições consideradas de "*steady state*" (McCraty, 2015; Shaffer et al., 2014; Shaffer & Venner, 2013). Estas observações levaram a que se considere que uma função ótima e saudável seja o resultado de interações dinâmicas, bidirecionais e contínuas entre múltiplos sistemas de controlo neurais, hormonais e mecânicos ao nível local e central (McCraty, 2015). Assim, estes sistemas regulatórios psicológicos e fisiológicos nunca estão verdadeiramente em repouso, nem estáticos. Desta forma, o SNA tem um papel vital no nosso corpo, tanto durante o exercício como na recuperação (Acharya et al., 2006; Achten & Jeukendrup, 2003; Borresen & Lambert, 2008). Sabemos, hoje em dia, que o ritmo normal do coração em repouso é altamente variável em vez de monotonamente regular, que era o entendimento geral durante muitos anos (McCraty, 2015; Shaffer et al., 2014). Trata-se do conceito de variabilidade da frequência cardíaca (VFC).

2.1.2. Variabilidade da Frequência Cardíaca: Um Instrumento para Avaliar o Status do Sistema Nervoso Autónomo

A investigação dos ritmos complexos do coração, emergiu nos anos 60 e 70 do século passado e tem vindo a expandir-se rapidamente nos últimos anos (Acharya et al., 2006; Achten & Jeukendrup, 2003; Ernst, 2014; McCraty, 2015). O coração humano apresenta propriedades que lhe permitem por si só aumentar o seu débito cardíaco de, aproximadamente, 5 litro por minuto (l/min) até 13 l/min , sem qualquer influência do sistema nervoso através do bem conhecido mecanismo *Starling* (um coração isolado consegue aumentar o seu volume sistólico através do aumento do volume sanguíneo do ventrículo direito) (Ernst, 2014). Em condições de stress, nomeadamente em exercício intenso, o débito cardíaco pode aumentar até 20 l/min e 35 l/min em indivíduos treinados (Kenney, Wilmore & Costill, 2015).

O comportamento irregular do batimento cardíaco é facilmente constatado quando a FC é examinada batimento a batimento, mas não é evidente quando se olha para o seu valor médio ao longo do tempo (McCraty, 2015; Shaffer et al., 2014; Shaffer & Venner, 2013). Ao fenómeno que representa a oscilação no intervalo entre dois batimentos consecutivos, assim como as oscilações de frequências cardíacas instantâneas consecutivas, convencionou-se chamar variabilidade da frequência cardíaca (VFC) (TaskForce, 1996). De um modo mais simples, podemos falar de variações entre batimentos ao longo do tempo (Ernst, 2014). Para a recolha do sinal, utiliza-se um eletrocardiógrafo ou um cardiofrequencímetro, e é registada

através da gravação dos intervalos R-R de uma onda P-Q-R-S do traçado normal de uma eletrocardiograma durante períodos de curta duração (1min a 5min) e de longa duração (24h) - Figura 1. Maiores variações nos intervalos R-R estão relacionadas com maior predominância do SNP e menores variações com ambos SNP e SNS (TaskForce, 1996).

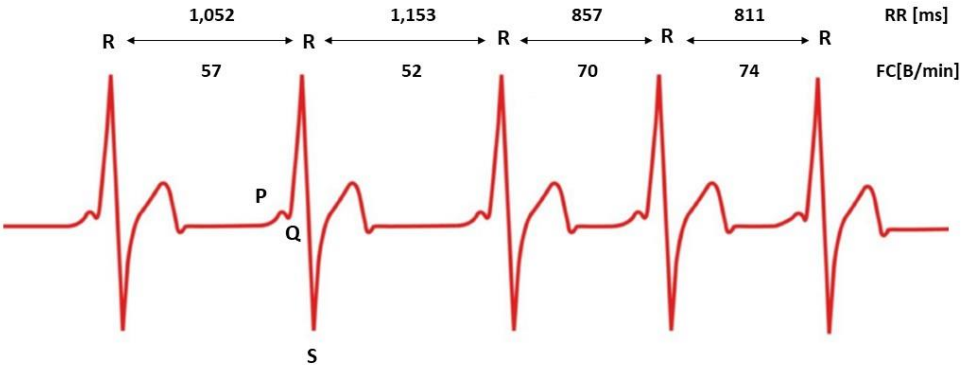


Figura 1. VFC medida num curto período, apresentando os valores dos intervalos R-R em milissegundos e o cálculo da respetiva FC.

A VFC acontece porque existem variações contínuas no equilíbrio entre o SN simpático e parassimpático, o que por sua vez faz com que o ritmo sinusal apresente flutuações dentro da mesma média de FC. De acordo com as revisões de (Aubert et al., 2003; Fatisson et al., 2016; Karim et al., 2011; Laborde et al., 2017; McCraty, 2015; Shaffer et al., 2014; Shaffer & Venner, 2013), as principais influências fisiológicas na VFC são causadas por termorregulação, sistema nervoso autónomo, frequência respiratória, fatores endócrinos, fatores comportamentais, adenosina e FC e ritmos circadianos. Estas influências podem ser fatores limitativos na sua medição. Parte da VFC é causada pela arritmia sinusal respiratória, durante a inspiração os intervalos R-R diminuem enquanto o oposto se verifica durante a expiração.

2.1.3. Medição e Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca

As variações do ritmo cardíaco podem ser avaliadas através de diferentes métodos, que podem ser divididos em: análise no domínio do tempo, análise no domínio de frequência e análise no domínio das medições não lineares (Acharya et al., 2006; Ernst, 2014; McCraty,

2015; Shaffer et al., 2014; Shaffer & Ginsberg, 2017; Shaffer & Venner, 2013; TaskForce, 1996).

As análises feitas no domínio do tempo são as mais simples, quantificam a VFC observada durante períodos de monitorização que podem variar entre 1 min e 24 h. Estas análises envolvem traçar os intervalos R-R em milissegundos (ms) com o tempo (TaskForce, 1996), os valores são obtidos através de métodos estatísticos descritivos tradicionais, tais como a média e o desvio padrão (Ernst, 2014). As análises que utilizam o domínio da frequência quantificam a magnitude das oscilações periódicas nos intervalos R-R em função do tempo (medidas em Hz) (Plews, 2013; Shaffer & Ginsberg, 2017; Shaffer & Venner, 2013). A Task Force (1996) dividiu as oscilações da FC em ultra baixa frequência (ULF), muito baixa frequência (VLF), baixa frequência (LF) e alta frequência (HF) Os métodos não lineares não descrevem a amplitude da variabilidade, mas antes as características qualitativas da estrutura do sinal procurando quantificar a imprevisibilidade de uma série temporal, e sendo não lineares não podem ser traçados através de uma linha contínua (Aubert et al., 2003; Ernst, 2014; McCraty, 2015; Shaffer & Ginsberg, 2017). Um dos índices mais utilizados é o Poincaré Plot (A. M. Kiviniemi et al., 2014), em que cada intervalo R-R é projetado em função do intervalo anterior criando uma elipse, onde se consideram os eixos transversal (SD1), que reflete mudanças rápidas na VFC, e o eixo longitudinal (SD2), que reflete mudanças a longo prazo (Ernst, 2014; McCraty, 2015; Shaffer & Ginsberg, 2017). Outro índice mais utilizado é a análise de flutuações sem tendência "*Detrended Fluctuation Analysis"* (DFA). Este método é uma técnica para determinar a correlação que existe em diferentes séries temporais estacionárias e não estacionárias, tendo sido desenvolvido para caracterizar flutuações em escalas, isto é, séries temporais de diferentes tamanhos, calculando coeficientes α1 e α2 de acordo com o grau de similaridade das escalas temporais (Acharya et al., 2002; Acharya et al., 2006; Gronwald & Hoos, 2019). O Quadro 2 mostra os métodos de análise da VFC no domínio do tempo, frequência e não lineares mais utilizados, e a sua representação nos ramos simpático e parassimpático do SNA.

A medição da VFC apresenta algumas limitações: As análises tanto no domínio do tempo como no domínio da frequência são fortemente influenciadas pela postura do corpo, posição de supino ou ortostática e necessitam de ser controladas durante registos consecutivos (Achten & Jeukendrup, 2003; Buchheit et al., 2009; Ernst, 2014; Shaffer & Ginsberg, 2017).

Quadro 2. Principais métodos de análise da VFC no domínio do tempo, frequência e não lineares e sua representação de atividade do SNS e SNP.

Índice VFC	Unidades	Definição	Importância Fisiológica
		Domínio do Tempo	
Média R-R	ms	Intervalo de tempo entre batimentos cardíacos consecutivos	Relacionado com o tónus vagal
SDNN	ms	Desvio padrão de todos os intervalos R-R	Atividade cardíaca influenciada pelo SNA
RMSSD	ms	Raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes	Marcador de atividade do SNP
Ln RMSSD	ms	Logaritmo natural de RMSSD	Marcador de atividade do SNP
pNN50	%	Proporção das diferenças entre intervalos R-R normais adjacentes que são > 50ms	Marcador de atividade do SNP
		Domínio de Frequência	
TP	ms²	Potência total. Variância dos intervalos NN no intervalo de tempo ≈ ≤ 0.4 Hz	Atividade cardíaca modelada pelo SNA
VLF	ms²	Potência absoluta no espectro de muito baixa frequência ≤ 0.04 Hz	Regulação hormonal, termorregulação
LF	ms²	Potência absoluta no espectro de baixa frequência 0.04-0.15 Hz	Indicador de atividade do SNP e SNS
HF	ms²	Potência absoluta no espectro de alta frequência	Indicador de atividade do SNP
LF/HF	-	Razão entre os valore de potência de LF e HF	Indicador do equilíbrio simpático-vagal
		Método não lineares	
SD1	ms	Desvio padrão da variabilidade dos intervalos R-R instantâneos – Poincaré plot	Marcador de atividade do SNP
SD2	ms	Desvio padrão da variabilidade dos intervalos R-R contínuos – Poincaré plot	Marcador de atividade do SNP e SNS
SD1/SD2	-	Razão entre SD1 e SD2	Indicador do equilíbrio simpático-vagal
ApEn	au	Entropia aproximada	Quanto mais elevado for o índice maior previsibilidade do sistema
SampEn	au	Entropia da amostra	Quanto mais elevado for o índice maior previsibilidade do sistema
DFA alpha1	au	Análise de flutuações depuradas de tendências de curto prazo	Abaixo do valor de 1, existem correlações no sinal, logo na previsibilidade. Acima de 1, não existe boa previsibilidade e se superior a 1,5, a série é completamente aleatória
PNS Index	au	Cálculo de R-R, rMSSD e SD1(%)	Atividade do SNP comparado com valores normais em repouso
SNS Index	au	Cálculo de FC, StressIndex e SD2(%)	Atividade do SNP comparado com valores normais em repouso
Stress Index	au	Raiz quadrada do índice de stress de Baevsky	Influência do SNS

A VFC pode ser influenciada pela respiração, tanto a nível do volume corrente como da frequência respiratória. Em cada ciclo respiratório acontece um fenómeno fisiológico: a arritmia sinusal respiratória, em que a FC aumenta em cada inspiração e diminui a cada expiração (Fatisson et al., 2016). Normalmente, com o aumento da frequência respiratória há

redução de LF e HF (Ernst, 2014). A arritmia sinusal respiratória reflete a banda HF quando a frequência respiratória está compreendida entre 9 e 24 ciclos por minuto (Laborde et al., 2017). Neste sentido, muitos autores propõem que deve haver controlo da respiração durante as medições (Billman, 2011). Independentemente do método proposto, seja no momento da medição, seja durante o tratamento dos dados por software, esse controlo é problemático (Laborde et al., 2017). Outros autores propõem que se deixe os sujeitos respirar espontaneamente, já que obrigar os participantes a respirar a um determinado ritmo poderia eliminar um fator importante de influência na VFC (Denver et al., 2007). Kupper et al., (2004), recolheram os dados de 24 horas de registo de eletrocardiógrafo em 772 gémeos, e estimaram a contribuição genética para a VFC através de análises de variação múltipla. Concluíram que os genes desempenham um papel importante na regulação ambulatória da VFC. (Evans et al., 2009), investigaram a respiração espontânea em 14 participantes saudáveis e demonstraram que a imposição de uma simples tarefa cognitiva provoca um aumento na frequência respiratória, concluindo que a remoção da variação associada com a frequência respiratória da VFC poderia remover a variabilidade associada com as influências neurais do controlo do batimento cardíaco. Assim, e de acordo com Thayer, Loerbroks, & Sternberg (2011), as rotinas respiratórias para ajustamento da VFC não se justificam. Os efeitos da respiração nos índices parassimpáticos da VFC são, no limite, mínimos e a medição da VFC em repouso deve ser feita em condições de respiração espontânea (Bertsch et al., 2012; Larsen et al., 2010). Laborde et al. (2017), recomendam que não haja correção da VFC pela respiração no caso de ela ser espontânea.

As medições da VFC são influenciadas por fatores ambientais e eventos anteriores, como por exemplo o exercício ou outro tipo de excitação externa (Gladwell et al., 2012; Karim et al., 2011). Para a análise nos domínios do tempo e da frequência é necessário que haja um período de estabilização mantendo a postura corporal. Em muitas situações, tal como durante ou imediatamente após o exercício isso não acontece. Nesse caso, outros métodos de análise tal como Poincaré plots devem ser utilizados (Goldberger et al., 2006).

Finalmente, a interpretação da VFC como representação de certos aspetos da atividade cardíaca autónoma é dificultada pelo facto de não ser uma medição direta da atividade nervosa autónoma, mas sim a quantificação da resposta de um órgão através da FC, sendo por isso importante considerar a VFC como indicador indireto da modelação cardíaca autónoma (Michael et al., 2017).

2.1.4. Variabilidade da Frequência Cardíaca e Exercício

Durante o exercício o sistema cardiovascular tem que lidar com o aumento das necessidades metabólicas dos músculos envolvidos, assim como a vasodilatação periférica para regular a temperatura, manutenção da pressão arterial e capacidade de irrigação de outros órgãos (Michael et al., 2017).

As respostas cardiovasculares durante o exercício refletem a combinação e integração de fatores neurais e químicos. Os fatores neurais são: (i) comando central; (ii) reflexos com origem nos músculos; e (iii) o barorreflexo (Aubert et al., 2003). A ativação do SNS provoca um aumento da FC, aumento da força contráctil do miocárdio e vasoconstrição periférica (Kenney, Wilmore, & Costill, 2015). Quando e exercício termina, verifica-se uma descida abrupta da FC e débito cardíaco com a remoção do estímulo simpático e reativação parassimpática (Borresen & Lambert, 2008; Michael et al., 2017).

A monitorização das respostas cardiovasculares através da VFC poderia ajudar a perceber as adaptações autónomas ao exercício (Michael et al., 2017), e adaptações ao treino de atletas de alto rendimento (Borresen & Lambert, 2008; Daanen et al., 2012; Lamberts et al., 2010), em repouso (Plews, Laursen, Stanley, et al., 2013; Stanley et al., 2013), antes do exercício (Blásquez et al., 2009), durante o exercício (Buchheit et al., 2010; Lewis & Short, 2010; White & Raven, 2014), após o exercício (Buchheit et al., 2008, 2010) e durante a recuperação após o exercício (Daanen et al., 2012). Por exemplo, o comportamento da VFC durante o exercício submáximo ou máximo, poderia fornecer indicações sobre a capacidade aeróbia e desempenho desportivo de um atleta (Lewis et al., 2007; Michael et al., 2017; Sandercock & Brodie, 2006; Tulppo et al., 1996), ao mesmo tempo que a recuperação da VFC após o esforço, ocorre mais rapidamente em indivíduos com maior capacidade aeróbia (Stanley et al., 2013).

No entanto, o exercício pode ser praticado de diversas formas, incluindo exercício predominantemente aeróbio, de força e misto, o que pode provocar diferentes respostas da atividade autónoma cardíaca e medições da VFC, sendo por isso importante estabelecer como estes fatores influenciam a resposta (Michael et al., 2017).

O grande interesse pelas medições através da FC é que são não invasivas, pouco onerosas, eficazes em termos de tempo despendido nas avaliações e podem ser aplicadas de uma forma rotineira a um grande número de atletas (Buchheit, 2014a; Sandercock & Brodie, 2006; Sandercock et al., 2005). Enquanto que antigamente havia a necessidade de utilizar equipamento laboratorial sofisticado baseado em eletrocardiógrafos, hoje em dia as

recolhas dos intervalos R-R através de monitores portáteis validados (Gamelin et al., 2006; Vanderlei et al., 2008), ou mesmo mais recentemente, através de aplicações «smartphone» (Altini & Amft, 2016; Plews, Scott, et al., 2017) têm aumentado significativamente a monitorização da VFC no terreno.

2.1.4.1. Variabilidade da Frequência Cardíaca Durante o Exercício

Tem sido amplamente demonstrado que o aumento da FC durante o exercício dinâmico se deve à retirada do estímulo parassimpático e ao aumento da atividade simpática (Aubert et al., 2003; Borresen & Lambert, 2008; Freeman et al., 2006; Michael et al., 2017; Sandercock & Brodie, 2006). No entanto, existe alguma controvérsia quanto à interpretação da atividade simpática (Billman, 2013). Vários estudos têm investigado a VFC durante o exercício. Para além das diversas metodologias aplicadas para a análise da VFC, também variam muito em termos de participantes, protocolo de exercício aplicado – modalidade, intensidade e duração.

Várias modalidades de exercício têm sido aplicadas, sendo a utilização de ciclo ergómetro a mais frequente (Blasco-Lafarga et al., 2017; Boettger et al., 2010; Casties et al., 2006; Cottin et al., 2006; Cottin et al., 2007; Cottin, Médigue, et al., 2004; Gronwald et al., 2018, 2019; Hautala et al., 2003; Karapetian et al., 2008; Karavirta et al., 2009; Lewis et al., 2007; Martinmäki & Rusko, 2008; Pichon et al., 2004; Sarmiento et al., 2013), marcha/corrida (Buchheit, Solano, et al., 2007b; Hautala, Makikallio, Seppanen, Huikuri, & Tulppo, 2003; Leicht et al., 2008; Platisa et al., 2008; Platisa & Gal, 2008; Tulppo et al., 2001) e outras menos utilizadas como ergómetro de braços (Leicht et al., 2008) e natação (Di Michele et al., 2012). No que respeita aos efeitos da carga aplicada (intensidade e duração), tem sido a intensidade aquela que vem recebendo mais atenção.

2.1.4.2. Influência da intensidade do exercício

De acordo com o desenho dos estudos, onze destas investigações utilizaram um protocolo incremental máximo por etapas. Para além de diferentes potências e/ou velocidades iniciais, também a duração em que cada participante se exercitou a cada intensidade variou muito, desde 12s (Sarmiento et al., 2013), 1min (Buchheit, Solano, et al.,

2007b; Cottin et al., 2007; Cottin, Médigue, et al., 2004), 2min (Karavirta et al., 2009), 3min (Gronwald et al., 2019; Hautala, et al. 2003; Karapetian et al., 2008; Platisa et al., 2008; Platisa & Gal, 2008) e 4min (Blasco-Lafarga et al., 2017). Outros estudos, utilizaram um regime de exercício através de etapas pré-estabelecidas por percentagem de consumo máximo de oxigénio (VO2max) ou frequência cardíaca máxima (Fcmax). Apesar da diversidade de protocolos encontrados na literatura, é possível identificar algumas respostas das medidas da VFC em função da intensidade do exercício.

2.1.4.3. Medidas do Domínio Temporal

O exercício provoca uma redução na VFC quando expressa através do domínio do tempo, independentemente de a variável ser SDNN ou RMSDD. Muitos estudos reportam que exercício de alta intensidade está associado a uma descida da SDNN (Casties et al., 2006; Gronwald et al., 2018; Hautala et al., 2003; Karapetian et al., 2012; Leicht et al., 2008; Platisa & Gal, 2008). Comparando com os valores em repouso, entre 40 e 100 ms, a intensidades elevadas de exercício encontramos um declínio que atinge valores de 3 a 10 ms.

A resposta da RMSSD é similar à da SDNN, à medida que aumenta a intensidade do exercício há uma descida relativamente consistente da RMSSD (Blasco-Lafarga et al., 2017; Boettger et al., 2010; Casties et al., 2006; Leicht et al., 2008). Esta redução é mais rápida quando comparada com a redução da SDNN, atingindo valores mínimos a intensidades mais moderadas 120-140 FC, ou 50-60% VO2max.

Relativamente a aplicações práticas, o ponto em que estas variáveis atingem os seus valores mínimos, tem sido denominado como limiar de VFC. Este limiar parece ser o determinante da intensidade a que corresponde o primeiro limiar ventilatório (VT1) ou o limiar anaeróbio (Benitez et al., 2010; Cottin et al., 2007; Karapetian et al., 2012; Karapetian et al., 2008), o que, segundo Michael et al. (2017), pode ser um potencial instrumento útil para testagem/monitorização e prescrição do treino.

2.1.4.4. Medidas do Domínio da Frequência

Tal como o comportamento da VFC quando expressa no domínio do tempo, também as medições obtidas no domínio da frequência, revelam uma redução pronunciada na

resposta ao exercício. A frequência convencional de 0,15-0,40 Hz tem sido aplicada durante o exercício (Boettger et al., 2010; Hautala et al., 2003; Leicht et al., 2008; Tulppo et al., 1997), no entanto, e segundo Michael et al. (2017), esta frequência pode não ser adequada durante a realização do exercício quando se observam frequências respiratórias elevadas. Alguns autores têm utilizado frequências com limites superiores alternativos 0,50, 0,80, 1,00, 1,20 e 2,00 Hz (Casties et al., 2006; Cottin et al., 2006; Kaikkonen et al., 2008; Martinmäki & Rusko, 2008; Michael et al., 2016; Pichon et al., 2004; Povea et al., 2005). Alguns estudos reportam os valores em potência absoluta (ms^2), densidade espectral ($ms^2.Hz^{-1}$), medições em bruto ou através da transformação do logaritmo natural (Michael et al., 2017).

Apesar das diferentes metodologias utilizadas no que respeita à análise do sinal no domínio da frequência da VFC, observam-se algumas tendências comuns. À medida que a intensidade do exercício aumenta verifica-se um decréscimo acentuado e progressivo da LF, HF e TP até uma certa intensidade, a partir da qual mantêm-se um valor residual que não decresce. Esta intensidade varia muito e situa-se entre 120-180 $b.min^{-1}$ (Casties et al., 2006; Hautala, Makikallio, Seppanen, T., Huikuri, H. V. & Tulppo, 2003; P Kaikkonen et al., 2008; Michael et al., 2017; Povea et al., 2005; Mikko P Tulppo et al., 1996).

Considerando a relação entre as medidas normalizadas de LF (LFnu) e HF (HFnu) (relativas a LF+HF ou VLF+LF+HF), Michael et al. (2017) afirma que é de esperar que estas variáveis se comportem de forma oposta. Tipicamente a LFnu aumenta durante o exercício de intensidade baixa a moderada e diminui durante o exercício de alta intensidade, enquanto que a HFnu demonstra uma resposta oposta (Hautala et al., 2003; Martinmäki & Rusko, 2008; Pichon et al., 2004; Povea et al., 2005). No entanto, algumas resposta contraditórias foram reportadas (Boettger et al., 2010; Casties et al., 2006). No que respeita à LF/HF a sua resposta ao exercício tem sido inconstante. Alguns estudos mostram um aumento até uma intensidade baixa de exercício (110-130 $b.min^{-1}$), seguido de uma diminuição durante intensidades mais elevadas (Hautala et al., 2003; Moreno et al., 2013; Tulppo et al., 1996). Outros, mostram uma diminuição progressiva com o acréscimo de intensidade do exercício desde o repouso (Casties et al., 2006), um aumento progressivo desde o início do exercício ou até, apenas se verificar uma variação a partir de intensidades moderadas (Michael et al., 2017). Ainda, e segundo este autor, estas divergências podem ser atribuídas a diferentes metodologias utilizadas, especialmente nas técnicas de análise à VFC.

2.1.4.5. Influência da Duração do Exercício

Alguns estudos têm investigado a influência da duração do exercício nas respostas da VFC durante o exercício. Isto pode ser devido, segundo Michael (2017), pela relação VFC/intensidade do exercício em que a partir de intensidades moderadas ou superiores os valores de VFC aproximam-se de zero, o que condiciona a influência potencial da duração do exercício; por outro lado, durante o exercício prolongado a FC pode sofrer alterações apesar da manutenção da carga externa, i.e., desvio cardiovascular (Kenney, Wilmore & Costill, 2015). A regulação da temperatura corporal, em particular a perda de fluidos através da transpiração têm um papel crucial no desvio cardiovascular com implicações cardiovasculares significativas através de alterações na pressão arterial e redistribuição do fluxo sanguíneo (Coyle & González-Alonso, 2001).

Kaikkonen et al. (2007), investigaram o efeito da duração do exercício nas variáveis de VFC do domínio da frequência, em mulheres sedentárias que realizaram exercício de baixa intensidade (cerca de 40% VO2max) e alta intensidade (cerca de 77% VO2max) em duas durações distintas (aproximadamente 38 e 76 min para baixa intensidade e 30 e 60 min para alta intensidade). Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas na VFC tanto para a duração como para a intensidade do exercício.

Kaikkonen et al. (2010), investigaram o efeito de um aumento de 300-400% na duração do exercício em atletas recreacionais que correram a aproximadamente a 66% do seu VO2max, durante cerca de 20 e 90 min. Também não encontraram diferenças estatisticamente significativas nas medidas do domínio da frequência da VFC.

Pichon et al. (2004), investigaram o comportamento das variáveis da VFC no domínio da frequência durante períodos de pequena duração de exercício, i.e., 3, 6 e 9 min de exercício a 60 e 70% VO2max e 3 e 6 min a 80% VO2max. Para o período de 3 min, a HF estava mais alta quando comparada com 6 e 9 min. Com o aumento da duração do exercício, verificou-se uma descida de LF. Não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas em LF/HF e quando se normalizaram as medições. Para as diferentes durações e intensidade de 60% VO2max foram registados FC médias de 143, 161 e 167 $b.min^{-1-1}$ respetivamente.

Casties et al. (2006), aplicaram um protocolo de 3 vezes 8 min de exercício em ciclo ergómetro a 40%, 70% e 90% do VO2max respetivamente, a 7 atletas de ciclismo e encontraram uma descida quase exponencial nos valores absolutos de VFC expressos em

SDNN, rMSSD, LF, HF e LF/HF. O mesmo não se verificou quando analisaram os dados através de métodos não lineares.

Moreno et al. (2013), investigaram a VFC nos domínios do tempo e frequência durante 90 min de exercício de intensidade moderada (60% VO2max). Estes autores encontraram um aumento da FC e redução da VFC significativos do repouso até aos 25-30 min e até aos 90 min, um aumento da FC (de ~140 a ~150 $b.min^{-1}$) e redução de SDNN, rMSSD, LF e HF aos 90 min.

2.1.4.6. Influência da Modalidade do Exercício

Muito poucos estudos têm investigado as respostas da VFC durante modalidades de exercício diferentes de correr/andar e pedalar, especialmente quando se quer comparar as respostas com estes tipos de exercício. Algumas das dificuldades prendem-se com as unidades utilizadas (e.g. potência, FC ou VO2). Por exemplo, a utilização de um ergómetro de braços irá provocar uma resposta da FC superior à de um ciclo ergómetro para uma taxa de dispêndio energético igual, para valores absolutos de VO2 (Tulppo et al., 1999), ou taxa de trabalho (Leicht et al., 2008). Por outro lado, existe a questão de considerar a intensidade relativa ou absoluta e a especificidade da modalidade. Por exemplo a FC_{max} poderá ser 10 a 20 $b.min^{-1}$ mais baixa com o ergómetro de braços quando comparada com o ciclo ergómetro (Tulppo et al., 1999). Assim e segundo Michael et al., (2017), a resposta fisiológica (e.g. VO2 ou FC) encontrada para qualquer intensidade de exercício em ergómetro de braços será, provavelmente, diferente quando comparada com o ciclo ergómetro, mesmo quando a resposta está representada na mesma percentagem de $VO2_{max}$ e FC_{max}.

Tulppo et al., (1999), investigaram a VFC comparando as respostas ao exercício incremental máximo em ergómetro de braços e ciclo ergómetro, utilizando como variáveis de análise SD1 e SD1n extraídas do Poincaré Plot e encontraram uma descida nestas variáveis até cerca de 50% do VO2max, no entanto, verificaram que no caso do exercício de braços esta descida era mais rápida e a FC mais elevada.

Leicht et al., (2008), ao compararem as respostas da VFC em três tipos de exercício, ergómetro de braços, ciclo ergómetro e passadeira, para as mesmas frequências cardíacas, encontraram resultados diferentes do estudo anterior. VO2 absoluto foi similar para a corrida e ciclismo, mas inferior para o exercício de braços, e as medidas no domínio do tempo e da frequência foram semelhantes na corrida e ciclismo, mas superiores no exercício de braços.

Cottin, Durbin, et al., (2004), investigaram as respostas da VFC em exercício de alta intensidade em duas modalidades distintas: dinâmica – ciclismo e irregular – Judo *Randori*. A FC encontrada foi semelhante (180 $b.min^{-1}$) e as medidas no domínio da frequência e Poincaré Plot, foram mais altas durante o Judo.

De acordo com Michael et al., (2017), alguns estudos que têm comparado o exercício isométrico com o exercício dinâmico, têm encontrado valores superiores para o exercício isométrico, nas variáveis de SDNN, RMSSD, HF e SD1.

2.1.4.7. Medidas Não Lineares

As avaliações no domínio do tempo e da frequência mostram que o exercício, mesmo a intensidade moderada, pode diminuir a variabilidade ao ponto de não ser mais possível observar variações com o aumento da intensidade do exercício, devido a uma taxa sinal/ruído baixa (Hautala et al., 2003; Sandercock & Brodie, 2006; Tulppo et al., 1996). As análises através do método DFA têm a vantagem de serem robustas em relação aos artefactos do sinal e apresentam uma baixa dependência da FC (Sandercock & Brodie, 2006). De acordo com alguns autores, o coeficiente α1 de DFA é adequado para ambientes especificamente desportivos, incluindo exercício de alta intensidade, séries não estacionárias e períodos de gravação de dados curtos (Hautala et al., 2003, 2009; Tulppo et al., 2001). Assim, este método pode ser utilizado para analisar a regulação cardíaca autónoma durante diferentes intensidades de exercício e condições ambientais (Gronwald & Hoos, 2019; Hottenrott & Hoos, 2017).

Os estudos que investigaram as respostas ao exercício até à exaustão, mostram uma perda de variabilidade e complexidade dos intervalos R-R ao longo do tempo com o aumento da intensidade e independentemente do protocolo utilizado (Blasco-Lafarga et al., 2017; Casties et al., 2006; Gronwald et al., 2019; Hautala et al., 2003; Karavirta et al., 2009; Platisa et al., 2008; Platisa & Gal, 2008). Esta perda de complexidade das séries temporais de R-R durante o exercício, está relacionada com a rotura no equilíbrio dos dois ramos do SNA através da diminuição do estímulo parassimpático e/ou aumento do estímulo simpático (Lewis & Short, 2010; Sandercock & Brodie, 2006). Durante este tipo de exercício o coeficiente α1 de DFA comporta-se consistentemente de duas formas: dependendo do valor inicial (entre 1.0 e 1.5), encontramos estabilidade ou um pequeno aumento até 1.5 durante a fase de intensidade baixa do exercício, o que indica uma forte correlação com a dinâmica estrutural da FC através da retirada do estímulo vagal. Por outro lado, durante a fase de intensidade moderada a

elevada, α1 diminui de uma forma quase linear (Casties et al., 2006; Hautala et al., 2003; Platisa et al., 2008).

Este coeficiente α1 de DFA poderá assim ser adequado para distinguir diferentes necessidades do organismo e ajudar a monitorizar as respostas ao exercício até à exaustão voluntária (Gronwald et al., 2019; Hautala et al., 2003). Isto parece ser uma vantagem sobre os parâmetros tradicionais de VFC no domínio do tempo e da frequência pois estes são muito dependentes da amplitude do sinal limitando o seu valor informativo durante o exercício de intensidade moderada a elevada (Gronwald & Hoos, 2019; Sandercock & Brodie, 2006).

2.1.4.8. Variabilidade da Frequência Cardíaca Durante o Exercício – Sumário

Durante o exercício, os parâmetros de VFC mostram uma decadência curvilínea como função da intensidade do exercício que se relacionam com a FC do exercício. Os parâmetros associados com a atividade parassimpática (e.g. SDNN e HF), atingem valores próximo do zero a intensidades moderadas. Os dados colocam em questão a utilização dos parâmetros de VFC obtidos através do domínio da frequência como indicadores da atividade simpática (Michael et al., 2017), para além das respostas inconsistentes destes parâmetros, raramente refletem o nosso o nosso conhecimento atual sobre o controlo autonómico durante o exercício, nomeadamente a retirada progressiva do parassimpático e ativação simpática (Michael et al., 2017; White & Raven, 2014) (figura 2).

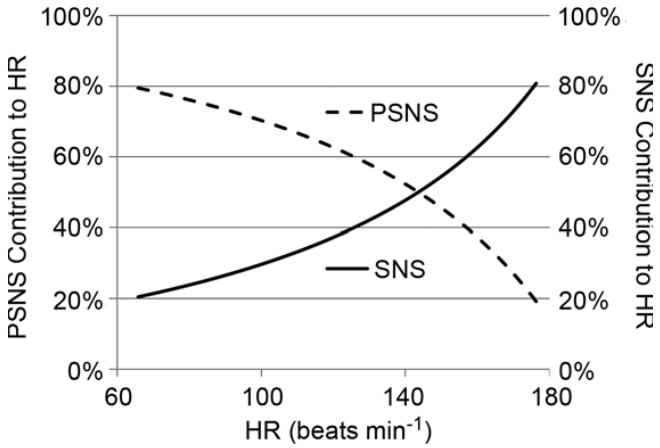


Figura 2. Contribuições de cada ramo do sistema nervoso autónomo para a frequência cardíaca, determinadas por estudos que utilizaram bloqueadores (retirado de White & Raven, 2014) .

No que respeita à duração do exercício, os poucos estudos publicados (Buchheit, 2014; Michael et al., 2017), sugerem que o exercício prolongado pode influenciar a VFC (diminuição), apenas quando existe um aumento da FC (i.e., desvio cardiovascular). O efeito do tipo de exercício realizado pode influenciar a VFC, quando comparada com outra modalidade, mas, mais uma vez, o reduzido número de estudos não permite ainda inferir conclusões sólidas. Parece assim, que o determinante mais forte do comportamento da VFC durante o exercício, seja a sua intensidade.

A utilização de métodos de análise não lineares (e.g. DFA α^1), parecem ser adequados para monitorizar as respostas ao exercício de diferentes intensidades, frequências de movimento e durações (Gronwald & Hoos, 2019). Ainda segundo estes autores, a utilização do coeficiente α^1 permite uma abordagem mais sistémica no contexto do exercício, podendo contribuir para o conhecimento da resposta integrada do complexo cérebro-coração nestes contextos.

2.1.5. Variabilidade da Frequência Cardíaca Pós-Exercício

De acordo com (Stanley et al., 2013), o sistema cardiovascular tem um papel fundamental no processo de recuperação. Facilita processos fisiológicos que incluem a termorregulação, redistribuição do fluxo sanguíneo e transporte/remoção de nutrientes e produtos derivados do metabolismo. Assim, o comportamento ao longo do tempo da recuperação do SNA reflete a restauração da homeostasia cardiovascular, o que é um aspeto importante na recuperação geral após o exercício.

O comportamento da VFC após a prática de exercício tem vindo a receber algum interesse nos últimos anos. O pressuposto é, de que poderia fornecer informação mais precisa nas adaptações ao treino do que as medidas da VFC em repouso ou a FC em repouso (Yamamoto et al., 2001).

Segundo Buchheit et al. (2007a) e Stanley et al. (2013), os determinantes do comportamento da VFC pós-exercício são múltiplos, incluindo a regulação da pressão arterial, atividade do barorreflexo e principalmente da estimulação provocada pelo metaborreflexo, que diminuem a atividade simpática e reativam a parassimpática. Com o aumento da intensidade relativa do exercício, também aumenta a acidez sanguínea e estimulação do metaborreflexo provocando uma descida mais lenta da FC e índices vagais de VFC mais baixos (Buchheit, 2014a). Apesar da existência de algumas investigações, a heterogeneidade dos níveis de

condição física, intensidade, duração e tipo de exercício, assim como a variedade de métodos escolhidos para a análise da VFC e respetivos intervalos de medição, complicam a comparação sistemática dos resultados (Hottenrott & Hoos, 2017).

Nos estudos que investigaram o comportamento da VFC durante o início da recuperação, foram encontrados valores de VFC significativamente mais baixos que os valores de repouso. Esses valores começavam a recuperar durante os primeiros segundos após o exercício (Casties et al., 2006; Goldberger et al., 2006; Martinmäki & Rusko, 2008), ou apenas após vários minutos (Buchheit, et al., 2007; Oliveira et al., 2013).

2.1.5.1. Influência da intensidade do exercício

A intensidade do exercício é definida, normalmente, através de uma determinada percentagem da sua capacidade máxima de trabalho (e.g. FC_{max} ou $VO2_{max}$), enquanto o volume da carga é medido pelo tempo em exercício ou distância percorrida. Vários estudos têm investigado o efeito da intensidade do exercício na recuperação da VFC. A maior parte deles mostram que na fase aguda da recuperação, os parâmetros de VFC (principalmente SDNN, RMSSD, SD1, SD2, TP e HF) apresentam valores mais baixos após exercício de baixa intensidade (Gladwell et al., 2010; Piia Kaikkonen et al., 2010; Martinmäki & Rusko, 2008; Ng et al., 2009; Seiler et al., 2007). Quando o exercício é de alta intensidade, isto torna-se ainda mais evidente (Buchheit, Laursen, et al., 2007; Buchheit et al., 2009; Casties et al., 2006; Hynynen et al., 2010; Kaikkonen et al., 2008; Kaikkonen et al., 2007, 2010, 2012; Martinmäki & Rusko, 2008). Os índices da VFC recuperam ou mesmo ultrapassam os valores de base num período que pode compreender 1 minuto a 72 horas (Hottenrott & Hoos, 2017).

Stanley et al., (2013) descrevem o comportamento da recuperação autonómica após 3 intensidades diferentes de exercício (baixa: inferior ao limiar anaeróbio, < 70% $VO2_{max}$; no limiar: 70%-82% $VO2_{max}$; alta: acima do limiar anaeróbio > 82% $VO2_{max}$) relativamente aos valores de base pré exercício. Os resultados suportam o efeito da intensidade do exercício como influenciador principal na fase aguda da recuperação da VFC, pois os autores encontraram aumentos de: 116%/hora após o exercício de baixa intensidade, 80%/hora em exercício no limiar aeróbio e 40% hora após o exercício acima do limiar anaeróbio, mas não encontraram uma relação clara entre a duração do exercício e a reativação parassimpática. (figura 3)

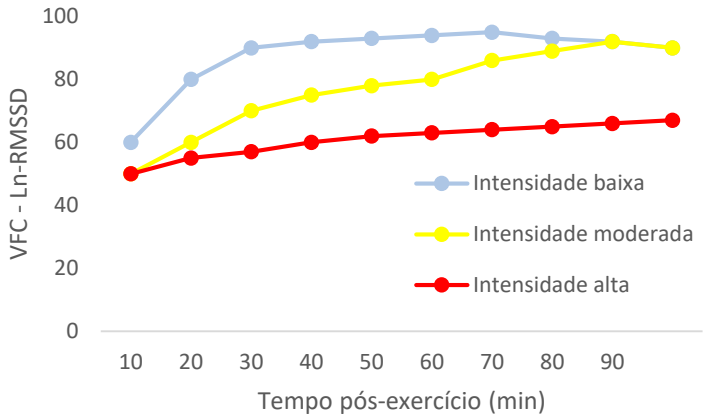


Figura 3 Recuperação dos valores de VFC após diferentes intensidades de exercício. Adaptado de Stanley et al. (2013).

2.1.5.2. Influência da Duração do Exercício

São poucos os estudos que investigam os efeitos da duração do exercício na recuperação da VFC, particularmente quando a intensidade é controlada (Michael et al., 2017). Seiler et al. (2007), investigaram a recuperação da VFC após exercício de corrida de baixa intensidade (~60% VO2max) de 60 ou 120min, em atletas altamente treinados. Até aos 10 minutos de recuperação, os índices de VFC, incluindo RMSSD, tinham recuperado para os níveis pré exercício. Não encontraram diferenças para as duas durações durante o período de 4 horas de recuperação. No mesmo sentido vão as investigações de Gladwell et al. (2010) e Kaikkonen et al. (2008) que mostram que cargas inferiores ao limiar aeróbio permitem uma recuperação mais rápida do SNA, independentemente da duração do exercício. Hautala et al. (2003), mostraram que a reativação parassimpática ocorre mais rapidamente em atletas com níveis mais elevados de capacidade aeróbia.

Outros estudos encontraram resultados diferentes. Kaikkonen et al. (2010), estudaram os efeitos de um aumento de 300-400% na duração de corrida 20 a 90 min (~66% VO2max) em atletas de nível amador. Durante os 3 min iniciais de uma recuperação de 15 min, encontraram valores mais baixos para LnLF, LnHF e LnTP para a duração superior. Hynynen et al. (2010), investigaram os efeitos de exercício moderado a intenso (maratona) no comportamento da VFC noturnal, e verificaram que ambas as sessões influenciaram a FC e VFC, sendo que a componente HF foi de 77% e 34% respetivamente do exercício moderado e intenso e relativamente aos valores noturnos de um dia de repouso. Assim, parece que o

nível de treino dos atletas, nomeadamente a sua capacidade aeróbia, é um fator determinante no comportamento da atividade parassimpática após o exercício.

2.1.5.3. Influência da Modalidade do Exercício

Cunha et al. (2015), procuraram investigar a fase aguda da recuperação da VFC em diferentes modalidades aeróbias (i.e. marcha, ciclismo e corrida), em protocolo incremental. Durante o período de recuperação de 5min, verificaram que tanto a FC como a RMSSD recuperaram mais rapidamente conforme o exercício envolvia menor massa muscular ou dispêndio energético, ciclismo > marcha > corrida. Concluíram, assim os autores, que a massa muscular e/ou dispêndio energético são determinantes da reativação parassimpática após o exercício.

Para além da intensidade e duração do exercício, outro aspeto que pode influenciar a recuperação da VFC é o nível da condição física de cada sujeito (Hottenrott & Hoos, 2017). Em estudos comparando indivíduos treinados e sedentários (Mourot et al., 2004; Seiler et al., 2007), os resultados encontrados mostram uma reativação vagal mais rápida nos indivíduos treinados. O mesmo comportamento da VFC foi encontrado por Yamamoto et al. (2001), num estudo longitudinal em ciclistas que logo após 1 semana de treino moderado (4 X 40 minutos/semana a 80% VO2max) encontraram reativação mais rápida, tendência essa que foi aumentando ao longo de 6 semanas de treino.

2.1.5.4. Medidas Não Lineares

Apenas algumas investigações procuraram estudar o comportamento dos índices não lineares da VFC na recuperação (Casties et al., 2006; Platisa et al., 2008; Platisa & Gal, 2008). Estes autores encontraram um aumento do coeficiente α^1 de DFA independentemente do nível de treino durante a recuperação, o mesmo não se verificou para o coeficiente α^2 de DFA (Platisa & Gal, 2008). O coeficiente α^1 voltou aos níveis de base após uma fase de super compensação de cerca de 30min (Casties et al., 2006). Também a SampEn voltou aos valores de base em indivíduos não treinados após 30min de recuperação (Platisa et al., 2008). Estes resultados sugerem que durante a recuperação entram em jogo mais sistemas regulatórios da FC do que em condições de repouso (Hottenrott & Hoos, 2017).

2.1.5.5. Variabilidade da Frequência Cardíaca Pós-Exercício – Sumário

A grande maioria das investigações (Buchheit, Laursen, et al., 2007; Buchheit et al., 2009; Casties et al., 2006; Hynynen et al.; Stanley et al., 2013), indica que tal como se verificou durante o exercício, a intensidade do exercício é o determinante principal da fase aguda da recuperação da VFC pós-exercício. Após o término do exercício os parâmetros da VFC mostram um comportamento tempo-dependente que normalmente é mais longo quando a intensidade do exercício é maior.

Da análise da literatura (Seiler et al. 2007; Gladwell et al. 2010; Kaikkonen et al. 2008; Kaikkonen et al. 2010; Hynynen et al. 2010), não fica claro a forma como a duração do exercício pode influenciar a recuperação da VFC pós-exercício. Nos estudos que encontraram diferenças para durações distintas o fator que pode eventualmente fazer a diferença é o prolongamento do exercício para lá de algum ponto crítico. No entanto, não é clara como a interação entre a intensidade e duração pode influenciar a recuperação da VFC.

Parece existir uma diferença clara entre o comportamento da recuperação da VFC entre atletas altamente treinados e outros.

A utilização de métodos de análise não lineares tais como DFA α^1, podem ajudar a melhorar a nossa compreensão sobre a complexidade da recuperação da VFC.

Os efeitos da prática de diferentes modalidades de exercício na recuperação da VFC sugerem que quanto maior for a massa muscular envolvida e/ou a energia despendida, menor é essa recuperação.

No quadro 3, encontra-se um resumo dos resultados obtidos em vários estudos que analisam a VFC durante o exercício e pós-exercício.

Quadro 3 – Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC) durante o exercício e após o exercício.

Autores	Amostra	Protocolo	Metodologia	Resultados
Tulppo et al., (2001)	20 voluntários masculinos (29 ± 5 anos)	30 min marcha a baixa intensidade: 4Km/h)	Polar R-R e eletrocardiograma; últimos 500 batimentos durante o exercício; variáveis FC, LF, HF, TP, ApEn, DFA-alpha1 (intervalo 4 ≤ n ≤ 11 bat)	↑ LF ↓ HF ↑ ApEn ↑ DFA-alpha1
Hautala et al., (2003)	9 voluntários masculinos (37 ± 11 anos)	Protocolo incremental máximo em ciclo ergómetro (início: 50W durante 5min, incremento: 25W/3min; 20 min marcha/corrida a baixa intensidade: 4Km/h; média intensidade: 12Km/h)	Sistema de deteção QRS Polar; intervalos de 3min durante o protocolo incremental, 15min durante o exercício contínuo; variáveis: FC, LF, HF, SDNN, DFA-alpha1 (intervalo 4 ≤ n ≤ 11 bat)	↓ LF ↓ HF ↓ SDNN ↑ DFA- alpha1 ≤ 40% VO2max ↓ DFA- alpha1 ≥ 40% VO2max
Cottin, Médigue, et al., (2004)	11 triatletas, 9 masculinos e 2 femininos (14.6 ± 1.1 anos)	Protocolo incremental máximo em ciclo ergómetro (início: 30-80W, incremento: 15W/1min para determinação LV Protocolo em ciclo ergómetro (15min 30% abaixo do Limiar Ventilatório seguido de 10% acima do LV até à exaustão	Polar S 810 R-R; do 1º minuto até ao último minuto; variáveis: MédiaRR, LF, HF, LF+HF	↓ LF, HF, LF+HF de -30%LV para +10%LV Valores normalizados para LF e HF mostram LF ↑ e HF↓ em -30%LV e LF↓ e HF↑ em +10%LV
Pichon et al., (2004)	14 atletas masculinos (22 ± 2)	2 Protocolos incrementais em ciclo ergómetro 1º: 3, 6, 9min 60% do VO2max, 3,3/6min a 80% 2º 3, 6, 9min a 70% VO2max	Polar Vantage NV R-R; 256, 512, e 1024 intervalos R-R dos períodos de exercício de 3, 6 e 9min respetivamente; variáveis: LF, HF, LF+HF	↓ LF ↓ HF ↑ HFnu ↓ LFnu ↓ LF/HF

Continua na página seguinte

Autores	Amostra	Protocolo	Metodologia	Resultados
Cottin et al., (2006)	11 atletas de ciclismo e triatlo (14.6 ± 1.1 anos)	Protocolo incremental máximo em ciclo ergómetro (início: 60W/75W durante 2min, incremento: 15W/1min para triatletas e 25W/1min para ciclistas	Eletrocardiograma ADInstruments Ltd; recolha contínua; variáveis: HF, HF.*f*HF	↓ HF HF.*f*HF ligeira ↓ e depois ↑
Casties et al., (2006)	7 atletas de ciclismo (22.9 ± 2.5 anos)	Protocolo incremental em ciclo ergómetro (3 etapas: 8min a 40% do VO2max, 8min a 70% e 8 min a 90%, 50min recuperação sentado	Eletrocardiograma Ela Medicals; intervalos de 5min durante o exercício, 10min durante a recuperação; variáveis: médiaRR, SDNN, RMSSD, LF, HF, DFA-alpha1 (intervalo 4 ≤ n ≤ 16 bat)	↓ médiaRR ↓ SDNN ↓ RMSSD ↓ HF ↓ LF ↑ DFA- alpha1 recuperação
Lewis et al., (2007)	10 voluntários masculinos (23.4 ± 4.4 anos) 6 voluntárias femininas (22.7 ± 5.4 anos)	Protocolo incremental em ciclo ergómetro (início: 15min repouso, 60W durante 5min, incremento: 30W/3min até 85% Fcmax	Polar S810 R-R; recolha contínua; variáveis: FC, FR, LF, HF	↓ LF ↓ HF
Buchheit, et al., (2007b)	72 rapazes treinados (13.3 ± 1.3 anos)	Protocolo incremental máximo em passadeira (início: 6Km/h e inclinação de 1%, incremento: 1Km/h/1min),	Polar S810 R-R; recolha contínua; variáveis: FC, FR, LF, HF	↓ RMSSD ↓ HF ↓ LF
Martinmäki & Rusko, (2008)	26 voluntários, 13 masculinos 13 femininos (37 ± 9 anos)	Protocolo em ciclo ergómetro submáximo, 5min sentado, 10min exercício e 10min recuperação sentado; 2 sessões: 1ª 29% da potência máxima, 2ª a 61%.	Polar RR-Recorder; últimos 3min dos períodos de recuperação e exercício; variáveis: LFP, HFP, LFPnu, HFPnu	LFP e HFP ↑ versus 2ª sessão LFPnu e HFPnu sem alterações na 1ª sessão 2ª sessão ↓ LFPnu, ↑ HFPnu

Continua na página seguinte

Autores	Amostra	Protocolo	Metodologia	Resultados
Karapetian et al., (2008)	24 voluntários, 9 masculinos, 15 femininos (18-42 anos)	Protocolo incremental máximo em ciclo ergómetro (início: 25W durante 3min, incremento 25W/3min, cadência 50 revoluções/min	Polar Vantage XL, R-R; últimos 2min de cada etapa; variáveis: SDNN, MSD	↓ SDNN ↓ MSD
Leicht et al., (2008)	17 voluntários masculinos (21.6 ± 5.8 anos)	Protocolo submáximo 15min sentados, 15min a 50% e 15min a 60% FCmax 3 sessões: ergómetro de braços, ciclo ergómetro e passadeira	Eletrocardiograma PowerLab 4sp; últimos 10min das 2 etapas; variáveis: FC, SDNN, RMSSD, pNN50, SD1, SD2, SD1/SD2, VLF, LF, LFnu, HF, HFnu, TP, LF/HF	Nas várias variáveis VFC: Exercício braços ↑ Sessão 60%↑
Platisa & Gal, (2008)	10 voluntários masculinos (22.8 ± 2.4 anos)	Protocolo incremental máximo em passadeira (início: 9Km/h e inclinação de 2%, incremento: 2%/3min), 15min recuperação em supino	Eletrocardiograma Viasys; último incremento da corrida, 3º min da recuperação; variáveis: médiaRR, SDNN, DFA-alpha1 (intervalo 4 ≤ n ≤ 11 bat), DFA-alpha2 (intervalo 4 ≤ n ≤ 11 bat)	↓ SDNN ↓ DFA- alpha1 último degrau versus repouso, ↑ recuperação
Platisa et al., (2008)	9 atletas de basquetebol masculinos (18 ± 0.7 anos), 11 voluntários masculinos sedentários (22.8 ± 2.4 anos)	Protocolo incremental máximo em passadeira (início: 9Km/h e inclinação de 2%, incremento: 2%/3min), 15min recuperação em supino	Eletrocardiograma Viasys; último incremento da corrida, 5º min da recuperação; variáveis: FC, LF, HF, SampEn, BF, VO2, RER, DFA-alpha1 (intervalo 4 ≤ n ≤ 16 bat),	↓ LF ↓ HF ↓ DFA- alpha1 último degrau versus repouso em ambos os grupos, ↑ recuperação ↓ SampEn e ↑ recuperação

Continua na página seguinte

Autores	Amostra	Protocolo	Metodologia	Resultados
Boettger et al., (2010)	24 estudantes de desporto 14 masculinos, 9 femininos (23.6±1.6 anos)	Protocolo incremental em ciclo ergómetro (4 etapas: 15min a 70% do Limiar Anaeróbio, 15min a 85% 15min a 100% 15min a 110%, 15min repouso antes da prova e 15min depois em supino	Eletrocardiograma Vivometrics, Inc; 2 intervalos de 64s; variáveis: médiaRR, FC, RMSSD, LF, HF, LFnu, HFnu, ApEn	↓ RMSSD ApEn = ↓ HFnu LFnu =
Di Michele et al., (2012)	14 nadadores, 6 masculinos e 8 femininos (19.6 ± 3 anos)	Protocolo máximo em piscina (7X200m, 1ª série 30s mais que o melhor tempo do atleta, series subsequentes 5s a menos, última ao máximo. Velocidade constante 6 primeiras series. 5min para cada série	Polar s810i; últimos 90s de cada etapa; variáveis: HF, HFrsa, La	↑ HF a partir do Lan ↑ HFrsa a partir do Lan
Moreno et al., (2013)	31 voluntários masculinos (21.55±1.89)	Protocolo em passadeira. 10min repouso em supino, 90 min corrida a 60% do pico de VO2 e 60 min repouso em supino	Polar s810i; Final dos 10min repouso, 30,60 e 90 min de exercício e 5, 10, 20, 30, 40, 50 e 60 min de repouso.	↓ LF ↓ HF ↓ HFnu ↑ LFnu ↑LF/HF
Sarmiento et al., (2013)	11 ciclistas de elite (18.6 ± 3 anos)	Protocolo incremental máximo em ciclo ergómetro (início: 50W/5min e 100W/5min, incremento: 5W/12seg, cadência: 80-90rpm) Uma semana depois, protocolo de 6min a intensidade constante (89% da intensidade máxima do protocolo anterior)	Polar s810i; Eletrocardiograma Jaeger ECG; Início, minutos 2-3, 3-4, 4-5, 5-6; variáveis: FC, TP, LF, HF	↓ TP ↓ LF ↓HF e ↑ pequena na fase final

Continua na página seguinte

Autores	Amostra	Protocolo	Metodologia	Resultados
Blasco-Lafarga et al., (2017)	13 atletas de ciclismo (22.9 ± 2.5 anos)	Protocolo incremental máximo em ciclo ergómetro (início: 10min aquecimento a 50% VO2max ≤120W, intercalado com 3 acelerações de 10 a 20s, incremento: 30W/4min, 30s de cadência lenta a cada etapa para recolha de lactato no sangue	Polar RS800; intervalos de 3min; variáveis: FC, médiaRR, RMSSD, SD1, DFA-alpha1 (intervalo 4 ≤ n ≤ 16 bat), VO2, RER, Lac, SaO2, PSE	↓ RMSSD ↓ SD1 ↓ DFA-alpha1
Gronwald et al., (2018)	16 atletas de ciclismo (25.9 ± 3.8 anos)	60min de exercício em ciclo ergómetro a 90% IANS de um teste incremental; cadências (rpm) variadas a cada 10min (90(19, 60(1), 120(2), 60(2), 90(2)), 10min recuperação (100W)	Polar s810i; intervalos: 2min; variáveis: FC, médiaRR, SDNN, DFA-alpha1 (intervalo: 4 ≤ n ≤ 16 bat), Lac, PSE	↓ SDNN ↓ DFA-alpha1 com o aumento da intensidade ↑ com a diminuição da cadência
Gronwald et al., (2019)	16 atletas de ciclismo (25.9 ± 3.8 anos)	Protocolo incremental máximo em ciclo ergómetro (início: 100W, incremento: 20W/3min, cadência: 80-90rpm)	Polar s810i; intervalos: 2min; variáveis: FC, médiaRR, SDNN, RMSSD, DFA-alpha1 (intervalo: 4 ≤ n ≤ 16 bat), RER Lac, PSE	↓ SDNN ↓ RMSSD ↑ DFA-alpha1a intensidade submáxima e depois ↓

2.2. EFEITOS DO TREINO NA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

A otimização do treino dos atletas através da manipulação da carga de treino e dos períodos de recuperação permite um aumento do seu desempenho (Borresen & Lambert, 2008; Buchheit et al., 2012). Este aperfeiçoamento do processo de treino requer a quantificação da carga de treino e a análise completa do seu planeamento (Borresen & Ian Lambert, 2009; Bourdon et al., 2017; Schmitt et al., 2015). Se o equilíbrio difícil entre o elevado stress do treino e a necessária recuperação não forem adequadamente mantidos, poderá existir uma situação de fadiga acumulada i.e., *overreaching* (OR), *non-functional overreaching* (NFO) ou sobretreino (ST), (Bellenger et al., 2016). Um dos métodos mais promissores para avaliar/controlar as adaptações individuais ao treino, envolve a monitorização regular do SNA através da medição da VFC em repouso (Buchheit, 2014; Hautala et al., 2009; Ortigosa et al., 2018; Plews et al., 2013). Autores como Plews et al., (2013), consideram que a prescrição diária das tarefas de treino com base na flutuação da VFC poderá ser mais eficiente quando comparada com os modelos tradicionais.

De acordo com vários investigadores, a influência da periodização da carga de treino ao longo de várias semanas nas variações da FC de repouso (FCrep) e VFC tem sido largamente demonstrada (Buchheit, 2014; Plews et al., 2013, 2017). Quando se estuda a atividade do SNA durante um período de microciclos de treino consecutivos, as cargas de treino moderadas estão geralmente associadas com aumentos dos índices vagais de VFC, enquanto que elevadas cargas de treino, com a diminuição de índices vagais de VFC (Buchheit, 2014a; Manzi et al., 2009; Pichot et al., 2000; Sartor et al., 2013). No entanto, em alguns estudos que envolveram atletas de elite e com um longo historial de treino, o comportamento do SNP não seguiu estas tendências, apresentando uma curva do tipo de sino (Cipryan et al., 2016; Le Meur et al., 2013; Plews, Laursen, Kilding, et al., 2013).

Pichot et al., (2000), avaliaram a atividade do SNA em sete corredores de meio-fundo, através dos registos de eletrocardiograma noturno duas vezes por semana, durante 3 semanas de treino intenso e uma semana de repouso. Verificaram que ao invés do grupo de controlo os resultados do grupo de estudo mostraram uma diminuição progressiva e significativa dos índices parassimpáticos, seguida de aumento significativo após a semana de repouso.

Cervantes et al., (2009), investigaram o processo de stress-recuperação durante a preparação olímpica da Seleção Nacional Espanhola de Hóquei de Campo. Os atletas foram sujeitos a dois momentos de avaliação, no início do período de preparação após um curto

período de descanso, e passados trinta dias depois de um dia de treino intenso. Da primeira recolha para a segunda, verificaram uma diminuição significativa nas varáveis de VFC, RMSSD, PNN50 e SD, enquanto as pontuações das subescalas de fadiga aumentaram. Estes autores propuseram um método de avaliação para atletas de elite que possa despistar situações de sobre treino e *overreaching* não funcional.

Buchheit, et al., (2010), estudaram a relação entre o desempenho na corrida e a atividade parassimpática, durante um período de 8 semanas em indivíduos com treino moderado (2xsemana), em repouso e após o exercício. As avaliações diárias dos índices vagais aumentaram progressivamente sendo que os valores de Ln rMSSD mantiveram-se inalterados durante as primeiras 4 semanas, apresentando depois uma tendência positiva, atingindo aos valores mais altos nas semanas 7 e 9. Estes autores, concluem que os resultados mostram o potencial destas medições na avaliação do efeito do treino aeróbio e desempenho na corrida.

A determinação individualizada das cargas ideais de treino é um objetivo crucial nos desportos de equipe. Nesse sentido, Pavel et al., (2011), avaliaram a viabilidade da prescrição das cargas de treino de um microciclo semanal, através da análise espectral da VFC. As recolhas foram feitas diariamente em 8 atletas masculinos de uma equipe de Voleibol e verificaram que ao longo da semana 2 atletas apresentaram valores médios elevados, 4 atletas mantiveram e 2 atletas reduziram esses valores médios. Concluem assim, que estes resultados suportam a necessidade de individualização do processo de treino em desportos de equipe. Por outro lado, Mazon et al., (2013), investigando também atletas de voleibol, antes e após um período competitivo de 12 meses, não encontraram diferenças nos valores de VFC do domínio da frequência nestes dois momentos de avaliação. Estes autores avançam a possibilidade de que a justificação poderá estar na atividade predominantemente anaeróbia destes atletas.

Boullosa et al., (2013), investigaram as alterações no SNA de 8 atletas profissionais de Futebol, que competiam na 1ª divisão espanhola. Durante as semanas 1 e 8 de um período preparatório, foram realizadas recolhas noturnas em 4 dias diferentes e verificaram aumentos da VFC na semana 8, principalmente nos atletas que apresentavam índices iniciais mais baixos. Estes resultados contribuem para reforçar a utilização destas variáveis na avaliação das adaptações autónomas nestes atletas.

Bara-Filho et al., (2013), monitorizaram dois atletas profissionais de futebol durante 3 semanas e recolheram os índices de VFC (SD1, SDNN, rMSSD e HF) em cinco momentos durante o estudo. Verificaram que enquanto um atleta aumentou estes índices, o outro

reduziu-os. Estes autores apresentam como possibilidades para esta aparente adaptação autonómica negativa, o facto de o atleta ter menos experiência (1 ano como profissional), ou apresentar características individuais à resposta à carga de treino e/ou fatores de stress externo diferentes do atleta que apresentou uma adaptação positiva. Concluem que os índices de VFC podem ser úteis para monitorizar os efeitos do treino em futebol na modulação parassimpática, sendo sensíveis a períodos de stress e recuperação.

Stanley et al., (2015), procuraram investigar se as variações na FC e VFC durante uma época de 32 semanas de treino num atleta de elite de triatlo, poderiam de uma forma consistente acompanhar as adaptações ao treino e desempenho em prova. Avaliaram os dados recolhidos todas as manhãs de FC em repouso (FCrep), Ln rMSSD e Ln rMSSD/R-R, a carga de treino diária e definiram critérios objetivos para considerarem o atleta com boa adaptação ao treino ou não. Verificaram que a diminuição da FCrep e aumento de Ln rMSSD quando comparados com a semana anterior, apresentam consistentemente a indicação de adaptação positiva e o inverso acontecia quando o atleta não conseguia a mesma adaptação.

Sartor et al., (2013) investigaram 6 jovens ginastas de elite (idade 16 ± 2) durante 10 semanas. Fizeram medições dos índices de VFC nos dias de treino das semanas 1, 3, 5, 7 e 9. A carga de treino foi avaliada através da perceção subjetiva do esforço (RPE) (escala de Borg Cr 1-10). Verificaram que os valores de HF% e LF%/HF% correlacionaram-se com a RPE da sessão anterior, sendo a HF% mais elevada se a sessão de treino da véspera era mais intensa e o ratio LF/HF mais baixo e vice-versa. As correlações mais fortes (média R-R e SD1) foram encontradas quando utilizaram como referência a segunda-feira (domingo era dia de repouso) e qualquer outro dia. Concluem que a VFC, em particular a diferença de SD1 e média R-R relativa ao dia de treino/dia referência, podem ser úteis na monitorização da carga de treino nestes ginastas.

Com o objetivo de estudar possíveis alterações na função autonómica que possam estar associadas a *overreaching* funcional em atletas de endurance, Le Meur et al., (2013) dividiram 21 atletas de triatlo em dois grupos, treino intenso (n=13) e treino normal (n=8) durante 5 semanas. As recolhas de VFC forma realizadas diariamente durante uma semana de treino moderado (semana base), 3 semanas de treino intenso e uma semana de *taper*. Todos os atletas do grupo intenso apresentaram uma diminuição do desempenho no final do período intenso seguido de um desempenho super compensado após o a semana de *taper*. Os autores verificaram que valores obtidos uma vez por semana não apresentam qualquer efeito de *overreaching* funcional nos parâmetros de VFC, no entanto, quando considerados os valores médios semanais de cada índice de VFC detetaram um aumento progressivo na modulação parassimpática da FC que levou à situação de *overreaching* funcional.

Dentro da mesma temática de procurar investigar o comportamento cardíaco autónomo em diferentes fases de treino, Flatt, et al., (2017), estudaram 10 nadadores universitários de 1ª divisão durante 5 semanas anteriores aos campeonatos nacionais (NCAA). Foram feitas recolhas diárias dos índices de Ln rMSSD assim como o seu coeficiente de variação Ln rMSSDcv, as semanas de treino forma organizadas em 1 semana de base, 2 de sobrecarga e 2 de taper. Durante o período de sobrecarga, encontraram descidas moderadas dos valores médios de Ln rMSSD e aumentos consideráveis em Ln rMSSDcv, estes valores voltaram aos índices da 1ª semana de base. Segundo estes autores, o treino em sobrecarga está associado a uma diminuição da atividade vagal comparando com a semana inicial e que estes valores são revertidos durante a fase de *taper*.

No mesmo sentido, Plews et al., (2013), procuraram comparar dois métodos diferentes para analisar as respostas ao treino e VFC. As alterações relativas na velocidade máxima aeróbia estimada e o desempenho em 10 Km de corrida foram correlacionados com as alterações relativas na FCrep e Ln rMSSD num dia isolado ou com os valores médios semanais destas variáveis. Encontraram pequenas correlações para FCrep e Ln rMSSD em dias isolados e muito fortes para as médias semanais. Concluem assim, que a utilização de valores semanais médios parece ser um método superior para avaliar as adaptações ao treino. (Plews et al., 2014), após reverem os dados de dois estudos previamente publicados, encontraram correlações que lhes permitiram sugerir que são necessários pelo menos, dados de 3 dias aleatórios da semana para obter a mesma confiança que a média semanal apresenta.

Plews, Laursen, et al., (2017), estudaram 4 atletas de elite de Remo durante as 7 semanas anteriores aos Campeonatos do Mundo de Remo de 2015. A VFC em repouso foi recolhida e os índices Ln rMSSD, o rácio Ln rMSSD/R-R e a relação Ln rMSSD com os intervalos RR foram analisados. Verificaram que as variações em Ln rMSSD eram dependentes de cada atleta e que apresentaram estagnação ou aparente redução. No entanto, foram encontradas reduções substanciais no rácio Ln rMSSD/R-R. Os autores concluem que estas reduções são indicativas de saturação parassimpática e que, como neste caso não implicaram redução do desempenho, sugerem que se utilize uma combinação de índices de VFC e que se leve em consideração as características individuais de cada atleta para a monitorização da atividade autónoma cardíaca.

A grande maioria das investigações feitas nesta área focam-se em atletas treinados aerobicamente, ou em amostras de não atletas ou pouco treinados. Nesse sentido, Schneider et al., (2019), investigaram efeitos de dois tipos de treino de força: treino de força geral e treino intervalado de alta intensidade, em dois grupos de atletas bem treinados. Analisaram a

FCrep e o Ln rMSSD. Para o grupo de treino de força geral, o microciclo de sobrecarga (6 dias) provocou um aumento da FCrep e diminuição de Ln rMSSD, em contraste com o grupo de treino intervalado de alta intensidade que revelou valores inversos. Durante o período de recuperação (4 dias), houve uma reversão dos índices para os dois grupos.

Iellamo et al., (2019), investigaram 9 atletas de elite de Halterofilismo ao longo dos meses de preparação para os Campeonatos da Europa. Foram recolhidos os índices de VFC HF, LF e LF/HF em três momentos distintos que corresponderam a blocos de treino em que o volume de treino foi aumentando. Ao contrário do que normalmente encontramos com atletas de endurance, LF e LF/HF mostraram um aumento inicial e depois uma descida com o valor mais baixo a coincidir com o volume de treino mais alto e HF a mostrar um padrão recíproco, mas apresentando uma curva em forma de U com o valor mais alto a aparecer no bloco com maior volume de treino. Para estes autores, uma possível explicação para este comportamento da VFC pode ser atribuída às diferentes rotinas de exercício entre atletas de endurance mais prolongadas, e estes atletas com rotinas muito intensas, mas extremamente curtas.

Por outro lado, verificamos que dentro dos poucos estudos realizados com atletas de elite raramente são feitos estudos com atletas femininas. Barrero et al., (2019), com base neste pressuposto, analisaram a VFC diária em 10 ciclista femininas de elite, que realizaram as mesmas etapas da Volta à França de 2017. Os resultados mostraram um desequilíbrio autonómico com aumento de atividade do SNS e diminuição de atividade do SNP correlacionando-se com a RPE e a CT de treino. Estas mudanças foram mais acentuadas nos dias após os maiores esforços físicos. Uma semana após o evento os valores voltaram aos iniciais.

Nem sempre se observam variações significativas na VFC quando sujeitamos atletas de elite a períodos de sobrecarga de treino. Flatt & Howells, (2019), estudaram 12 atletas de elite de Rugby de Sete durante 3 semanas, A primeira semana serviu de base e as seguintes foram de sobrecarga. Não foram encontradas variações significativas em Ln rMSSD, em Ln $rMSSD_{cv}$ nem nos dados psicométricos obtidos, o que permite concluir que estes atletas demostraram conseguir manter o equilíbrio autonómico apesar do aumento das cargas externas.

2.2.1. Efeitos do Treino na Variabilidade da Frequência Cardíaca - Sumário

As variações na VFC ao longo de semanas de treino manifestam-se de acordo com a periodização da carga de treino. Algumas intervenções de treino investigadas (Boullosa et al., 2013; Martin Buchheit, Chivot, et al., 2010; Cervantes et al., 2009; Flatt, Hornikel, et al., 2017; Pavel et al., 2011; Pichot et al., 2000; Stanley et al., 2015), induziram melhorias no desempenho dos atletas. Neste caso, os aumentos dos índices de VFC encontrados, parecem ser consequência de aumentos na modulação parassimpática facilitados por adaptações positivas ao treino.

Alguns estudos (Bara-filho et al., 2013; Iellamo et al., 2019; Le Meur et al., 2013; Plews, Laursen, et al., 2017b; Schneider et al., 2019), apresentam resultados diferentes que parecem sugerir um comportamento diferente do SNP, em contexto de OR e/ou diminuição do desempenho. Para Bellenger et al., (2016), isto pode ser o resultado de diferenças metodológicas, nomeadamente o efeito de utilização dados isolados em comparação com a utilização de médias/médias móveis semanais e o impacto da postura e hora do dia no momento de recolha dos dados.

O indicador de VFC em repouso mais útil parece ser o índice rMSSD do domínio do tempo, medido durante 5 min na posição de supino ao acordar. Para Plews et al., (2013), o Ln rMSSD é a medida mais prática e confiável para a monitorização dia-a-dia, Várias recomendações foram propostas: médias semanais; mínimo de 3 recolhas por semana; média móvel a 7 dias e o rácio Ln rMSSD/R-R (Buchheit, 2014b; Plews et al., 2013a, 2013b, 2014).

Em atletas de elite com um longo historial de treino poderá ocorrer uma diminuição dos índices vagais, mesmo sem sintomas de fadiga ou sobrecarga de treino. Duas possíveis explicações foram propostas: Stress pré-competitivo (Morales J. et al., 2013), em que o aumento da atividade simpática pode ser positiva para o desempenho, e um fenómeno de saturação vagal (Buchheit, 2014; Hautala et al., 2009), que ocorre independentemente de qualquer sinal de fadiga e/ou aumento da atividade simpática. Esta redução está associada com valores muito baixos da FC em repouso e é, segundo estes autores, uma consequência de um aumento da atividade parassimpática e não da sua diminuição. Buchheit, (2014), recomenda para estas situações, o cálculo do rácio Ln rMSSD/R-R.

2.3. MONITORIZAÇÃO DO TREINO E RECUPERAÇÃO DOS ATLETAS ATRAVÉS DE DADOS PSICOLÓGICOS

Para perceber as respostas às cargas induzidas pelo treino nos atletas, podemos procurar outro tipo de abordagem. A medição das consequências psicológicas provocadas pela fadiga pode, também, indicar o status da recuperação dos atletas e permitir decidir sobre a melhor estratégia para a sua recuperação (Bourdon et al., 2017; Grobbelaar et al., 2010; Halson, 2014; Heidari et al., 2019; Kellmann et al., 2018; Saw et al., 2016; Taylor et al., 2012).

Os instrumentos que visam a avaliação das alterações a nível psicológico, nomeadamente estados de humor e stress, refletem a perceção subjetiva individual do atleta à fase de recuperação em reação ao estimulo agudo ou crónico do treino (Saw et al., 2016). Estes, quando aplicados de uma forma contínua e regular podem revelar mudanças negativas subtis na saúde do individuo e.g. NFO que podem levar a situações de sobre treino (Heidari et al., 2019). As avaliações psicológicas mais comuns que medem as respostas individuais agudas e crónicas às cargas de treino são a perceção do esforço – *Rating of Perceived Exertion* (RPE) e a RPE da sessão de treino (sRPE), o “Profile of Mood States (POMS) e o Questionário de Stress e Recuperação para Atletas (RESTQ-Sport) (Michael Kellmann et al., 2018).

A utilização de um instrumento que monitorize de uma forma válida e confiável, mas ao mesmo tempo prática, a carga de treino é um imperativo, se queremos assegurar a melhor adaptação do atleta ao treino. A RPE é um método que procura quantificar a intensidade do exercício ou sessão de treino, através da atribuição subjetiva de um valor que representa a maior ou menor dificuldade sentida pelo atleta (Borg, 1982). Este método tem vindo a ser aplicado em vários contextos para avaliar e compreender o desempenho. A investigação tem vindo a mostrar uma relação robusta entre a RPE e a intensidade do exercício, sendo um método válido para a monitorização, prescrição e regulação da intensidade do exercício e avaliação da carga de treino (Eston, 2012). Atualmente, a escala mais utilizada para a avaliação e controlo do treino é a “Category Ratio Scale (CR-10) (Borg, 1998).

Para responder às necessidades de quantificar o treino, considerando as limitações à utilização da FC que existiam na altura, Foster et al., (2001), desenvolveram um método para dar resposta a estas questões. Este método, chamado “*Session* RPE” (sRPE), utiliza uma escala 1-10, adaptada da CR-10 de Borg, - quadro 4, em que o atleta atribui um valor de dificuldade geral da sessão, obtido 30min após o seu terminus. A sRPE é calculada multiplicando o valor de RPE (1-10) pela duração da sessão em minutos. Um dos aspetos

vantajosos deste método é que a perceção do esforço reflete a combinação do stress fisiológico desse momento, seja como consequência do treino de resistência, treino intervalado de alta intensidade ou pliometria (Foster et al., 2001). Vários estudos têm evidenciado que a sRPE é uma medida viável e confiável da carga de treino (Day et al., 2004; Foster, , et al., 2001; Herman et al., 2006; Lupo et al., 2014; Turner et al., 2017; Wallace et al., 2009, 2014) . A utilização da sRPE em treino de força também foi investigado, mostrando que a RPE parece ser mais influenciada pela intensidade da carga do pelo volume (Lambert & Borresen, 2010).

No Ténis, Gomes et al., (2015), investigaram 12 jogadores profissionais de Ténis em 384 sessões de treino, 23 encontros simulados e 13 encontros oficiais, e encontraram correlações significativas entre o método de quantificação da carga interna de treino através da RPE e através da FC ($r = 0,74$, $r= 0,57$ e $r= 0,99$; $p < 0,01$) respetivamente. Mendez-Villanueva et al., (2007), investigaram 8 jogadores profissionais, durante um torneio por convite, de forma a simular o melhor possível as condições reais de encontros oficiais de Ténis. Encontraram correlações significativas durante os jogos entre a RPE e concentrações de lactato sanguíneo ($r = 0,57$; $p < 0,01$), e entre a RPE e número de batimentos e duração dos pontos ($r = 0,80$; $p < 0,01$). Gomes et al., (2011) investigaram dois atletas profissionais durante 4 sets de um encontro simulado, e reportaram para ambos os jogadores, um aumento progressivo da RPE ao longo dos sets.

Existem outros fatores que podem influenciar a RPE: os grupos musculares envolvidos, tipo de fibra, a ordem em que os exercícios são executados, a experiência do atleta e o momento em que o valor de RPE é registado (Lambert & Borresen, 2010).

Quadro 4 – Escala CR-10 de Borg, modificada por (Foster et al., 2001)

0	Repouso
1	Muitíssimo Fácil
2	Muito Fácil
3	Moderado
4	Algo Difícil
5	Difícil
6	-
7	Muito Difícil
8	-
9	-
10	Máximo

De acordo com Haddad et al., (2017), a sRPE é proposta como um método simples, não-invasivo, e não dispendioso para monitorizar a carga de treino e que é viável, confiável e de grande utilidade no terreno.

O RESTQ-Sport procura medir o estado da recuperação de um atleta através de um questionário psicométrico (Kellmann & Kallus, 2016). Inclui uma avaliação detalhada dos fatores de stress e recuperação dos últimos 3 dias e noites e aborda aspetos de stress e recuperação específicos do desporto e não-específicos. O questionário incluí 76 afirmações que estão divididas em sete escalas gerais de stress, cinco escalas gerais de recuperação, três escalas de stress específicas do desporto e quatro escalas de recuperação específicas do desporto. O RESTQ-Sport tem vindo a estabelecer-se como instrumento de monitorização em contexto desportivo (Heidari et al., 2019) e pode ser utilizado como indicador de deficiente recuperação crónica, *non functional overreaching*, incluindo ocorrência de lesões (Filho et al., 2013; Kellmann, 2010; Van Der Does et al., 2017).

Leite, (2012) investigou as qualidades psicométricas do RESTQ-Sport, estudando diferentes medidas de validade e procedendo à análise da sua fiabilidade. A análise da escala original determinou a construção de uma versão portuguesa, reduzida face à versão original e com melhores valores psicométricos (Leite et al., 2013).

2.4. CARACTERIZAÇÃO DO TÉNIS

2.4.1. Introdução

A modalidade desportiva de Ténis atrai nos nossos dias, milhões de jogadores e fãs em todo o mundo. Ao longo de todo o ano desenvolvem-se torneios e eventos. O Ténis competitivo joga-se segundo as regras definidas pela International Tennis Federation (ITF) e as competições distribuem-se desde os torneios profissionais de mais elevado nível – como por exemplo, os torneios de Grand Slam e Jogos Olímpicos, até aos torneios profissionais de entrada, incluindo torneios júnior, veteranos e de cadeira de rodas. A Associação de Tenistas Profissionais (ATP) e a Associação de Tenistas Femininas (WTA) organizam mais de 60 (WTA) até 80 (ATP) torneios em diferentes categorias, distribuídos por 40 países e que refletem prémios monetários e pontos de ranking (Fernandez, Pluim, Mendez-Villanueva, 2006).

O Ténis é uma modalidade desportiva que se baseia na casualidade. A casualidade da duração do ponto, escolha do tipo de batimento, estratégia, duração do encontro e o adversário, entre outros, influenciam e aumentam a complexidade do jogo de Ténis (Kovacs, 2006).

Assim, o Ténis é um desporto que engloba vários elementos. Exige uma complexa integração de estabilidade dinâmica, potência e explosividade na reação ao batimento do adversário e tentativa de chegar à bola (figura 4), enquanto os jogadores devem demonstrar uma compostura e apurado controlo motor fino durante a execução técnica e correspondente colocação precisa da bola numa determinada área do campo. A natureza repetitiva do jogo e a, muitas vezes longa, duração dos pontos, jogos e encontros assegura que aos jogadores seja necessário um elevado nível de desenvolvimento muscular e aeróbio (Fernandez-Fernandez et al., 2007; Fernandez-fernandez & Boullosa, 2016; Hornery, 2006; Hornery et al., 2007; Kovacs, 2006; Kovacs & Baker, 2014).

Desta forma, o Ténis requer a utilização de pequenas, mas explosivas doses de energia que se repetem dúzias, se não centenas de vezes durante um encontro ou sessão de treino. No Ténis, ao contrário de muitos outros desportos, não existe um limite temporal para os jogos. Isto pode resultar em encontros com duração inferior a uma hora ou mais de cinco horas. Esta variabilidade implica que os tenistas para terem sucesso necessitem de ser

altamente treinados tanto a nível anaeróbio para o desempenho, como a nível aeróbio para ajudar a recuperação durante e após os encontros (Fernandez et al., 2006).

Figura 4 - Capacidades físicas e componentes relevantes para o desempenho no Ténis. Adaptado de Kovacs, (2007).

O Ténis competitivo a qualquer nível, requer que o atleta desenvolva um conjunto multifacetado de atributos físicos, habilidades desportivas específicas e estratégia competitiva em quarto áreas principais: (i) tática; (ii) técnica; (iii) física e (iv) psicológica (Fernandez et al., 2006; Kovacs, 2007).

As exigências do Ténis competitivo podem ser mais bem apreciadas se considerarmos que um encontro pode ter uma duração entre 30 minutos e até várias horas. Durante a partida um jogador de Ténis pode correr entre 4 a 5 km, a duração média de um ponto varia entre os 3 a 15 segundos conforme a superfície onde se joga é mais lenta ou mais rápida respetivamente, o corpo necessita de realizar mudanças rápidas de direção com contínuas acelerações e travagens e constantes movimentos explosivos de muito curta duração (Kovacs, 2006; Reid & Girard, 2007).

2.4.2. Caracterização do jogo de Ténis

As características do jogo de singulares têm sido amplamente estudadas (Jaime Fernandez-Fernandez et al., 2007, 2008; Jaime Fernandez-Fernandez, Sanz-Rivas, & Mendez-Villanueva, 2009).

Um encontro de Ténis é caracterizado por pequenos picos intermitentes de exercício, interrompidos por vários períodos de maior duração e menor intensidade (Ferrauti, Weber, & Wright, 2003). A duração dos encontros varia substancialmente, a maior parte das vezes é superior a uma hora e em alguns casos, superior 5 horas (Fernandez et al., 2006; Fernández et al., 2007; Kovacs, 2006; Mendez-Villanueva et al., 2007). A maior parte dos encontros apresenta uma relação exercício/repouso de 5-10 segundos e 10-20 segundos respetivamente, alternados por períodos de repouso de 90 segundos nas trocas de campo e de 2 minutos no final de cada set.

Todos estes períodos de repouso estão controlados pelas regras da ITF, que estabelece os tempos de repouso mínimos e máximos. Desde 2002, estes tempos são de 20 segundos entre pontos, 90 segundos entre trocas de campo, exceto no primeiro jogo de cada set, e 120 segundos entre sets (*Rules of Tennis 2006*, 2007).

Durante cada ponto, os jogadores batem a bola em média 2 a 3 vezes, e realizam cerca de 4 mudanças de direção A duração de cada ponto ao longo de um encontro pode variar substancialmente, dependendo de uma multitude de fatores que incluem o estilo do jogador, a superfície de jogo, condições ambientais, estratégia adotada, nível de jogo, velocidade da bola, e motivação O tempo efetivo de jogo (percentagem do tempo total de jogo durante um encontro) é aproximadamente 20 a 30% em campos de terra batida e até 10 a 15% em campos de piso rápido (Adriano Pereira et al., 2016; Jaime Fernandez-Fernandez et al., 2010; Jaime Fernandez-Fernandez, Sanz-Rivas, & Mendez-Villanueva, 2009; Fernandez et al., 2006; Hoppe et al., 2014; Kovacs, 2006; Martínez-Gallego et al., 2013; Murphy et al., 2016) (quadro 2).

O estudo das características dos encontros de Ténis (quadro 5), através de observação de vídeo permite conhecer aspetos tanto técnicos como táticos e características temporais do jogo.

Quadro 5. Características dos encontros de Ténis.

Autores (ano)	Amostra	Real Simulada	Duração Ponto	Nº Batimentos Ponto	Tempo de jogo efetivo %	Ratio W/Recuperação	Recuperação entre pontos	Mudanças direção	Superfície
Smekal et al., (2001)	20 M Nacional	S	6,4 (±4,1)	-	6,6 (±16,3)	1:3,4	-	-	Terra
Darren, (2006)	22 M Internacionais	R	-	14,8 (±9,2)	-	-	-	-	Terra
			-	12,2 (±10,0)	-	-	-	-	Rápido
			-	10,4 (±6,0)	-	-	-	-	Relva
Fernandez-Fernandez et al., (2007)	8 F Internacionais (6 WTA)	R (Torneio Convite)	8,20 (±5,2)	2,79 (±1,7)	21,95 (±3,8)	-	17,72 (±6,5)	2,35 (±1,4)	Rápido
Mendez-Villanueva et al., (2007)	8 M Internacionais (7 ATP)	R (Torneio Convite)	7,5 (±7,3)	2,7 (±2,2)	21,5 (±4,9)	1:2,0	16,2 (±5,2)	-	Terra
Fernandez-Fernandez et al., (2008)	8 F Internacionais (6 WTA)	R (Torneio Convite)	7,20 (±5,2)	2,5 (±1,6)	21 (±6,1)	1:2,1	15,5 (±7,3)	-	Terra
Martin et al., (2011)	4 M 2 F Nacional	S	8,5 (±0,2)	-	26,2 (±1,9)	1:2,8	-	-	Terra
			5,9 (±0,5)	-	19,5 (±2,0)	1:4,1	-	-	Rápido
Kilit, B., Arslan, C., Akçınar, F. & Rad, (2012)	64 M Nacional	R Camp Nac.	5,71 (±4,87)	3,62 (±2,29)	21,01 (±3,38)	1:4,34	24,81 (±18,19)	-	Rápido
Stare et al., (2015)	11 M Nacional	R Camp Nac.	7,3	5,3	27,6	-	-	-	Rápido
	10 F Nacional	R Camp Nac.	6,3	4,3	23,5	-	-	-	Rápido
	7 M Internacional (ATP)	R ATP	4,4	3,0	18	-	-	-	Rápido

2.4.3. Características Físicas e Fisiológicas do Ténis de Competição

A intensidade do jogo de ténis tem sido descrita através de várias características fisiológicas como o consumo máximo de oxigénio (Baiget et al., 2015; Bekraoui et al., 2012; Jaime Fernandez-Fernandez et al., 2010), concentrações de lactato sanguíneo (Martin, Caroline; Prioux, 2011; Mendez-Villanueva et al., 2010; Smekal et al., 2001), a frequência cardíaca (Baiget et al., 2020; J. Fernandez-Fernandez et al., 2007; Jaime Fernandez-Fernandez, Sanz-Rivas, Sanchez-Muñoz, et al., 2009; Ferrauti et al., 2001), perceção subjetiva de esforço (Fernandez-Fernandez et al., 2008, 2011; Mendez-Villanueva et al., 2010) e estimativas de consumo energético (Fernandez-Fernandez, Sanz-Rivas, Sanchez-Muñoz, et al., 2009; Murias et al., 2007) . A identificação dos aspetos fisiológicos determinantes para o desempenho é crucial para os atletas e envolve a monitorização do treino e competição (Kilit et al., 2016). (quadro 6).

Existem outros fatores que influenciam o desempenho tenístico para além do nível de habilidade individual. Aspetos como as características táticas de cada jogador, o jogo de serviço e resposta, as condições ambientais tais como o vento e a temperatura, e os diferentes tipos de superfície e bolas interferem com os padrões de atividade física e recuperação nomeadamente com o tempo efetivo de jogo, duração do ponto e recuperação entre pontos (Cooke & R Davey, 2005; Hornery et al., 2007; Murias et al., 2007; G Smekal et al., 2001).

A avaliação de todas estas variáveis durante o jogo permite uma melhor compreensão sobre a sua intensidade e stress fisiológico (Fernandez et al., 2006; Fernández et al., 2007).

Autores como, (Fernandez-Fernandez, Sanz-Rivas, Sanchez-Muñoz, et al., 2009; Fernandez-Fernandez et al., 2011; Hornery et al., 2007; Martin, Caroline; Prioux, 2011; GSmekal et al., 2001; Ulbricht et al., 2016), referem que as respostas fisiológicas médias durante o jogo, são modestas com valores de intensidade de menos de 60-70% VO_{2max}, e 60-80% da FC_{max}. e lactato sanguíneo (Ferrauti et al., 2001; Smekal et al., 2001) . No entanto, e devido à natureza intermitente do próprio jogo (com períodos de intensidade alta e períodos de recuperação regulares) estes valores médios não permitem compreender totalmente as necessidades do jogo de Ténis (Fernandez et al., 2006).

Torna-se por isso importante, procurar descrever os períodos mais intensos onde os jogos são muitas vezes decididos e a condição física do atleta pode ser fator decisivo.

Quadro 6. Caracterização fisiológica do Ténis

Autores (ano)	Amostra (Nº e Sexo)	Real (R) Simulada (S)	Nível	VO2max ($ml/kg^{-1}/min^{-1}$)	VO2 em campo ($ml/kg^{-1}/min^{-1}$)	% VO2max	FC ($b.min^{-1}$)	Lac ($mmol.L^{-1}$)	Superfície
Dansou et al., (2001)	10 (M)	-	Regional	58,5 (±2,2)	-	-	140,5 (± 5) 178 (± 4)	3,3 (± 0,1)	n. d.
Smekal et al., (2001)	20 (M)	S	Nacional	57,3 (±5,1)	29,1 (±5,6)	51,1 (±10,9)	152 (±18)	2,1 (± 0,9)	Terra
Ferrauti et al., (2001)	6 (F) 6 (M)	S	Nacional	41,1 (±6,0) 47,5 (±4,3)	23,1 (±3,1) 25,6 (±2,8)	56 54	141,5 (±19) 142,5 (± 13)	1,24 (± 0,37) 1,67 (± 0,49)	Terra
Mendez-Villanueva et al., (2007)	8 (M)	R (convite)	Internacional	-	-	-	-	3,8 (±2,0)	Terra
Morante & Brotherhood, (2007)	6 (M)	-	Internacional	56,7 (±5,4)	-	-	115,9 179(max)	-	Terra
Murias et al., (2007)	4 (M)	S	Regional	55,5 (±2,3)	26,3 (±3,3) 27,5 (±2,5)	47,6 (±6,5) 49,5 (±4,8)	143 (± 22) 135 (± 21)	1,65 (± 0,6) 1,16 (± 0,34)	Terra Rápido
Fernandez-Fernandez, et al., (2009)	10 (M) 10 (M)	S	Regional Amador	44,9 (±4,3) 44,1 (±3,0)	24,5 (±4,1) 23,3 (±3,0)	54,9 (±9,5) 53,0 (±7,1)	143,3 (±11,5) 149 (±8,4)	- -	Terra
Ridhwan et al., (2010)	10 (M)	S	Regional	51,7 (7,3)	35,9 (7,3)	69,3 (9,8)	154,3 (±15,4)	3,21 (±0,2)	Rápido
Baiget et al., (2015)	20 (M)	S	Nacional	58 (±4,6) * Campo	29,9 (±3,7)	52 (±9)	138 (±15)	-	Rápido
Kilit et al., (2016)	10 (M)	R	Nacional	49,8 (±1,2)	26,6 (±2,7)	-	142,7 (±9,5)	-	Rápido

* Valores obtidos através de prova de campo

CAPÍTULO III

METODOLOGIA, INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS

3. METODOLOGIA, INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS

3.1. Participantes

Dois atletas profissionais de Ténis, um do sexo masculino (idade 29 anos; altura 178 cm; peso corporal 68,7 kg; melhor ranking ATP – 59) e uma atleta do sexo feminino (idade 21 anos; altura 174; peso corporal 72,5 kg; melhor ranking WTA – 102), foram monitorizados durante o período de preparação para a época desportiva, 4 e 3 semanas respetivamente, e o atleta masculino em quatro jogos do Campeonato Nacional Absoluto de Ténis.

3.2. Procedimentos Gerais

A atividade do SNA é muito sensível às condições ambientais tais como ruído, luz ou temperatura (Achten & Jeukendrup, 2003), assim, as recolhas dos dados de VFC foram realizadas ao acordar, sendo esta, considerada a melhor altura para recolhas em atletas (Plews, et al., 2013; Stanley et al., 2013), sempre no mesmo período horário e no mesmo local, de forma a manter o mesmo padrão (e.g., a mesma cama, a mesma hora, ambiente calmo e sem o efeito de atividades diárias), e foi pedido aos atletas que mantivessem a mesma rotina (Buchheit, 2014).

A investigação foi aprovada pela Comissão de Ética da FEFD-ULHT cumpridos os pressupostos da Declaração de Helsínquia para investigações que envolvem seres humanos. Os objetivos e procedimentos foram explicados aos dois participantes, tendo sido obtido o seu consentimento informado (anexo 1).

3.3. Procedimentos Específicos

3.3.1. Determinação da carga de treino

Para determinar a carga de treino (CT), foi utilizado o método proposto por Foster et al., (2001). A RPE de cada sessão de treino de cada atleta, foi recolhida 30 minutos após o

seu términus (Foster et al., 2001; Gaudino et al. 2015) de forma a assegurar que o esforço percebido correspondesse ao total da sessão e não apenas à parte final do treino. Os atletas enviavam o valor atribuído de RPE através de mensagem telefónica para o investigador, quando este não estava presente. A magnitude da carga de treino para cada sessão foi calculada pela multiplicação do volume de treino (VT) em minutos, e a intensidade de treino (através da RPE). CT = RPE sessão X VT. A perceção de esforço (RPE), foi realizada utilizando a escala CR-10 de Borg (Borg, 1998), adaptada for Foster et al., (2001) (anexo 2).

3.3.2. Avaliação psicométrica – RestQ-Sport

No início de cada semana, antes da primeira sessão de treino, e no final do estudo, foi aplicada a versão portuguesa reduzida do questionário RESTQ-Sport (Leite & Rosado, 2012) para avaliar os níveis de stress e recuperação de cada atleta (anexo 3). Este instrumento apresenta bons níveis de fidelidade e validade (Leite & Rosado, 2012). O questionário consiste em 27 itens em que o participante responde através da atribuição de um valor (0 a 6) numa escala de tipo *Likert* às atividades correspondentes aos últimos três dias e noites. O questionário inclui cinco escalas: Bem Estar Pessoal/Social, Recuperação Física, Estar em Forma, Aceitação Pessoal e Autorregulação, relativas ao modelo de recuperação e quatro escalas do modelo de stress: Stress Social, Auto-percepção de Fadiga, Perturbações nos Intervalos e Lesões. Os resultados das escalas relativas ao modelo de recuperação foram somados e divididos pelo número de escalas para obter um score de recuperação e o mesmo procedimento foi feito para as escalas de stress (Garatachea et al., 2011; Harpe, 2015)

3.3.3. Análise da Variabilidade da Frequência Cardíaca e Frequência Cardíaca em Repouso

A VFC e FCrep foram monitorizadas após o participante acordar, antes de qualquer atividade física significativa, na posição de supino, durante 10 minutos de acordo com as recomendações da *European Society of Cardiology* e *The North American Society of Pacing and Electrophysiology* (TaskForce, 1996). Foram retirados para análise 5 minutos com início ao minuto 4 e final ao minuto 9. Buchheit, (2014) e Plews et al., (2014), sugerem que os índices relacionados com a VFC sejam recolhidos pelo menos 3 a 4 vezes por semana. Para inclusão

dos dados na análise, estabeleceu-se como critério mínimo 4 registos semanais. Nenhuma semana foi excluída do processo. Os participantes realizavam as recolhas no seu próprio quarto, de forma relaxada e antes de terem consumido qualquer tipo de bebida. Foram instruídos a manter o cardiofrequencímetro e a banda de captação ao seu alcance de forma a minimizar o processo de aplicação e início dos registos.

A frequência respiratória influência o ritmo cardíaco, estas variações da frequência respiratória são consequência da arritmia sinusal respiratória. A FC acelera durante a inspiração e fica mais lenta durante a expiração, sendo que a magnitude destas oscilações é variável, mas pode ser aumentada através de uma respiração lenta e profunda (Shaffer et al., 2014). De acordo com Saboul et al., (2013, 2014), é nos índices do domínio da frequência, nomeadamente na razão entre o valor de potência de baixa frequência e de alta frequência (LF/HF) que o impacto da respiração é mais significativo nos atletas, principalmente nos atletas de endurance. Por outro lado, a sensibilidade dos índices raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (rMSSD) e desvio padrão da variabilidade dos intervalos R-R instantâneos SD1 ao padrão de respiração é muito baixo (Chapleau & Sabharwal, 2011), o que permite a sua monitorização diária em atletas em condições de respiração espontânea e.g., não controlada (Buchheit, 2014a; Saboul et al., 2013; Laborde et al., 2017). Foi assim decidido que os dois participantes fariam a recolha do sinal respirando de uma forma espontânea (“respirar normalmente sem pensar nisso”).

3.3.4. Encontros de Ténis

Os encontros de Ténis foram efetuados durante o Campeonato Nacional Absoluto – Taça Pinto Basto, realizado no Clube de Ténis do Estoril, no campo central, superfície de “terra batida” (pó de tijolo natural), ao ar livre, temperatura do ar durante os encontros de 25 ± 2ºC. O primeiro, segundo, terceiro e quarto encontros, foram disputados no seguinte horário, respetivamente: 11:45, 11:15, 14:10 e 14:50. O torneio foi disputado segundo as regras da Federação Portuguesa de Ténis, reguladas pela Federação Internacional de Ténis (ITF).

3.3.5. Perceção do Esforço

A perceção do esforço de cada encontro e das sessões de treino realizadas durante o campeonato foi obtida utilizando a escala CR-10 de Borg (Borg, 1998), adaptada for Foster et al., (2001). A RPE de cada encontro, foi recolhida 30 minutos após o seu términus de forma a assegurar que o esforço percebido correspondesse ao total do encontro/sessão de treino e não apenas à parte final do mesmo (Foster al., 2001; Singh et al., 2007)

3.3.6. Análises dos Encontros

As análises aos encontros foram determinadas através do registo integral de vídeo dos quatro encontros. Foi utilizada uma máquina de vídeo fixa num tripé e posicionada num local elevado, (Figura 5) que permitia abranger todo o campo de Ténis. As imagens foram posteriormente transferidas para um computador Asus A541UV 2016, para análise posterior. Todas as análises foram feitas pelo mesmo investigador, e corroboradas por um treinador experiente.

Figura 5 – Campo de Ténis, local de realização dos encontros.

Para monitorizar e caracterizar a duração de cada encontro, e de cada ponto, os tempos de repouso, o número de batimentos e as mudanças de direção, foi adaptado um protocolo de análise de jogo desenvolvido por Smekal et al., (2001), que, de acordo com Fernandez-Fernandez, Sanz-Rivas, & Mendez-Villanueva, (2009) e Mendez-Villanueva et al., (2007) tem mostrado ser confiável. Foram retirados dos dados as seguintes variáveis (quadro 7):

Quadro 7. Variáveis para análise dos encontros de Ténis

Duração do encontro	(s)
Duração dos pontos	(s)
Duração média do ponto	(s)
Tempo de recuperação entre pontos	(s)
Recuperação sentado	(s)
Tempo de jogo efetivo	(%)
Número de pontos	(au)
Número de total de batimentos	(au)
Frequência de batimentos	($bat.min^{-1}$)
Batimentos por ponto	(au)
Total de mudanças direção	(au)
Mudanças de direção por ponto	(au)
Recuperação entre pontos	(au)

A duração dos pontos foi gravada desde o batimento do primeiro serviço até ao momento em que um dos jogadores ganha o ponto. A duração da recuperação sentado foi gravada desde o momento em que o atleta se sentava (nas trocas de campo) até ao momento em que iniciava o movimento para se levantar. O tempo efetivo de jogo, expresso em percentagem, foi determinado dividindo o tempo total do encontro (desde o início do primeiro ponto até ao fim do último ponto) pelo tempo de jogo real (soma da duração de cada ponto). O número de batimentos foi quantificado através da soma de batimentos executados pelo participante desde o início do serviço ou resposta ao serviço até ao final do ponto. A frequência de batimentos foi calculada dividindo a duração dos pontos pelo número de batimentos.

Para o registo da VFC e FC durante os encontros, o participante utilizou um sensor de frequência cardíaca à volta do peito Polar WearLink® W.I.N.D. e relógio de gravação dos dados (Polar RS800CX™) configurado para intervalo R-R . Esta função permite a gravação e medição das variações do batimento cardíaco com uma resolução de 1 milissegundo, e para

obter a sincronização dos dados do cardiofrequencímetro com as imagens, o início da captação dos dados (o relógio emite um sinal sonoro) foi feito com a gravação vídeo já iniciada.

Os dados da FC, VFC e características do jogo, foram sincronizados em folha de cálculo para análise detalhada. Foi desenvolvido um sistema de marcação por cores para distinguir os vários momentos dos encontros e.g. duração do ponto, recuperação sentado, ponto de resposta (anexo 4). Para resolver o problema da seleção de múltiplas células foi aplicada uma rotina em VBA -*Visual Basic for Aplications* (anexo 5).

No dia anterior e nos quatro dias dos encontros foram efetuados registos da VFC e FC em repouso, ao acordar, de acordo com os procedimentos já referidos anteriormente.

3.4. Instrumentos

Para a caracterização antropométrica dos participantes foram utilizados: Analisador de impedância bioelétrica Akern BIA 101 (Akern Srl – Florence ITALY); balança SECA, Germany; Os dados foram tratados com recurso ao *software* Bodygram.

A VFC e FC foi monitorizada através da utilização de um cardiofrequencímetro da marca Polar, modelo RS800cx, (anexo 6) configurado em modo “R-R” (©Polar Electro Oy, Kempele, Finlândia). Estes modelos têm sido validados por vários investigadores (Barbosa et al., 2016; Gamelin et al., 2006; Kingsley et al., 2005; Williams et al., 2017). Os dados recolhidos foram depois transferidos para um computador, através do *software* específico “*Polar ProTrainer 5*™” (versão 5.40.171, *Polar Electro*), que mostrou providenciar medições validas e precisas da VFC (Nunan et al., 2009).

Os dados obtidos foram então tratados com recurso ao *software* Kubios HRV (versão 3.5. Finlândia), para obter os valores correspondentes aos diversos parâmetros da VFC no domínio do tempo, no domínio da frequência e métodos não lineares. Foram utilizadas as ferramentas disponíveis no *software* para diminuir os eventuais erros (e.g., batimentos ectópicos). De acordo com as recomendações do manual de usuário do software, as séries temporais foram suavizadas, (i.e., *artifact correction* e *remove trend components*) e foi aplicado um nível médio para as correções e a função *smothing prior* para suavização dos dados.

A perceção do esforço foi realizada através da utilização da escala CR-10 de Borg (Borg, 1998), adaptada for Foster et al., (2001).

O registo de imagens foi realizado por uma máquina Sony Handycam HDR-CX305E – Vídeo HQ (formato AVCHD), 1080i. O tratamento de imagens foi realizado com recurso ao *software* Windows Movie Maker 2012.

Os dados registados das características dos encontros, FC e VFC foram tratados com recurso ao software Excel® para Microsoft 365 MSO (versão 2205 build 16.0.15225.20172).

Para a caracterização dos níveis percetivos de recuperação e de stress, foi aplicado o questionário para português RESTQ-Sport Versão Reduzida, FMH (PT), A. Leite & A. Rosado (2012).

3.5. Procedimentos Estatísticos

3.5.1. Estudo 1

Os dados dos microciclos de treino (e.g., carga de treino, índices psicométricos, e valores de VFC) são apresentados como médias, desvio padrão (DP) e limites de confiança (CL) de 90% a não ser que seja indicado de outro modo. As variações entre semanas foram estabelecidas de acordo com os registos de referência realizados na semana de treino leve, anterior ao início do estudo. A variação mínima útil (SWC) foi considerada como 0,5 do coeficiente de variação (CV), determinado para cada atleta através dos registos de referência (Hopkins, 2004; Plews et al., 2012; Plews, Laursen, et al., 2017). Hopkins et al., (2009), sugerem que uma variação de cerca de 0,5 do CV de um atleta é útil e deve ser considerada. O *Effect Size* (ES) foi determinado através da abordagem baseada na magnitude de inferências (Hopkins et al., 2009). Derivado do princípio do tamanho dos efeitos de Cohen, (1992), os intervalos de 0,2–0.59; pequeno, 0.6–1.19; moderado, 1.20–1,99; elevado >2,0; muito elevado significam que as alterações de magnitudes de 1x, 3x, 6x e 10x do SWC, possam ser consideradas como pequenas, moderadas, elevadas e muito elevadas, respetivamente (Buchheit, 2016, Buchheit et al., 2015). Para a determinação das magnitudes das variações de cada atleta, os dados, SWC, CL e Erro Padrão para cada variável foram expressos em percentagem através da utilização de uma folha de cálculo Excel, desenvolvida para este fim (Hopkins, 2017). As probabilidades quantitativas de uma alteração ser

verdadeira foram determinadas qualitativamente da seguinte forma: <1%, quase certo de que não; 1 – 4,9%, muito pouco provável; 5 - 24,9%, pouco provável; 25 – 74,5%, possível; 75 – 94,5%, provável; 95 – 98,9%, muito provável; >99% quase certo, se a probabilidade de as mudanças aumentarem ou diminuírem for > 5% a alteração verdadeira é considerada incerta (Hopkins, 2017).

Para analisar a oscilação dos resultados das variáveis de cada atleta ao longo dos microciclos, foi determinado o coeficiente de variação (CV) (Plews et al., 2012).

Foi aplicado o teste não paramétrico de Wilcoxon para comparar os resultados do questionário RestQ-Sport entre M0 e os vários microciclos de treino.

Para verificar possíveis associações entre a CT, VT e RPE e as variáveis derivadas da FC, foi utilizado o coeficiente de correlação produto-momento de Pearson. Limites de confiança (CL) de 95% Para a interpretação do ES, do coeficiente de correlação obtido tomámos como referência os valores referidos por Cohen, (1992): 0,1-0,29 efeito pequeno, 0,3-0,49 (efeito moderado) e 0,5-1,0 (efeito elevado).

Para determinação de validade estatística, foi definido o valor de probabilidade de $p<0,05$. Todas as análises dos dados foram realizadas através do software SPSS 28 (SPSS para software Windows 10, USA) e software Excel® para Microsoft 365 MSO (versão 2205 build 16.0.15225.20172).

3.5.2. Estudo 2

Os dados dos microciclos de treino (e.g., carga de treino, índices psicométricos, e valores de VFC) são apresentados como médias, desvio padrão (DP) e limites de confiança (CL) de 90% a não ser que seja indicado de outro modo. As variações entre semanas foram estabelecidas de acordo com os registos de referência realizados na semana de treino leve, anterior ao início do estudo. A variação mínima útil (SWC) foi considerada como 0,5 do coeficiente de variação (CV), determinado para cada atleta através dos registos de referência (Hopkins, 2004; Plews et al., 2012; Plews, Laursen, et al., 2017). Hopkins et al., (2009), sugerem que uma variação de cerca de 0,5 do CV de um atleta é útil e deve ser considerada. O *Effect Size* (ES) foi determinado através da abordagem baseada na magnitude de inferências (Hopkins et al., 2009). Derivado do princípio do tamanho dos efeitos de Cohen, (1992), os intervalos de 0,2–0.59; pequeno, 0.6–1.19; moderado, 1.20–1,99; elevado >2,0; muito elevado significam que as alterações de magnitudes de 1x, 3x, 6x e 10x do SWC, possam ser consideradas como pequenas, moderadas, elevadas e muito elevadas,

respetivamente (Buchheit, 2016, Buchheit et al., 2015). Para a determinação das magnitudes das variações de cada atleta, os dados, SWC, CL e Erro Padrão para cada variável foram expressos em percentagem através da utilização de uma folha de cálculo Excel, desenvolvida para este fim (Hopkins, 2017). As probabilidades quantitativas de uma alteração ser verdadeira foram determinadas qualitativamente da seguinte forma: <1%, quase certo de que não; 1 – 4,9%, muito pouco provável; 5 - 24,9%, pouco provável; 25 – 74,5%, possível; 75 – 94,5%, provável; 95 – 98,9%, muito provável; >99% quase certo, se a probabilidade de as mudanças aumentarem ou diminuírem for > 5% a alteração verdadeira é considerada incerta (Hopkins, 2017).

Para analisar a oscilação dos resultados das variáveis de cada atleta ao longo dos microciclos, foi determinado o coeficiente de variação (CV) (Plews et al., 2012).

Para determinação de validade estatística, foi definido o valor de probabilidade de $p<0,05$. Todas as análises dos dados foram realizadas através do software SPSS 28 (SPSS para software Windows 10, USA) e software Excel® para Microsoft 365 MSO (versão 2205 build 16.0.15225.20172).

3.5.3. Estudo 3

Os dados são apresentados como média e desvio padrão, valor máximo e mínimo. Antes da utilização de testes paramétricos, foi aplicado o teste Kolmogorov - Smirnov para verificar a normalidade dos dados. Foi aplicado um teste de Friedman para examinar se as medianas das várias variáveis eram iguais e em estudo *post-hoc* foi feita a comparação entre pares entre cada combinação de variáveis. Para obter uma medida de ES, foi aplicada a estimativa de Kendall (W) utilizando as recomendações de Botsch, (2011) e Tomczak & Tomczak, (2014): 0,10-0,19 (relação pequena), 0,20-0,29 (relação moderada) e > 0,30 (relação alta).

A relação entre as variáveis que descrevem as características dos encontros (e.g., duração do ponto, número de batimentos por ponto, recuperação), e respostas fisiológicas (e.g., FC, rMSSD, SNSIndex) obtidas dos vários encontros foram determinadas através do coeficiente de correlação produto-momento de Pearson. Para a interpretação do coeficiente de correlação obtido tomámos como referência os valores referidos por Cohen, (1992): 0,1-0,3 (relação pequena), 0,3-0,5 (relação moderada) e 0,5-1,0 (relação forte). Para determinação de validade estatística, foi definido o valor de probabilidade de $p<0,05$. Todas as análises dos dados foram realizadas através do software SPSS 28 (SPSS para software Windows 10, USA)

CAPÍTULO IV

APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

4.1. Estudo 1 - Monitorização da carga de treino, recuperação, e variabilidade da frequência cardíaca em atletas de elite de Ténis: Um estudo de caso.

Um dos fatores mais importantes para o sucesso de um atleta é a relação entre carga de treino/recuperação e a sua gestão. Se a intensidade do treino não for suficiente ou demasiado elevada, podem ocorrer adaptações não desejadas. Assim, não é surpresa que muitos atletas de elite vivam, cronicamente, na fronteira entre a boa adaptação e má adaptação (sobre treino, *overreaching* não funcional) (Plews, Laursen, et al., 2017b). A recolha de informação diária acerca das adaptações do atleta ao treino pode fornecer dados importantes que possam contribuir para uma melhor otimização do processo de treino e recuperação.

Foram objetivos do presente estudo:

- Descrever o comportamento de variáveis representativas do SNP e SNS, de manhã em situação de repouso durante um período de 4 e 3 semanas.

- Determinar de que forma o comportamento das variáveis representativas do SNP e SNS e variáveis psicométricas, varia em função de diferentes intensidades e volumes de treino ao longo das 4 e 3 semanas de treino.

- Determinar se existem associações entre as relações das variáveis representativas do SNP e SNS, avaliações psicométricas e diferentes intensidades e volumes de treino.

Hipóteses:

H1. Existem diferenças estatisticamente significativas nas variáveis psicométricas durante o período de 4 e 3 semanas de treino.

H2. Serão encontradas associações entre o volume de treino, carga de treino e variáveis fisiológicas.

4.1.1. Características da Amostra

A amostra deste estudo de caso foi constituída por dois jogadores profissionais de Ténis, Atleta A – masculino e Atleta B – feminino, idades 28 e 21 anos, anos de prática 22 e 14 anos, ambos internacionais, melhor ranking ATP 59 e WTA 102 respetivamente. As características antropométricas e de composição corporal, e a caracterização geral dos microciclos de treino, encontram-se descritos nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Características antropométricas e de composição corporal no início do estudo e no final.

	Atleta A		**Atleta B**	
	Início	Final	Início	Final
Altura (cm)	178	178	174	174
Peso (Kg)	68,7	68,4	72,5	72,1
Metabolismo Basal (Kcal)	1873	1996	1673	1734
Massa Gorda (%)	8,9	4,2	23,9	19,8
Massa Isenta Gordura (Kg)	62,6	65,5	55,2	57,8

4.1.2. Resultados

Durante os microciclos de treino o atleta A realizou 23 medições de VFC para uma observância de 82%, e a atleta B, 17 medições para uma observância de 81%. O valor mínimo e máximo de medições por microciclo foi respetivamente 5 e 7 para ambos. Foram preenchidos todos os questionários RestQ-Sport solicitados e foram atribuídos valores de RPE para todas as sessões de treino. Os microciclos de treino foram caracterizados por sessões de Ténis no campo e sessões de treino físico no campo e em ginásio. O número de sessões diárias variou entre 1 e 3. Ambos os atletas melhoraram os seus índices de massa

gorda e massa isenta de gordura (tabela 1). Durante as 3 semanas de estudo, o período menstrual não ocorreu á atleta B. Não houve qualquer tipo de lesão que comprometesse o desempenho dos atletas durante o estudo.

No que respeita à carga de treino (CT), verificamos uma variação semanal para os atletas A e B, respetivamente, de M1 para M2 de -34,3 e -18,5%; M2 para M3, +27,5 e +4,6% e apenas para o atleta A, de M3 para M4, -29%. Para o volume de treino (VT), verificamos uma variação semanal para os atletas A e B, respetivamente, de M1 para M2 de -32 e -18%; M2 para M3, +11,7 e +4% e apenas para o atleta A, de M3 para M4, -18,6%. Relativamente ao coeficiente de variação (CV), o atleta A apresenta maior variabilidade em todos os parâmetros (tabela 2).

Tabela 2. Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação (CV - %) nos, microciclos de treino (M1, M2, M3 e M4) através das variáveis: Número de Sessões de Treino (ST - au), Volume de Treino (VT – min), Perceção do Esforço (RPE – Borg CR-10), Carga de Treino (CT - au), Rácio CT e ST.

	Atleta A						
	M1	M2	M3	M4	CV%	Média	DP
ST (au)	15	10	12	10	17	11,75	2,0
VT (min)	1360	924	1032	840	13	1038	138
RPE (Borg CR-10)	6,9	6,8	8	6,8	8	7,13	0,58
CT (au)	9690	6360	8110	5755	21	7478,75	1542,0
CT:ST	646	636	676	576	7	633	7,19
	Atleta B						
	M1	M2	M3	CV%	Média	DP	
ST (au)	13	10	12	10	11,7	1,2	
VT (min)	1146	940	978	9	1020	90	
RPE (Borg CR-10)	8,2	8,2	8,7	3	8,4	1,9	
CT (au)	9250	7560	8285	10	8365	847,8	
CT:ST	712	756	690	5	7,19	33,5	

A tabela 3 mostra para cada atleta os valores (médias e DP) da FCrep e VFC, assim como o seu coeficiente de variação (CV) durante os microciclos de treino. Verificamos que exceto para o PNSIndex, todos os outros valores são superiores na atleta B. Esta Atleta apresenta ainda, uma maior variabilidade (CV) que o atleta A, principalmente nos índices PNSIndex e SNSIndex – 62,3 e 57,1% para 7,6 e 9,7% respetivamente. Para os atletas A e B, constatamos uma variação semanal da carga externa (VT), de M1 para M2, -31,9, -17,9%; M2 para M3, +11,4, +4,3% e apenas para o Atleta A, de M3 para M4, -18,4%.

Tabela 3. Valores médios, desvio padrão e coeficiente de variação (CV - %) dos microciclos de treino M1-M4) para atletas A e B, nas variáveis: Frequência Cardíaca em Repouso (FCrep-b.min⁻¹); Intervalo de tempo entre batimentos consecutivos (R-R-ms); Raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (rMSSD-ms); Logaritmo natural da raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (Ln rMSSD-au); Índice do Sistema Nervoso Parassimpático (PNSIndex); Índice do Sistema Nervoso Simpático (SNSIndex).

Atleta A

	M0	M1	M2	M3	M4	Média	DP	CV
FCrep (b.min⁻¹)	46,88	46,88	46,93	47,25	45,41	46,67	0,72	1,55
R-R (ms)	1280,7	1284,9	1280,6	1271,6	1324,6	1288,5	20,77	1,61
rMSSD (ms)	50,9	57,0	53,4	44,6	46,1	50,40	5,12	10,16
Ln rMSSD (au)	3,93	4,04	3,95	3,79	3,82	3,91	0,10	2,60
PNSIndex (au)	1,96	2,03	2,02	1,73	2,03	1,95	0,13	6,58
SNSIndex (au)	-1,46	-1,65	-1,49	-1,30	-1,49	-1,48	0,12	-8,42

Atleta B

	M0	M1	M2	M3	Média	DP	CV
FCrep (b.min⁻¹)	59,7	62,30	53,09	56,18	57,82	4,03	6,97
R-R (ms)	1005,6	968,6	1138,6	1076,0	1047,2	75,48	7,21
rMSSD (ms)	60,8	48,6	80,5	72,5	65,60	13,92	21,23
Ln rMSSD (au)	4,10	3,83	4,38	4,24	4,14	0,23	5,67
PNSIndex (au)	0,92	0,42	1,99	1,41	1,19	0,67	56,70
SNSIndex (au)	-0,80	-0,38	-1,52	-1,17	-0,97	0,49	-50,62

Na figura 6, podemos observar os valores diários de Ln rMSSD ao longo do período de estudo. Para o atleta A as maiores oscilações no CV diário foram de + 12,2 e – 10,9%, para a atleta B, foram de + 17,7 e – 13%.

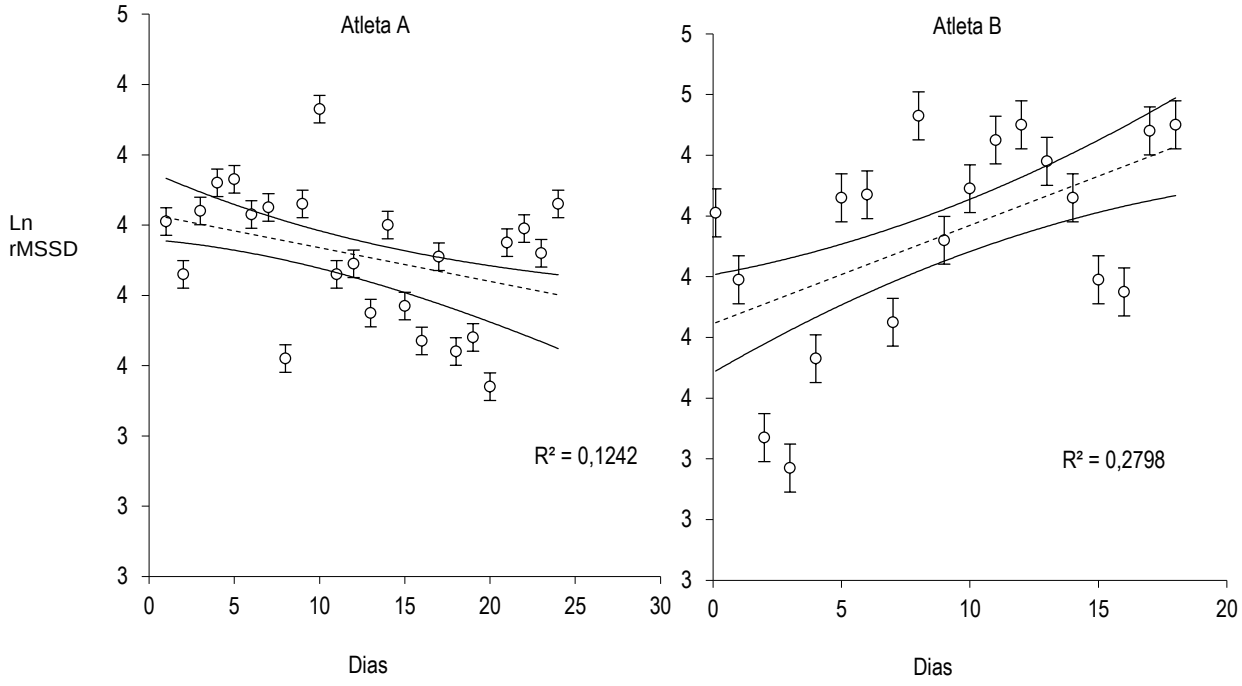


Figura 6. Descrição dos valores médios para os atletas A e B das variáveis Ln RMSSD (ms), ao longo dos dias de treino. As linhas horizontais a cheio representam os dois intervalos definidos através do cálculo individual da SWC. A linha horizontal tracejada representa a linha de tendência. As linhas verticais a cheio para cada pondo de dados representam a estimativa individual para cada variável do Erro Típico Estimado.

A tabela 4 mostra as variações em valor percentual das variáveis selecionadas para análise entre os microciclos de treino, *Effect Size* (ES) para limites de confiança de 90% e

SWC individualizada a cada atleta e variável. A probabilidade de a dimensão das variações reais poder ser: substancialmente positiva, trivial ou negativa, foi estimada qualitativamente. A figura 8, permite visualizar estas variações ao longo dos microciclos.

Os resultados mostram variações distintas para os dois indivíduos. Para o atleta A, os dados da variável Ln rMSSD mostram, aumento em M0-M1 (2,8%), substancialmente provável, efeito moderado; diminuição em M1-M2 (-2,23%), provável, efeito moderado; diminuição em M2-M3 (-4,05%), substancialmente muito provável, efeito moderado; aumento em M3-M4 (0,79%), incerta e efeito pequeno; e diminuição em M1-M4 (-5,4%), substancialmente quase certa e efeito elevado. Para o PNSIndex, aumento em M0-M1 (10,7%), provável, efeito moderado; diminuição em M1-M2 (-6,9%), possível, efeito moderado; diminuição em M2-M3 (-14,4%), substancialmente muito provável, efeito moderado; aumento em M3-M4 (17,3%), substancialmente muito provável, efeito elevado; e diminuição em M1-M4 (-9,7%), provável, efeito moderado. No que respeita à FCrep, sem alteração em M0-M1 (0,0%); aumento em M1-M2 (0,11%), incerto, efeito pequeno; aumento em M2-M3 0,68%), incerto, efeito pequeno; diminuição em M3-M4 (-3,89%), substancialmente quase certa e efeito moderado; e diminuição em M1-M4 (-3,14%), substancialmente muito provável e efeito moderado. Para o SNSIndex, aumento em M0-M1 (13%), provável, efeito moderado; aumento em M1-M2 (-9,7%), provável, efeito moderado; aumento em M2-M3 (-12,8%), provável, efeito moderado; diminuição em M3-M4 (14,6%), provável, efeito moderado; e aumento em M1-M4 (-9,7%), provável, efeito moderado. Para este atleta, foi ainda possível realizar uma recolha de dados, depois de 72 horas de repouso após o último treino. Assim, foi possível registar os valores absolutos das variáveis no primeiro dia de treinos (dados que refletem o dia anterior sem carga de treino) e este último dia. Para rMSSD, 54,9 e 58,1 ms; Ln rMSSD, 4,01 e 4,06 ms; para a FCrep, 47 e 42 $b.min^{-1}$; para o PNSIndex, 2 e 2,76 au; para o SNSIndex, -1,62 e -1,96 au, (figura 7).

Tabela 4. Variações entre microciclos (M) para Ln rMSSD (%), FCrep (%), PNSIndex (%) e SNSIndex (%). [↑] aumento; [↓] diminuição; [↔] variação trivial; [?] variação incerta. ES (au) – variação percentual dos variáveis x SWC. CL – limites de confiança, SWC (%) – variação mínima útil.

Atleta A

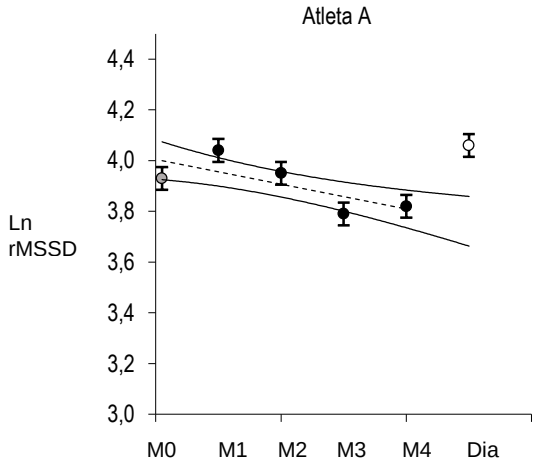
	M0 → M1	ES (90%CL)	**M1 → M2**	ES (90%CL)	**M2 → M3**	ES (90%CL)	**M3 → M4**	ES (90%CL)	**M0 → M4**	ES (90%CL)	SWC
Ln rMMSD (%)	2,8	2	-2,23	1,6	-4,05	2,9	0,79	0,6	-2,8	2	1,4
	↑ * Provável	M	↓ Provável	M	↓ * Muito Provável	M	? Incerto	P	↓ * Provável	M	
FCrep (%)	0,0	0,0	0,11	0,1	0,68	0,5	-3,89	2,8	-3,14	2,2	1,4
	? Incerto	-	↑↔ Provável	P	↑ * Quase Certo	P	↓ * Quase Certo	M	↓ * Quase Certo	M	
PNSIndex (%)	10,7	2,1	-6,9	1,4	-14,4	2,8	17,3	3,4	3,6	0,7	5,1
	↑ Provável	M	↔↓ Possível	M	↓ * Muito Provável	M	↑ * Muito Provável	E	? Incerto	P	
SNSIndex (%)	13,0	1,63	-9,7	1,2	-12,8	1,6	14,6	1,8	2,1	0,3	8,0
	↔↓ Provável	M	↑↔ Provável	M	↑↔ Provável	M	↔↓ Provável	M	? Incerto	P	

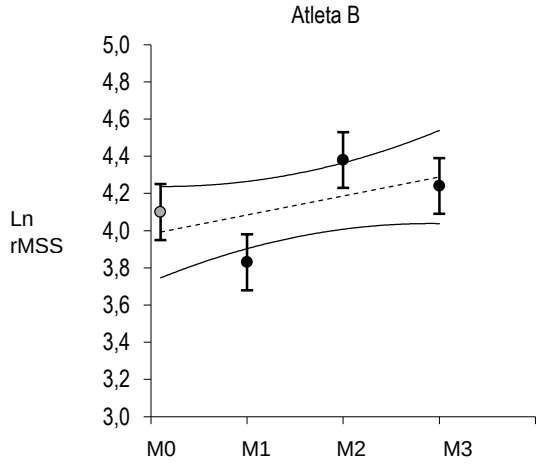
Atleta B

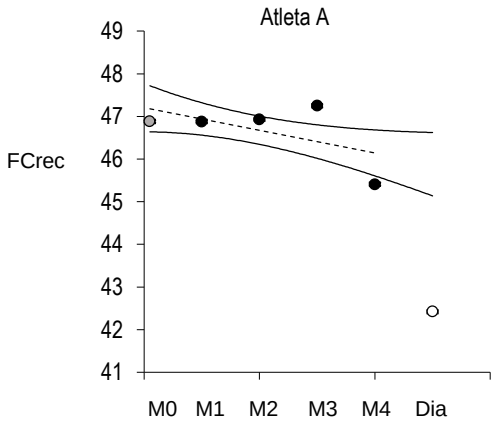
	M0 → M1	ES (90%CL)	**M1 → M2**	ES (90%CL)	**M2 → M3**	ES (90%CL)	**M0 → M3**	ES (90%CL)	SWC
Ln rMMSD (%)	-6,6	1,4	14,4	3,1	-3,2	-0.7	3,4	0,7	4,7
	↓ Provável	M	↑ * Muito Provável	E	? Incerto	P	? Incerto	P	
FCrep (%)	4,4	1,8	-14,8	-4,6	5,8	1,8	-5,9	1,8	3,2
	? Incerto	M	↓ * Quase Certo	E	? Incerto	M	? Incerto	M	
PNSIndex (%)	-54,3	1,6	373,8	9,3	-29,1	-0,7	53,3	1,6	33
	↔↓ Possível	M	↑ * Muito Provável	ME	↔↓ Possível	P	↑↔ Possível	M	
SNSIndex (%)	74	2,2	300	10	-23	-0.8	46,3	1,5	24
	↑↔ Possível	M	↓ * Muito Provável	ME	↑↔ Possível	P	↔↓ Possível	M	

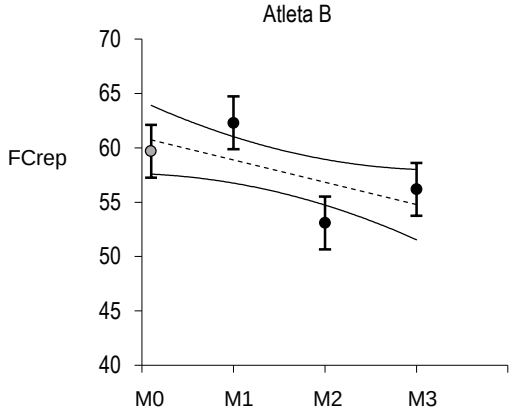
Legenda: P – Pequeno; M – Moderado; E – Elevado; ME – Muito Elevado; * - variações que são muito provavelmente substanciais

Para a atleta B, os dados da variável Ln rMSSD, mostram, diminuição em M0-M1 (-6,6%), substancialmente provável, efeito moderado; aumento em M1-M2 (14,4%), substancialmente muito provável e efeito elevado; diminuição em M2-M3 (-3,2%), incerto, efeito pequeno; aumento em M1-M3 (10,7%), substancialmente provável e efeito moderado. Para o PNSIndex, diminuição em M0-M1 (-54,3%), possível, efeito moderado; aumento em M1-M2 (373,8%), substancialmente muito provável e efeito muito elevado; diminuição em M2-M3 (-29,1%), possível, efeito pequeno; aumento em M1-M3 (235,7%), substancialmente provável e efeito muito elevado. Para a FCrep, aumento em M0-M1 (4,4%), incerto, efeito moderado; diminuição em M1-M2 (-14,8%), substancialmente muito provável e efeito muito elevado; aumento em M2-M3 (5,8%), incerto, efeito moderado; diminuição em M1-M3 (-9,8%), substancialmente provável e efeito muito elevado. Por último, para o SNSIndex, aumento em M0-M1 (74%), possível, efeito moderado; diminuição em M1-M2 (-300%), substancialmente muito provável e efeito muito elevado; diminuição em M2-M3 (-23%), possível, efeito pequeno; aumento em M1-M3 (207,9%), substancialmente provável, efeito muito elevado.









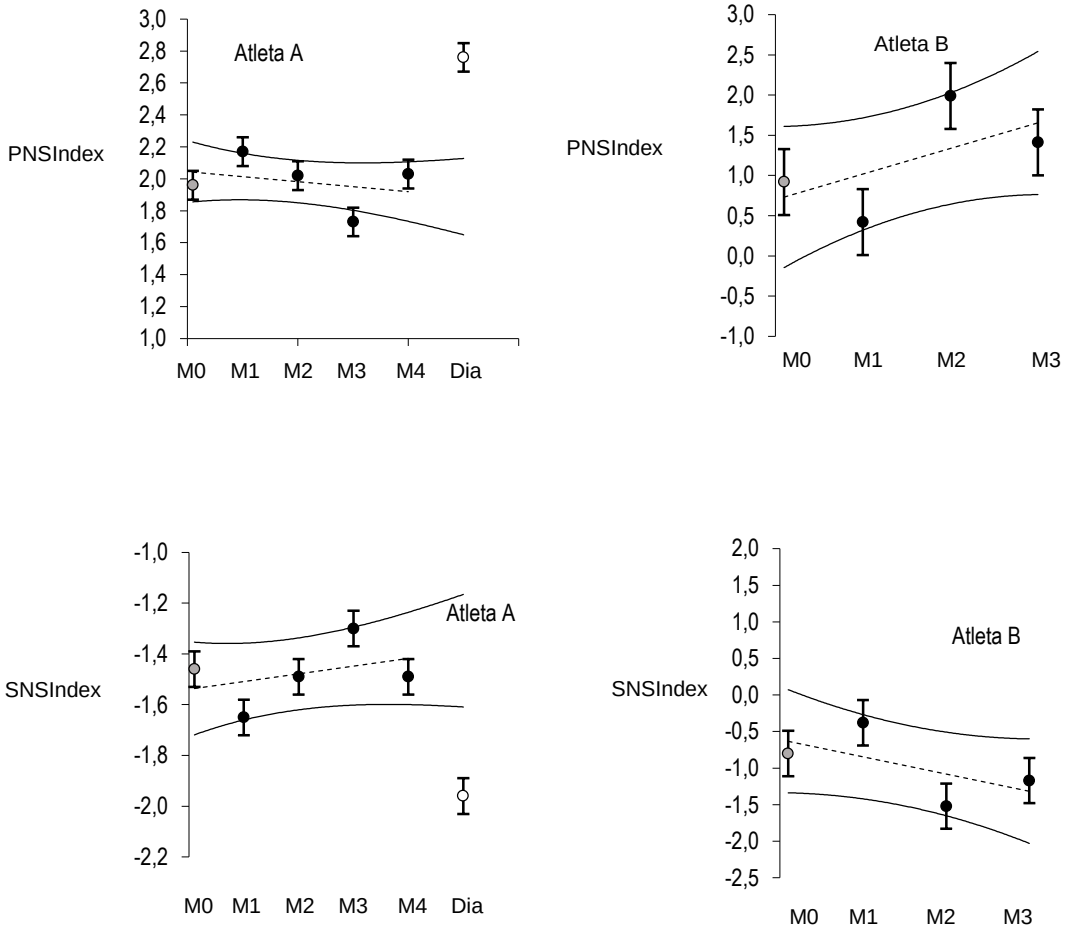


Figura 7 - Descrição dos valores médios para os atletas A e B das variáveis Ln RMSSD (ms), FCrep (b.min⁻¹), PNSIndex (au) e SNSIndex (au) ao longo dos microciclos de treino. M0 – valor basal. As linhas horizontais a cheio representam os dois intervalos definidos através do cálculo individual para cada variável da SWC. A linha horizontal tracejada representa a linha de tendência (valores de cada microciclo). As linhas verticais a cheio para cada pondo de dados representam a estimativa individual para cada variável do Erro Típico Estimado. Os pontos a cheio representam os dados dos microciclos e os pontos cinzentos representam os valores basais. Os pontos sem preenchimento no atleta A representam uma medição feita após o términus dos 4 microciclos e 72 horas de repouso.

Os dados dos questionários psicométricos (RestQ-Sport), estão apresentados na tabela 5 e 6 e figura 8, comparando as variações nos valores médios das cinco escalas de recuperação (Índice de Recuperação) e as 4 escalas de stress (Índice de Stress) entre os vários microciclos de treino, incluindo o primeiro questionário no início do estudo (M0). Foi aplicado o teste de Wilcoxon para observar as diferenças entre as respostas do primeiro questionário e as respostas após cada microciclo de treino, para o atleta A, foram

estatisticamente significativas no Índice de Recuperação, entre M0 e M3, z = -2,714, p < 0,01 e M0 e M4, z = -2,121, p < 0,03; para o Índice de Stress, entre M0 e M3, z = -2,266, p < 0,02 e M0 e M4, z = -2,412, p < 0,02. Para os restantes momentos, não houve diferenças estatisticamente significativas. Para a atleta B, encontrámos diferenças estatisticamente significativas no Índice de Recuperação, em M0 e M1, z = -2,762, p < 0,01 e para o Índice de Stress, entre M0 e M1, z = -2,683, p < 0,01; M0 e M2, z = -2,862, p < 0,01 e M0 e M3, z = -2,965, p < 0,01.

Para a análise do resultado dos dois índices ao longo do estudo, recorremos ao método da magnitude de inferências (Hopkins et al., 2009), anteriormente descrito. No caso do atleta A, os dados do Índice de Recuperação mostram que, não há alteração em M0-M1 (0,0%); diminuição em M1-M2 (-5,9%), incerto, efeito moderado; diminuição em M2-M3 (-12,5%), substancialmente provável e efeito moderado; aumento em M3-M4 (7,1%), incerto e efeito moderado. Para o Índice de Stress, aumento em M0-M1 (37,6%) provável e efeito moderado; em M1-M2 (0,0%), incerto efeito moderado; aumento em M2-M3 (32,2%), substancialmente provável e efeito moderado; sem alteração em M3-M4 (0,0%), incerto sem alteração.

Para a atleta B, os dados do Índice de Recuperação mostram, diminuição em M0-M1 (-22,6%) substancialmente quase certo e efeito elevado; aumento em M1-M2 (15,8%), substancialmente provável e efeito elevado; diminuição em M2-M3 (-4,4%), incerto e efeito pequeno. Para o Índice de Stress, aumento em M0-M1 (74,9%); substancialmente muito provável e efeito elevado aumento em M1-M2 (14%), incerto e efeito pequeno; aumento em M2-M3 (5,1%), incerto e efeito pequeno.

Tabela 5. Diferenças entre o microciclo de base (M0) e os seguintes, (M1, M2, M3 e M4) para as escalas do RestQ-Sport de recuperação e de stress. Índice de Recuperação (au) e Índice de Stress (au)

		Atleta A			
		M0→M1	**M0→M2**	**M0→M3**	**M0→M4**
Índice Recuperação (au)	z	0,00	-0,749	-2,714	-2,121
	p	n.s.	n.s.	0,01**	0,03*
Índice de Stress (au)	z	-1,310	-1,387	-2,266	-2,412
	p	n.s.	n.s.	0,02*	0,02*

(Continua na página seguinte)

		Atleta B		
		M0 → M1	**M0 → M2**	**M0 → M3**
Índice Recuperação (au)	z	-2,762	-1,508	-1,811
	p	0,01**	n.s.	n.s.
Índice de Stress (au)	z	-2,683	-2,862	-2,965
	p	0,01**	0,01**	0,01**

Legenda: * p< 0,05, ** p< 0,01

Tabela 6. Variações entre o primeiro microciclo (M) e o último para as escalas do RestQ-Sport de recuperação e de stress. Índice de Recuperação (%) e Índice de Stress (%). [↑] aumento; [↓] diminuição; [↔] variação trivial; [**?**] variação incerta. ES (au) – variação percentual dos variáveis x SWC. CL – limites de confiança, SWC (%) – variação mínima útil.

		Atleta A							
	M0→M1	ES (90%CL)	**M1→M2**	ES (90%CL)	**M2→M3**	ES (90%CL)	**M3→M4**	ES (90%CL)	SWC (%)
Índice Recuperação (%)	0	0	-5,9	-1,9%	-12,5	2,5	7,1	1,4	5
	? Incerto	-	? Incerto	M	↓ * Provável	M	? Incerto	M	
Índice de Stress (%)	37,6	2,9	0	0	32,2	2,5	0	0	13
	↑ Provável	M	? Incerto	-	↑* Provável	M	? Incerto	-	

		Atleta B					
	M0 → M1	ES (90%CL)	**M1 → M2**	ES (90%CL)	**M2 → M3**	ES (90%CL)	SWC (%)
Índice Recuperação (%)	-22,6	4,5	15,8	3,2	-4,4	0,9	5
	↓ * Quase Certo	E	↑ * Provável	E	? Incerto	P	
Índice de Stress (%)	74,9	5	14	0,9	5,1	0,3	15
	↑ * Muito Provável	E	? Incerto	P	? Incerto	P	

Legenda: P – Pequeno; M – Moderado; E – Elevado e ME – Muito Elevado * - variações que são muito provavelmente substanciais

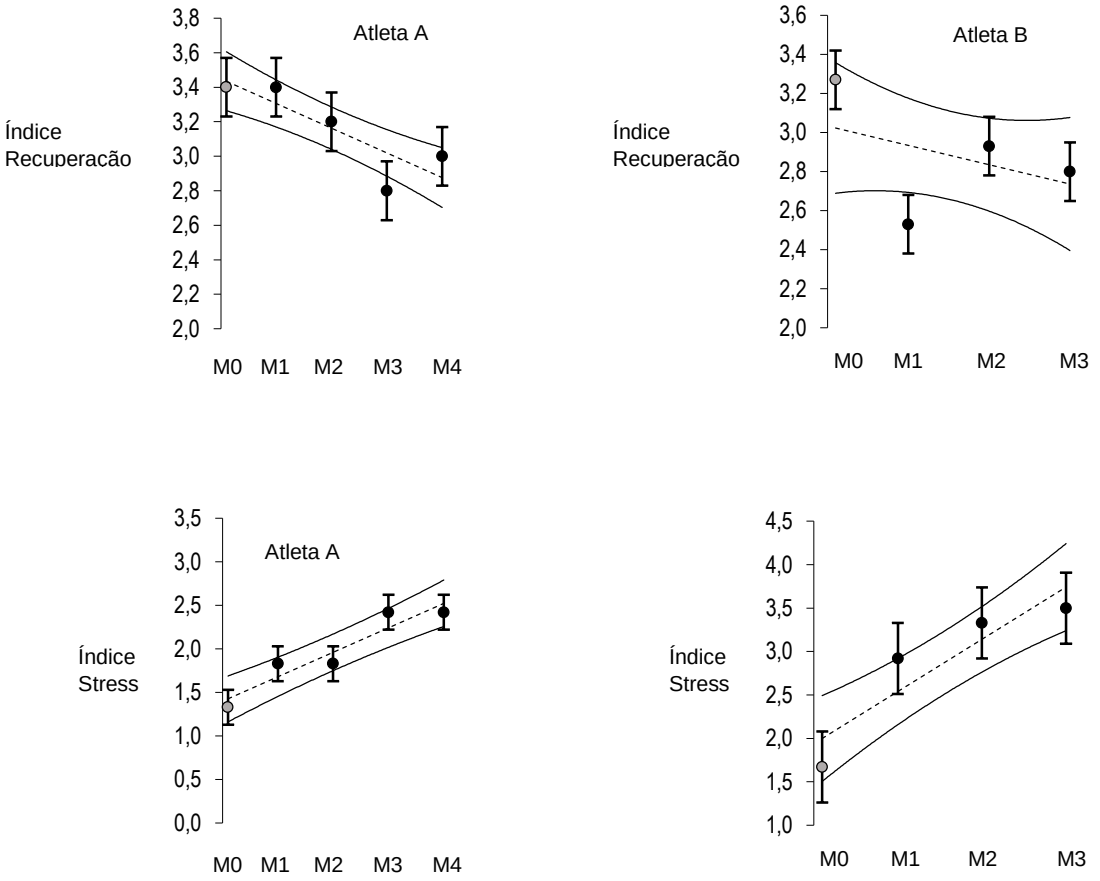


Figura 8 – Descrições dos valores médios dos atletas A e B, entre microciclos (M) para as escalas do RestQ-Sport de recuperação e de stress. Índice de Recuperação (au) e Índice de Stress (au). M0 – valor basal. As linhas horizontais a cheio representam os dois intervalos definidos através do cálculo individual para cada variável da SWC. A linha horizontal tracejada representa a linha de tendência. As linhas verticais a cheio para cada pondo de dados representam a estimativa individual para cada variável do Erro Típico Estimado. Os pontos a cheio representam os dados dos microciclos e os pontos cinzentos representam os valores basais.

Para determinar as possíveis associações entre a carga de treino e volume de treino e a perceção do esforço e as variáveis derivadas da frequência cardíaca, foi aplicado o coeficiente de Pearson (tabelas 7 e 8).

Tabela 7. Coeficientes de correlação (correlação de Pearson), entre as variáveis: Carga de Treino (CT-min.RPE); Volume de Treino (VT-min); Perceção do Esforço (RPE-CR-10); Frequência Cardíaca em Repouso (FCrep-b.min^{-1}); Logaritmo natural da raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (Ln rMSSD-ms); Intervalo de tempo entre batimentos consecutivos (R-R-ms); Índice do Sistema Nervoso Parassimpático (PNSIndex); Índice do Sistema Nervoso Simpático (SNSIndex).

			Atleta A			
	CT	VT	RPE	Ln rMSSD	R-R	Fcrep
VT	0,988**c	-				
RPE	0,692**c	0,645**c	-			
Ln rMSSD	0,214	0,229	-0,124	-		
R-R	-0,584**c	-0,547**c	-0,575**c	-0,172	-	
Fcrep	0,582**c	0,546**c	0,552**c	0,162	-0,999**c	-

Nota: *p< 0,05 **p<0,01; a) efeito pequeno; b) efeito moderado; c) efeito forte

Tabela 8. Coeficientes de correlação (correlação de Pearson), entre as variáveis: Carga de Treino (CT-min.RPE); Volume de Treino (VT-min); Perceção do Esforço (RPE-CR-10); Frequência Cardíaca em Repouso (FCrep-b.min^{-1}); Logaritmo natural da raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (Ln rMSSD-ms); Intervalo de tempo entre batimentos consecutivos (R-R-ms); Índice do Sistema Nervoso Parassimpático (PNSIndex); Índice do Sistema Nervoso Simpático (SNSIndex).

			Atleta B			
	CT	VT	RPE	Ln rMSSD	R-R	Fcrep
VT	0,992**c	-				
RPE	0,853**c	0,811**c	-			
Ln rMSSD	-0,353	-0,313	-0,268	-		
R-R	-0,293	-0,253	-0,152	0,829**c	-	
Fcrep	0,311	0,266	0,186	-0,848**c	-0,994**c	-

Nota: *p< 0,05, **p< 0,01; a) efeito pequeno; b) efeito moderado; c) efeito forte

No caso do atleta A, para a associação CT e VT, foi encontrada uma correlação positiva estatisticamente significativa, efeito forte, $r(22) = 0,998$, $p < 0,01$; para a associação CT e RPE, foi encontrada uma correlação positiva estatisticamente significativa, efeito forte, $r(22) = 0,692$, $p < 0,01$; para a associação CT e R-R, foi encontrada uma correlação negativa estatisticamente significativa, efeito forte, $r(22) = -0,584$, $p < 0,01$; para a associação CT e FCrep, foi encontrada uma correlação positiva estatisticamente significativa, efeito forte, $r(22) = 0,582$, $p < 0,01$. Para a associação entre a VT e RPE, foi encontrada uma correlação positiva

estatisticamente significativa, efeito forte, r(22) = 0,645, p < 0,01; para a associação entre a VT e R-R, foi encontrada uma correlação negativa estatisticamente significativa, efeito forte, r(22) = -0,547, p < 0,01; para a associação entre a VT e FCrep, foi encontrada uma correlação positiva estatisticamente significativa, efeito forte, r(22) = 0,546; p < 0,01; Para a associação entre RPE e R-R, foi encontrada uma correlação negativa estatisticamente significativa, efeito forte, r(22) = -0,575, p < 0,01; para a associação entre RPE e FCrep, foi encontrada uma correlação positiva estatisticamente significativa, efeito forte, r(22) = 0,552, p < 0,01. Para a associação entre Fcrep e R-R, foi encontrada uma correlação negativa estatisticamente significativa, efeito forte, r(22) = -0,999, p < 0,01. Para as restantes associações, não foram encontradas relações estatisticamente significativas.

No caso da atleta B, para a associação CT e VT, foi encontrada uma correlação positiva estatisticamente significativa, efeito forte, r(17) = 0,992, p < 0,01; para a associação CT e RPE, foi encontrada uma correlação positiva estatisticamente significativa, efeito forte, r(17) = 0,853, p < 0,01. Para a associação entre a VT e RPE, foi encontrada uma correlação positiva estatisticamente significativa, efeito forte, r(17) = 0,811, p < 0,01. Para a associação entre o Ln rMSSD e R-R, foi encontrada uma correlação positiva estatisticamente significativa, efeito forte, r(17) = 0,829, p < 0,01. para a associação entre a FCrep e Ln rMSSD, foi encontrada uma correlação negativa, estatisticamente significativa, efeito forte, r(17) = -0,848, p < 0,01. Para a associação entre Fcrep e R-R, foi encontrada uma correlação negativa estatisticamente significativa, efeito forte, r(17) = -0,994, p < 0,01. Para as restantes associações, não foram encontradas relações estatisticamente significativas.

4.1.3. Discussão

No presente estudo de caso, descrevemos as respostas cardíacas (FCrep e VFC) e psicológicas (RPE e RestQ-Sport), ao longo de 4 e 3 microciclos de treino de preparação para a época desportiva, em dois atletas profissionais de Ténis. Foram objetivos deste estudo:

- Descrever o comportamento de variáveis representativas do SNP e SNS, de manhã em situação de repouso durante um período de 4 e 3 semanas;

- Determinar de que forma o comportamento das variáveis representativas do SNP e SNS e variáveis psicométricas, varia em função de diferentes intensidades e volumes de treino ao longo das 4 e 3 semanas de treino;
- Determinar se existem associações entre as relações das variáveis representativas do SNP e SNS, avaliações psicométricas e diferentes intensidades e volumes de treino.

Este estudo de caso, tanto quanto sabemos, é o primeiro a mostrar interações entre o equilíbrio cardíaco autónomo, marcadores psicológicos do processo de stress-recuperação e características de intensidade dos treinos, em atletas profissionais de Ténis. Tem, ainda a particularidade, dos dados recolhidos serem ecologicamente válidos. Por outro lado, apesar das diferenças em valores absolutos que encontrámos entre o atleta A masculino e a atleta B feminina, não existe evidência que o género poderia afetar as tendências que são de interesse neste estudo (Plews et al., 2012). No entanto, a ausência de estudos nesta modalidade, e o ainda reduzido número de estudos com atletas de elite dificulta necessariamente esta discussão.

Na preparação de uma época profissional de Ténis, os jogadores só dispõem, normalmente, entre 3 a 5 semanas de treino. Na semana anterior ao início do estudo, os atletas fizeram treino ligeiro e as medições que serviram de valor de base. O VT dos microciclos de treino foi planeado de acordo com o que foi previamente estabelecido com os treinadores: semana de maior VT, seguida de semana de menor VT, seguida de semana de maior VT, etc., ao mesmo tempo, e independentemente das oscilações semanais, a linha de tendência do VT dos microciclos deveria ser descendente, tal como se verificou para ambos atletas, exceto no rácio CT:ST para a atleta B (tabela 2).

O facto de o grau de cumprimento do protocolo de recolha de dados ter tido uma percentagem relevante (+ 80%) é importante, tratando-se de jogadores de elite. Wallace et al., (2017), ao investigarem uma atleta de elite de Ski Alpino obtiveram uma percentagem de 19,53% ao longo de um período longo (257 dias) que incluiu o período competitivo. Flatt & Esco, (2014), consideram que a aplicação prática da monitorização em atletas através da VFC, é muitas vezes questionada devido a questões de tempo e procedimentos de recolha que implicam uma taxa de observância alta.

Da análise das características dos microciclos de treino, constatamos que para os dois atletas, os valores de CT por sessão de treino são semelhantes aos encontrados por Gomes

et al., (2015), que investigaram 384 sessões de treino em 12 jogadores profissionais de Ténis e reportam valores de 551,9 ± 183,0 au. No entanto, estes mesmos autores referem que para as sessões de treino encontraram valores de RPE de 4,8 ± 1,1, o que contrasta com os valores que encontramos (7,1 ± 0,6 e 8,4 ± 1,9). Uma possível explicação poderá estar no facto de o estudo ter incidido sobre as 7 primeiras semanas da época, incluindo encontros oficiais, e outra na variabilidade dos treinos (treinos de menor duração, mas mais intensos). Os resultados que encontrámos estão de acordo com as investigações de inúmeros autores que demostram uma muito forte associação entre a RPE e a CT (Day et al., 2004; Foster, et al., 2001; Herman et al., 2006; Lupo et al., 2014; Turner et al., 2017; Wallace et al., 2009, 2014). Curiosamente, não existem muitos estudos que investiguem a RPE durante as sessões de treino em Ténis.

Entre os dois atletas encontrámos diferenças no CV dos vários parâmetros, em que, no caso do atleta A, mais experiente e sendo treinado pela mesma equipa técnica há mais anos, apresentou um mesociclo com maior variabilidade. Curiosamente, é no rácio entre a CT e ST que, de M1 para M2 o valor aumenta para a atleta B implicando uma carga interna em cada ST superior à da semana anterior. A atleta B tinha mudado de equipa técnica muito recentemente, e a adaptação aos métodos de treino pode ter sido fator de influência.

Quando analisamos os valores diários de Ln rMSSD e o seu CV, constatamos uma maior variabilidade, superior na atleta B do que nos valores médios de cada microciclo. Vários autores, (Buchheit et al., 2013; Le Meur et al., 2013; Plews, Laursen, Kilding, et al., 2013b), face a esta grande variabilidade diária que pode atingir 30%, recomendam a utilização de médias semanais.

Assim, e no que respeita aos valores médios semanais de Ln rMSSD esta tendência inverte-se, maior CV de Ln rMSSD no atleta B e menor no atleta A. Na literatura também encontramos algumas diferenças neste coeficiente. Flatt et al., (2019), num estudo de caso de um atleta universitário de Futebol Americano, encontrou valores para o CV de Ln rMSSD de 3,1%; Nieto-Jiménez et al., (2020), investigaram uma atleta feminina de triatlo durante 16 semanas e reportaram um CV de 3,7%; Plews et al., (2014), encontraram valores médios de 8,6 ± 2,9% em 20 atletas amadores, por oposição a valores de 4,6 ± 1,8% em atletas de triatlo durante um estudo com a duração de 9 semanas; Flatt & Howells, (2019), investigaram uma equipa olímpica de Rugby Sevens durante 3 semanas e referem 6,3 ± 2,2%. No nosso estudo encontrámos para o CV de Ln rMSSD valores de 5 e 9% para o atleta A e B respetivamente, o que está de acordo com os valores encontrados em estudos de caso em atletas de elite. De acordo com Flatt et al., (2018) e Flatt & Esco, (2016), um coeficiente baixo em Ln rMSSD

normalmente reflete elevados níveis de forma física e boa adaptação ao treino, para além disso Flatt e Esco referem que os atletas altamente treinados muitas vezes apresentam valores de Ln rMSSD mais estáveis apesar de aumentos estatisticamente significativos na CT. Para as variáveis representativas do SNS, é difícil encontrar valores comparativos de outros estudos, pois para além de raramente serem referidos, são utilizados diferentes índices. No entanto, quando reportados são percentagens relativamente elevadas, 4,2% em Nieto-Jiménez et al., (2020). No nosso estudo encontramos para o SNSIndex valores de 2,2 e 6,5% para o atleta A e B respetivamente o que mais uma vez nos leva a especular que o número de anos de treinos de elevada intensidade podem influenciar a variabilidade destes parâmetros.

Os métodos de análise utilizados neste estudo, incluem a variação mínima útil (SWC) como intervalo de diferença que ultimamente, tem vindo a ser utilizado em vários estudos (Flatt et al., 2017; Muñoz-López & Naranjo-Orellana, 2020; Plews, et al., 2017a; Flatt & Howells, 2019). Estes estudos utilizam como referência base para determinar o SWC, um único dia (Flatt, Esco, et al., 2017), ou uma semana de treinos (Flatt & Howells, 2019; Plews, Laursen, et al., 2017a). O SWC que calculámos para cada atleta do nosso estudo, está em linha com os valores de referência propostos por Buchheit, (2014). Para a interpretação das respostas dos atletas, decidimos ainda, combinar tanto o SWC para o intervalo de diferença, como o EP para cada variável tal como proposto por Hopkins, (2017), e porque tem em consideração a variação da medição ou o próprio teste (EP) e a variação biológica (SWC) (Buchheit, 2014). Assim, enquanto este autor recomenda para a FCrep um SWC de 2%, no nosso estudo calculámos o valor de 1,4 e 3,2% para os atletas A e B respetivamente de forma a aumentar a precisão e respeitar as diferenças de cada um.

O resultado das oscilações semanais de cada variável em cada atleta permite constatar a forma individualizada como cada uma reagiu a este período de treinos. Dois momentos distintos emergem destes dados (tabela 4). Para o atleta A, é em M3, que verificamos uma descida substancial e muito provável (98%) de Ln rMSSD e PNSIndex (96%), e na FCrep uma subida substancial e quase certa (100%), no entanto, com um ES pequeno e em SNSIndex um aumento provável (86%). É importante referir que neste microciclo (M3) foram atingidos para cada variável os valores mais baixos e mais altos (figura 8), revelando estes índices de atividade do SNS e SNP que eventualmente, o atleta estaria a recuperar com maior dificuldade. Para a atleta B, foi em M1 que verificámos o mesmo padrão de variação nestes 4 índices e que foram atingidos para cada variável os valores mais baixos e mais altos, no entanto, as probabilidades de estas variações serem verdadeiras são mais baixas (entre

84 e 60%). A explicação está no maior CV desta atleta que implicou a determinação de um erro padrão muito superior ao do atleta A.

Para ambos atletas, a resposta no microciclo seguinte (M4 e M2 respetivamente) foi de inversão das tendências em todos os índices, e no caso da atleta B podemos mesmo referir uma situação de super compensação, não só as probabilidades de estas variações serem verdadeiras foram elevadas (entre 96 e 99%) e os ES elevados ou muito elevados, mas também, os valores absolutos das variáveis ultrapassaram os valores do microciclo anterior ao (M0 neste caso). Após este período de super compensação parece ter havido uma tendência para que os valores retornassem aos valores de base, no entanto, não havendo mais dados disponíveis para além de M3, apenas podemos especular. No caso do atleta A, ainda foi possível realizar uma recolha cerca de 72 horas após o último treino. Esta última medição parece confirmar a tendência de recuperação dos valores, mas deve ser lida com cuidado pois trata-se apenas de um dia de recolha, ainda assim, quando comparamos com o 1º dia ainda sem a influência da carga externa do treino, verificamos inclusivamente uma super compensação: Ln rMSSD 4,06, 4,01ms; FCrep 42, 47 $b.min^{-1}$; PNSIndex 2,76, 2,0 e SNSIndex -1,96, -1,62, último dia ao 1º dia respetivamente.

Quando procuramos relacionar os resultados obtidos com os de algumas investigações de referência (atletas de elite), devemos ter em consideração alguns aspetos: a grande maioria das investigações são feitas a nível de grupo (apesar de nos últimos tempos existir a preocupação de observar as diferenças Intra indivíduo), as metodologias escolhidas, quer a nível de procedimentos quer a nível do tratamento estatístico preferido são muitas vezes diferentes, modalidades distintas, volume e intensidade de treinos variáveis, duração do estudo e, os estudos de caso reportados são normalmente em modalidades predominantemente aeróbias e de longa duração (i.e., triatlo, corrida, ciclismo). Esta variabilidade pode eventualmente explicar a discrepância de alguns resultados nestes estudos (Bellenger et al., 2016; Martin Buchheit, 2014)

No entanto, importa referir alguns resultados que nos parecem relevantes. Flatt & Esco, (2014), investigaram durante 9 semanas, incluindo 8 semanas de um período competitivo, um corredor de elite universitário e verificaram um aumento do Ln rMSSD de 4,26 para 4,34ms no final da 4ª semana e retorno para 4,24ms no final da 9ª semana. Stanley et al., (2015a), examinaram um atleta de elite de triatlo durante 32 semanas e observaram que quando o atleta conseguia lidar bem com a carga (perceção de fadiga) o Ln rMSSD aumentava (ES 3,6 – M) e a FCrep diminuía (ES 3,8 – M), o inverso acontecia quando o atleta não lidava bem com a carga de treino Ln rMSSD diminuía (ES 6,0 – M) e a FC_{rep} aumentava

(ES 6,5 – M). Flatt et al., (2019) durante a investigação de um atleta universitário de Futebol Americano reportaram, antes da lesão que ocorreu ao oitavo dia, ausência de variação em Ln rMSSD: 4,5 ± 0,4ms e 4,6 ± 0,5ms. Plews et al., (2012), compararam dois atletas de elite de triatlo durante 10 semanas e encontraram para um, aumento gradual da FCrep (+ 3,12 $b.min^{-1}$ / semana) e diminuição de Ln rMSSD (- 0,16ms / semana) e uma tendência de descida da FCrep (- 0,34 $b.min^{-1}$ / semana) e aumento de Ln rMSSD (+ 0,01ms / semana) para o outro atleta. Refira-se que ao fim de 7 semanas de estudo, foi diagnosticado ao primeiro atleta *overreaching não funcional*.

Os estudos de caso com atletas femininos são raros. Nieto-Jiménez et al., (2020), investigaram uma atleta de triatlo de nível amador e encontraram pequenas variações no primeiro mesociclo (6 semanas) de 4,76 para 4, 77ms no Ln rMSSD e com um CV de 5%. Tibana et al., (2019), por seu turno, acompanharam uma atleta de elite de *Cross-Fit* durante 38 semanas, avaliando a VFC através de uma aplicação comercial de *smartphone,* encontraram um valor médio de 8,0 ± 0,3ms, sendo o valor máximo de 8,55 e mínimo de 7,25ms e observando uma tendência de descida durante as 4 primeiras semanas. Wallace et al., (2017), investigaram uma atleta de elite de Ski Alpino durante 257 dias. A média semanal de Ln rMSSD manteve-se estável durante o período do estudo exceto durante 3 diminuições evidentes em que duas delas (semanas 8 e 33) corresponderam a picos de intensidade de treino.

Para a análise dos dados do questionário RestQ-Sport, procurámos em primeiro lugar, perceber se existiriam diferenças estatisticamente significativas entre o resultado obtido antes do período de estudo (M0), e após este mesmo período (M4 e M3) para cada atleta, em segundo lugar, caracterizar as variações entre cada microciclo de treino. A robustez deste tipo de questionários, em particular o RestQ-Sport, tem sido amplamente demostrada (Heidari et al., 2019; Filho et al., 2013; Kellmann, 2010; Van Der Does et al., 2017), mostrando que em geral, níveis mais elevados nas escalas de recuperação indicam boa capacidade de recuperação e de lidar com o estímulo de treino, e níveis mais elevados nas escalas de stress, maior dificuldade. Interessantemente, encontrámos em M3 para o atleta A e em M1 para a atleta B, tanto diferenças estatisticamente significativas, como variações substanciais com probabilidades de serem verdadeiras entre 91 e 100% para o Índice de Recuperação e 94 e 96% para o Índice de Stress, respetivamente para o atleta A e B. Assim, os dados parecem mostrar um comportamento similar aos da VFC precisamente nestes dois momentos específicos (figura 9). Ainda são muito escassos os estudos que procuram investigar índices de VFC e o RestQ-Sport.

Morales et al., (2014), dividiram 14 atletas masculinos de Judo em dois grupos de 7 e durante 4 semanas um grupo realizou treinos intenso (TI) e outro treino moderado (TM). Realizaram duas recolhas (pré-teste e pós-teste) e reportaram para rMSSD, grupo TM, 67,04 ± 19,28ms e 69,43 ± 18,43ms ($p > 0,05$) e para o grupo TI, 84,98 ±14,42ms e 38,83 ± 7,18ms ($p > 0,01$), respetivamente. Para o pós-teste, o Índice de Recuperação o grupo TI mostrou menor valor que TM, 3,16 ± 0,04 au ($p < 0,01$) e para o Índice de Stress, 1,99 ± 0,06 au. Para o pré-teste não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas.

Morales et al., (2019) investigaram 12 atletas femininas, profissionais de futebol durante um período de seis semanas, recolhendo os dados no início e no fim do mesociclo. Não encontraram diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$), para os Índices de Recuperação e de Stress e reportaram valores de 72,6 ± 14,36ms e 76,6 ± 9,11ms para rMSSD no início e final das 6 semanas, respetivamente.

Nicolas et al., (2016), investigaram 24 nadadoras femininas e 48 masculinos, idade 16,5 ± 2,6, de nível nacional, durante 6 semanas. A recolha de dados do RestQ-Sport, foi feita em 3 momentos: no final da 1ª semana de treino moderado (TM), após 3 semanas de treino de aumento considerável da CT (TI) e no final de 2 semanas de um período de *taper*, (TAP). Os valores de Ln rMSSD foram recolhidos antes e após o período de *taper*. Estes autores reportaram para o Índice de Recuperação, uma pequena descida em TM-TI, ($p < 0,04$, $d = 0,31$); aumento moderado em TI-TAP, ($p < 0,01$, $d = 0,71$); para o Índice de Stress, aumento elevado em TM-TI, ($p < 0,01$, $d = 0,86$) e descida elevada entre TI-TAP, ($p < 0,01$, $d = 1,53$). Encontraram valores de Ln rMSSD de 3,61 ± 0,85 e 4,05 ± 0,54 para o início e final do período de *taper*, correlações estatisticamente não significativas ($p < 0,05$) para os dois índices do RestQ-Sport. No nosso estudo, o comportamento dos Índices de Recuperação e de Stress dos atletas A e B não têm exatamente o mesmo padrão. Para a atleta B, verificamos, tal como os autores encontraram, uma descida acentuada do Índice de Recuperação, mas foi seguido de aumento apesar do aumento da CT. Para o atleta A, e tal como vimos só a partir de M2 para M3 é que se verifica uma descida substancial, e depois então uma subida. Relativamente ao comportamento dos Índices de Stress, é mais difícil de relacionar os dados pois não houve verdadeiramente um período de *taper*, apenas uma semana de menor CT (5755 au) para o atleta A e uma semana de carga intensa para a atleta B (8285 au), que tal como seria previsível, continuou a aumentar este índice. A CT das duas semanas de *taper* do estudo foi, 3776 ± 753 au e 2362 ± 659 au. Para o atleta A, seria previsível uma eventual descida do índice de M3 para M4, mas apenas houve uma estagnação. Possivelmente a acumulação das

semanas de treino, início da época competitiva em poucos dias, e/ou outros fatores de stress, poderão ter contribuído para esta situação.

Do ponto de vista descritivo, a linha que mais se assemelha com a variação da CT parece ser a do índice de Recuperação, em particular para o caso da atleta B. No que respeita ao atleta A, outros fatores, como já foi referido, podem influenciar estes índices.

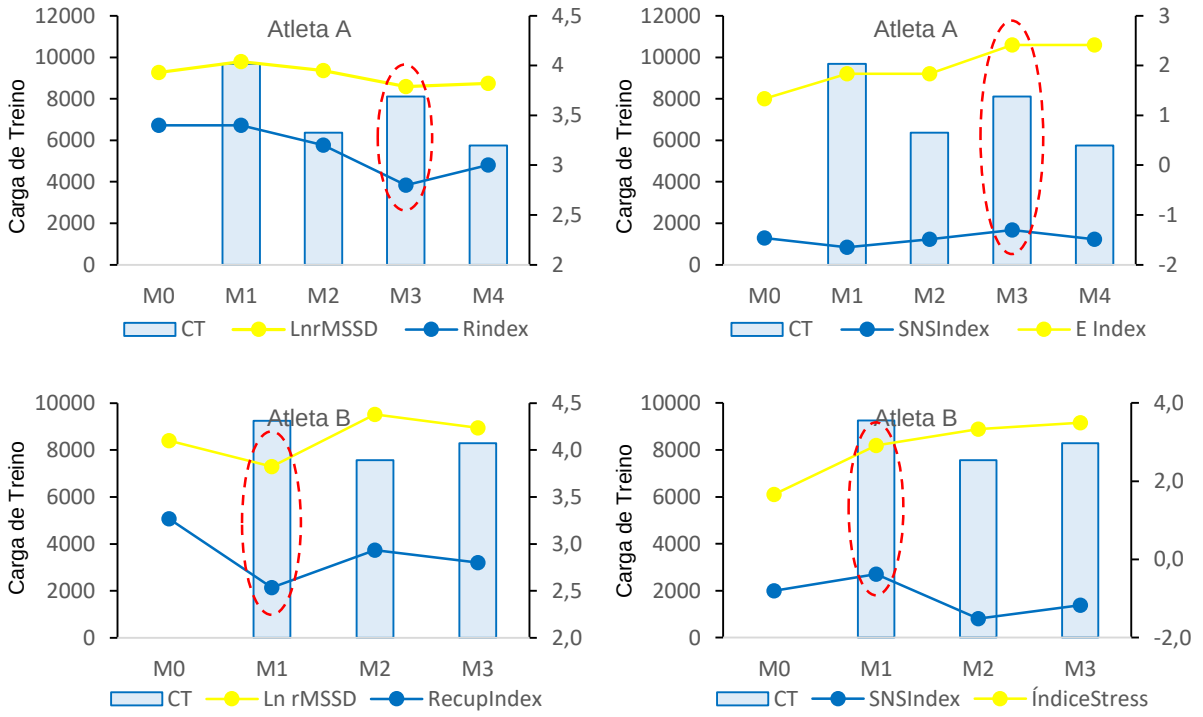


Figura 9. Variação entre cada microciclo, das variáveis: CT (eixo x principal – au); Ln rMSSD (eixo x secundário - ms); SNSIndex (eixo x secundário - $b.min^{-1}$); Índice de Recuperação (eixo x secundário - au) e Índice de Stress (eixo x secundário - au); para os atletas A e B. A forma circular a tracejado assinala M3 e M1, respetivamente para cada atleta.

Para procurar perceber melhor as possíveis interações entre as variáveis fisiológicas investigadas, as variáveis psicométricas e as variáveis que caracterizaram os microciclos de treino procurámos investigar as possíveis associações entre elas.

Como seria de esperar, e face à literatura (Foster et al., 2017; Haddad et al., 2017), encontrámos correlações fortes para a RPE dos atletas e o VT. Na modalidade de Ténis, Gomes et al., (2015), investigaram 384 sessões de treino em 12 jogadores profissionais de Ténis, 23 encontros simulados e 13 encontros oficiais, compararam o método de

Edwards'TRIMP com o de sRPE e encontraram correlações estatisticamente significativas ($p < 0,05$) de $r = 0,74$, 0,57 e 0,99, respetivamente. No nosso estudo, não encontrámos correlações estatisticamente significativas entre Ln rMSSD e RPE e Ln rMSSD e VT. Estes resultados estão em linha com as investigações de estudo de caso de Nieto-Jiménez et al., (2020); Nieto-Jimenez et al., (2019); e Tibana et al., (2019), estes autores propõem que estas não associações são um dado a favor para assumir o Ln rMSSD como indicador de carga interna; consideram ainda que se trata do reflexo de uma boa planificação dos microciclos de treino.

Encontrámos resultados diferentes no atleta A e B no que respeita às associações entre a Fcrep e R-R e a CT, VT e Ln rMSSD. No caso do Atleta A, a resposta da Fcrep à CT e VT do dia anterior parece ser um bom indicador da intensidade dos treinos, por outro lado a correlação forte com a RPE também reforça a importância deste índice para este atleta e a sua qualidade na capacidade de avaliar o seu próprio esforço. Para a atleta B, o facto de só a RPE se associar com a CT e VT, parece ser indicativo que esta atleta pode estar a sobrevalorizar a carga externa (VT). Fatores como a idade, experiência, género, forma física e fatores de personalidade podem ser influenciadores da RPE (Haddad et al., 2017). No entanto, sendo certo que estes fatores poderiam influenciar a perceção da intensidade do exercício, a literatura científica suporta a validade deste método, mesmo considerando estes fatores (Haddad et al., 2014).

Para o atleta A não foi encontrada uma associação entre a Fcrep e Ln rMSSD, ao contrário da atleta B que apresentou uma forte correlação negativa, este será porventura o resultado esperado em resposta ao estímulo dos treinos, i.e., Fcrep mais elevada implica uma atividade vagal mais baixa e vice-versa. No caso do atleta A, poderíamos pensar estar na presença de uma má adaptação, mas possivelmente trata-se de uma situação de saturação parassimpática, em que a Fcrep muito baixa deste atleta (46,6 ± 0,82) pode ser um fator que contribui para o fenómeno (Buchheit, 2014; Plews et al., 2012; Plews, et al., 2017).

4.1.4. Conclusões

A análise dos dados deste estudo de caso permite apresentar as seguintes conclusões:

- As médias semanais das medições da VFC feitas ao acordar parecem ser uma forma útil para monitorizar o equilíbrio SNS/SNP e potencialmente refletirem as adaptações ao treino nestes dois atletas de elite de Ténis.

- As respostas da FC e VFC são individuais e como tal, para a sua interpretação, é importante considerá-las em função de cada um destes atletas.

- O método proposto para monitorizar a CT (sRPE), parece ser válido para estes dois atletas na modalidade de Ténis.

- Os resultados dos questionários psicométricos (RestQ-Sport), parecem corroborar os dados da FCrep e VFC e refletir o estado de recuperação/stress de cada um destes atletas.

Verificamos, a hipótese H1 e verificámos parcialmente a H2.

4.2. Estudo 2 - Monitorização das adaptações ao treino em dois atletas de Ténis de elite: Comparação metodológica.

A procura por métodos que permitam que de uma forma eficaz as adaptações individuais ao treino possam ser monitorizadas, tem sido uma constante por parte de treinadores, atletas e investigadores na área das ciências do desporto. Nesse sentido, tem sido demonstrado que os índices derivados da FC, tal como Fcrep, e VFC aumentam e diminuem de acordo com o regime de treinos (Bellenger et al., 2016; Buchheit, 2014), podendo ser um instrumento não invasivo, de fácil aplicação e pouco oneroso (Altini & Amft, 2016).

Da análise dos dados do estudo anterior, algumas questões podem ser exploradas. Sabemos que existem fatores que podem influenciar as medições de VFC, mesmo em situação de repouso matinal, tais como a luz, ruído e temperatura (TaskForce, 1996), para além da carga externa do dia anterior e/ou outros fatores sociais ou psicológicos (Bellenger et al., 2016), assim, parece-nos importante perceber de que forma a variação diária dos índices Fcrep e Ln rMSSD diferem da variação média semanal.

No que respeita a atletas de elite, a monitorização da carga de treino, é ainda mais premente. Mas a interpretação dos dados da VFC deve ser cuidadosamente considerada (Plews, et al., 2017), o fenómeno de saturação parassimpática pode induzir em erros e conclusões falsas (Martin Buchheit, 2014). No estudo anterior, observámos associações entre as variáveis Fcrep e Ln rMSSD distintas entre os dois atletas, procurámos assim, contribuir para a interpretação destes dados.

Foram objetivos do presente estudo descritivo:

- Contribuir para a interpretação das variações individuais de cada atleta na variável Ln rMSSD.
- Comparar metodologias diferentes para analisar as respostas das variáveis Fcrep e Ln rMSSD em função da carga de treino;

Hipóteses:

H1. Existe uma associação entre as variáveis Ln rMSSD e R-R nos dois atletas.

4.2.1. Características da Amostra

A amostra foi constituída pelos mesmos participantes do estudo anterior.

4.2.2. Procedimentos específicos

Para investigar as possíveis diferenças entre os valores dos índices Fcrep e Ln rMSSD através das médias semanais, ou através de um dia da semana, decidimos escolher 3 dias distintos:

- O dia de recolha matinal após o dia de descanso semanal, normalmente à 2ª feira;
- O dia de recolha matinal a meio do microciclo de treino (após 3 dias de treinos), normalmente à 5ª feira;
- O dia de recolha matinal após 5 dias de treinos, normalmente ao sábado.

As razões para estas escolhas particulares prendem-se com: i) avaliação da VFC após período de recuperação; ii) avaliação da VFC durante o microciclo de treino; iii) avaliação da VFC após a acumulação da carga. A análise dos dados foi feita através de uma folha de cálculo desenvolvida para esse fim (Hopkins, 2017).

4.2.3. Resultados

A associação entre Ln rMSSD e R-R e o seu rácio durante o período do estudo microciclos de treino está descrita na figura 10. Os dois atletas mostram relações diferentes.

Da aplicação do coeficiente de Pearson, resulta uma forte associação, estatisticamente significativa ($r = 0,829$, $p < 0,01$), mostrando no gráfico uma relação linear para a atleta B e no caso do atleta A, a correlação não é estatisticamente significativa ($r = 0, 148$, $p > 0,05$), mostrando no gráfico a dispersão dos valores.

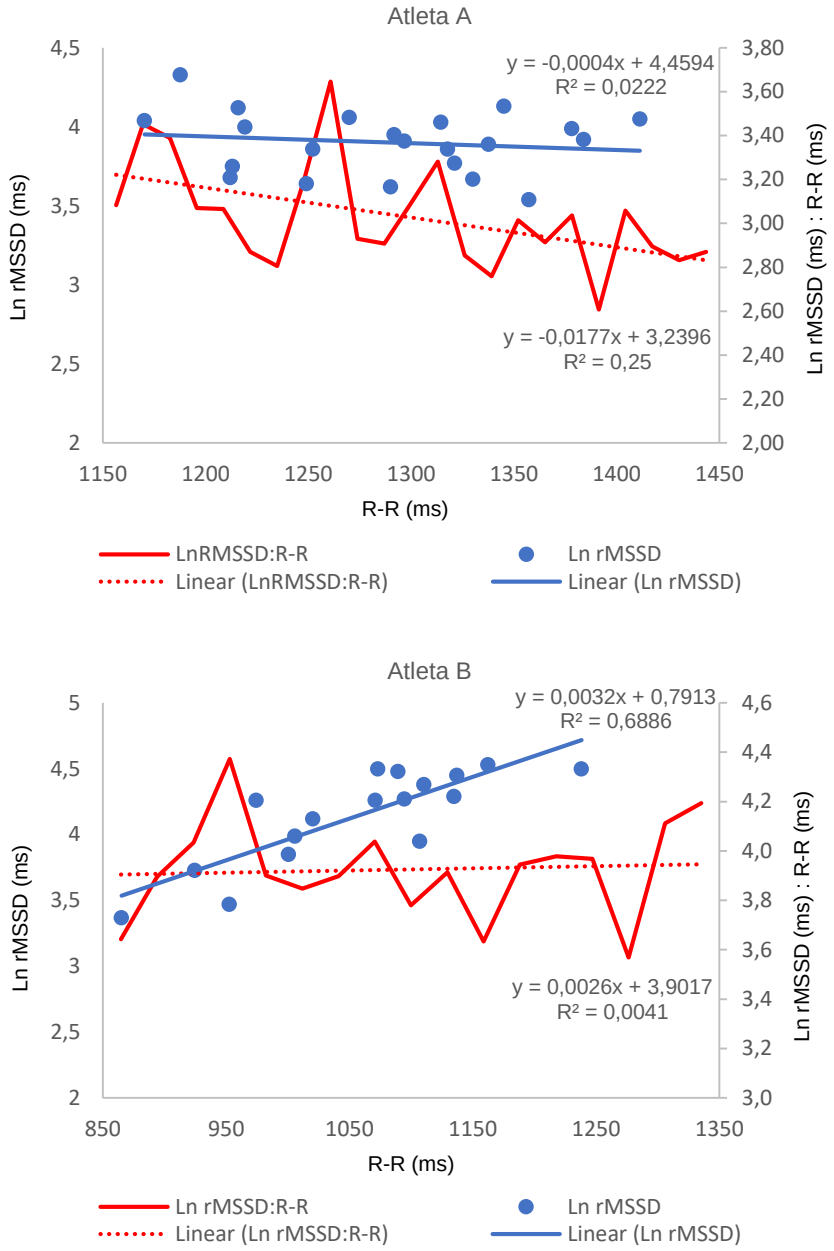


Figura 10. Relação ao longo do estudo, nos atletas A e B, entre as variáveis logaritmo natural da raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (Ln rMSSD-ms) e intervalo de tempo entre batimentos consecutivos (R-R-ms), rácio Ln rMSSD:RR e linhas de tendência.

Para o atleta A, o valor médio do CV de Ln rMSSD, para a média semanal foi de 2,98%, comparando com o valor de 4,42, 8,95 e 1,94% para segunda-feira (2a), quinta-feira (5a) e sábado (SAB), respetivamente. Para o atleta B, o valor médio do CV de Ln rMSSD, para a média semanal foi de 6,89%, comparando com o valor de 8,15, 4,52 e 2,67% para 2a, 5a e SAB respetivamente. Para o atleta A, o valor médio do CV de FCrep, para a média semanal foi de 1,76%, comparando com o valor de 5,44, 6,41 e 2,62% para 2a, 5a e SAB

respetivamente. Para o atleta B, o valor médio do CV de FCrep, para a média semanal foi de 8,20%, comparando com o valor de 5,34, 8,35 e 2,23% para 2a, 5a e SAB respetivamente.

As diferenças entre Ln rMSSD e Fcrep (média semanal e dias selecionados) com base no SWC estão expostas na tabela 9. No caso do atleta A, a variação de percentagem de Ln rMSSD para a média semanal foi de -2,8% (ES = 2,0) e de -0,3% (ES = 0,21), -12,4% (ES = 8,9) e +1,1% (ES = 1,1), 2a, 5a e SAB respetivamente. Para a atleta B, a variação de percentagem de Ln rMSSD para a média semanal foi de +3,4% (ES = 0,7) e de +9,8% (ES = 2,1), -3,7% (ES = 0,8) e +9,3% (ES = 2,0), 2a, 5a e SAB respetivamente. Para o atleta A, a variação de percentagem da FCrep para a média semanal foi de –3,14% (ES = 2,2) e de -7,51% (ES = 5,4), -5,7% (ES = 4,1) e -7,12% (ES = 5,1), 2a, 5a e SAB respetivamente. Para a atleta B, a variação de percentagem de FCrep para a média semanal foi de -5,9% (ES = 1,8) e de -6,3% (ES = 2,0), -9,2% (ES = 2,9) e -7,7% (ES = 2,4), 2a, 5a e SAB respetivamente.

Tabela 9. . Variações entre a média semanal (Msem), segunda-feira (2a), quinta-feira (5a) e sábado (SAB) para Ln rMSSD (%); FCrep (%); ES (au) – variação percentual dos variáveis x SWC. CL – limites de confiança, SWC (%) – variação mínima útil.

	Atleta A								
	Msem	ES (90%CL)	2a	ES (90%CL)	5a	ES (90%CL)	SAB	ES (90%CL)	SWC
Ln rMSSD (%)	-2,8	2,0 M	-0,3	0,21 P	-12,4	8,9 ME	+1,5	1,1 M	1,4
Fcrep (%)	-3,14	2,2 M	-7,51	5,4 E	-5,70	4,1 E	-7,12	5,1 E	1,4
	Atleta B								
	Msem	ES (90%CL)	2a	ES (90%CL)	5a	ES (90%CL)	SAB	ES (90%CL)	SWC
Ln rMSSD (%)	+3,4	0,7 P	+9,8	2,1 M	-3,7	0,8 P	+9,3	2,0 M	4,7
Fcrep (%)	-5,9	1,8 M	-6,3	2,0 M	-9,2	2,9 M	-7,7	2,4 M	3,2

Legenda: P – Pequeno; M – Moderado; E – Elevado; ME – Muito Elevado

As variações semanais na FCrep e Ln rMSSD (dias isolados e média semanal), em conjunto com o intervalo SWC, estão representadas nas figuras 11 e 12.

Da observação da figura 11 e 13 (atleta A), destacamos os valores e variações mais importantes. No que respeita ao Ln rMSSD, o valor em M3 para 2a foi de 3,64ms, variação para M2 de -6,4%, para 5a, o valor em M3 foi de 3,77ms, variação para M2 de -12,9%, comparando com a média semanal de 3,79ms e variação de -4,1%. O valor em M4 para a 5a é de 3,54ms, variação negativa para M3 de -6,1%. Para a média semanal o valor foi de 3,82ms, variação positiva para M3 de 0,8%. No que respeita à Fcrep o valor em M1 para 2a

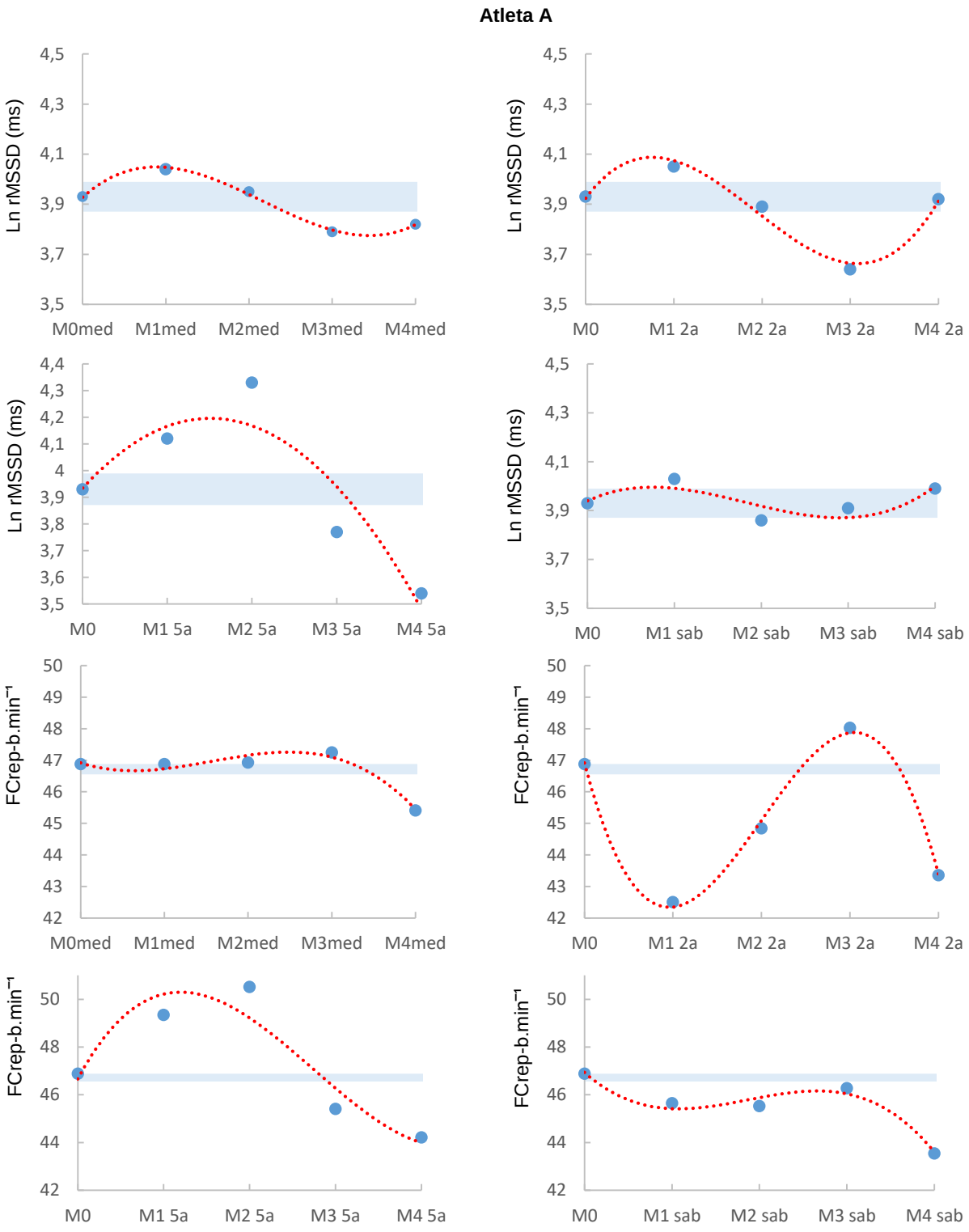


Figura 11. Valores para o atleta A do logaritmo natural da raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (Ln rMSSD-ms) e frequência cardíaca em repouso (FCrep-b.min⁻¹). Médias semanais e dias selecionados para análise. Linhas polinomial grau 3 de tendência em dias particulares, escolhidos, para ilustrar as diferenças. A barra a cheio representa o SWC + EP.

Atleta B

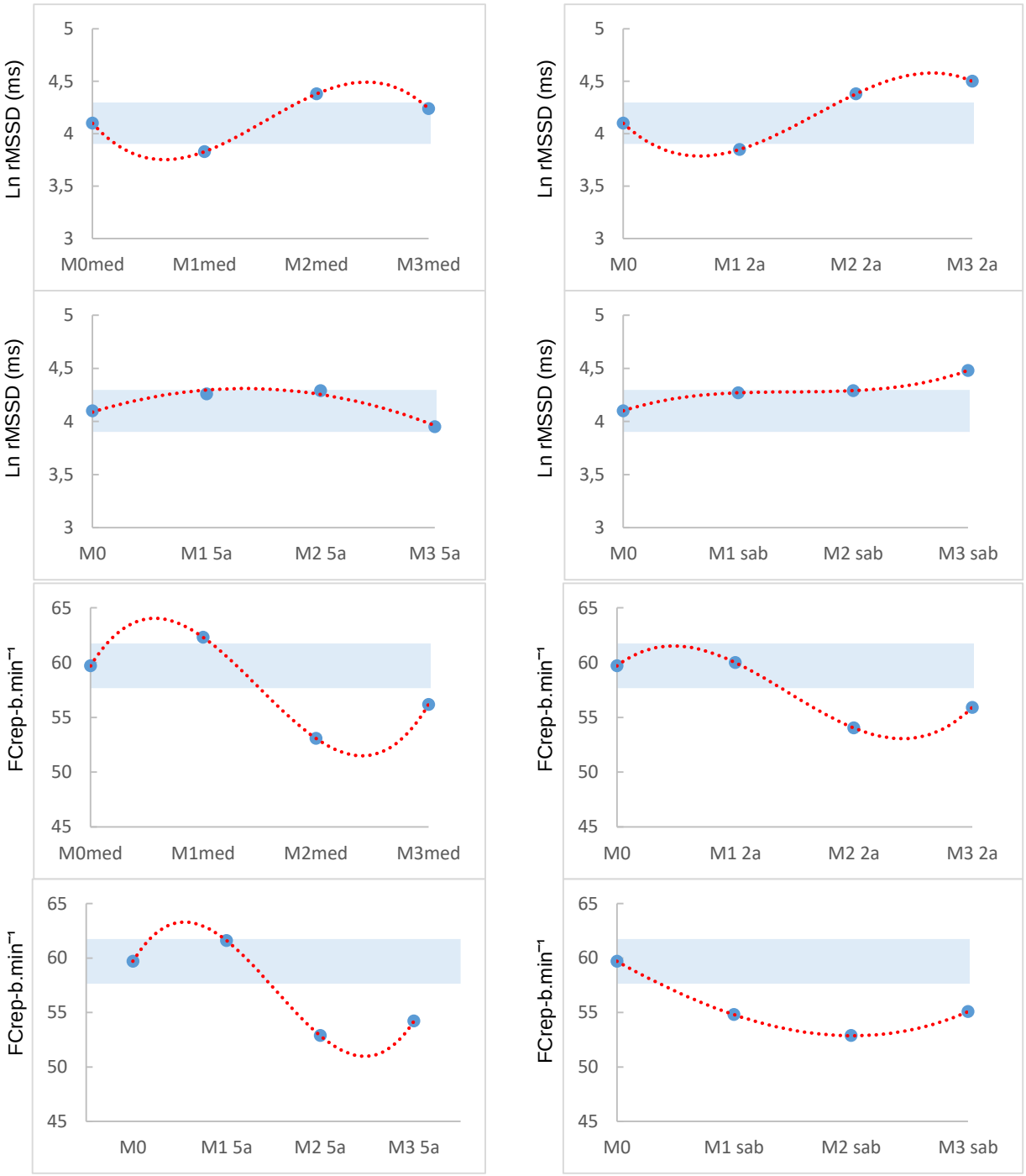


Figura 12. Valores para a Atleta B do logaritmo natural da raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (Ln rMSSD-ms) e frequência cardíaca em repouso (FCrep-b.min⁻¹). Médias semanais e dias selecionados para análise. Linhas polinomial grau 3 de tendência em dias particulares, escolhidos, para ilustrar as diferenças. A barra a cheio representa o SWC + EP.

foi de 42,5 b.min⁻¹, variação para M0 de -9,3%, para 5a, o valor em M1 foi de 49,35 b.min⁻¹, variação para M0 de -5,3%, comparando com a média semanal de 46,88 b.min⁻¹, e variação

de 0,0%. As variações da Fcrep quando recolhidas à 2a foram todas substanciais (probabilidade de serem verdadeiras 99, 93, 97 e 100%).

No caso do atleta B (figura 12 e 13), observamos que para o Ln rMSSD o valor em M1 para 5a foi 4,26ms, variação para M0 de 3,9%, comparando com a média semanal de 3,83ms e variação de -6,6%. No que respeita à Fcrep o valor em M1 para SAB foi de 54,8 b.min⁻¹, variação para M0 de -8,2%, comparando com a média semanal de 62,3 b.min⁻¹, e variação de 4,4%.

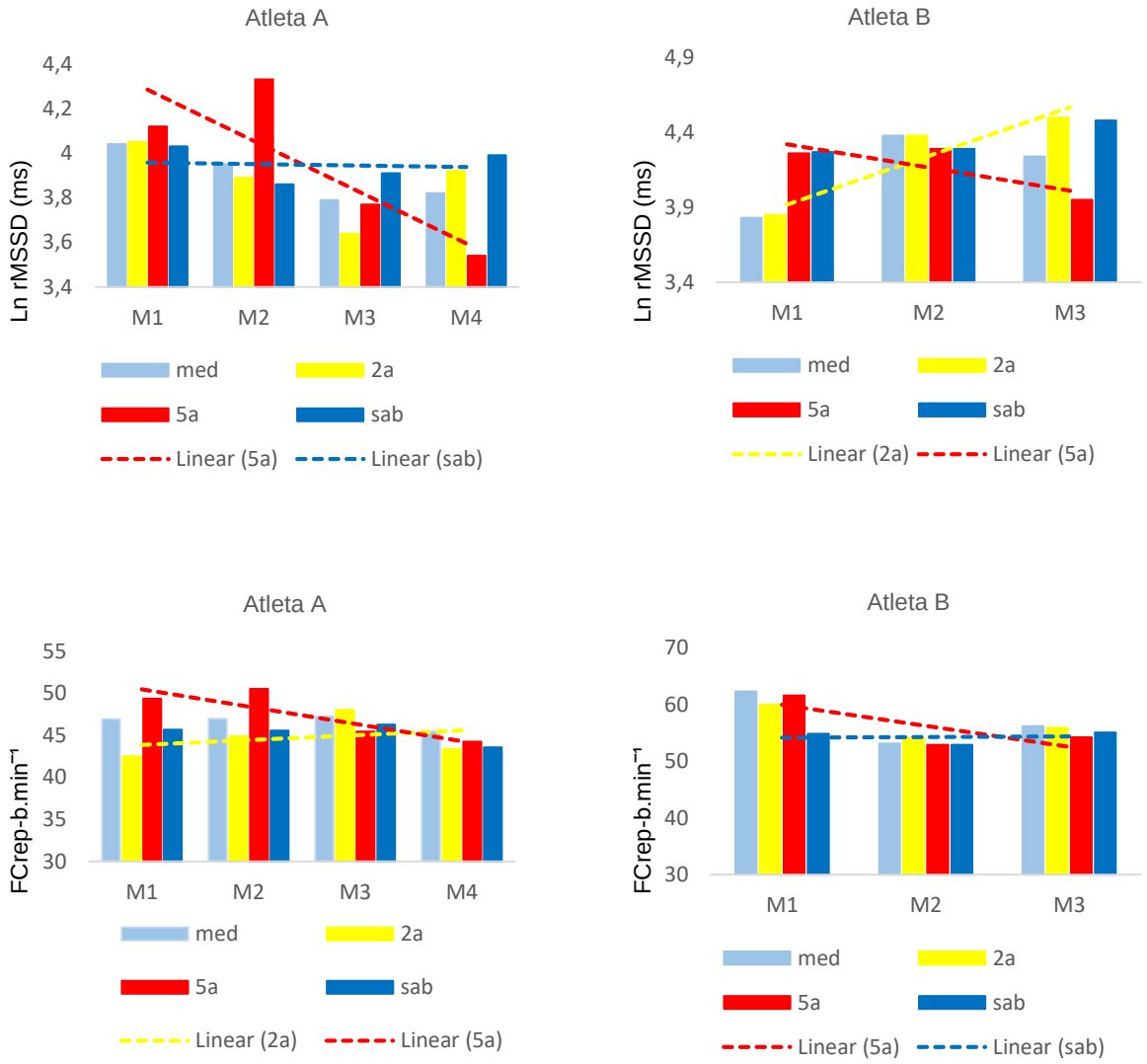


Figura 13. Valores do logaritmo natural da raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (Ln rMSSD-ms) e frequência cardíaca em repouso (FCrep-b.min⁻¹), para os atletas A e B. Médias semanais e dias selecionados para análise. Linhas lineares de tendência em dias particulares, escolhidos, para ilustrar as diferenças.

Na figura 13, podemos observar em cada microciclo, as variações em valores absolutos das variáveis Ln rMSSD e Fcrep em função da média semanal e os dias selecionados. Foram introduzidas linhas de tendência em dias escolhidos por apresentarem as maiores variações. Para o índice Ln rMSSD, e no caso do atleta A, quando analisamos os dados recolhidos à 5a e ao SAB, parece haver uma tendência decrescente à 5a, comparando com SAB. Para a atleta B, parece existir uma tendência crescente à 2a e decrescente à 5a. No caso da Fcrep, e para o atleta A, parece existir uma tendência ligeiramente decrescente na 5a e ligeiramente crescente na 2a. Para a atleta B, parece existir uma tendência ligeiramente decrescente à 5a e ligeiramente crescente ao SAB.

4.2.4. Discussão

O objetivo deste estudo descritivo foi mostrar as características individuais e tendências da FCrep e VFC em dois atletas de elite de Ténis, e por outro lado, comparar duas metodologias distintas para analisar a relação entre dois índices derivados da FC (FCrep e Ln rMSSD) e a carga de treino.

Quando se analisa a atividade do SNA após a influência de microciclos de treino consecutivos, as CT moderadas estão normalmente associadas com o aumento dos índices vagais de VFC e FCrep, e as CT mais intensas com a diminuição desses índices (Bellenger et al., 2016; Buchheit, 2014; Stanley et al., 2013). No entanto, alguns estudos feitos com atletas de elite e com muitos anos de prática, mostram que estes padrões de variação nem sempre são observados (Le Meur et al., 2013; Plews, et al., 2017a; Plews, et al., 2013). No caso da atleta B, podemos identificar este tipo de tendência em que encontramos diminuição do Ln rMSSD e aumento da Fcrep após um microciclo de treino mais intenso (M1), e o inverso quando a CT diminui (M2). O mesmo não se verifica com o atleta A, recordemos também, que a tendência ao longo do estudo foi de ligeira diminuição para este atleta. De facto, não encontrámos o mesmo padrão de variação nestas variáveis para este indivíduo, ao contrário da outra atleta, não existiu correlação entre Ln rMSSD e Fcrep. Por outro lado, apesar de não existirem correlações estatisticamente significativas entre a CT e Ln rMSSD para os atletas A e B ($r = 0,214$ e $r = -0,353$, respetivamente), verificamos os sentidos opostos desta relação.

De acordo com Buchheit, (2014), a diminuição nos índices vagais de VFC observada em atletas com muitos anos de prática, na ausência de sobre treino, pode ser atribuída a dois mecanismos diferentes. O primeiro é uma diminuição da atividade parassimpática associada

à CT, provocada possivelmente por stress pré-competitivo (Morales et al., 2012), o segundo é um fenómeno de saturação que ocorre independentemente de qualquer sinal de fadiga e/ou aumento de atividade simpática (Buchheit & Gindre, 2006; Kiviniemi et al., 2007). Esta redução nos índices vagais de VFC está associada a FCrep baixas e é consequência de aumento e não diminuição da atividade vagal, e pode dificultar a interpretação das adaptações induzidas pelo treino (Buchheit, 2014). No caso do atleta A, verificámos uma ligeira redução da FCrep ao longo do estudo, o que nos levou a suspeitar que poderia estar a ocorrer alguma saturação parassimpática. A única forma para perceber se a diminuição dos índices vagais está mais relacionada com aumento de atividade simpática ou saturação, é examinando as variações desses índices com a FCrep (Buchheit, 2014). Na prática, e segundo recomendação de Plews et al., (2012) e Plews, et al., (2013), devemos calcular o rácio Ln rMSSD:RR (figura 11).

No nosso estudo, ao calcularmos o rácio Ln rMSSD:RR e a relação entre Ln rMSSD e os intervalos R-R, observámos, mais uma vez, diferenças entre os dois atletas, a tendência ligeiramente decrescente para o rácio Ln rMSSD no atleta A pode indicar alguma saturação parassimpática. Plews, et al., (2017), investigaram 4 remadores de elite, 3 femininos e 1 masculino, durante 7 semanas antes dos Campeonatos Mundiais e encontraram relações "lineares" entre Ln rMSSD e R-R em dois nadadores (r = 0,80 e r = 0,66), e relações de "baixa correlação" entre outros dois (r = 0,00 e r = 0,09). Refira-se que todos os remadores conquistaram medalhas de ouro. O facto de estes atletas terem tido desempenhos ao mais alto nível, parece ser contraditório com os resultados reportados em investigações (Bellenger et al., 2016; Le Meur et al., 2013). Para Plews, et al., (2017), os aumentos esperados em Ln rMSSD podem ter sido atenuados pelos níveis elevados de tónus vagal e saturação parassimpática. Assim e de acordo com Buchheit, (2014) e Plews, et al., (2013), no caso de existir saturação, os intervalos R-R aumentam (menor FCrep) e o rácio Ln rMSSD:R-R diminui, o que parece ter sido esta a situação com o atleta A.

No que respeita ao segundo objetivo deste estudo, a simples observação das figuras 12, 13 e 14 comparando as respostas da FCrep e Ln rMSSD nestes dois atletas, obriga a questionar a validade da utilização de dias isolados para qualquer tipo de diagnóstico. Por exemplo, a maior variação entre dias isolados que observámos para Ln rMSSD no atleta A foi de 12,9% para as 5a entre M2 e M3, enquanto para o método de médias semanais a variação máxima foi de 4,1% entre M1 e M2 , para a FCrep 9,3%, para as 2a entre M0 e M1e de 3,9% quando utilizamos as médias semanais. Plews, et al., (2013), investigaram 10 corredores durante 9 semanas de treino e compararam os dados das recolhas de um dia por semana (terça-feira, por conveniência) com os dados da média semanal. Para Ln rMSSD, encontraram

entre a semana 1 e 9, variações de 4,3 ± 10,3% para recolha em dia isolado e de 9,6 ± 4,8% para a utilização da média semanal, concluindo que os dados da VFC quando calculados através das médias semanais podem ser mais fidedignos. No nosso estudo, obtivemos no atleta A para a média semanal -2,8% de variação, e para a atleta B +3,4%. Os valores obtidos dos dias selecionados podem ou não se assemelhar com os de Plews et al., dependendo do dia que for escolhido 2a -0,3%, 5a -12,4% e SAB +1,5% para o atleta A e 2a +9,8%, 5a -3,7%, e SAB +9,3% para o atleta B.

No caso do atleta A, a observação da figura 12, permite ainda constatar que ao contrário do que seria a nossa espectativa, não parece ser no final da semana (acumulação da CT), que existem as maiores variações tanto em Ln rMSSD como na FCrep, mas antes a meio da semana. De facto, e para estas duas variáveis, à 5a todos os valores encontram-se fora da SWC.

4.2.5. Conclusões

Os resultados observados no presente estudo de caso, para estes dois atletas, permitem-nos apresentar as seguintes conclusões:

- As respostas da VFC são individuais e podem ser influenciadas pelos anos de prática.

- Para a monitorização das respostas à CT treino a utilização de médias semanais parece ser mais útil que a utilização de dias isolados.

- Para além da utilização dos índices habituais Ln rMSSD e FCrep, o cálculo do rácio Ln rMSSD:R-R pode contribuir para um diagnóstico mais preciso.

Verificamos a hipótese H1 para o atleta B e não verificamos para o atleta A.

4.3. Estudo 3 - Características de jogo, padrões de atividade e variabilidade da frequência cardíaca durante um torneio de Ténis num atleta de elite: Um estudo de caso.

O conhecimento das respostas fisiológicas durante um encontro de Ténis é essencial para o desenho eficaz de programas de treino. Os padrões de atividade física e recuperação (e.g., duração dos pontos, número de batimentos, tempo de jogo efetivo) e tipo de jogo (e.g., serviço ou resposta) influenciam mediadores fisiológicos tal como a FC (Smekal et al., 2001).

A natureza intermitente do jogo de Ténis e os períodos relativamente longos entre os pontos, pode implicar que os valores médios das características dos encontros não representem totalmente as necessidades de um jogo de Ténis. Nesse sentido, o que acontece durante os períodos de maior intensidade pode ser mais relevante para compreender os requerimentos específicos do Ténis. De acordo com Fernandez et al., (2006) e Kovacs, (2006), é provável que seja durante estes períodos de alta intensidade, que os encontros sejam ganhos ou perdidos.

Foram objetivos do presente estudo:

- Descrever os padrões de atividade, perceção de esforço e os parâmetros cardiovasculares FC e VFC de um jogador profissional de Ténis, em 4 encontros oficiais.
- Investigar os efeitos da situação de jogo de serviço e jogo de resposta nas respostas da FC e características dos encontros.
- Examinar as associações entre a FC e VFC e padrões de atividade durante os 4 encontros.
- Investigar o comportamento da FC e VFC em repouso e antes do início de cada encontro.
- Investigar o comportamento da FC e VFC nas situações de repouso em troca de campo.

Hipóteses:

H1. Existem diferenças significativas entre os encontros nas variáveis das características do jogo.

H2. Existem diferenças significativas entre os jogos de serviço e resposta nos vários encontros, nas variáveis das características do jogo.

H3. Existem diferenças significativas entre os encontros na variável FC das situações de exercício, recuperação em pé e recuperação sentado.

H4. Existem diferenças significativas entre os encontros na variável FC antes do início dos encontros

H5. Existe uma associação entre a duração dos pontos e o tempo de recuperação entre pontos.

H6. Existe uma associação entre a duração dos encontros, RPE, tempo de jogo efetivo e frequência de batimentos.

H7. Existe uma associação entre a carga de treino e RPE, FCrep e VFC.

4.3.1. Características Antropométricas e de Composição Corporal

Tabela 10. Características antropométricas do Atleta A

	Altura (cm)	Peso (Kg)	Anos de prática	Ranking
Atleta A	178	68,5	22	300 (59)

4.3.2. Resultados

Os dados das características dos 4 jogos do Campeonato Nacional Absoluto de Ténis em que Atleta A participou, foram recolhidos, e estão representados nas tabelas 11 a 21.

Os valores médios para os 4 encontros estão descritos na tabela 11.

Tabela 11. Valores médios das variáveis Duração total dos Pontos (s), Número de batimentos (au), Mudanças direção (au), Recuperação total encontro (s), Recuperação em pé (s), FC total (b.min⁻¹), FC recuperação sentado (b.min⁻¹), para cada encontro

	Média	DP	Min	Max
Duração total dos Pontos (s)	6,83	0,53	0,33	32,6
Número de batimentos (au)	5,30	0,62	1	23
Mudanças direção (au)	0,88	0,32	0	5
Recuperação total encontro (s)	31,25	4,0	26,2	36,7
Recuperação em pé (s)	27,30	4,0	23,4	32,8
FC total (b.min⁻¹)	149,1	15,5	72	190
FC recuperação sentado (b.min⁻¹)	133,8	7,12	72	176

Os valores para a duração de cada encontro, frequência de batimentos, tempo de jogo efetivo e RPE, encontram-se na tabela 13.

Tabela 12. Zonas de intensidade - % FCmax de acordo com Tanaka et al., (2001)

	Jogo 1	Jogo 2	Jogo 3	Jogo 4
FC <70%	36.7	6,9	10,3	1,7
FC 70-85%	55,3	53,4	49,3	30,2
FC >85%	8,0	39,7	40,4	68,2

Tabela 13 - Duração de cada encontro (s), frequência de batimentos (bat.min⁻¹), tempo de jogo efetivo (%) e RPE (Cr-10).

	Jogo 1	Jogo 2	Jogo 3	Jogo 4	Média e DP
Duração do encontro (s)	3 063	3936	2670	4868	3634,5 (846,8)
Frequência de batimentos (bat.min⁻¹)	42,13	42,88	44,10	44,33	43,36 (0,90)
Tempo de jogo efetivo (%)	17,76	17,07	17,5	16,6	16,98 (0,55)
RPE (Cr-10)	3	5	4	8	5 (2,16)

Para perceber a relação entre a duração dos encontros, e frequência dos batimentos, o tempo de jogo efetivo e a perceção do esforço, foi aplicado o coeficiente produto momento de Pearson - tabela 14.

Tabela 14. Correlações entre as variáveis Duração do encontro (s), Frequência de batimentos (bat.min^{-1}), Tempo de jogo efetivo (%) e RPE (CR – 10).

	Duração do encontro (s)	Frequência de batimentos (bat.min^{-1})	Tempo de jogo efetivo (%)	RPE
Duração do encontro (s)	-			
Frequência de batimentos (bat.min^{-1})	n.s.	-		
Tempo de jogo efetivo (%)	-0,930*	n.s.	-	
RPE (CR – 10)	0,916*	n.s.	-0,977*	-

Nota: * $p < 0,05$

Encontramos uma correlação negativa forte e estatisticamente significativa, $r(4) = -0,930$, $p < 0,05$, para a associação entre a duração dos encontros e o tempo de jogo efetivo; encontramos uma correlação positiva forte e estatisticamente significativa, $r(4) = 0,916$, $p < 0,05$, para a associação entre a duração dos encontros e a perceção do esforço; encontramos uma correlação negativa forte e estatisticamente significativa, $r(4) = -0,977$, $p < 0,05$, para a associação entre a perceção do esforço e o tempo de jogo efetivo.

Foram calculados para cada encontro, os valores médios, desvio padrão e amplitude das seguintes variáveis: Duração total dos pontos, número de batimentos, mudanças de direção, recuperação total do encontro, recuperação em pé e recuperação sentado – tabela 15.

Foram encontradas diferenças estatisticamente significativas para as variáveis mudanças de direção, recuperação total do encontro e recuperação em pé. O estudo *post-hoc* para as comparações de pares entre cada combinação de varáveis para as mudanças de direção não foram estatisticamente significativamente diferentes. Para a variável recuperação total foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os pares: Recuperação total jogo 1 e recuperação total jogo 2; recuperação total jogo 1 e recuperação total jogo 4 e recuperação total jogo 2 e recuperação total jogo 3. Para a variável recuperação em pé foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os pares: Recuperação em pé jogo 1 e Recuperação em pé jogo 2; Recuperação em pé jogo 1 e Recuperação em pé jogo 4 e Recuperação em pé jogo 2 e Recuperação em pé jogo 3.

Não foram encontrados resultados estatisticamente significativos para as variáveis: duração total de pontos, número de batimentos e recuperação sentado.

Para perceber a relação entre a recuperação em pé entre pontos e a duração dos pontos de cada encontro, foi aplicado o coeficiente rô de Spearman. No encontro 1, não foram encontradas correlações estatisticamente significativas para a associação entre a recuperação em pé entre pontos e a duração dos pontos de cada encontro, $r\ (84) = 0{,}132$, $p < 0.116$. No encontro 2, encontramos uma correlação positiva moderada e estatisticamente significativa, $r\ (80) = 0{,}349$, $p < 0{,}01$. No encontro 3, encontramos uma correlação positiva pequena e estatisticamente significativa, $r\ (70) = 0{,}230$, $p < 0{,}03$. No encontro 4 encontramos uma correlação positiva pequena e estatisticamente significativa, $r\ (106) = 0{,}241$, $p < 0{,}01$.

Tabela 15. Análise das características dos encontros de Ténis – Duração dos pontos (s), número de batimentos (au), mudanças de direção (au), recuperação total encontro (s), Recuperação em pé (s), Recuperação sentado (s)

	Jogo 1				Jogo 2				Jogo 3				Jogo 4					
	n	Média DP	Min	Max	n	Média DP	Min	Max	n	Média DP	Min	Max	n	Média DP	Min	Max	ES	Nível
Duração Total Pontos (s)	84	6,5 (5,1)	0,6	25,4	80	6,5 (5,1)	0,4	32,6	70	6,7 (5,5)	0,4	27,2	106	7,6 (5,8)	0,3	25,3	0,01	P
Número de batimentos (au)	84	4,6 (3,1)	1	15	80	6 (4,6)	1	23	70	5 (3,7)	1	19	106	5,6 (3,8)	1	16	0,02	P
Mudanças direção (au)	84	1,2 (1,0)	0	4	80	1,1 (1,3)	0	5	70	0,6 (0,8)	0	3	106	0,6 (0,9)	0	4	0,056	P
Recuperação total encontro (s)	84	26,2** (19,8)	8,32	122,6	80	36,7** (33,2)	10,86	263,9	70	28,5** (23,8)	12	145	106	33,6** (26,2)	14,9	152,2	0,133	P
Recuperação em pé (s)	84	23,4** (11,3)	8,32	65,3	80	32,8** (16,5)	10,9	93,6	70	25,6** (14,4)	12	75,2	106	27,4** (11,3)	14,9	97,2	0,131	P
Recuperação sentado (s)	6	39,3 (18,9)	17,9	65,9	5	64,26 (64,32)	19,67	177,67	5	41,9 (20,9)	18,9	76	7	66,2 (22,5)	45,7	109,8	0,168	P

Nota: ** p < 0,01; P – efeito pequeno

Para investigar as características dos jogos de serviço e de resposta, foram calculados para cada encontro, os valores médios, desvio padrão e amplitude das seguintes variáveis: duração ponto serviço, duração ponto resposta, número de batimentos serviço, número de batimentos resposta, mudanças direção serviço, mudanças direção resposta, recuperação total serviço e recuperação total resposta - tabela 16.

Não foram encontrados resultados estatisticamente significativos para as variáveis: duração ponto serviço e duração ponto resposta no primeiro, segundo e quarto encontros, e encontramos resultados estatisticamente significativos no terceiro encontro; relativamente ao número de batimentos, os resultados não foram estatisticamente significativos no primeiro, segundo e quarto encontros, e foram estatisticamente significativos no terceiro encontro; para a variável mudanças de direção, os resultados não foram estatisticamente significativos no segundo e quarto encontros, e estatisticamente significativos no primeiro e terceiro encontros;

Para caracterizar o comportamento da FC ao longo dos 4 encontros, foram calculadas as seguintes variáveis: FC total, FC pontos serviço, FC pontos resposta, FC recuperação sentado, FC recuperação sentado set 1 e FC recuperação sentado set 2 – tabela 17.

Para a variável FC total de cada encontro foram encontradas diferenças estatisticamente significativas. O estudo *post*-hoc para as comparações de pares entre cada combinação de variáveis revelou que foram estatisticamente significativas entre os pares FC total jogo 1 e FC total jogo 2; FC total jogo 1 e FC total jogo 3; FC total jogo 1 e FC total jogo 4; FC total jogo 2 e FC total jogo 3; FC total jogo 2 e FC total jogo 4 e FC total jogo 3 e FC total jogo 4.

Para a variável FC recuperação sentado, foram encontradas diferenças estatisticamente significativas entre os 4 encontros. O estudo *post-hoc* para as comparações de pares entre cada combinação de varáveis revelou que foram significativas entre os pares FC recuperação sentado jogo 1 e FC recuperação sentado jogo 2; FC recuperação sentado jogo 1 e FC recuperação sentado jogo 3; FC recuperação sentado jogo 1 e FC recuperação sentado jogo 4; FC recuperação sentado jogo 2 e FC recuperação sentado jogo 3; FC recuperação sentado jogo 2 e FC recuperação sentado jogo 4 e FC recuperação sentado jogo 3 e FC recuperação sentado jogo 4.

Tabela 16. Análise das características dos encontros de Ténis. Comparação entre jogos de serviço e resposta nas variáveis, Duração ponto serviço (s), Duração ponto resposta (s), Número de batimentos serviço (au), Número de batimentos resposta (au), Mudanças direção serviço (au), Mudanças direção resposta (au), Recuperação entre pontos serviço (s), Recuperação entre pontos resposta (s).

	Jogo 1				Jogo 2				Jogo 3				Jogo 4					
	n	Média DP	Min	Max	n	Média DP	Min	Max	n	Média DP	Min	Max	n	Média DP	Min	Max	ES	Nível
Duração ponto serviço (s)	36	5,9 (4,6)	0,6	20,0	39	8,2 (5,7)	0,5	20,8	29	4,8 (3,6) **	0,44	13,6	51	7,9 (6,0)	0,57	22,73	0,27	M
Duração ponto resposta (s)	48	6,9 (5,4)	1,1	25,4	41	8,6 (8,3)	0,36	32,6	41	8,0 (6,3) **	0,4	27,2	55	7,4 (5,7)	0,33	25,33		
Número de batimentos serviço (au)	36	4,1 (2,8)	1	13	39	5,8 (3,6)	1	13	29	3,6 (2,4) **	1	10	51	5,8 (3,9)	1	15	0,27	M
Número de batimentos resposta (au)	48	4,9 (3,3)	1	15	41	6,2 (5,4)	1	23	41	5,9 (4,1) **	1	19	55	5,5 (3,6)	1	16		
Mudanças direção serviço (au)	36	0,6 (0,9) *	0	4	39	1 (1,1)	0	4	29	0,3 (0,5) **	0	2	51	0,5 (0,8)	0	3	0,15	P
Mudanças direção resposta (au)	48	1,3 (1,3) *	0	4	41	1,1 (1,4)	0	5	41	0,8 (0,9) **	0	3	55	0,7 (1,1)	0	4	0,29	M
Recuperação entre pontos serviço (s)	36	21,0 (9,8)	8,3	65,3	39	30,9 (18) *	10,9	93,6	29	25,8 (13,5)	12,6	64,3	51	28,0 (13)	14,9	97,2	0,11	P
Recuperação entre pontos resposta (s)	48	25,2 (12)	12,4	56,6	41	34,6 (14,9) *	14,6	86,2	41	25,4 (15,1)	12,0	75,3	55	26,8 (9,6)	15,1	52,4		

Nota: * p < 0,05, ** p < 0,01; P – efeito pequeno, M - efeito moderado

Tabela 17. Análise das características dos encontros de Ténis nas variáveis, FC total (b.min⁻¹), FC pontos serviço (b.min⁻¹), FC pontos Resposta (b.min⁻¹), FC recuperação sentado (b.min⁻¹), FC recuperação sentado set1 (b.min⁻¹), FC recuperação sentado set2 (b.min⁻¹)

	Jogo 1				Jogo 2				Jogo 3				Jogo 4					
	n	Média DP	Min	Max	n	Média DP	Min	Max	n	Média DP	Min	Max	n	Média DP	Min	Max	ES	Nível
FC total (b.min⁻¹)	6876	136,5 (16,5)	72,0	169,0	4587	153,8 (13,1) **	110,0	179,0	5965	153,0 (14,7) **	111,0	185,0	13188	163,8 (14,2) **	113,0	190,0	0,33	E
FC pontos serviço (b.min⁻¹)	531	141,9 (11,2) **	113,0	162,0	824	158,4 (8,8) **	130,0	175,0	313	152,6 (11,4) **	123,0	184,0	1171	170,3 (9,2) **	128,0	189,0	0.08 0,07	P P
FC pontos Resposta (b.min⁻¹)	778	141,8 (14,0) **	101,0	166,0	956	152,4 (12,4) **	116,0	204,0	842	158,7 (11,8) **	113,0	183,0	1183	164,9 (11,5) **	134,0	187,0	0,12 0,12	P P
FC recuperação sentado (b.min⁻¹)	480	126,3 (20,9)	72,0	160,0	661	129,3 (17,9)	102,0	172,0	420	134,7 (12,6)	114,0	163,0	1183	145,0 (11,4)	113,0	176,0	0,15	P
FC recuperação sentado set1 (b.min⁻¹)	262	120,9 (23,2)	72,0	160,0	544	127,9 (19,3)	102,0	172,0	347	131,9 (11,8)	114,0	163,0	895	143,9 (11,8)	113,0	176,0		
FC recuperação sentado set2 (b.min⁻¹)	219	132,7 (15,6)	91,0	159,0	120	135,6 (5,4)	126,0	149,0	74	148,3 (4,9)	139,0	158,0	353	146,5 (9,4)	134,0	168,0		

Nota: * p < 0,05, ** p < 0,01; P – efeito pequeno, E - efeito forte

Os valores da carga de treino (incluindo os jogos e sessões de treino), foram calculados de acordo com os procedimentos referidos anteriormente, e registados no dia anterior e nos dias de jogos do Campeonato Nacional. Foi feito, igualmente, o registo da frequência cardíaca e variabilidade da frequência cardíaca em repouso ao acordar de acordo com os procedimentos referidos anteriormente (os valores obtidos referem-se à carga de treino do dia anterior) - Tabela 18.

Tabela 18. Carga de treino (au), Perceção subjetiva do esforço (RPE CR-10 – au), Sessões de treino (min) Frequência Cardíaca em Repouso (FCrep-b.min^{-1}); Intervalo de tempo entre batimentos consecutivos (R-R-ms); Raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (rMSSD-ms); Logaritmo natural da raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (Ln rMSSD-au); Índice do Sistema Nervoso Parassimpático (PNSIndex); Índice do Sistema Nervoso Simpático (SNSIndex).

	Dia 0	Jogo 1	Jogo 2	Jogo 3	Jogo 4
CT (au)	470	510	570	405	648
RPE (CR-10-au)	5	5	6	5	8
Sessões de Treino (min)	95	60	45	45	
CT (corrigida ao dia de recolha)	-	470	510	570	405
RPE (corrigida ao dia de recolha)	-	5	4,5	5,5	4,5
FC (b.min^{-1})	41	44	48	62	42
R-R (ms)	1463	1359	1250	970	1438
rMSSD (ms)	52,9	67,3	69,1	56,1	66,9
PNSIndex (au)	2,87	2,81	2,33	0,59	3,07
SNSIndex (au)	- 1,97	- 1,89	- 1,85	- 0,54	- 2,14
StressIndex (au)	7,80	7,20	5,6	7,5	6,1

Para perceber a relação entre a carga de treino, perceção do esforço e as várias variáveis observadas, foi aplicado o coeficiente produto momento de Pearson (tabela 19). Encontramos uma correlação positiva forte e estatisticamente significativa para a associação entre a CT e a FCrep $r(4) = 0,914$, $p < 0,05$; encontramos uma correlação negativa forte e estatisticamente significativa para a associação entre a CT e a R-R $r(4) = -0,953$, $p < 0,05$; encontramos uma correlação negativa forte e estatisticamente significativa para a associação entre a CT e a PNSIndex $r(4) = -0,915$, $p < 0,05$. Relativamente à RPE, não encontramos associações estatisticamente significativas.

Tabela 19. Coeficientes de correlação entre as variáveis: Carga de Treino (CT = RPE x VT), Perceção do Esforço (RPE-Cr-10) e Frequência Cardíaca em Repouso (FCrep-b.min^{-1}), Média do tempo entre batimentos consecutivos (R-R-ms), Raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (RMSSD-ms), Desvio padrão da variabilidade dos intervalos R-R instantâneos (SD1-ms), Índice do Sistema Nervoso Parassimpático (PNSIndex), Índice do Sistema Nervoso Simpático (SNSIndex).

	CT	RPE	FCrep	R-R	RMSSD	PNSIndex	SNSIndex
CT	-	0,722	0,914*	-0,953*	-0,682	-0,915*	-0,876
RPE	0,139	-	0,811	-0,789	-0,886	-0,814	-0,89

Nota: * $p < 0,05$,

Procuramos investigar o comportamento da FC e VFC antes do início dos encontros. Para isso, foram definidos alguns pressupostos:

- Conhecer a rotina do jogador em todos os momentos que antecedem o início do 1º ponto de cada encontro.
- Verificar através das imagens de vídeo se houve alguma alteração às rotinas habituais do jogador entre cada encontro.
- Definir intervalos de tempo para análise.
- Considerar os primeiros 30'' do tempo sentado após o período de aquecimento para análise.

Assim, e com base nas mesmas rotinas observadas, foram considerados os seguintes intervalos de tempo: Início do registo até ao início do 1º ponto; chegada ao campo até ao início do aquecimento; período de aquecimento e tempo que o jogador está sentado após o aquecimento – tabela 20. Destes intervalos, foram selecionados para análise mais detalhada, o tempo de chegada ao campo até ao início do aquecimento e 30 segundos de tempo em que o atleta esteve sentado após o aquecimento.

Tabela 20. Registos temporais dos intervalos selecionados para análise: início do registo até ao 1º ponto, entrada no campo até ao início do aquecimento, período de aquecimento e período sentado após o período de aquecimento, nos 4 encontros

	Jogo 1	Jogo 2	Jogo 3	Jogo 4
Início-1º ponto (s)	907	1042	1089	958
Campo-Aquecimento (s)	88	62	126	69
Aquecimento (s)	355	393	364	359
Sentado (s)	73	33	52	34

Os valores de FC e VFC para os vários intervalos de tempo definidos, encontram-se na tabela – 21.

Foi aplicado um teste de Friedman para a variável FC desde a chegada ao campo e início do aquecimento e para a variável FC durante o período sentado, para perceber se as medianas eram iguais – tabela 12 e figura 12. Para ambas as variáveis foram encontradas diferenças estatisticamente significativas: $p < 0,01$ ES = 0,42 e $p < 0,01$ ES = 0,73, respetivamente. O estudo *post-hoc* para comparações de pares entre cada combinação de varáveis revelou que para a variável FC desde a chegada ao campo e início do aquecimento houve diferenças estatisticamente significativas com ES elevado, entre todas as combinações possíveis de pares, exceto para a combinação entre o jogo 1 e jogo 3. Para a variável FC durante o período sentado houve diferenças estatisticamente significativas com ES elevado, entre todas as combinações possíveis de pares, exceto para a combinação entre o jogo 1 e jogo 2.

Relativamente às variáveis da VFC, os valores obtidos através do software utilizado já são eles próprios médias ou índices calculados. Optámos por isso, por uma análise descritiva dos mesmos – figuras 14 a 19. Para as variáveis que representam a atividade do SNP (RMSSD, R-R e PNSIndex), verificamos que as variações mais expressivas são, claramente, durante o 4º encontro. Para as varáveis que representam a atividade do SNS (SNSIndex e StressIndex), também verificamos que é durante o 4º encontro que as variações são mais expressivas.

Tabela 21. Valores das variáveis nos intervalos de tempo, início do registo até ao 1º ponto, entrada no campo até ao início do aquecimento, período de aquecimento e período sentado após o período de aquecimento, nos 4 encontros: Frequência Cardíaca (FC-b.min⁻¹), Média do tempo entre batimentos consecutivos (R-R-ms), Raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (rMSSD-ms), Índice do Sistema Nervoso Parassimpático (PNSIndex), Índice do Sistema Nervoso Simpático (SNSIndex) e Índice de Stress (StressIndex).

		Jogo 1	Jogo 2	Jogo 3	Jogo 4
Início-1º ponto	FC (b.min⁻¹)	101	104	102	115
	R-R (ms)	592	575	590	522
	rMSSD (ms)	14,5	15,6	21,6	11,9
	PNSIndex (au)	- 2,42	- 2,46	- 2,18	- 2,90
	SNSIndex (au)	3,60	3,35	2,89	4,51
	StressIndex (au)	16,5	13,7	12,2	15,6

Continua na próxima página

		Jogo 1	Jogo 2	Jogo 3	Jogo 4
Campo-Aquec	FC (b.min⁻¹)	91	96	92	104** (ES – 0,42)
	R-R (ms)	660	625	656	578
	rMSSD (ms)	26,0	24,2	25,4	13,2
	PNSIndex (au)	- 1,76	- 2,00	- 1,81	- 2,55
	SNSIndex (au)	2,27	2,54	1,98	4,17
	StressIndex (au)	12,7	12,1	10,5	18,8
Aquecimento	FC (b.min⁻¹)	115	126	122	138
	R-R (ms)	520	478	490	435
	rMSSD (ms)	5,90	4,60	5,80	4,30
	PNSIndex (au)	- 3,10	- 3,46	- 3,32	- 3,83
	SNSIndex (au)	7,58	10,50	8,09	12,60
	StressIndex (au)	33,6	44,3	32,5	48,0
Sentado	FC (b.min⁻¹)	104	104	108	124** (ES – 0,73)
	R-R (ms)	575	578	557	484
	rMSSD (ms)	9,70	6,90	7,20	4,60
	PNSIndex (au)	- 2,65	- 2,76	- 2,78	- 3,43
	SNSIndex (au)	5,58	6,33	6,21	10,97
	StressIndex (au)	27,3	31,9	29,8	47,9

Legenda: ** Estatisticamente significativo para p<0,01

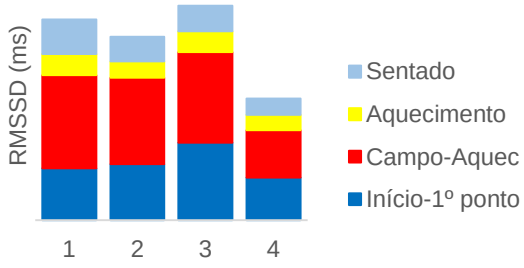


Figura 14. Descrição dos valores médios da raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (rMSSD-ms), nos 4 momentos dos 4 encontros

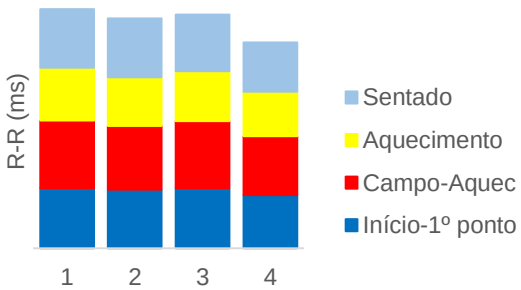


Figura 15. Descrição dos valores médios da média do tempo entre batimentos consecutivos (R-R-ms) nos 4 momentos dos 4 encontros

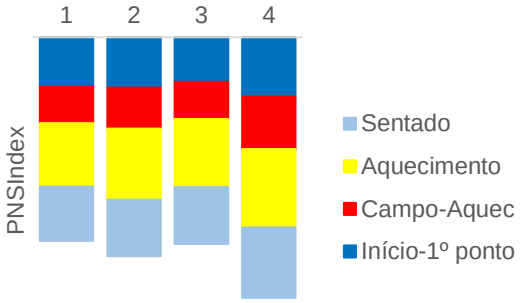


Figura 16. Descrição da variação do Índice do Sistema Nervoso Parassimpático (PNSIndex) nos 4 momentos dos 4 encontros

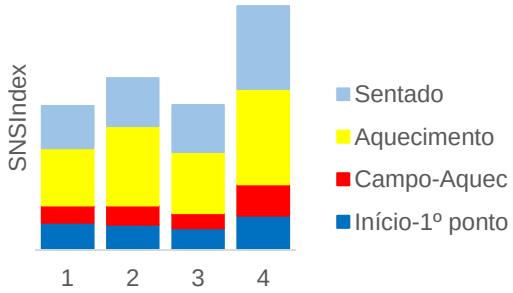


Figura 17. Descrição da variação do Índice do Sistema Nervoso Simpático (SNSIndex) nos 4 momentos dos 4 encontros

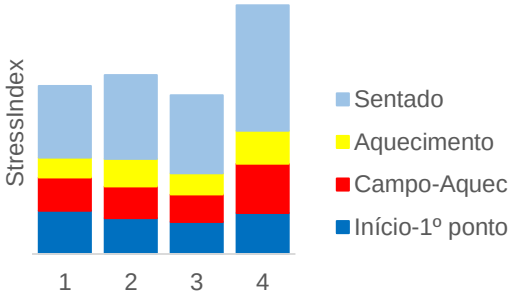


Figura 18. Descrição da variação do Índice de Stress (StressIndex) nos 4 momentos dos 4 encontros

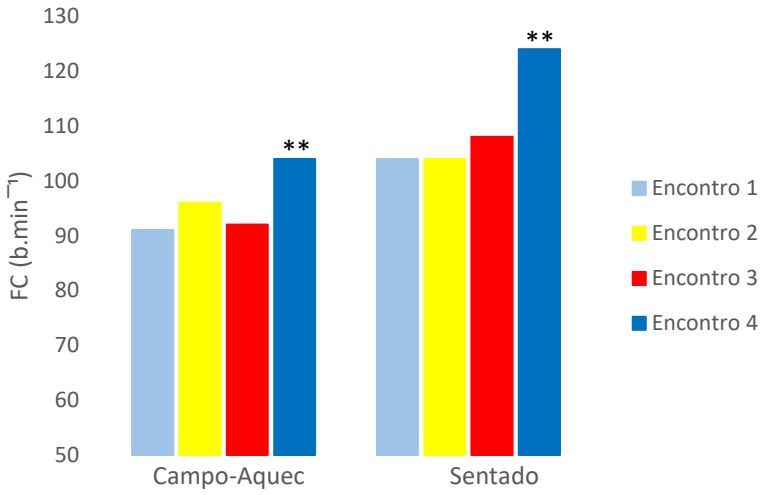


Figura 19. Descrição da variação da Frequência Cardíaca (FC-b.min^{-1}) nos 4 encontros durante os momentos: entrada no campo até ao início do aquecimento e período sentado após o aquecimento, nos 4 encontros. ** p<0,01

Procuramos investigar o comportamento das varáveis FC, rMSSD, SD1, DFA1, PNS, SNS e StressIndex, durante os períodos de troca de campo quando o atleta se senta. Foi considerado um período mínimo de 45s para análise. Para investigar a recuperação do atleta nesses períodos dividimos a FC ao fim de 45s sentado pela FC no momento em que se senta multiplicado por 100 - tabela 22 e figura 20.

Tabela 22. Valores médios e desvio padrão nos períodos sentado das variáveis: Frequência Cardíaca (FC-b.min^{-1}), Frequência Cardíaca de Recuperação (FCrecup (%),Média do tempo entre batimentos consecutivos (R-R-ms), Raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (rMSSD-ms), Desvio padrão da variabilidade dos intervalos R-R instantâneos (SD1-ms), Análise de flutuações depuradas de tendências de curto prazo (DFA1), Índice do Sistema Nervoso Parassimpático (PNSIndex), Índice do Sistema Nervoso Simpático (SNSIndex) e Índice de Stress (StressIndex).

	Encontro 1	Encontro 2	Encontro 3	Encontro 4
FC (b.min^{-1})	122,6 (15,9)**	139,8 (5,4)**	137,8 (17,5)**	142,7 (5,2)**
FC recuperação %	37,4	21,2	17,5	17,1
R-R	497 (63)	433 (42,9)	450,7 (23,8)	410,8 (21,5)
rMSSD	12,96 (5,9)	4,97 (3,3)	4,05 (0,44)	4,00 (0,52)
PNSIndex	-3,10 (0,73)	-3,82 (0,53)	-3,68 (0,28)	-4,05 (0,20)
SNSIndex	7,17 (3,3)	12,60 (4,7)	14,34 (1,2)	15,14 (3,1)
StressIndex	26,30 (10,2)	46,83 (16,4)	60,66 (0,42)	56,86 (13,6)

** p<00,1 para os pares dos encontros 1-4, 2-3, 2-4 e 3-4

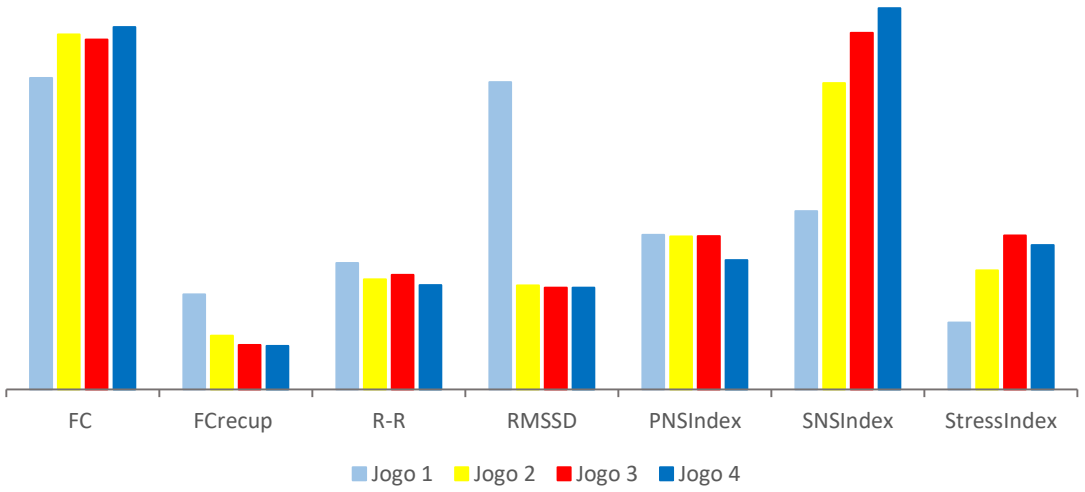


Figura 20. Descrição do comportamento das variáveis nos períodos de recuperação sentado nos 4 encontros: Frequência Cardíaca (FC-b.min^{-1}), Frequência Cardíaca de Recuperação (FCrecup-(%), Média do tempo entre batimentos consecutivos (R-R-ms), Raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (rMSSD-ms), Índice do Sistema Nervoso Parassimpático (PNSIndex), Índice do Sistema Nervoso Simpático (SNSIndex) e Índice de Stress (StressIndex).

Para a variável FC nos períodos sentado em cada encontro foram encontradas diferenças estatisticamente significativas, $p < 0,001$. O estudo *post*-hoc para as comparações de pares entre cada combinação de variáveis revelou que foram estatisticamente significativas entre os pares FC jogo 1 e FC jogo 2; FC jogo 1 e FC jogo 3; FC jogo 1 e FC jogo 4; FC jogo 2 e FC jogo 4 e FC jogo 3 e FC jogo 4.

Tabela 23. Valores médios das variáveis nos 8 períodos de 45s de recuperação sentado do 4º encontro, médias e desvio padrão (DP) e coeficientes de variação (CV): Frequência Cardíaca (FC-b.min⁻¹), Frequência Cardíaca de Recuperação (FCrecup-(%), Média do tempo entre batimentos consecutivos (R-R-ms), Raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (RMSSD-ms), Desvio padrão da variabilidade dos intervalos R-R instantâneos (SD1-ms), Análise de flutuações depuradas de tendências de curto prazo (DFA1), Índice do Sistema Nervoso Parassimpático (PNSIndex), Índice do Sistema Nervoso Simpático (SNSIndex).

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	Média	DP	CV
FC (b.min⁻¹)	131,2	140,6	143,7	143	143,3	145,9	146,3	148	142,7	4,86	0,034
FC recuperação %	18,88	18,24	22,56	14,47	14,01	17,61	13,75	17,28	17,1	2,63	0,154
RMSSD	5,12	4,27	4,2	3,9	3,7	3,59	3,65	3,6	4,0	0,46	0,115
R-R	453	402	389	418	416	405	402	406	411,4	16,81	0,041
PNSIndex	-3,61	-4,13	-4,12	-3,97	-4,05	-4,3	-4,11	-4,09	-4,0	0,18	-0,043
SNSIndex	10,04	17,4	13,37	14,55	18,69	18,71	15,46	12,9	15,1	2,69	0,178

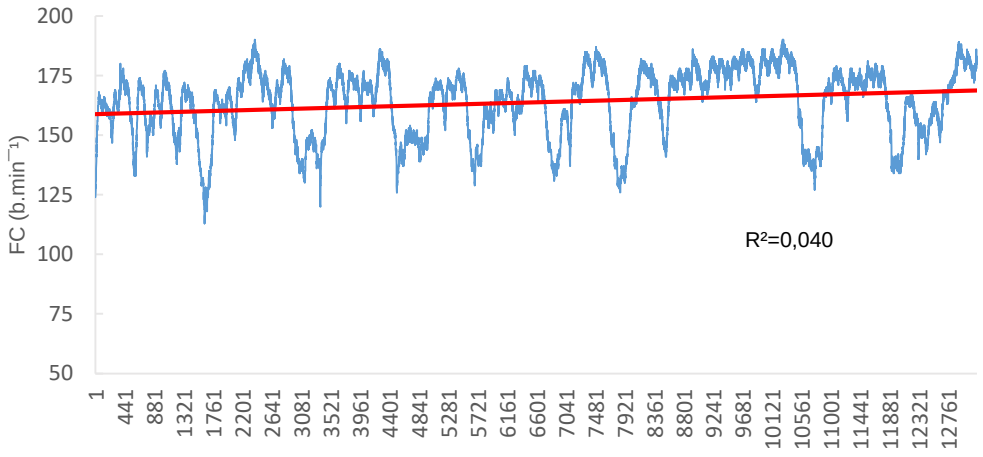


Figura 21. Descrição da variação ao longo do tempo (número de registos ao longo do tempo) durante o 4º encontro da variável: FC (b.min⁻¹) e linha de tendência

Nos encontros 1,2 e 3 foi possível retirar para análise apenas 3 períodos de 45s e no encontro 4, 8 períodos de 45s. Nesse sentido, e porque o encontro 4 revelou características diferentes dos outros 3 encontros - tabelas 3, 4, 7, 10 e 11, (tratava-se do jogo da final do Campeonato Nacional), procuramos analisar com maior detalhe o comportamento do atleta durante os períodos sentado deste encontro – tabela 24 e figuras 22, 23 e 24.

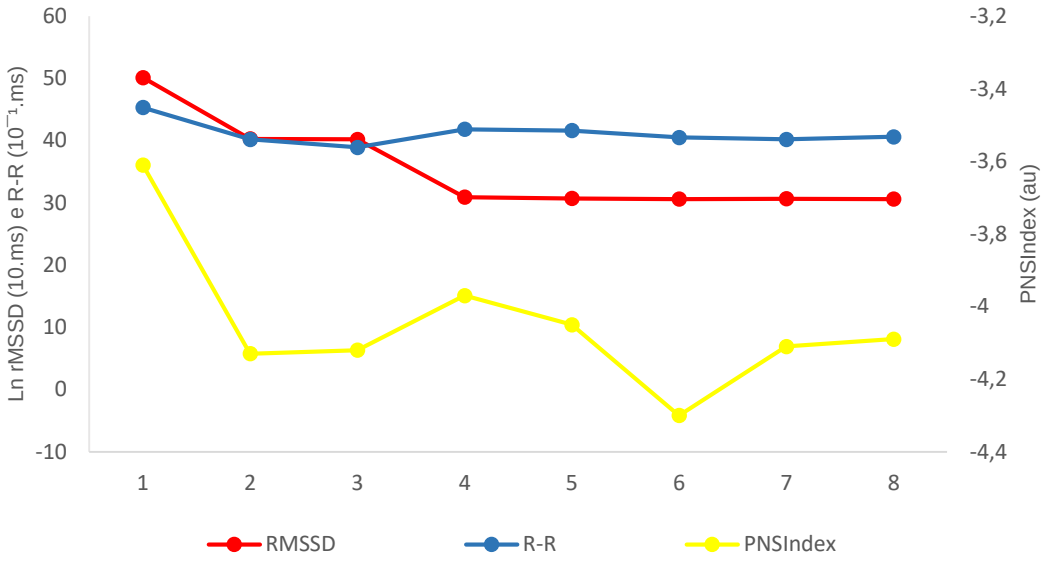


Figura 22. Descrição das variações nos 8 períodos sentado do 4º encontro das variáveis: Média do tempo entre batimentos consecutivos (R-R.10⁻¹-ms), Raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (Ln rMSSD.10-ms), Índice do Sistema Nervoso Parassimpático (PNSIndex-au)

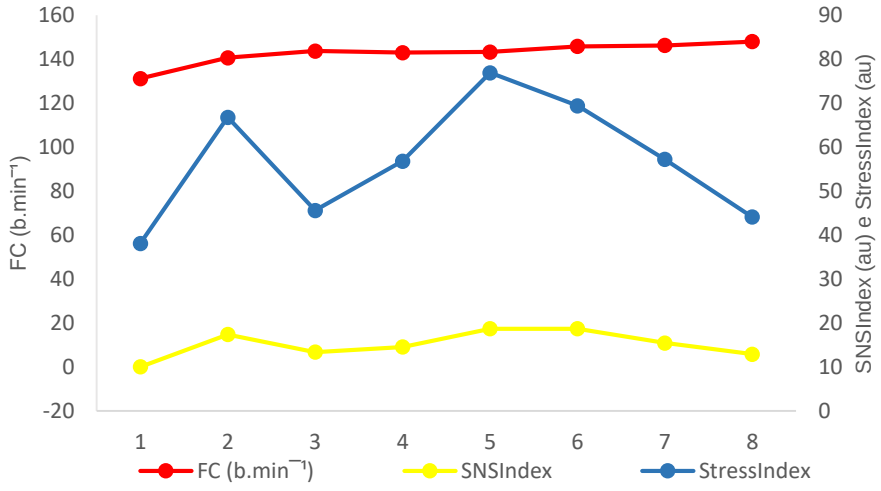


Figura 23. Descrição das variações nos 8 períodos sentado do 4º encontro das variáveis: Frequência Cardíaca (FC-b.min⁻¹), Índice do Sistema Nervoso Simpático (SNSIndex-au) e Índice de Stress (StressIndex-au).

O estudo das associações entre a percentagem de recuperação da FC nos períodos sentado e FC imediatamente após o ponto ter terminado e a FC máxima observada nos períodos sentado (tabela 24), não revelou correlações estatisticamente significativas.

Tabela 24. Correlações (correlação de Pearson), entre a percentagem da Frequência Cardíaca de Recuperação (FCrecup - %) e a Frequência Cardíaca imediatamente após o ponto ter terminado (FCtermp - b.min⁻¹), Frequência Cardíaca Máxima durante o período sentado (FCinic - b.min⁻¹) e o Tempo desde que termina o ponto até ao início do período sentado (Tempo – s)

	FCtermp (b.min⁻¹)	FCinic (b.min⁻¹),	Tempo (s)
FC recuperação %	P<0,79 r=0,11	P< 0,51 r=0,28	P<0,83 r=- 0,09

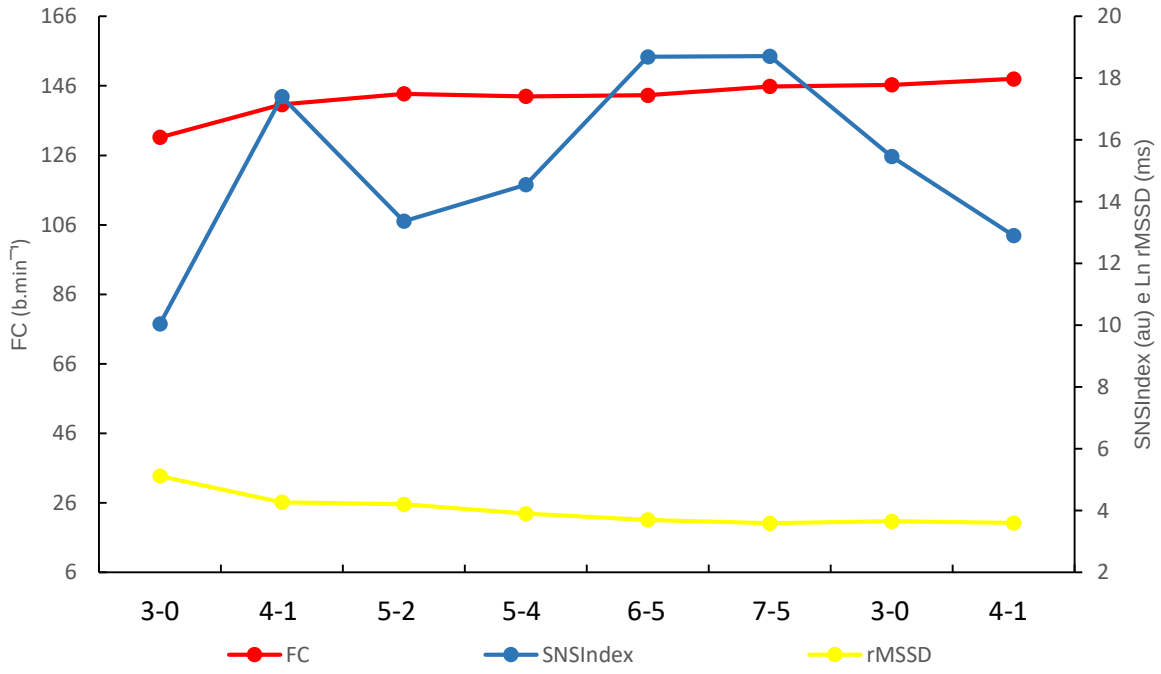


Figura 24. Descrição das variações nos 8 períodos sentado do 4º encontro, quando projetamos o resultado do encontro com o período sentado, das variáveis: Frequência Cardíaca (b.min⁻¹), raiz quadrada da média da soma dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R adjacentes (ln rMSSD-ms) e Índice do Sistema Nervoso Simpático (SNSIndex-au).

4.3.3. Discussão

Importa recordar os objetivos do presente estudo:

1. Descrever os padrões de atividade, perceção de esforço e os parâmetros cardiovasculares FC e VFC de um jogador profissional de Ténis, em 4 encontros oficiais.
2. Investigar os efeitos da situação de jogo de serviço e jogo de resposta nas respostas da FC e características dos encontros.
3. Examinar as associações entre a FC e VFC e padrões de atividade durante os 4 encontros.
4. Investigar o comportamento da FC e VFC em repouso e antes do início de cada encontro.
5. Investigar o comportamento da FC e VFC nas situações de recuperação em troca de campo.

São em número limitado os estudos que envolvem atletas de nível elevado no Ténis. A grande maioria dos estudos que procuram investigar estes temas, tem sido feito através de simulações de encontros de Ténis, onde é difícil replicar as condições de jogo real. Outra limitação destas investigações é que têm estudado atletas de nível regional ou nacional, ou atletas mais jovens.

Este estudo fornece dados fisiológicos, percetivos e características físicas durante competição real de um atleta profissional de Ténis.

A duração média dos pontos foi de 6,83s, o que vai o encontro dos valores anteriormente reportados para jogadores internacionais em piso de terra batida 6,7 a 7,5s (Mendez-Villanueva, et al., 2010; Hornery et al., 2007; Mendez-Villanueva et al., 2007). O mesmo não se verificou para os períodos de recuperação entre pontos, pois encontramos uma duração média de 27,3s, enquanto os valores referidos pelos estudos anteriores se situam entre 16,2 e 17,2s. Uma possível explicação para esta discrepância pode ser o rigoroso controle dos tempos de jogo de acordo com as regras da ITF que os estudos que procuram simular os jogos reais cumprem. O mesmo pode não acontecer em situação real em que o árbitro de cadeira responsável por impor o cumprimento do tempo disponível para recuperar entre pontos, pode ser mais flexível. Hornery et al., (2007) por exemplo, quando investigaram 14 atletas profissionais de Ténis em encontros oficiais, verificou que nos encontros em piso rápido, a média do tempo de recuperação entre pontos foi de 25,1s.

Relativamente ao número de batimentos por ponto, encontramos valores médios de 5,3 enquanto os valores referidos na literatura para encontros em terra batida, são inferiores: 2,7 (Mendez-Villanueva et al., 2007), 4,5 (Hornery et al., 2007).

A percentagem média de tempo efetivo de jogo (16,98%) que registamos é claramente inferior ao que tem sido observado nos vários estudos, em que as percentagens variam entre 19,5% (Martin et al., 2011) e 29,3% (Smekal et al., 2001). Mais uma vez, o tempo de recuperação entre pontos pode ser um fator explicativo.

Procuramos investigar se existiria alguma associação entre a duração dos encontros e o tempo de jogo efetivo. Verificamos que ao aumento da duração dos encontros correspondeu uma diminuição estatisticamente significativa da percentagem de tempo de jogo efetivo. Uma das possíveis explicações poderá ser o aumento de fadiga acumulada (os 4 encontros jogaram-se em dias consecutivos e o atleta treinou no dia anterior e nos primeiros três dias de encontros), o que poderia influenciar o atleta no sentido de aumentar o tempo de recuperação entre pontos. De fato, encontrámos uma correlação positiva entre a duração dos pontos e o tempo de recuperação entre pontos nos encontros 2, 3 e 4. Gescheit et al., (2015), investigaram os efeitos de 4 dias seguidos de encontros prolongados de ténis em 7 tenistas de nível avançado e encontraram uma redução estatisticamente significativa do tempo efetivo de jogo nos dias 3 e 4.

Encontramos, também, uma correlação forte entre a RPE de cada encontro e a duração dos mesmos, o que vai ao encontro das investigações de Mendez-Villanueva et al., (2007, 2010), que encontraram correlações significativas ($r=0,80$ e $r=0,47$; $p<0,05$), entre a RPE e as variáveis número de batimentos e duração dos pontos em tenistas, e referem a RPE como uma técnica útil para regular a intensidade do treino de Ténis.

Para além dos aspetos técnicos, táticos e físicos, as características e respostas fisiologicas ao jogo podem ser influenciadas pela situação de jogo de serviço ou jogo de resposta (Kilit et al., 2016). Nesse sentido, procuramos investigar os efeitos da situação de jogo de serviço ou jogo de resposta nas características dos encontros. No que respeita à duração dos pontos de serviço e resposta, verificamos que exceto no encontro 4, em todos os outros a duração dos pontos de resposta era superior aos do serviço, sendo que apenas no jogo 3, essa diferença foi estatisticamente significativa mas com um ES moderado.

Para a variável número de batimentos também verificamos que exceto no encontro 4, em todos os outros o número de batimentos nos pontos de resposta era superior aos do serviço, sendo que apenas no jogo 3, essa diferença foi estatisticamente significativa mas com um ES moderado.

Para as mudanças de direção houve predomínio dos jogos de resposta com valores estatísticamente significativos nos jogos 1 e 3. Finalmente em termos de recuperação entre pontos apenas foram encontradas diferenças durante o jogo 2.

A análise da FC durante os jogos de serviço e resposta revelou diferenças estatisticamente significativas em todos os encontros que, com a exceção do encontro 3, mostraram que a FC dos jogos de serviço foi superior à FC dos jogos de resposta. Estes dados estão de acordo com os estudos de Kilit et al., (2016b) e Smekal et al., (2001), que mostraram valores médios para a FC dos jogos de serviço de 146 e 152 b.min e para os jogos de resposta 138 e 150 b.min respetivamente.

Em termos de valores médios para os 4 encontros, no nosso estudo encontramos valores ligeiramente superiores para os jogos de serviço – 156 $b.min^{-1}$ e para os jogos de resposta – 154 $b.min^{-1}$. Refira-se no entanto, que os estudos mencionados foram realizados através da simulação de encontros de Ténis ao contrário do presente estudo. No encontro 3, a possível razão para a inversão deste tendência pode estar ligada a dois fatores: a duração dos pontos de resposta que foi superior à duração dos pontos de serviço 8s e 4,8s, e o número de batimentos nos jogos de resposta 5,9 e nos jogos de serviço 3,6.

Do ponto de vista fisiológico, a FC média dos encontros competitivos em ténis varia entre 60 e 80% da FCmax e ocasionalmente, durante os pontos mais intensos e longos os valores de 95% da FCmax podem ser atingidos (Baiget et al., 2015a; Fernández et al., 2007; Gomes et al., 2011; Hornery et al., 2007; Kovacs, 2006; Mendez-Villanueva et al., 2007).

Considerando 3 zonas de intensidade: baixa - < 70% FCmax, moderada – 70-85% FCmax e alta - > 85% FCmax (Baiget et al., 2015; R. V. Gomes et al., 2011), e considerando a FCmax do atleta deste estudo de acordo com (Tanaka et al., 2001), verificamos que nos encontros analisados, as percentagens de FC acima de 85% foram respetivamente de 8,0; 39,7; 40,4 e 68,2% nos encontros 1, 2, 3 e 4. Se considerarmos que, tal como a literatura refere, os valores de FC podem atingir 95% da FCmax durante os encontros de Ténis, para o atleta do nosso estudo isso representaria uma FCmax hipotética de 200 $b.min^{-1}$. Se calcularmos o tempo despendido acima de 85% FCmax para este valor, obtemos 0; 8; 9,2 e 42,7% nos encontros 1, 2, 3 e 4 respetivamente.

Em qualquer das situações, os valores atingidos, principalmente no encontro 4, são muito superiores aos verificados nos dois únicos estudos que encontramos com atletas de elite. Gomes et al., (2011), investigaram dois atletas de elite profissionais durante um encontro simulado em piso rápido, e encontraram valores de 8% para um jogador e de 3% para o outro jogador no intervalo de tempo despendido na zona > 85% da FCmax. Baiget et al., (2015a)

investigaram 20 atletas de elevado nível durante um set de um encontro simulado em piso rápido, e encontraram uma percentagem de 3% de tempo despendido na zona > 85% da FCmax. É necessário salientar que a FC média nestes dois estudos foi de 132 b.min^{-1} para Gomes et al., (2011) e de 138 b.min^{-1} para Baiget et al., (2015a), enquanto que no nosso estudo encontramos uma FC média dos 4 encontros de 149 b.min^{-1}.

Estas diferenças de valores, podem eventualmente ser explicadas pelo facto de os autores terem investigado encontros simulados versus a situação real do presente estudo. Por outro lado, os encontros simulados foram disputados em piso rápido (*greenset*), o que pode influenciar a intensidade do esforço. Martin et al., (2011b) investigaram 6 jogadores de elite em encontros simulados de 16 jogos em 2 superfícies distintas: indoor rápido e terra batida. Encontraram diferenças entre os jogos em terra batida FC média de 154 ± 12 b.min^{-1} e 141 ± 9 b.min^{-1}. Apenas encontramos na literatura um estudo que tenta aproximar as condições da investigação, (torneio por convite e com prémios monetários), com as condições reais do jogo em competição oficial, e em que o piso é terra batida, no entanto, foram investigadas atletas profissionais femininas. Foram encontrados valores de 13% para o intervalo de tempo despendido na zona > 90% da FCmax.

O estudo do comportamento da FCrep e VFC recolhidas de manhã ao acordar, permitiu encontrar uma relação positiva entre a CT e a FCrep, e negativa entre a CT e os intervalos R-R e o PNSIndex. Assim, a FCrep e as variáveis da VFC que representam a atividade do SNP parecem responder às variações da carga de treino. Estes resultados são consistentes com estudos anteriores que reportam o mesmo tipo de variações (Buchheit, Chivot, et al., 2010; Le Meur et al., 2013; Plews et al., 2012; Plews, Laursen, Kilding, et al., 2013; Schneider et al., 2018; Stanley et al., 2015b).

Considerando que existem fortes evidências de que a VFC é influenciada pelo stress e pode ser utilizada de uma forma objetiva para diagnóstico de saúde e stress psicológico (Kim et al., 2018; Lapo et al., 2022), procuramos perceber de que forma é que cada encontro de Ténis poderia influenciar a FC e VFC nos momentos que antecedem o seu início.

Da análise descritiva das variações dos valores das variáveis, nos 4 intervalos de tempo definidos, verificamos que, para todas as variáveis investigadas, existe uma clara diferença entre os 3 primeiros encontros e o 4º encontro. Constata-se assim, dos 3 primeiros encontros para o 4º encontro, uma diminuição dos valores das variáveis RMSSD, R-R e PNSIndex que representam a atividade do SNP e um aumento dos valores das variáveis FC, SNSIndex e StressIndex que representam a atividade do SNS. Relativamente à FC, foram encontradas diferenças estatisticamente significativas para o período de entrada no campo

até ao início do aquecimento, e período sentado após o aquecimento, com um ES moderado e elevado respetivamente.

Não foram considerados para análise estatística os dois outros intervalos de tempo (início do registo até ao início do primeiro ponto e período de aquecimento), porque no primeiro intervalo, não houve registo total de imagens vídeo, e no segundo intervalo apesar da existência de registo de vídeo, uma duração muito semelhante entre os encontros (355, 393, 364 e 359s) e uma rotina de atividade semelhante e comum a todos os encontros oficiais de Ténis, consideramos que o facto de os adversários apresentarem níveis distintos poderia de alguma forma influenciar o comportamento das variáveis. No entanto, continuamos a observar o mesmo padrão.

Os resultados que encontramos parecem ir ao encontro de estudos recentes. Ayuso-Moreno et al., (2020), investigaram a VFC e a ansiedade cognitiva em 14 jogadoras de Futebol (idade 23,8 ± 4,9), em dois microciclos que correspondiam a dois jogos distintos: um de elevada exigência e outro de pequena exigência. Encontraram diferenças significativas entre os dois microciclos em que houve uma redução da VFC e aumento da ansiedade cognitiva no microciclo do jogo de elevada exigência. Muito recentemente, Fuentes-García et al., (2022), investigaram a VFC em jogadores juniores de Ténis em dois momentos: 24h e 20min antes de uma competição. Encontraram reduções significativas nas variáveis que representam a atividade do SNP e aumento significativo da FC.

Por outro lado, os atletas de desportos individuais apresentam uma maior tendência para serem influenciados pela ansiedade competitiva (Correia & Rosado, 2019), pois a responsabilidade pelo sucesso do seu desempenho depende somente deles (Koronas et al., 2020). No nosso estudo, não só o nível dos adversários vai aumentando a cada encontro, mas como se trata de um Campeonato Nacional, parece-nos razoável esperar algum aumento de ansiedade competitiva no último encontro, final do torneio.

A investigação da VFC durante os encontros de Ténis coloca alguns problemas importantes na captação do sinal e interpretação das suas variáveis. Durante o exercício não é só o SNA o principal determinante da VFC mas também a sua intensidade (Buchheit, Chivot, et al., 2010b; Sandercock & Brodie, 2006). Por outro lado, durante o exercício, os registos dos batimentos apresentam ruído (e.g., batimentos ectópicos ou registos perdidos devido a movimentação do sensor) (Buchheit, 2014a). Nesse sentido, e atendendo às características intermitentes, e picos de intensidade da modalidade de Ténis decidimos investigar os valores das variáveis FC e VFC apenas durante os momentos de troca de campo, em que o atleta se senta.

Tal como for referido anteriormente, o período mínimo em que o atleta se manteve sentado ao longo dos 8 períodos foi de 45s. O software (Kubios, 3.3) utilizado nesta investigação permite análises em períodos mínimos de 30s. Esco & Flatt, (2014), investigaram a VFC através do índice Ln rMSSD em 23 atletas universitários antes e após exercício em protocolo de esforço máximo (tapete rolante), definindo períodos de recolha de 10s, 30s e 60s. Encontraram níveis de validade aceitáveis para o período de 60s, e uma diminuição gradual da validade das medições de 60s até 10s, no entanto essa diminuição foi menor até aos 30s com um ES considerado trivial. Num estudo recente, Araújo et al., (2020), revelaram uma elevada reprodutibilidade teste-reteste para medições de 30s através dos parâmetros Ln SDNN e Ln rMSSD após protocolo de esforço máximo em ciclo ergómetro. Hung et al., (2020), também encontraram níveis muito elevados de correlações entre Ln SDNN e Ln rMSSD para medições após 1min de recuperação depois de teste intermitente *Yo-Yo*, salientando que estas correlações se manifestaram mesmo no início da recuperação.

Da análise dos períodos de recuperação sentado nos 4 encontros (tabela 13 e figura 13), verificamos que as diferenças estatisticamente significativas da FC parecem evidenciar as diferentes das características dos 4 encontros. Essa diferença é ainda mais evidente do 1º encontro para os outros, nomeadamente para o 4º encontro (W de Kendall 0,73). Também encontramos o mesmo padrão para as outras variáveis analisadas. Quando observamos os encontros 2, 3 e 4, também encontramos variações nas variáveis, sendo, no entanto, menos evidentes, em particular do encontro 3 para o encontro 4. Algumas considerações podem ser relevantes: O nível do adversário do 1º encontro (experiência e ranking nacional, 66) era inferior ao dos adversários dos encontros 2 e 3 (rankings nacionais, 4 e 1 respetivamente) e muito inferior ao adversário do encontro 4 (ranking ATP-560); O atleta do nosso estudo para além dos encontros efetuados, realizou sessões de treino nos dias dos encontros (tabela 9), o que poderá originar alguma fadiga acumulada, refira-se que o valor mais elevado da FCrep foi exatamente na manhã do dia do 3º encontro e o valor mais elevado da CT no dia anterior; finalmente, tal como referido anteriormente, e investigado por Gescheit et al., (2015), o efeito de 4 dias seguidos de encontros pode originar um aumento de fadiga acumulada.

O estudo descritivo dos 8 períodos de recuperação sentado permitiu-nos observar o comportamento das várias variáveis ao longo do encontro 4 tabela 14, figuras 15, 16, 17 e 18. O valor médio da FC apresentou uma subida ligeira e gradual. Também observamos uma ligeira tendência de subida para a FC de todo o encontro (figura 14), mas com efeito trivial (r= 0,2) o que estaria de acordo com Coutts, (2010) e Baiget et al., (2015b), que sugerem a possibilidade da ocorrência de desvio cardiovascular ao longo de um encontro de Ténis. Outro

aspeto que poderia contribuir para este ligeiro aumento seria a perca de fluídos e correspondente desidratação (Bergeron, 2014; Hornery et al., 2007).

Procuramos perceber de que forma é que a FCrecup (%) variou ao longo dos períodos de recuperação (figura 17). Esperávamos encontrar uma relação entre a FC inicial e a diminuição da FC do atleta. Tal não se verificou, no entanto é necessário notar que após o ponto terminar o atleta começa imediatamente a recuperar. Nesse sentido, procuramos investigar esse período e constatámos que o tempo médio desde o términus do ponto até ao início do período sentado foi de 18,2 s (± 5,1) e o registo médio da FC imediatamente após o ponto ter terminado foi de 170 $b.min^{-1}$ (± 6,3). Também aqui não foram encontradas correlações com a percentagem de recuperação da FC.

Os índices de VFC relacionados com a atividade do SNP (figura 15), apresentaram uma ligeira diminuição até ao momento 4 e depois mantiveram-se relativamente estáveis. O mesmo podemos afirmar para o SNSIndex que representa a atividade do SNS, mas não para o índice SNSIndex. De acordo com Stanley et al., (2013), após o fim do exercício, A FC e VFC demostram uma recuperação que é dependente do tempo e rápida nos primeiros minutos (Kaikkonen et al., 2008; Kaikkonen et al., 2007), mas quando o exercício é de alta intensidade, verifica-se uma recuperação da FC e VFC mais lentas (Al Haddad et al., 2011; Buchheit et al., 2009; Kaikkonen et al., 2008). Assim, e de acordo com Michael et al., (2017), a recuperação após exercício de alta intensidade em atletas muito treinados, resulta num atraso do restabelecimento dos valores de VFC, que é dependente da intensidade do exercício.

Para o índice SNSIndex, não encontramos o mesmo padrão de variação. Interessantemente, quando projetamos os valores da FC e do SNSIndex com o resultado do encontro no momento da recuperação sentado (figura 18) verificamos que este índice parece responder à crescente dificuldade do encontro e, após a conquista do 1º Set e com o desenrolar do 2º Set este índice baixou consideravelmente apresentando inclusivamente no último momento, um valor relativamente próximo ao do início do encontro. Parece-nos razoável especular que quando o atleta conseguiu ultrapassar as maiores dificuldades, e eventualmente percebeu que as probabilidades de ganhar o encontro eram muito fortes, isso começou a refletir-se neste índice, enquanto a nível fisiológico as necessidades não abrandaram.

4.3.4. Conclusões

Este estudo de caso documentou respostas fisiológicas, psicológicas e características de encontros durante o Campeonato Nacional Absoluto de Ténis de um jogador profissional de Ténis. A análise dos dados permite-nos apresentar as seguintes conclusões:

- Foram encontradas diferenças entre os 4 encontros nas variáveis das características dos jogos e FC.
- Foram encontradas diferenças entre os jogos de serviço e jogos de resposta nas características do jogo e FC exceto para o jogo 3.
- Existem associações entre as variáveis duração dos pontos e o tempo de recuperação entre pontos, e entre a RPE e a duração dos encontros.
- Nas medições em repouso ao acordar, foram encontradas associações entre a CT e a FCrep e R-R, e entre CT e PNSIndex.
- Antes do início dos encontros foram encontradas diferenças na FC entre o encontro da final e os 3 anteriores.
- Nos períodos de recuperação sentado, foram encontradas diferenças entre os encontros.
- Durante o encontro 4, o atleta permaneceu na zona de alta intensidade, uma percentagem considerável do tempo.
- A longo do encontro 4, o resultado do marcador pode ter tido alguma influência na atividade do SNS.

Verificamos as hipóteses H3 e H5, e verificamos parcialmente as hipóteses H1, H2, H4, H6 e H7.

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES GERAIS

5.1. CONCLUSÕES GERAIS

Os atletas profissionais de Ténis viajam e competem praticamente durante todo o ano, cumprindo um calendário muito exigente. Isto pode resultar num excesso de focalização na competição, e assim comprometer o treino e levar a recuperação deficiente e condição física (Fernandez-Fernandez, et al., 2009; Gescheit et al., 2015; Murphy et al., 2014). Por causa das crescentes obrigações impostas aos jogadores, tem havido uma redução no tempo disponível para a preparação, com as pré-épocas a serem muitas vezes inferiores a 5 semanas (Fernandez-Fernandez et al., 2015). Estes autores consideram mesmo, que a pré-época dos jogadores profissionais de Ténis é provavelmente a mais curta de todas as modalidades desportivas principais. Nesse sentido, o risco de romper e comprometer o ténue equilíbrio do processo recuperação/stress pode ser elevado. Por outro lado, o conhecimento das características de encontros de Ténis de jogadores de elite, em contexto não simulado pode contribuir para o melhor conhecimento das respostas destes jogadores em competição.

O conhecimento sobre a forma como os atletas de elite de Ténis de adaptam às cargas de treino intensas é, ainda, muito reduzido. A capacidade para intervir diretamente no aumento ou diminuição do estímulo de treino em função de parâmetros quantitativos seria uma vantagem considerável para a tomada de decisões no processo de treino (Kellmann et al., 2018; Nederhof et al., 2008). A monitorização indireta e regular do status do SNA através da medição matinal e em repouso da VFC poderá representar um instrumento para a maximização das adaptações ao treino (Plews, Laursen, et al., 2017a).

O presente estudo de caso procura contribuir para aumentar o nosso conhecimento sobre atletas de elite de Ténis em contexto de treino e competição através de 3 estudos.

No primeiro estudo, procurámos avaliar as variações da FCrep, índices da VFC (i.e., Ln rMSSD, SNSIndex), perceção do esforço e perceção do status recuperação/stress em resposta a microciclos de treino. As principais conclusões são as seguintes:

- Os valores médios semanais dos índices de VFC e a sua variação mínima útil (SWC), parecem ser métodos eficazes para a monitorização das alterações na VFC;
- Observámos padrões diferentes para as respostas da FCrep e VFC em cada atleta. A sua interpretação deve por isso, ser feita considerando a individualidade de cada um;
- A perceção do esforço (RPE) de cada atleta refletiu as variações no VT, parecendo ser uma forma válida para controlar a intensidade do treino;

- As respostas ao questionário RestQ-Sport refletem as variações semanais da CT e parecem ser um instrumento útil para a monitorização do treino.

No segundo estudo, procurámos perceber melhor as diferenças observadas na variável Ln rMSSD de cada atleta, e o efeito de analisar dias isolados *versus* médias semanais, utilizando para isso, as variáveis Ln rMSSD e FCrep. As principais conclusões foram:

- As diferenças verificadas em Ln rMSSD podem eventualmente ser explicadas pelo fenómeno de saturação parassimpática;
- O cálculo do rácio Ln rMSSD:R-R pode contribuir para uma avaliação mais precisa das variações em Ln rMSSD de cada atleta;
- A utilização de dias isolados para a monitorização da FCrep e Ln rMSSD parece ser imprecisa quando comparada com a utilização de médias semanais.

A generalidade dos resultados parece indicar para a necessidade da monitorização contínua e longitudinal das medições baseadas na VFC. Estas medições em repouso parecem ser sensíveis aos microciclos de treino destes atletas.

No terceiro estudo, investigámos um jogador de elite durante os 4 encontros do Campeonato Nacional de Ténis. As principais conclusões foram as seguintes:

- Encontrámos diferenças entre os 4 encontros e entre jogos de serviço e resposta;
- Foram encontradas associações entre a duração dos pontos e tempo de recuperação entre pontos, RPE e duração dos encontros e entre a CT diária e FCrep, R-R e PNSIndex;
- Encontrámos diferenças entre o encontro 4 e os restantes para a FC antes do início do encontro;
- Durante o encontro 4 o atleta permaneceu em zona de alta intensidade uma percentagem de tempo considerável (68%);
- Durante os períodos de recuperação sentado foram encontradas diferenças na FC e no encontro 4 o resultado ao longo do encontro pode ter tido alguma influência na atividade do SNS.

Os resultados obtidos em contexto real foram, em alguns aspetos diferentes daqueles que têm sido reportados na literatura em situações simuladas de encontros, ou em situações mais aproximadas a torneios oficiais, como nas investigações de (Fernandez-Fernandez et al., 2008; Mendez-Villanueva et al., 2007).

Existe atualmente um consenso que é necessário um sistema compreensivo e eficaz para a monitorização das respostas ao treino e recuperação (Coutts et al., 2018; Heidari et al., 2019; Impellizzeri et al., 2019; Kellmann et al., 2018). A monitorização da FCrep e VFC dão um contributo importante, mas não conseguem dar informação sobre todos os aspetos relacionados com a fadiga e bem-estar, e a sua combinação com outros dados não invasivos como os questionários psicométricos pode ser a melhor solução para um sistema mais holístico (Buchheit, 2014).

5.2. LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÕES PARA FUTURAS INVESTIGAÇÕES

- O estudo limitou-se a investigar 3 e 4 semanas intensas de treino em dois atletas ficam por averiguar as respostas em semanas de treino regular de uma época desportiva;

- A investigação em competição limitou-se a 4 encontros de uma semana particular, Campeonato Nacional Absoluto, que implicou adversários (pelo menos nos 3 primeiros encontros), com um nível diferente do atleta do nosso estudo. Seria interessante, até pela ausência de estudos, investigar mais encontros em contexto real e não simulado;

- A VFC é uma medição indireta da variação cardíaca autónoma, a sua interpretação deve ser tratada com algum cuidado;

- Nos estudos 1 e 2 não foram utilizadas variáveis métricas de desempenho o que poderia ter sido útil para a interpretação dos resultados. Investigações futuras poderiam incorporar um teste de desempenho e/ou um teste de fadiga neuromuscular para averiguar possíveis associações;

- Apesar da implementação de um protocolo de recolha de dados simples, e que foi ensaiado várias vezes pelos atletas, não foi possível garantir o cumprimento total de recolhas, no entanto, o cumprimento de mais de 80% de recolhas por cada atleta foi considerado perfeitamente adequado;

- A variável da VFC mais utilizada para análise durante o estudo foi o Ln rMSSD por várias razões. Primeiro, apresenta o coeficiente de variação mais baixo de todos os índices de VFC (Al Haddad et al., 2011), em segundo lugar, Ln rMSSD não é influenciada significativamente pela frequência respiratória, ao contrário de outros índices do domínio da frequência, sendo assim mais desejável neste tipo de contexto (Buchheit, 2014; Laborde et al., 2017; Saboul et al., 2013) e em terceiro lugar, Ln rMSSD consegue capturar a atividade do SNP num período de tempo muito curto (Araújo et al., 2020; Esco & Flatt, 2014);

- Os microciclos de treino englobaram um conjunto de atividades de desenvolvimento técnico, tático e físico muito diversificadas e, apesar de existir um tronco comum em cada semana, é necessário aceitar que as complexidades da fisiologia humana podem ter alguma influência a cada semana. Poderá ser importante (se tal for viável em atletas de elite), condicionar especificamente o tipo de treino para comparar eficazmente as variações em cada semana.

CAPÍTULO VI

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acharya, R., Hegde, B. M., P, S. B., Rao, A., & Cholayya, N. U. (2002). Wavelet Analysis of Heart Rate Variability : New Method of Studying the Heart ' s Function. *Higher Education*, *September*, 195–200.

Acharya, U. R., Joseph, K. P., Kannathal, N., Lim, C. M., & Suri, J. S. (2006). Heart rate variability: A review. *Medical and Biological Engineering and Computing*, *44*(12), 1031–1051. https://doi.org/10.1007/s11517-006-0119-0

Achten, J., & Jeukendrup, A. E. (2003). Heart rate monitoring: Applications and limitations. *Sports Medicine*, *33*(7), 517–538. https://doi.org/10.2165/00007256-200333070-00004

Adriano Pereira, L., Freitas, V., Arruda Moura, F., Saldanha Aoki, M., Loturco, I., & Yuzo Nakamura, F. (2016). The Activity Profile of Young Tennis Athletes Playing on Clay and Hard Courts: Preliminary Data. *Journal of Human Kinetics*, *50*(1), 211–218. https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0158

Al Haddad, H., Laursen, P. B., Chollet, D., Ahmaidi, S., & Buchheit, M. (2011). Reliability of resting and postexercise heart rate measures. *International Journal of Sports Medicine*, *32*(8), 598–605. https://doi.org/10.1055/s-0031-1275356

Altini, M., & Amft, O. (2016). HRV4Training: Large-scale longitudinal training load analysis in unconstrained free-living settings using a smartphone application. *Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS*, *2016-Octob*(May), 2610–2613. https://doi.org/10.1109/EMBC.2016.7591265

Araújo, J. A., Peçanha, T., Novelli, F. I., Mello, C. S. A., Moreira-Gonçalves, D., Arsa, G., & Cambri, L. T. (2020). Reproducibility of Heart Rate Variability Indices at Post-maximal Exercise. *International Journal of Sports Medicine*, *41*(8), 512–519. https://doi.org/10.1055/a-1114-6297

Aubert, A. E., Seps, B., & Beckers, F. (2003). Heart rate variability in athletes. *Sports Medicine*, *33*(12), 889–919. https://doi.org/10.2165/00007256-200333120-00003

Ayuso-Moreno, R., Fuentes-García, J. P., Collado-Mateo, D., & Villafaina, S. (2020). Heart rate variability and pre-competitive anxiety according to the demanding level of the match in female soccer athletes. *Physiology and Behavior*, *222*(March), 112926. https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.112926

Baiget, E., Fernández-Fernández, J., Iglesias, X., & Rodríguez, F. A. (2015). Tennis Play Intensity Distribution and Relation with Aerobic Fitness in Competitive Players. *PloS One*, *10*(6), e0131304. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0131304

Baiget, E., Iglesias, X., & Rodríguez, F. A. (2020). Validity of Heart Rate-Based Models for Estimating Oxygen Uptake During Tennis Play. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *34*(11), 3208–3216. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002696

Bara-filho, M. G., Freitas, D. S., Matta, M. D. O., Roberto, J., Lima, P. De, & Nakamura, F. Y. (2013). *Heart rate variability and soccer training : a case study*. 171–177.

Barbosa, M. P. da C. de R., da Silva, N. T., de Azevedo, F. M., Pastre, C. M., & Vanderlei, L. C. M. (2016). Comparison of Polar® RS800G3™ heart rate monitor with Polar® S810i™ and electrocardiogram to obtain the series of RR intervals and analysis of heart rate variability at rest. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, *36*(2), 112–117. https://doi.org/10.1111/cpf.12203

Barrero, A., Schnell, F., Carrault, G., Kervio, G., Matelot, D., Carré, F., & Lahaye, S. L. D. (2019). Daily fatigue-recovery balance monitoring with heart rate variability in well-trained female cyclists on the Tour de France circuit. *PLoS ONE*, *14*(3), 1–13. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213472

Bekraoui, N., Fargeas-Gluck, M.-A., & Léger, L. (2012). Oxygen uptake and heart rate response of 6 standardized tennis drills. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *37*(5), 982–989. https://doi.org/10.1139/h2012-082

Bellenger, C. R., Fuller, J. T., Thomson, R. L., Davison, K., Robertson, E. Y., & Buckley, J. D. (2016). Monitoring Athletic Training Status Through Autonomic Heart Rate Regulation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, *46*(10), 1–26. https://doi.org/10.1007/s40279-016-0484-2

Benitez, A., Garcia-Gonzalez, M. A., Angulo, R., Rodriguez, F., Iglesias, X., Bescos, R., Marina, M., & Padulles, J. M. (2010). Ventilatory threshold prediction by spectral analysis of heart rate variability in incremental maximal tests. *2010 Computers in Cardiology*, 939–942. http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5738129

Bergeron, M. F. (2014). Hydration and thermal strain during tennis in the heat. *British Journal of Sports Medicine*, *48*(SUPPL. 1). https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093256

Bertsch, K., Hagemann, D., Naumann, E., Schächinger, H., & Schulz, A. (2012). Stability of heart rate variability indices reflecting parasympathetic activity. *Psychophysiology*,

49(5), 672–682. https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2011.01341.x

Billman, G. E. (2011). *Heart rate variability – a historical perspective*. *2*(November), 1–13. https://doi.org/10.3389/fphys.2011.00086

Billman, G. E. (2013). The LF/HF ratio does not accurately measure cardiac sympatho-vagal balance. *Frontiers in Physiology*, *4 FEB*(February), 1–5. https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00026

Blasco-Lafarga, C., Camarena, B., & Mateo-March, M. (2017). Cardiovascular and Autonomic Responses to a Maximal Exercise Test in Elite Youngsters. *International Journal of Sports Medicine*, *38*(9), 666–674. https://doi.org/10.1055/s-0043-110680

Boettger, S., Puta, C., Yeragani, V. K., Donath, L., Müller, H. J., Gabriel, H. H. W., & Bär, K. J. (2010). Heart rate variability, QT variability, and electrodermal activity during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *42*(3), 443–448. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181b64db1

Borg, G. (1998). Borg´s perceived exertion and pain scales. *Human Kinetics*, *July 1998*, 111.

Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *14*(5), 377–381. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7154893

Borresen, J., & Ian Lambert, M. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Medicine*, *39*(9), 779–795. https://doi.org/10.2165/11317780-000000000-00000

Borresen, J., & Lambert, M. I. (2008). Autonomic control of heart rate during and after exercise: Measurements and implications for monitoring training status. *Sports Medicine*, *38*(8), 633–646. https://doi.org/10.2165/00007256-200838080-00002

Botsch, R. E. (2011). *Chapter 12 . Significance and Measures of Association*. 1–4. http://polisci.usca.edu/apls301/Text/Chapter 12. Significance and Measures of Association.htm

Boullosa, D. A., Abreu, L., Nakamura, F. Y., Muñoz, V. E., Domínguez, E., & Leicht, A. S. (2013). Cardiac Autonomic Adaptations in Elite Spanish Soccer Players During Preseason. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *8*(4), 400–409. https://doi.org/10.1123/ijspp.8.4.400

Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., Gabbett, T. J., Coutts, A. J., Burgess, D. J., Gregson, W., & Cable, N. T. (2017). Monitoring

athlete training loads: Consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *12*(May), 161–170. https://doi.org/10.1123/IJSPP.2017-0208

Brown, T. (2002). Voodoo death. *American Journal of Public Health*, *92*(10), 1593–1596. https://doi.org/10.2190/OM.59.1.a

Buchheit, M., Racinais, S., Bilsborough, J. C., Bourdon, P. C., Voss, S. C., Hocking, J., Cordy, J., Mendez-Villanueva, A., & Coutts, A. J. (2013). Monitoring fitness, fatigue and running performance during a pre-season training camp in elite football players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *16*(6), 550–555. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.12.003

Buchheit, M., Simpson, M. B., Al Haddad, H., Bourdon, P. C., & Mendez-Villanueva, A. (2012). Monitoring changes in physical performance with heart rate measures in young soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, *112*(2), 711–723. https://doi.org/10.1007/s00421-011-2014-0

Buchheit, Martin. (2014). Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*, *5 FEB*(February), 73. https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073

Buchheit, Martin. (2016). *Buchheit-Mbi-Commentary-Ijspp-2016*.

Buchheit, Martin. (2018). Magnitudes matter more than Beetroot Juice. *Sports Performance and Science Reports*, *15*(1), 1–3. http://newstats.org/xcl.xls.

Buchheit, Martin, Al Haddad, H., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2009). Effect of body posture on postexercise parasympathetic reactivation in men. *Experimental Physiology*, *94*(July), 795–804. https://doi.org/10.1113/expphysiol.2009.048041

Buchheit, Martin, Chivot, A., Parouty, J., Mercier, D., Al Haddad, H., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2010). Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *European Journal of Applied Physiology*, *108*(6), 1153–1167. https://doi.org/10.1007/s00421-009-1317-x

Buchheit, Martin, & Gindre, C. (2006). Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *American Journal of Physiology. Heart and Circulatory Physiology*, *291*(1), H451–H458. https://doi.org/10.1152/ajpheart.00008.2006

Buchheit, Martin, Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2007). Parasympathetic reactivation after repeated sprint exercise. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory*

Physiology, *293*(1), 133–141. https://doi.org/10.1152/ajpheart.00062.2007

Buchheit, Martin, Mendez-Villanueva, A., Quod, M. J., Poulos, N., & Bourdon, P. (2010). Determinants of the variability of heart rate measures during a competitive period in young soccer players. *European Journal of Applied Physiology*, *109*(5), 869–878. https://doi.org/10.1007/s00421-010-1422-x

Buchheit, Martin, Millet, G. P., Parisy, A., Pourchez, S., Laursen, P. B., & Ahmaidi, S. (2008). Supramaximal training and postexercise parasympathetic reactivation in adolescents. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *40*(2), 362–371. https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31815aa2ee

Buchheit, Martin, Morgan, W., Wallace, J., Bode, M., & Poulos, N. (2015). Physiological, psychometric, and performance effects of the Christmas break in Australian Football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *10*(1), 120–123. https://doi.org/10.1123/ijspp.2014-0082

Buchheit, Martin, Solano, R., & Millet, G. P. (2007a). Heart-rate deflection point and the second heart-rate variability threshold during running exercise in trained boys. *Pediatric Exercise Science*, *19*(2), 192–204. https://doi.org/10.1123/pes.19.2.192

Buchheit, Martin, Solano, R., & Millet, G. P. (2007b). Heart-rate deflection point and the second heart-rate variability threshold during running exercise in trained boys. *Pediatric Exercise Science*, *19*(2), 192–204. https://doi.org/10.1123/pes.19.2.192

Casties, J. F., Mottet, D., & Le Gallais, D. (2006). Non-linear analyses of heart rate variability during heavy exercise and recovery in cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, *27*(10), 780–785. https://doi.org/10.1055/s-2005-872968

Cervantes Blásquez, J. C., Rodas Font, G., & Capdevila Ortís, L. (2009). Heart-rate variability and precompetitive anxiety in swimmers. *Psicothema*, *21*(4), 531–536. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19861094

Cervantes, J. C., Florit, D., Parrado, E., Rodas, G., & Capdevila, L. (2009). Evaluación fisiológica y cognitiva del proceso de estrés-recuperación en la preparación pre-olímpica de deportistas de elite. *Cultura, Ciencia y Deporte*, *4*(11), 111–117. https://doi.org/10.12800/ccd.v4i11.137

Chapleau, M. W., & Sabharwal, R. (2011). Methods of assessing vagus nerve activity and reflexes. *Heart Failure Reviews*, *16*(2), 109–127. https://doi.org/10.1007/s10741-010-9174-6

Cipryan, L., Laursen, P. B., & Plews, D. J. (2016). Cardiac autonomic response following high-intensity running work-to-rest interval manipulation. *European Journal of Sport Science*, *16*(7), 808–817. https://doi.org/10.1080/17461391.2015.1103317

Cohen, J. (1992). Statistical Power Analysis. *Current Directions in Psychological Science*, *1*(3), 98–101. https://doi.org/10.1111/1467-8721.ep10768783

Cooke, K., & R Davey, P. (2005). Tennis ball diameter: The effect on performance and the concurrent physiological responses. In *Journal of sports sciences* (Vol. 23). https://doi.org/10.1080/02640410410001730052

Correia, M., & Rosado, A. (2019). Anxiety in athletes: Gender and type of sport differences. *International Journal of Psychological Research*, *12*(1), 9–17. https://doi.org/10.21500/20112084.3552

Costa, L. O. P., & Samilski, D. M. (2005). Overtraining em atletas de alto nível - uma revisão literária. *Rev. Bras. Ciênc. Mov*, *13*(31), 123–134. https://doi.org/10.18511/rbcm.v13i2.633

Cottin, F., Leprêtre, P.-M., Lopes, P., Papelier, Y., Médigue, C., & Billat, V. (2006). Assessment of Ventilatory Thresholds from Heart Rate Variability in Well-Trained Subjects during Cycling. *International Journal of Sports Medicine*, *27*(12), 959–967. https://doi.org/10.1055/s-2006-923849

Cottin, F, Médigue, C., Lopes, P., Leprêtre, P.-M., Heubert, R., & Billat, V. (2007). Ventilatory thresholds assessment from heart rate variability during an incremental exhaustive running test. *International Journal of Sports Medicine*, *28*(4), 287–294. https://doi.org/10.1055/s-2006-924355

Cottin, François, Durbin, F., & Papelier, Y. (2004). Heart rate variability during cycloergometric exercise or judo wrestling eliciting the same heart rate level. *European Journal of Applied Physiology*, *91*(2–3), 177–184. https://doi.org/10.1007/s00421-003-0969-1

Cottin, François, Médigue, C., Leprêtre, P. M., Papelier, Y., Koralsztein, J. P., & Billat, V. (2004). Heart Rate Variability during Exercise Performed below and above Ventilatory Threshold. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *36*(4), 594–600. https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000121982.14718.2A

Coutts, A. J. (2010). *Monitoramento das cargas de treinamento no tênis de elite*. *12*(3), 217–220.

Coutts, A., Kempton, T., & Crowcroft, S. (2018). *Coutts, A. J., Crowcroft, S., & Kempton, T. (2018). Developing athlete monitoring systems: Theoretical basis and practical applications. In M. Kellmann & J. Beckmann (Eds.), Sport, Recovery and Performance: Interdisciplinary Insights (pp. 19-32). Abingdon*. *October*, 19–32.

Coyle, E. F., & González-Alonso, J. (2001). Cardiovascular Drift during Prolonged Exercise: New Perspectives. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, *29*(2), 88–92. https://doi.org/10.1097/00003677-200104000-00009

Cunha, F. A., Midgley, A. W., Goncalves, T., Soares, P. P., & Farinatti, P. (2015). Parasympathetic reactivation after maximal CPET depends on exercise modality and resting vagal activity in healthy men. *Springerplus*, *4*, 100. https://doi.org/10.1186/s40064-015-0882-1

Daanen, H. A. M., Lamberts, R. P., Kallen, V. L., Jin, A., & Van Meeteren, N. L. U. (2012). A systematic review on heart-rate recovery to monitor changes in training status in athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *7*(3), 251–260. https://doi.org/10.1123/ijspp.7.3.251

Dansou, P., F. Oddou, M., Delaire, M., & Therminarias, A. (2001). Dépense énergétique aérobie au cours d'un match de tennis, du laboratoire au terrain. *Science & Sports - SCI SPORT*, *16*, 16–22.

Darren, C. (2006). *Performance demands of professional male tennis players*. *3*(table 2), 696–699. https://doi.org/10.1136/bjsm.2005.021253

Day, M. L., McGuigan, M. R., Brice, G., & Foster, C. (2004). Monitoring resistance training using the session RPE scale. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *18*(2), 353–358. http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.516.8881&rep=rep1&type=pdf

de Oliveira, T. P., de Alvarenga Mattos, R., da Silva, R. B. F., Rezende, R. A., & de Lima, J. R. P. (2013). Absence of parasympathetic reactivation after maximal exercise. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, *33*(2), 143–149. https://doi.org/10.1111/cpf.12009

Denver, J. W., Reed, S. F., & Porges, S. W. (2007). Methodological issues in the quantification of respiratory sinus arrhythmia. *Biological Psychology*, *74*(2), 286–294. https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2005.09.005

Di Michele, R., Gatta, G., Di Leo, A., Cortesi, M., Andina, F., Tam, E., Da Boit, M., & Merni, F. (2012). Estimation of the anaerobic threshold from heart rate variability in an

incremental swimming test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *26*(11), 3059–3066. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318245bde1

Edel, A., Song, Y., Wiewelhove, T., & Ferrauti, A. (2019). Activity profiles and physiological responses during match play in four popular racquet sports: A literature review. *German Journal of Exercise and Sport Research*, *49*(3), 221–231. https://doi.org/10.1007/s12662-019-00610-4

Ernst, G. (2014). Heart rate variability. In *Heart Rate Variability*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4471-4309-3

Ernst, G. (2017). Heart-Rate Variability—More than Heart Beats? *Frontiers in Public Health*, *5*(September), 1–12. https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00240

Esco, M. R., & Flatt, A. A. (2014). Ultra-short-term heart rate variability indexes at rest and post-exercise in athletes: Evaluating the agreement with accepted recommendations. *Journal of Sports Science and Medicine*, *13*(3), 535–541.

Eston, R. (2012). Use of ratings of perceived exertion in sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *7*(2), 175–182. https://doi.org/10.1123/ijspp.7.2.175

Evans, K. C., Dougherty, D. D., Schmid, A. M., Scannell, E., McCallister, A., Benson, H., Dusek, J. A., & Lazar, S. W. (2009). Modulation of spontaneous breathing via limbic/paralimbic–bulbar circuitry: An event-related fMRI study. *NeuroImage*, *47*(3), 961–971. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.05.025

Fatisson, J., Oswald, V., & Lalonde, F. (2016). Influence diagram of physiological and environmental factors affecting heart rate variability: An extended literature overview. *Heart International*, *11*(1), e32–e40. https://doi.org/10.5301/heartint.5000232

Fernandez-fernandez, J., & Boullosa, D. A. (2016). *Psychophysiological Stress Responses during Training and Competition in Young Female Competitive Tennis Players Personal pdf file for Psychophysiological Stress Responses during Training and Competition in Young Female Competitive Tennis Players*. *January 2015*. https://doi.org/10.1055/s-0034-1384544

Fernandez-Fernandez, J., Boullosa, D. A., Sanz-Rivas, D., Abreu, L., Filaire, E., & Mendez-Villanueva, A. (2015). Psychophysiological stress responses during training and competition in young female competitive tennis players. *International Journal of Sports Medicine*, *36*(1), 22–28. https://doi.org/10.1055/s-0034-1384544

Fernandez-Fernandez, J., Mendez-Villanueva, A., Fernandez-Garcia, B., & Terrados, N. (2007). Match activity and physiological responses during a junior female singles tennis tournament. *British Journal of Sports Medicine*, *41*(11), 711–716. https://doi.org/10.1136/bjsm.2007.036210

Fernandez-Fernandez, Jaime, Kinner, V., & Ferrauti, A. (2010). The physiological demands of hitting and running in tennis on different surfaces. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, *24*(July 2016), 3255–3264. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181e8745f

Fernandez-Fernandez, Jaime, Mendez-Villanueva, A., Fernandez-Garcia, B., & Terrados, N. (2007). Match activity and physiological responses during a junior female singles tennis tournament. *British Journal of Sports Medicine*, *41*(11), 711–716. https://doi.org/10.1136/bjsm.2007.036210

Fernandez-Fernandez, Jaime, Sanz-Rivas, D., Fernandez-Garcia, B., & Mendez-Villanueva, A. (2008). Match activity and physiological load during a clay-court tennis tournament in elite female players. *Journal of Sports Sciences*, *26*(14), 1589–1595. https://doi.org/10.1080/02640410802287089

Fernandez-Fernandez, Jaime, Sanz-Rivas, D., & Mendez-Villanueva, A. (2009). A Review of the Activity Profile and Physiological Demands of Tennis Match Play. *Strength and Conditioning Journal*, *31*(4), 15–26. https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e3181ada1cb

Fernandez-Fernandez, Jaime, Sanz-Rivas, D., Sanchez-Muñoz, C., Pluim, B. M., Tiemessen, I., & Mendez-Villanueva, A. (2009). A comparison of the activity profile and physiological demands between advanced and recreational veteran tennis players. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, *23*(2), 604–610. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318194208a

Fernandez-Fernandez, Jaime, Sanz-Rivas, D., Sanchez-Muñoz, C., Tellez, J. G. de la A., Buchheit, M., & Mendez-Villanueva, A. (2011). Physiological responses to on-court vs running interval training in competitive tennis players. *Journal of Sports Science and Medicine*, *10*(3), 540–545.

Fernandez-Fernandez, Jaime, Sanz-Rivas, D., Sarabia, J. M., & Moya, M. (2015). Preseason Training: The Effects of a 17-Day High-Intensity Shock Microcycle in Elite Tennis Players. *Journal of Sports Science & Medicine*, *14*(4), 783–791. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26664275

Fernandez, J., Mendez-Villanueva, A., Pluim, B. M., Mendez-Villanueva, A., & Pluim, B. M.

(2006). Intensity of tennis match play. *British Journal of Sports Medicine*, *40*(5), 387–391. https://doi.org/10.1136/bjsm.2005.023168

Fernández, J., Villanueva, A. M., Pluim, B. M., & Cepeda, N. T. (2007). Aspectos físigos y fisiológicos del tenis de competición (II). *Archivos de Medicina Del Deporte*, *24*(117), 37–43.

Ferrauti, A., Bergeron, M. F., Pluim, B. M., & Weber, K. (2001). Physiological responses in tennis and running with similar oxygen uptake. *European Journal of Applied Physiology*, *85*(1–2), 27–33. https://doi.org/10.1007/s004210100425

Filho, E., di Fronso, S., Forzini, F., Agostini, T., Bortoli, L., Robazza, C., & Bertollo, M. (2013). Stress/recovery balance during the Girobio: Profile of highly trained road cyclists. *Sport Sciences for Health*, *9*(3), 107–112. https://doi.org/10.1007/s11332-013-0153-x

Flatt, A. A., & Esco, M. R. (2014). *Endurance performance relates to resting heart rate and its variability: A case study of a collegiate male cross-country athlete Heart Rate Variability and External Training Load Monitoring in Elite American Football Players Throughout a Preparatory and C*. *December*. https://www.researchgate.net/publication/270161795

Flatt, A. A., & Esco, M. R. (2016). Heart rate variability stabilization in athletes: towards more convenient data acquisition. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, *36*(5). https://doi.org/10.1111/cpf.12233

Flatt, A. A., Esco, M. R., Allen, J. R., Robinson, J. B., Earley, R. L., Fedewa, M. V., Bragg, A., Keith, C. M., & Wingo, J. E. (2018). HEart rate variability and training load among national collegiate athletic association division 1 college football players throughout spring camp. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *32*(11), 3127–3134. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002241

Flatt, A. A., Esco, M. R., Nakamura, F. Y., & Plews, D. J. (2017). Interpreting daily heart rate variability changes in collegiate female soccer players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06322-2

Flatt, A. A., Globensky, L., Bass, E., Sapp, B. L., & Riemann, B. L. (2019). Heart Rate Variability, Neuromuscular and Perceptual Recovery Following Resistance Training. *Sports*, *7*(10), 225. https://doi.org/10.3390/sports7100225

Flatt, A. A., Hornikel, B., & Esco, M. R. (2017). Heart rate variability and psychometric

responses to overload and tapering in collegiate sprint-swimmers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *20*(6), 606–610. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.10.017

Flatt, A. A., & Howells, D. (2019). Effects of varying training load on heart rate variability and running performance among an Olympic rugby sevens team. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *22*(2), 222–226. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.07.014

Flatt, A. A., Wilkerson, G. B., Allen, J. R., Keith, C. M., & Esco, M. R. (2019). Daily heart rate variability before and after concussion in an american college football player. *Sports*, *7*(5), 1–9. https://doi.org/10.3390/sports7050097

Foster, C., Florhaug, J. A., Franklin, J., Gottschall, l., Hrovatin, l. A., Parker, S., Doleshal, P., & Dodge, C. (2001). A New Approach to Monitoring Exercise Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *15*(1), 109–115. https://doi.org/10.1519/00124278-200102000-00019

Foster, C., Rodriguez-Marroyo, J. A., & De Koning, J. J. (2017). Monitoring training loads: The past, the present, and the future. In *International Journal of Sports Physiology and Performance* (Vol. 12, Issue Suppl 2, pp. 2–8). https://doi.org/10.1123/IJSPP.2016-0388

Freeman, J. V., Dewey, F. E., Hadley, D. M., Myers, J., & Froelicher, V. F. (2006). Autonomic Nervous System Interaction With the Cardiovascular System During Exercise. *Progress in Cardiovascular Diseases*, *48*(5), 342–362. https://doi.org/10.1016/j.pcad.2005.11.003

Fuentes-García, J. P., Crespo, M., Martínez-Gallego, R., & Villafaina, S. (2022). Impact of match-induced pressure on HRV of junior tennis players. *Physiology & Behavior*, *252*(March), 113836. https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2022.113836

GAMELIN, F. X., BERTHOIN, S., & BOSQUET, L. (2006). Validity of the Polar S810 Heart Rate Monitor to Measure R-R Intervals at Rest. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *38*(5), 887–893. https://doi.org/10.1249/01.mss.0000218135.79476.9c

Garatachea, N., Garc??a-L??pez, D., Jos?? Cuevas, M., Almar, M., Molinero, O., M??rquez, S., & Gonz??lez-Gallego, J. (2011). Biological and psychological monitoring of training status during an entire season in top kayakers. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *51*(2), 339–346. https://doi.org/R40113132 [pii]

Gescheit, D. T., Cormack, S. J., Reid, M., & Duffield, R. (2015). Consecutive days of prolonged tennis match play: Performance, physical, and perceptual responses in trained players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *10*(7), 913–920. https://doi.org/10.1123/ijspp.2014-0329

Gladwell, V. F., Brown, D. K., Barton, J. L., Tarvainen, M. P., Kuoppa, P., Pretty, J., Suddaby, J. M., & Sandercock, G. R. H. (2012). The effects of views of nature on autonomic control. *European Journal of Applied Physiology*, *112*(9), 3379–3386. https://doi.org/10.1007/s00421-012-2318-8

Gladwell, V. F., Sandercock, G. R. H., & Birch, S. L. (2010). Cardiac vagal activity following three intensities of exercise in humans. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, *30*(1), 17–22. https://doi.org/10.1111/j.1475-097X.2009.00899.x

Goldberger, J. J., Le, F. K., Lahiri, M., Kannankeril, P. J., Ng, J., & Kadish, A. H. (2006). Assessment of parasympathetic reactivation after exercise. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*, *290*(6), 2446–2452. https://doi.org/10.1152/ajpheart.01118.2005

Gomes, R. V., Coutts, A. J., Viveiros, L., & Aoki, M. S. (2011). *Physiological demands of match-play in elite tennis : A case study*. *11*(March). https://doi.org/10.1080/17461391.2010.487118

Gomes, R. V., Moreira, A., Lodo, L., Capitani, C. D., & Aoki, M. S. (2015). Ecological validity of session RPE method for quantifying internal training load in tennis. *International Journal of Sports Science and Coaching*, *10*(4), 729–738. https://doi.org/10.1260/1747-9541.10.4.729

Grobbelaar, H. W., Malan, D. D. J., Steyn, B., & Ellis, S. M. (2010). Factors affecting the recovery-stress, burnout and mood state scores of elite student rugby players. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*, *32*(2), 41–54. https://doi.org/10.4314/sajrs.v32i2.59296

Gronwald, T., & Hoos, O. (2019). Correlation properties of heart rate variability during endurance exercise: A systematic review. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, *25*(June), 1–11. https://doi.org/10.1111/anec.12697

Gronwald, T., Hoos, O., Ludyga, S., & Hottenrott, K. (2019). Non-linear dynamics of heart rate variability during incremental cycling exercise. *Research in Sports Medicine*, *27*(1), 88–98. https://doi.org/10.1080/15438627.2018.1502182

Gronwald, T., Ludyga, S., Hoos, O., & Hottenrott, K. (2018). Non-linear dynamics of cardiac autonomic activity during cycling exercise with varied cadence. *Human Movement Science*, *60*(June 2018), 225–233. https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.06.013

Haddad, M., Padulo, J., & Chamari, K. (2014). The usefulness of session rating of perceived

exertion for monitoring training load despite several influences on perceived exertion. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *9*(5), 882–883. https://doi.org/10.1123/ijspp.2014-0010

Haddad, M., Stylianides, G., Djaoui, L., Dellal, A., & Chamari, K. (2017). Session-RPE Method for Training Load Monitoring: Validity, Ecological Usefulness, and Influencing Factors. *Frontiers in Neuroscience*, *11*(NOV). https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00612

Halson, S. L. (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Medicine*, *44*(September 2014), 139–147. https://doi.org/10.1007/s40279-014-0253-z

Harpe, S. E. (2015). How to analyze Likert and other rating scale data. *Currents in Pharmacy Teaching and Learning*, *7*(6), 836–850. https://doi.org/10.1016/j.cptl.2015.08.001

Hautala, A. J., Makikallio, T. H., Seppanen, T., Huikuri, H. V., &, & Tulppo, M. P. (2003). *Short_term_correlation_properties_of_R_R.pdf*.

Hautala, A. J., Kiviniemi, A. M., & Tulppo, M. P. (2009). Individual responses to aerobic exercise: The role of the autonomic nervous system. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, *33*(2), 107–115. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2008.04.009

Hautala, A. J., Mäkikallio, T. H., Seppänen, T., Huikuri, H. V., & Tulppo, M. P. (2003). Short-term correlation properties of R-R interval dynamics at different exercise intensity levels. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, *23*(4), 215–223. https://doi.org/10.1046/j.1475-097X.2003.00499.x

Heidari, J., Beckmann, J., Bertollo, M., Brink, M., Kallus, K. W., Robazza, C., & Kellmann, M. (2019). Multidimensional monitoring of recovery status and implications for performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *14*(1), 2–8. https://doi.org/10.1123/ijspp.2017-0669

Herman, L., Foster, C., Maher, M., Mikat, R., & Porcari, J. (2006). Validity and reliability of the session RPE method for monitoring exercise training intensity. *South African Journal of Sports Medicine*, *18*(1), 14. https://doi.org/10.17159/2078-516x/2006/v18i1a247

Hopkins, Will G. (2004). Perspectives / Performance How to Interpret Changes in an Athletic Performance Test. *Sportscience 8, 1-7, 2004*, *8*, 1–7. (sportsci.org/jour/04/wghtests.htm)

Hopkins, Will G. (2017). A Spreadsheet for Monitoring an Individual's Changes and Trend. *Sport Science*, *21*, 5–9.

Hopkins, William G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *41*(1), 3–13. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31818cb278

Hoppe, M. W., Baumgart, C., Bornefeld, J., Sperlich, B., Freiwald, J., & Holmberg, H.-C. (2014). Running Activity Profile of Adolescent Tennis Players During Match Play. *Pediatric Exercise Science*, *26*(3), 281–290. https://doi.org/10.1123/pes.2013-0195

Hornery, D. J. (2006). *A comprehensive profile of elite tennis and strategies to enhance match play performance*. *December*, 1–245.

Hornery, D. J., Farrow, D., Mujika, I., Young, W., & Pluim, B. M. (2007). An integrated physiological and performance profile of professional tennis. *British Journal of Sports Medicine*, *41*(8), 531–536. https://doi.org/10.1136/bjsm.2006.031351

Hottenrott, K., & Hoos, O. (2017). Heart rate variability analysis in exercise physiology. In *ECG Time Series Variability Analysis: Engineering and Medicine* (Issue May). https://doi.org/10.4324/9781315372921

Hung, C. H., Clemente, F. M., Bezerra, P., Chiu, Y. W., Chien, C. H., Crowley-Mchattan, Z., & Chen, Y. S. (2020). Post-exercise recovery of ultra-short-term heart rate variability after yo-yo intermittent recovery test and repeated sprint ability test. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(11), 1–15. https://doi.org/10.3390/ijerph17114070

Hynynen, E., Vesterinen, V., Rusko, H., & Nummela, A. (2010). Effects of moderate and heavy endurance exercise on nocturnal HRV. *International Journal of Sports Medicine*, *31*(6), 428–432. https://doi.org/10.1055/s-0030-1249625

Ian Lambert, M., & Borresen, J. (2010). Measuring training load in sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *5*(3), 406–411. https://doi.org/10.1123/ijspp.5.3.406

Iellamo, F., Lucini, D., Volterrani, M., Casasco, M., Salvati, A., Gianfelici, A., Di Gianfrancesco, A., Urso, A., & Manzi, V. (2019). Autonomic nervous system responses to strength training in top-level weight lifters. *Physiological Reports*, *7*(20). https://doi.org/10.14814/phy2.14233

Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and external training load : 15 years on training load : internal and external load theoretical framework : the training process. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *14*(2), 270–273.

Kaikkonen, P, Rusko, H., & Martinmäki, K. (2008). Post-exercise heart rate variability of endurance athletes after different high-intensity exercise interventions. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *18*(4), 511–519. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2007.00728.x

Kaikkonen, Piia, Hynynen, E., Mann, T., Rusko, H., & Nummela, A. (2010). Can HRV be used to evaluate training load in constant load exercises? *European Journal of Applied Physiology*, *108*(3), 435–442. https://doi.org/10.1007/s00421-009-1240-1

Kaikkonen, Piia, Hynynen, E., Mann, T., Rusko, H., Nummela, A., & Linnarsson, D. (2012). Heart rate variability is related to training load variables in interval running exercises. *European Journal of Applied Physiology*, *112*(3), 829–838. https://doi.org/10.1007/s00421-011-2031-z

Kaikkonen, Piia, Nummela, A., & Rusko, H. (2007). Heart rate variability dynamics during early recovery after different endurance exercises. *European Journal of Applied Physiology*, *102*(1), 79–86. https://doi.org/10.1007/s00421-007-0559-8

Kallus, W., & Kellmann, M. (2016). *The Recovery-Stress Questionnaires: User Manual*.

Karapetian, G., Engels, H., Gretebeck, K., & Gretebeck, R. (2012). Effect of Caffeine on LT, VT and HRVT. *International Journal of Sports Medicine*, *33*(07), 507–513. https://doi.org/10.1055/s-0032-1301904

Karapetian, G. K., Engels, H. J., & Gretebeck, R. J. (2008). Use of heart rate variability to estimate LT and VT. *International Journal of Sports Medicine*, *29*(8), 652–657. https://doi.org/10.1055/s-2007-989423

Karavirta, L., Tulppo, M. P., Laaksonen, D. E., Nyman, K., Laukkanen, R. T., Kinnunen, H., Häkkinen, A., & Häkkinen, K. (2009). Heart rate dynamics after combined endurance and strength training in older men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *41*(7), 1436–1443. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181994a91

Karim, N., Hasan, J. A., & Ali, S. S. (2011). *HEART RATE VARIABILITY – A REVIEW*. *7*(1), 71–77.

Kellmann, M. (2010). Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, *20*(SUPPL. 2), 95–102. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01192.x

Kellmann, Michael, Bertollo, M., Bosquet, L., Brink, M., Coutts, A. J., Duffield, R., Erlacher, D., Halson, S. L., Hecksteden, A., Heidari, J., Wolfgang Kallus, K., Meeusen, R., Mujika,

I., Robazza, C., Skorski, S., Venter, R., & Beckmann, J. (2018). Recovery and performance in sport: Consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *13*(2), 240–245. https://doi.org/10.1123/ijspp.2017-0759

Kellmann, Michael, & Kallus, K. W. (2016). Recovery-Stress Questionnaire for Athletes. *The Recovery-Stress Questionnaires*, 86–134.

Kenney, W. L., Wilmore, J. H., Costill, D. L. (2015). *Physiology of Sport and Exercise.* (Human Kinetics (ed.); Sixth Edit).

Kilit, B., Arslan, C., Akçınar, F. & Rad, A. G. (2012). Elit erkek tenis maçlarının notasyonel analizi. *International Journal of Human Sciences*, *9*(2), 1312–1320.

Kilit, B., Şenel, Ö., Arslan, E., & Can, S. (2016). Physiological responses and match characteristics in professional tennis players during a one-hour simulated tennis match. *Journal of Human Kinetics*, *50*(2), 83–92. https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0173

Kim, H. G., Cheon, E. J., Bai, D. S., Lee, Y. H., & Koo, B. H. (2018). Stress and heart rate variability: A meta-analysis and review of the literature. *Psychiatry Investigation*, *15*(3), 235–245. https://doi.org/10.30773/pi.2017.08.17

Kingsley, M., Lewis, M. J., & Marson, R. E. (2005). Comparison of Polar 810s and an ambulatory ECG system for RR interval measurement during progressive exercise. *International Journal of Sports Medicine*, *26*(1), 39–44. https://doi.org/10.1055/s-2004-817878

Kiviniemi, A. M., Tulppo, M. P., Hautala, A. J., Vanninen, E., & Uusitalo, A. L. T. (2014). Altered relationship between R-R interval and R-R interval variability in endurance athletes with overtraining syndrome. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, *24*(2). https://doi.org/10.1111/sms.12114

Kiviniemi, Antti M, Hautala, A. J., Kinnunen, H., & Tulppo, M. P. (2007). Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements. *European Journal of Applied Physiology*, *101*(6), 743–751. https://doi.org/10.1007/s00421-007-0552-2

Koronas, V., TOHĂNEAN, D. I., & SALONIKIDIS, K. (2020). PRECOMPETITION ANXIETY AND STRESS IN TENNIS: REVIEW OF LITERATURE. *Series IX Sciences of Human Kinetics*, *13(62)*(2), 43–52. https://doi.org/10.31926/but.shk.2020.13.62.2.5

Kovacs, M S. (2006). *Applied physiology of tennis performance*. 381–386. https://doi.org/10.1136/bjsm.2005.023309

Kovacs, Mark S. (2007). Tennis physiology: Training the competitive athlete. *Sports Medicine*, *37*(3), 189–198. https://doi.org/10.2165/00007256-200737030-00001

Kovacs, Mark S, & Baker, L. B. (2014). Recovery interventions and strategies for improved tennis performance. *British Journal of Sports Medicine*, *48 Suppl 1*, i18-21. https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093223

Kupper, N. H. M., Willemsen, G., van den Berg, M., de Boer, D., Posthuma, D., Boomsma, D. I., & de Geus, E. J. C. (2004). Heritability of ambulatory heart rate variability. *Circulation*, *110*(18), 2792–2796. https://doi.org/10.1161/01.CIR.0000146334.96820.6E

Laborde, S., Mosley, E., & Thayer, J. F. (2017). Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research - Recommendations for experiment planning, data analysis, and data reporting. In *Frontiers in Psychology* (Vol. 8, Issue FEB). https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00213

Lamberts, R. P., Rietjens, G. J., Tijdink, H. H., Noakes, T. D., & Lambert, M. I. (2010). Measuring submaximal performance parameters to monitor fatigue and predict cycling performance: A case study of a world-class cyclo-cross cyclist. *European Journal of Applied Physiology*, *108*(1), 183–190. https://doi.org/10.1007/s00421-009-1291-3

Lapo, H. M., Chacon-Mikahil, M. P. T., & Sardeli, A. V. (2022). Pre-competitive overload period impairs parasympathetic modulation in athletes: A systematic review and meta-analysis. *Physiology and Behavior*, *250*(March), 113780. https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2022.113780

Larsen, P. D., Tzeng, Y. C., Sin, P. Y. W., & Galletly, D. C. (2010). Respiratory sinus arrhythmia in conscious humans during spontaneous respiration. *Respiratory Physiology and Neurobiology*, *174*(1–2), 111–118. https://doi.org/10.1016/j.resp.2010.04.021

Le Meur, Y., Pichon, A., Schaal, K., Schmitt, L., Louis, J., Gueneron, J., Vidal, P. P., & Hausswirth, C. (2013). Evidence of parasympathetic hyperactivity in functionally overreached athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *45*(11), 2061–2071. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3182980125

Leicht, A. S., Sinclair, W. H., & Spinks, W. L. (2008). Effect of exercise mode on heart rate variability during steady state exercise. *European Journal of Applied Physiology*, *102*(2), 195–204. https://doi.org/10.1007/s00421-007-0574-9

Leite, A. (2012). *Teste à Validade do Questionário de Estresse e Recuperação para Atletas (*

RESTQ-Sport). http://hdl.handle.net/10400.5/7540

Leite, A., Rosado, A., & Alves, F. (2013). Recuperação Subjectiva: Validação da Escala de Recuperação Subjectiva para o Desporto (ERSD). *Revista Portuguesa de Fisioterapia No Desporto*, *7*(January), 15–28.

Lewis, M. J., Kingsley, M., Short, A. L., & Simpson, K. (2007). Rate of reduction of heart rate variability during exercise as an index of physical work capacity. *Scand J Med Sci Sports*, *17*(6), 696–702. https://doi.org/SMS616 [pii]\r10.1111/j.1600-0838.2006.00616.x

Lewis, M. J., & Short, A. L. (2010). Exercise and cardiac regulation: What can electrocardiographic time series tell us? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, *20*(6), 794–804. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01150.x

Lupo, C., Capranica, L., & Tessitore, A. (2014). The validity of the session-RPE method for quantifying training load in water polo. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *9*(4), 656–660. https://doi.org/10.1123/IJSPP.2013-0297

Manzi, V., Castagna, C., Padua, E., Lombardo, M., D'Ottavio, S., Massaro, M., Volterrani, M., & Iellamo, F. (2009). Dose-response relationship of autonomic nervous system responses to individualized training impulse in marathon runners. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*, *296*(6), 1733–1740. https://doi.org/10.1152/ajpheart.00054.2009

Martin, Caroline; Prioux, J. (2011). Physiological Aspects of Competitive Tennis: a Review of the Recent Literature Abstract. *Journal of Medicine and Science in Tennis*, *16*(3), 6–19.

Martin, C., Thevenet, D., Zouhal, H., Mornet, Y., Delès, R., Crestel, T., Ben Abderrahman, A., & Prioux, J. (2011). Effects of Playing Surface (Hard and Clay Courts) on Heart Rate and Blood Lactate During Tennis Matches Played by High-Level Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(1), 163–170. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181fb459b

Martínez-Gallego, R., F Guzmán, J., James, N., Pers, J., Ramón-Llin, J., & Vuckovic, G. (2013). Movement characteristics of elite tennis players on hard courts with respect to the direction of ground strokes. *Journal of Sports Science & Medicine*, *12*(2), 275–281. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24149806

Martinmäki, K., & Rusko, H. (2008). Time-frequency analysis of heart rate variability during immediate recovery from low and high intensity exercise. *European Journal of Applied Physiology*, *102*(3), 353–360. https://doi.org/10.1007/s00421-007-0594-5

Mazon, J., Gastaldi, A., Di Sacco, T., Cozza, I., Dutra, S., & Souza, H. (2013). Effects of training periodization on cardiac autonomic modulation and endogenous stress markers in volleyball players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, *23*(1), 114–120. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01357.x

McCraty, R. (2015). Science of the Heart: Exploring the Role of the Heart in Human Performance. In *HeartMath Institute* (Vol. 2, Issue February). https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3873.5128

Meeusen, R., Duclos, M., Gleeson, M., Rietjens, G., Steinacker, J., & Urhausen, A. (2006). Prevention, diagnosis and treatment of the Overtraining Syndrome. ECSS position statement "task force." *European Journal of Sport Science*, *6*(1), 1–14. https://doi.org/10.1080/17461390600617717

Mendez-Villanueva, A., Fernandez-Fernández, J., Bishop, D., & Fernandez-Garcia, B. (2010). Ratings of perceived exertion-lactate assiciation during actual singles tennis match play. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(1), 165–170. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181a5bc6d

Mendez-Villanueva, A., Fernandez-Fernandez, J., Bishop, D., Fernandez-Garcia, B., Terrados, N., & Ferrauti, A. (2007). Activity patterns, blood lactate concentrations and ratings of perceived exertion during a professional singles tennis tournament * COMMENTARY. *British Journal of Sports Medicine*, *41*(5), 296–300. https://doi.org/10.1136/bjsm.2006.030536

Michael, S., Graham, K. S., & Oam, G. M. D. (2017). Cardiac autonomic responses during exercise and post-exercise recovery using heart rate variability and systolic time intervals-a review. In *Frontiers in Physiology* (Vol. 8, Issue MAY). https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00301

Michael, S., Jay, O., Halaki, M., Graham, K., & Davis, G. M. (2016). Submaximal exercise intensity modulates acute post-exercise heart rate variability. *European Journal of Applied Physiology*. https://doi.org/10.1007/s00421-016-3327-9

Morales, J., Garcia, V., García-Massó, X., Salvá, P., Escobar, R., & Buscà, B. (2012). The Use of Heart Rate Variability in Assessing Precompetitive Stress in High-Standard Judo Athletes. *International Journal of Sports Medicine*, *34*(02), 144–151. https://doi.org/10.1055/s-0032-1323719

Morales, José, Álamo, J. M., García-Massó, X., Buscà, B., López, J. L., Serra-Añó, P., & González, L.-M. (2014). Use of Heart Rate Variability in Monitoring Stress and Recovery

in Judo Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *28*(7), 1896–1905. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000328

Morales, Jose, Roman, V., Yáñez, A., Solana-Tramunt, M., Álamo, J., & Fíguls, A. (2019). Physiological and Psychological Changes at the End of the Soccer Season in Elite Female Athletes. *Journal of Human Kinetics*, *66*(1), 99–109. https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0051

Morante, S. M., & Brotherhood, J. R. (2007). *Thermoregulatory responses during competitive singles tennis.* https://doi.org/10.1136/bjsm.2007.0370022007.037002v1

Moreno, I. L., Pastre, C. M., Ferreira, C., de Abreu, L. C., Valenti, V. E., & Vanderlei, L. C. M. (2013). Effects of an isotonic beverage on autonomic regulation during and after exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *10*(1), 1–10. https://doi.org/10.1186/1550-2783-10-2

Mourot, L., Bouhaddi, M., Perrey, S., Cappelle, S., Henriet, M.-T., Wolf, J.-P., Rouillon, J.-D., & Regnard, J. (2004). Decrease in heart rate variability with overtraining: assessment by the Poincaré plot analysis. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, *24*(1), 10–18. https://doi.org/10.1046/j.1475-0961.2003.00523.x

Muñoz-López, A., & Naranjo-Orellana, J. (2020). Individual versus team heart rate variability responsiveness analyses in a national soccer team during training camps. *Scientific Reports*, *10*(1), 1–10. https://doi.org/10.1038/s41598-020-68698-5

Murias, J. M., Lanatta, D., Arcuri, C. R., & Laiño, F. A. (2007). Metabolic and functional responses playing tennis on different surfaces. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, *21*(1), 112–117. https://doi.org/10.1519/00124278-200702000-00021

Murphy, A. P., Duffield, R., Kellett, A., & Reid, M. (2014). A descriptive analysis of internal and external loads for elite-level tennis drills. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *9*(5), 863–870. https://doi.org/10.1123/ijspp.2013-0452

Murphy, A. P., Duffield, R., Kellett, A., & Reid, M. (2016). A comparison of the perceptual and technical demands of tennis training, simulated match play, and competitive tournaments. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *11*(1), 40–47. https://doi.org/10.1123/ijspp.2014-0464

Nederhof, E., Zwerver, J., Brink, M., Meeusen, R., & Lemmink, K. (2008). Different diagnostic tools in nonfunctional overreaching. *International Journal of Sports Medicine*, *29*(7),

590–597. https://doi.org/10.1055/s-2007-989264

Ng, J., Sundaram, S., Kadish, A. H., & Goldberger, J. J. (2009). Autonomic effects on the spectral analysis of heart rate variability after exercise. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*, *297*(4), 1421–1428. https://doi.org/10.1152/ajpheart.00217.2009

Nicolas, M., Vacher, P., Martinent, G., & Mourot, L. (2016). Monitoring stress and recovery states: Structural and external stages of the short version of the RESTQ sport in elite swimmers before championships. *Journal of Sport and Health Science*, *May*. https://doi.org/10.1016/j.jshs.2016.03.007

Nieto-Jiménez, C., Pardos-Mainer, E., Ruso-álvarez, J. F., & Naranjo-Orellana, J. (2020). Training load and HRV in a female athlete: A case study | Carga de entrenamiento y VFC en una atleta femenina: Estudio de caso. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de La Actividad Fisica y Del Deporte*, *20*(78), 321–333.

Nieto-Jimenez, C., Ruso-Álvarez, J., Pardos-Mainer, E., & Orellana, J. N. (2019). Heart rate varibility in the training monitoring of an ironman runner. a case study. *Retos*, *40*(9), 339–343. https://doi.org/10.47197/RETOS.V37I37.73873

Nunan, D., Gay, D., Jakovljevic, D. G., Hodges, L. D., Sandercock, G. R. H., & Brodie, D. A. (2009). Validity and reliability of short-term heart-rate variability from the Polar S810. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *41*(1), 243–250. https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318184a4b1

Ortigosa, J., Reigal, R. E., Carranque, G., & Hernández-Mendo, A. (2018). Heart rate variability: Research and practical applications to control adaptive processes in sport. *Revista Iberoamericana de Psicologia Del Ejercicio y El Deporte*, *13*(1), 121–130.

Pavel, H., Pavel, S., Aleš, J., & Republic, C. (2011). VOLLEYBALL PLAYERS TRAINING INTENSITY MONITORING THROUGH THE USE OF SPECTRAL ANALYSIS OF HEART RATE VARIABILITY DURING A TRAINING MICROCYCLE Pavel Háp , Pavel Stejskal , Aleš Jakubec. *Acta Gymnica*, *41*(3), 33–39. https://doi.org/10.5507/ag.2011.018

Pichon, A. P., De Bisschop, C., Roulaud, M., Denjean, A., & Papelier, Y. (2004). Spectral analysis of heart rate variability during exercise in trained subjects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *36*(10), 1702–1708. https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000142403.93205.35

Pichot, V., Roche, F., Gaspoz, J. M., Enjolras, F., Antoniadis, A., Minini, P., Costes, F., Busso, T., Lacour, J. R., & Barthelemy, J. C. (2000). Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *32*(10), 1729–1736. https://doi.org/10.1097/00005768-200010000-00011

Platisa, M. M., & Gal, V. (2008). Correlation properties of heartbeat dynamics. *European Biophysics Journal*, *37*(7), 1247–1252. https://doi.org/10.1007/s00249-007-0254-z

Platisa, M. M., Mazic, S., Nestorovic, Z., & Gal, V. (2008). Complexity of heartbeat interval series in young healthy trained and untrained men. *Physiological Measurement*, *29*(4), 439–450. https://doi.org/10.1088/0967-3334/29/4/002

Plews, D. J. (2013). The Practical Application of Heart Rate Variability – Monitoring training adaptation in world class athletes. *Thesis through University of Auckland*, 1–187.

Plews, D. J., Laursen, P. B., & Buchheit, M. (2017a). Day-to-day heart-rate variability recordings in world-champion rowers: Appreciating unique athlete characteristics. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *12*(5), 697–703. https://doi.org/10.1123/ijspp.2016-0343

Plews, D. J., Laursen, P. B., & Buchheit, M. (2017b). Day-to-Day Heart-Rate Variability Recordings in World-Champion Rowers: Appreciating Unique Athlete Characteristics. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *12*(5), 697–703. https://doi.org/10.1123/ijspp.2016-0343

Plews, D. J., Laursen, P. B., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2012). Heart rate variability in elite triathletes, is variation in variability the key to effective training? A case comparison. *European Journal of Applied Physiology*, *112*(11), 3729–3741. https://doi.org/10.1007/s00421-012-2354-4

Plews, D. J., Laursen, P. B., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2013). Evaluating Training Adaptation With Heart-Rate Measures: A Methodological Comparison. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *8*(6), 688–691. https://doi.org/10.1123/ijspp.8.6.688

Plews, D. J., Laursen, P. B., Le Meur, Y., Hausswirth, C., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2014). Monitoring training with heart rate-variability: how much compliance is needed for valid assessment? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *9*(5), 783–790. https://doi.org/10.1123/ijspp.2013-0455

Plews, D. J., Laursen, P. B., Stanley, J., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2013). Training

adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, *43*(9), 773–781. https://doi.org/10.1007/s40279-013-0071-8

Plews, D. J., Scott, B., Altini, M., Wood, M., Kilding, A. E., & Laursen, P. B. (2017). Comparison of heart-rate-variability recording with smartphone photoplethysmography, polar H7 chest strap, and electrocardiography. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *12*(10), 1324–1328. https://doi.org/10.1123/ijspp.2016-0668

Povea, C., Schmitt, L., Brugniaux, J., Nicolet, G., Richalet, J. P., & Fouillot, J. P. (2005). Effects of intermittent hypoxia on heart rate variability during rest and exercise. *High Altitude Medicine and Biology*, *6*(3), 215–225. https://doi.org/10.1089/ham.2005.6.215

Reid, M., & Girard, O. (2007). *F P Ro O Fs - N Ot Fo R D Is Tri Bu Tio N T & F P Ro O Fs - N Ot Fo R D Tri Bu N*. *February 2013*, 2012. https://www.routledge.com/Routledge-Handbook-of-Sports-Performance-Analysis/McGarry-ODonoghue-Sampaio/p/book/9781138908208

Ridhwan, S., Ghosh, A. K., & Keong, C. C. (2010). The Fractional Utilisation of Maximal Oxygen Consumption during Execution of Ground Strokes and Simulated Match in 14 to 18 years Malaysian Singles Tennis Players. *International Journal of Applied Sports Sciences*, *22*(2), 45–65.

Rules of Tennis 2006. (2007). *January*.

Saboul, D., Pialoux, V., & Hautier, C. (2013). The impact of breathing on HRV measurements: Implications for the longitudinal follow-up of athletes. *European Journal of Sport Science*, *13*(5), 534–542. https://doi.org/10.1080/17461391.2013.767947

Saboul, D., Pialoux, V., & Hautier, C. (2014). The breathing effect of the LF/HF ratio in the heart rate variability measurements of athletes. *European Journal of Sport Science*, *14 Suppl 1*(May 2014), S282-8. https://doi.org/10.1080/17461391.2012.691116

Sandercock, G. R. H. H., & Brodie, D. A. (2006). The use of heart rate variability measures to assess autonomic control during exercise. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, *16*(5), 302–313. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00556.x

Sandercock, G. R.H., & Brodie, D. A. (2006). The use of heart rate variability measures to assess autonomic control during exercise. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, *16*(5), 302–313. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2006.00556.x

Sandercock, Gavin R. H., Bromley, P. D., & Brodie, D. a. (2005). Effects of Exercise on Heart Rate Variability: Inferences from Meta-Analysis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *37*(3), 433–439. https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000155388.39002.9D

Sarmiento, S., García-Manso, J. M., Martín-González, J. M., Vaamonde, D., Calderón, J., & da Silva-Grigoletto, M. E. (2013). Heart rate variability during high-intensity exercise. *Journal of Systems Science and Complexity*, *26*(1), 104–116. https://doi.org/10.1007/s11424-013-2287-y

Sartor, F., Vailati, E., Valsecchi, V., Vailati, F., & Torre, A. La. (2013). Heart rate variability reflects training load and Psychophysiological status in young elite gymnasts. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *27*(10), 2782–2790. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31828783cc

Saw, A. E., Main, L. C., & Gastin, P. B. (2016). Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. *British Journal of Sports Medicine*, *50*(5), 281–291. https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094758

Schmitt, L., Regnard, J., & Millet, G. P. (2015). Monitoring fatigue status with HRV measures in elite athletes: An avenue beyond RMSSD? *Frontiers in Physiology*, *6*(NOV), 2013–2015. https://doi.org/10.3389/fphys.2015.00343

Schneider, C., Flatt, A. A., Schneider, C., Wiewelhove, T., Raeder, C., Flatt, A. A., & Schneider, C. (2019). *Heart Rate Variability Monitoring During Strength and High-Intensity Heart Rate Variability Monitoring During Strength and High-Intensity Interval Training Overload Microcycles*. *May*. https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00582

Schneider, C., Hanakam, F., Wiewelhove, T., Döweling, A., Kellmann, M., Meyer, T., Pfeiffer, M., & Ferrauti, A. (2018). Heart rate monitoring in team sports-A conceptual framework for contextualizing heart rate measures for training and recovery prescription. *Frontiers in Physiology*, *9*(MAY), 1–19. https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00639

Schneider, C., Schumbera, O., Raeder, C., Wiewelhove, T., Ferrauti, A., Baiget, E., Fernandez-Fernandez, J., Adriano Pereira, L., Freitas, V. H. de, Arruda Moura, F., Saldanha Aoki, M., Loturco, I., Yuzo Nakamura, F., Fernandez-Fernandez, J., Buchheit, M., Reid, M. M., Paper, C., Ruhr-universit, C. R. C. S., Ruhr-universit, T. W., … Frigo, L. (2015). Summary for Policymakers. In Human Kinetics (Ed.), *Climate Change 2013 – The Physical Science Basis* (Sixth Edit, Vol. 11, Issue July 2016, pp. 1–30). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Seiler, S., Haugen, O., & Kuffel, E. (2007). Autonomic recovery after exercise in trained athletes: Intensity and duration effects. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *39*(8), 1366–1373. https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318060f17d

Shaffer, F., & Ginsberg, J. P. (2017). An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Frontiers in Public Health*, *5*(September), 1–17. https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258

Shaffer, F., McCraty, R., & Zerr, C. L. (2014). A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Frontiers in Psychology*, *5*(September), 1040. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.01040

Shaffer, F., & Venner, J. (2013). Heart rate variability anatomy and physiology. *Biofeedback*, *41*(1), 13–25. https://doi.org/10.5298/1081-5937-41.1.05

Singh, F., Foster, C., Tod, D., & McGuigan, M. R. (2007). Monitoring different types of resistance training using session rating of perceived exertion. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *2*(1), 34–45. https://doi.org/10.1123/ijspp.2.1.34

Smekal, G, Von Duvillard, S. P., Rihacek, C., Pokan, R., Hofmann, P., Baron, R., Tschan, H., & Bachl, N. (2001). A physiological profile of tennis match play. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *33*(6), 999–1005. https://doi.org/10.1097/00005768-200106000-00020

Smekal, Gerhard, Von Duvillard, S. P., Rihacek, C., Pokan, R., Hofmann, P., Baron, R., Tschan, H., Bachl, N., Duvillard, S. P. V. O. N., Rihacek, C., Pokan, R., Hofmann, P., Baron, R., Tschan, H., Bachl, N., Von Duvillard, S. P., Rihacek, C., Pokan, R., Hofmann, P., … Bachl, N. (2001). A physiological profile of tennis match play. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *33*(6), 999–1005. https://doi.org/10.1097/00005768-200106000-00020

Stanley, J., D'Auria, S., & Buchheit, M. (2015). Cardiac parasympathetic activity and race performance: An elite triathlete case study. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *10*(4), 528–534. https://doi.org/10.1123/ijspp.2014-0196

Stanley, J., Peake, J. M., & Buchheit, M. (2013). Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: Implications for training prescription. *Sports Medicine*, *43*(12), 1259–1277. https://doi.org/10.1007/s40279-013-0083-4

Stare, M., Žibrat, U., & Filipčič, A. (2015). Stroke effectivness in professional and junior tennis = Učinkovitost udarcev v profesionalnem in mladinskem tenisu. *Kinesiologia*

Slovenica, *21*(2), 39–50.

Tanaka, H., Monahan, K. D., & Seals, D. R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*, *37*(1), 153–156. https://doi.org/10.1016/S0735-1097(00)01054-8

TaskForce. (1996). Guidelines Heart rate variability. *European Heart Journal*, *17*, 354–381. https://doi.org/10.1161/01.CIR.93.5.1043

Taylor, K.-L., Chapman, D. W., Cronin, J. B., Newton, M. J., & Gill, N. (2012). Fatigue Monitoring in High Performance Sport: a Survey of Current Trends. *Journal of Australian Strength & Conditioning*, *20*(1), 12–23. https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004

Thayer, J. F., Loerbroks, A., & Sternberg, E. M. (2011). Inflammation and cardiorespiratory control: The role of the vagus nerve. *Respiratory Physiology and Neurobiology*, *178*(3), 387–394. https://doi.org/10.1016/j.resp.2011.05.016

Thorpe, R. T., Strudwick, A. J., Buchheit, M., Atkinson, G., Drust, B., & Gregson, W. (2016). Tracking morning fatigue status across in-season training weeks in elite soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *11*(7), 947–952. https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0490

Tibana, R. A., de Sousa, N. M. F., Prestes, J., Feito, Y., Ernesto, C., & Voltarelli, F. A. (2019). Monitoring training load, well-being, heart rate variability, and competitive performance of a functional-fitness female athlete: A case study. *Sports*, *7*(2). https://doi.org/10.3390/sports7020035

Tomczak, M., & Tomczak, E. (2014). The need to report effect size estimates revisited. An overview of some recommended measures of effect size Language and cognition: L2 influence on conceptualization of motion and event construal. View project. *TRENDS in Sport Sciences*, *1*(21), 19–25.

Tucker, R., & Collins, M. (2012). What makes champions? a review of the relative contribution of genes and training to sporting success. *British Journal of Sports Medicine*, *46*(8), 555–561. https://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090548

Tulppo, M. P., Mäkikallio, T. H., Laukkanen, R. T., & Huikuri, H. V. (1999). Differences in autonomic modulation of heart rate during arm and leg exercise. *Clinical Physiology*, *19*(4), 294–299. https://doi.org/10.1046/j.1365-2281.1999.00180.x

Tulppo, M. P., Mäkikallio, T. H., Seppänen, T., Laukkanen, R. T., & Huikuri, H. V. (1997). Vagal modulation of heart rate during exercise: Effects of age and physical fitness.

Scandinavian Cardiovascular Journal, Supplement, *31*(45), 12. https://doi.org/10.1097/00005768-199705001-00813

Tulppo, Mikko P., Hughson, R. L., Mäkikallio, T. H., Airaksinen, K. E. J., Seppänen, T., & Huikuri, H. V. (2001). Effects of exercise and passive head-up tilt on fractal and complexity properties of heart rate dynamics. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*, *280*(3 49-3), 1081–1087. https://doi.org/10.1152/ajpheart.2001.280.3.h1081

Tulppo, Mikko P, Makikallio, T. H., Takala, T. E. S., Seppanen, T., & Huikuri, H. V. (1996). Analvsis of Heart Rate Dynamics During Exkrcise. *American Physiological Society*, 244–252.

Turner, A. N., Buttigieg, C., Marshall, G., Noto, A., Phillips, J., & Kilduff, L. (2017). Ecological validity of the session rating of perceived exertion for quantifying internal training load in fencing. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *12*(1), 124–128. https://doi.org/10.1123/ijspp.2016-0062

Ulbricht, A., Fernandez-Fernandez, J., Mendez-Villanueva, A., & Ferrauti, A. (2016). Impact of Fitness Characteristics on Tennis Performance in Elite Junior Tennis Players. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, *30*(4), 989–998. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001267

Van Der Does, H. T. D., Brink, M. S., Otter, R. T. A., Visscher, C., & Marie Lemmink, K. A. P. (2017). Injury risk is increased by changes in perceived recovery of team sport players. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *27*(1), 46–51. https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000306

Vanderlei, L. C. M., Silva, R. A., Pastre, C. M., Azevedo, F. M., & Godoy, M. F. (2008). *7049*. *41*, 854–859.

Wallace, L. K., Slattery, K. M., & Coutts, A. J. (2009). The Ecological Validity and Application of the Session-RPE Method for Quantifying Training Loads in Swimming. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *23*(1), 33–38. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181874512

Wallace, L. K., Slattery, K. M., Impellizzeri, F. M., & Coutts, A. J. (2014). Establishing the criterion validity and reliability of common methods for quantifying training load. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *28*(8), 2330–2337. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000416

Wallace, S., Jordan, M., Blake, T., & Doyle-Baker, P. (2017). Heart rate variability in an elite female alpine skier: A case study. *Annals of Applied Sport Science*, *5*(2), 3–10. https://doi.org/10.18869/acadpub.aassjournal.5.2.3

White, D. W., & Raven, P. B. (2014). Autonomic neural control of heart rate during dynamic exercise: revisited. *The Journal of Physiology*, *592*(Pt 12), 2491–2500. https://doi.org/10.1113/jphysiol.2014.271858

Williams, D. W. P., Jarczok, M. N., Ellis, R. J., Hillecke, T. K., Thayer, J. F., & Koenig, J. (2017). Two-week test–retest reliability of the Polar® RS800CX™ to record heart rate variability. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, *37*(6), 776–781. https://doi.org/10.1111/cpf.12321

Yamamoto, K., Miyachi, M., Saitoh, T., Yoshioka, A., & Onodera, S. (2001). Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *33*(9), 1496–1502. https://doi.org/10.1097/00005768-200109000-00012

ANEXOS

Anexo 1 - TERMO DE CONSENTIMENTO

Variabilidade da frequência cardíaca, carga de treino e caracterização psicofisiológica no ténis: estudo de caso

Este projeto de estudo está inserido no âmbito da didática da Educação Física e do Desporto, na área do Treino de Alto Rendimento, e tem como objetivo a obtenção do grau de Doutoramento de Paulo Filipe Pereira do Nascimento de Figueiredo.

Agradecemos, antecipadamente, o seu interesse neste projeto de investigação. Antes de tomar a decisão de participar, por favor, leia atentamente esta folha informativa.

Caso opte por não participar, não existirão quaisquer inconvenientes. De qualquer modo, em qualquer momento poderá abandonar a continuidade da participação, sem qualquer prejuízo para si.

Temos como alvo prioritário avaliar variáveis fisiológicas, psicológicas e de características do jogo em atletas de elite de Ténis.

Para tal ser-lhe-á solicitado que autorize a recolha de imagens vídeo e que responda sobre a sua perceção do esforço em cada situação avaliada; serão ainda recolhidas as suas principais medidas corporais. Serão ainda recolhidos os dados biográficos relativamente ao seu historial na modalidade.

Todos os dados são absolutamente confidenciais, ficando apenas disponíveis para a equipa de avaliação.

Em caso de dúvida ou incerteza, não hesite em as colocar aos responsáveis pelo projeto:

Paulo Filipe Pereira do Nascimento de Figueiredo e Profª Doutora Raquel Maria Santos Barreto Sajara Madeira.

Termo de consentimento:

Tomei conhecimento e entendi toda a informação supra relativa a este projeto.

Assumo que:

1. A participação é absolutamente, voluntária;
2. A participação pode ser abandonada a qualquer momento, sem qualquer consequência;
3. Tenho conhecimento dos, eventuais, riscos, na recolha dos dados;
4. Os resultados poderão ser publicados, mas o anonimato está garantido.

Concordo na participação neste estudo.

_____ _____

(O Participante) (data)

Anexo 2 – ESCALA DE BORG (CR – 10)

PERCEÇÃO DO ESFORÇO – ESCALA DE BORG (CR – 10)	
0	REPOUSO
1	MUITÍSSIMO FÁCIL
2	MUITO FÁCIL
3	MODERADO
4	ALGO DIFÍCIL
5	DIFÍCIL
6	DIFÍCIL
7	MUITO DIFÍCIL
8	MUITO DIFÍCIL
9	MUITO DIFÍCIL
10	MÁXIMO

Anexo 3 – RestQ – Sport

RESTQP-SPORT

Código simples:_____ Código do grupo:_____

Nome: _____

Data: _____ Hora: _____ Idade: _____ Sexo:_____

Modalidade: _____

Nível educacional: ( ) 1º ciclo ( ) 2º ciclo ( ) 3º ciclo ( ) secundário ( ) ensino superior

Este questionário consiste numa série de afirmações. Estas afirmações descreverão, possivelmente, o seu estado mental, emocional e o seu bem estar físico, relativamente às actividades que realizou **nos últimos 3 dias e noites.**
Por favor, escolha a resposta que mais objectivamente evidencie os seus pensamentos e actividades, indicando a frequência com que cada afirmação se encaixa, no seu caso, nos últimos três dias.
As afirmações relacionadas com o desempenho desportivo se referem tanto a actividades de treino quanto de competição.
Para cada afirmação existem sete possíveis respostas.

Por favor, faça sua escolha marcando o número correspondente à resposta apropriada.

Exemplo:

Nos últimos (3) dias/noites

… Eu li um jornal

0	1	2	3	4	5 X	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

Neste exemplo, o número 5 foi marcado; tal significa que você leu jornais muitíssimas vezes nos últimos três dias.
Por favor, não deixe nenhuma afirmação em branco.
Se você tiver dúvidas sobre a opção a marcar, escolha a que mais se aproxima da sua realidade.
Agora vire a página e responda a todas as questões por ordem e sem interrupção.

Copyright by M. Kellmann, K.W. Kallus, D. Samulski & L. Costa
University of Bochum (ALE), UFMG (BRA), 2002
RESTQ-Sport Versão Reduzida, FMH (PT), 2012, A. Leite & A. Rosado

Nos últimos (3) dias/noites

9) ***…eu senti-me relaxado fisicamente***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

13) ***…eu senti-me fisicamente confortável (tranquilo)***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

21) ***…eu estava aborrecido com outras pessoas***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

25) ***…eu estava morto de cansaço após o trabalho***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

26) ***…outras pessoas mexeram com os meus nervos***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

29) ***… eu senti-me bem fisicamente***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

33) ***…eu diverti-me***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

Nos últimos (3) dias/noites

35) **… *eu estava extremamente cansado***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

42) **… *eu senti-me exausto fisicamente***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

43) **… *eu senti-me feliz***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

47) **… *eu senti-me contente***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

48) **… *eu estava zangado com alguém***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

50) **… *partes do meu corpo estavam doridas***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

51) **…*eu não conseguia descansar durante os períodos de repouso***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

Nos últimos (3) dias/noites

56) ***…eu preparei-me mentalmente para a competição ou para os treinos***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

57) ***…eu senti meus músculos tensos durante a competição ou os treinos***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

58) ***… eu tive a impressão que tive poucos períodos de descanso***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

60) ***… eu lidei muito bem com os problemas da minha equipa***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

61) ***… eu estava em boa condição física***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

64) ***… eu tive dores musculares após a competição ou treino***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

67) ***…eu preparei-me psicologicamente antes da competição ou treino***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

Nos últimos (3) dias/noites

69) ***…eu senti-me com muita energia***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

70) ***…eu entendi bem o que os meus companheiros de equipa sentiam***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

72) ***…os períodos de descanso não ocorreram nos momentos correctos***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

74) ***…eu defini os meus objectivos para a competição ou treino***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

75) ***…o meu corpo sentia-se forte***

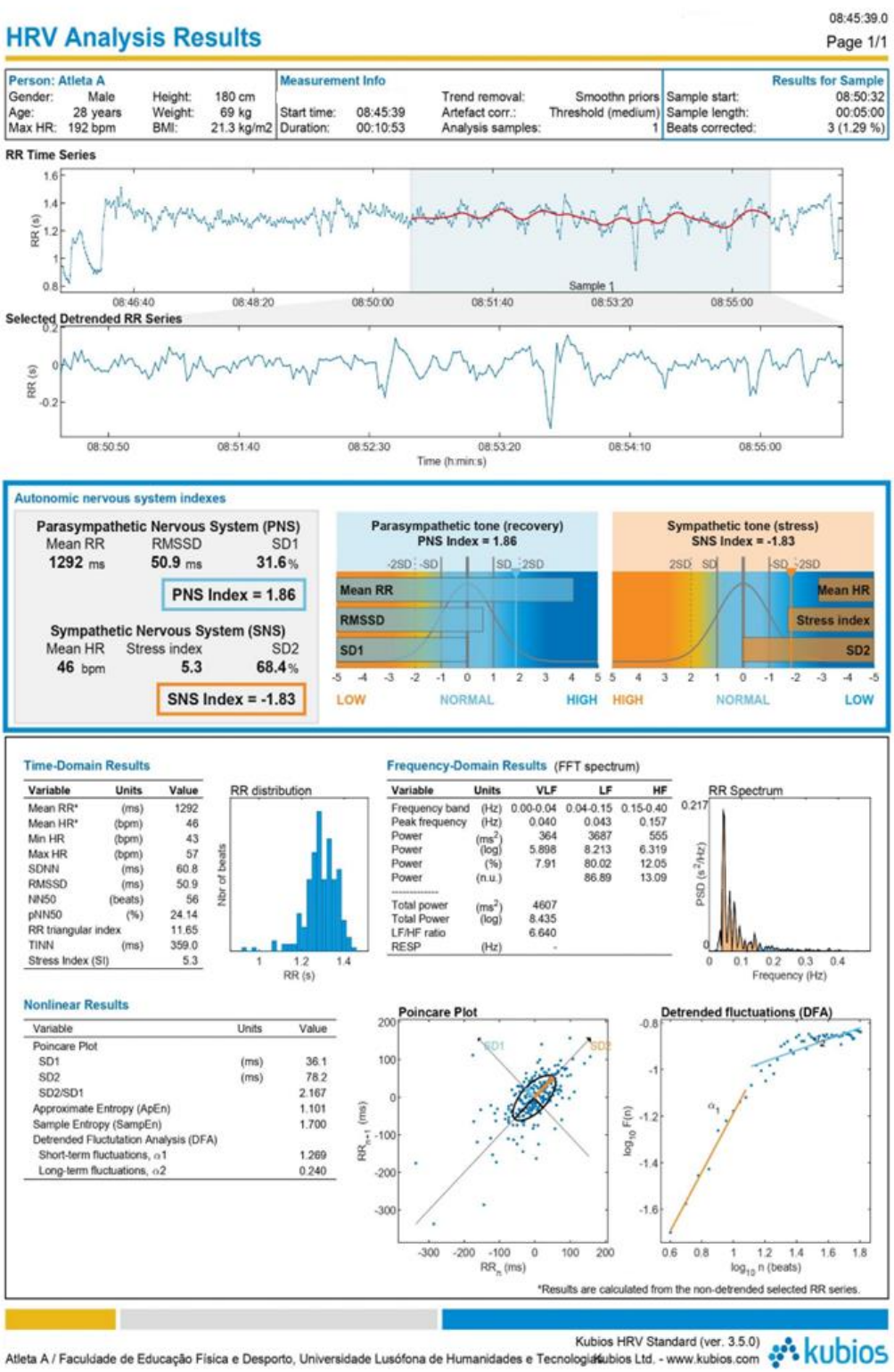
0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

77) ***… eu lidei bem com os problemas emocionais dos meus companheiros de equipa***

0	1	2	3	4	5	6
Nunca	Pouquíssimas vezes	Poucas vezes	Metade das vezes	Muitas vezes	Muitíssimas vezes	Sempre

Muito Obrigado!

Anexo 4 – Exemplo de relatório de dados da VFC através do software Kubios 3.5



Anexo 5 – Exemplo de folha de cálculo (características dos encontros)

VARIAVEIS DE JOGO 4

Resultado	DP	DP Seg	DP Seg	DP Resp	DP Serv	NB	MD	NB Resp	NB Serv	MD Resp	MD Serv	Recup Pé		Recup Pé	Recup Sent	Início ponto Real	Fim ponto	cio do 1º serv	Inicio RS	Fim RS	
S 15/0	00:00:17,96	17,96	17,96	13,84	17,96	12	3	11	12	2	3	00:00:21,24	00:00:21,24	21,24		00:13:19,97	00:13:37,93	00:13:59,17			
15/15	00:00:04,26	4,26	4,26	6,04	4,26	3	1	4	3	1	1	00:00:23,00	00:00:23,00	23	00:00:59,40	00:13:59,17	00:14:03,43	00:14:26,43			
15/30	00:00:00,60	0,6	0,60	8,77	0,6	1	0	6	1	1	0	00:00:17,83	00:00:17,83	17,83	00:01:03,40	00:14:37,20	00:14:37,80	00:14:55,63			
30/30	00:00:10,10	10,1	10,10	15,74	10,1	7	1	11	7	0	1	00:00:22,07	00:00:22,07	22,07	00:00:48,60	00:14:55,63	00:15:05,73	00:15:27,80			
40/30	00:00:14,13	14,13	14,13	0,57	14,13	9	1	1	9	0	1	00:00:22,64	00:00:22,64	22,64	00:00:54,80	00:15:27,80	00:15:41,93	00:16:04,57			
1-0	00:00:04,06	4,06	4,06	14,93	4,06	3	0	10	3	0	0	00:00:58,10	00:00:58,10	58,1	00:01:49,80	00:16:04,57	00:16:08,63	00:17:06,73			
R 15/0	00:00:13,84	13,84	13,84	4,24	3,26	11	2	3	2	0	0	00:00:20,96	00:00:20,96	20,96	00:01:21,40	00:17:06,73	00:17:20,57	00:17:41,53			
15/15	00:00:06,04	6,04	6,04	8,27	10,3	4	1	6	7	0	1	00:00:18,23	00:00:18,23	18,23		00:18:20,73	00:18:26,77	00:18:45,00			
30/15	00:00:08,77	8,77	8,77	12,17	2,3	6	1	8	2	0	0	00:00:22,26	00:00:22,26	22,26	00:00:00,00	00:18:45,00	00:18:53,77	00:19:16,03			
40/15	00:00:15,74	15,74	15,74	12,84	1,47	11	0	9	2	4	0	00:00:21,50	00:00:21,50	21,5	00:00:00,00	00:19:25,43	00:19:41,17	00:20:02,67			
2-0	00:00:00,57	0,57	0,57	18,6	0,86	1	0	12	1	4	0	00:00:41,30	00:00:41,30	41,3	00:00:00,00	00:20:15,20	00:20:15,77	00:20:57,07			
S 15/0	00:00:03,26	3,26	3,26	2,73	5,46	2	0	2	5	0	1	00:00:14,94	00:00:14,94	14,94	00:00:00,00	00:20:57,07	00:21:00,33	00:21:15,27			
15/15	00:00:10,30	10,3	10,30	2,56	5,56	7	1	2	5	0	0	00:00:26,06	00:00:26,06	26,06	00:00:00,00	00:21:15,27	00:21:25,57	00:21:51,63			
30/15	00:00:02,30	2,3	2,30	0,94	14,8	2	0	1	11	0	2	00:00:19,80	00:00:19,80	19,8	00:00:00,00	00:21:51,63	00:21:53,93	00:22:13,73			
40/15	00:00:01,47	1,47	1,47	3,67	3,3	2	0	3	3	1	0	00:00:18,07	00:00:18,07	18,07	00:00:00,00	00:22:13,73	00:22:15,20	00:22:33,27			
3-0	00:00:00,86	0,86	0,86	17,8	12,43	1	0	12	8	1	0	00:01:41,64	00:01:41,64	101,64	00:00:44,73	00:22:33,27	00:22:34,13	00:24:15,77	00:22:53,40	00:23:38,13	
R 15/0	00:00:14,93	14,93	14,93	8,97	0,57	10	0	7	1	1	0	00:00:22,17	00:00:22,17	22,17	00:00:00,00	00:24:26,50	00:24:41,43	00:25:03,60			
15/15	00:00:04,24	4,24	4,24	1,87	10,4	3	0	2	6	0	0	00:00:19,10	00:00:19,10	19,1	00:00:00,00	00:25:15,83	00:25:20,07	00:25:39,17			
15/30	00:00:08,27	8,27	8,27	2,93	0,57	6	0	2	1	0	0	00:00:30,37	00:00:30,37	30,37	00:00:00,00	00:25:47,63	00:25:55,90	00:26:26,27			
30/30	00:00:12,17	12,17	12,17	1,23	19,54	8	0	2	13	0	2	00:00:20,83	00:00:20,83	20,83	00:00:00,00	00:26:38,63	00:26:50,80	00:27:11,63			
40/30	00:00:12,84	12,84	12,84	0,53	3,76	9	4	1	3	0	0	00:00:29,93	00:00:29,93	29,93	00:00:00,00	00:27:11,63	00:27:24,47	00:27:54,40			
4-0	00:00:18,60	18,6	18,60	1,8	7,94	12	4	2	7	0	1	00:00:48,47	00:00:48,47	48,47	00:00:00,00	00:27:54,40	00:28:13,00	00:29:01,47			
S 0/15	00:00:05,46	5,46	5,46	4,84	4,1	5	1	4	3	1	0	00:00:45,44	00:00:45,44	45,44	00:00:00,00	00:29:01,47	00:29:06,93	00:29:52,37			
0/30	00:00:05,56	5,56	5,56	2,07	0,66	5	0	2	1	0	0	00:00:23,70	00:00:23,70	23,7	00:00:00,00	00:30:04,77	00:30:10,33	00:30:34,03			
0/40	00:00:14,80	14,8	14,80	7,23	11,56	11	2	6	8	1	1	00:00:25,17	00:00:25,17	25,17	00:00:00,00	00:30:34,03	00:30:48,83	00:31:14,00			
4-1	00:00:03,30	3,3	3,30	3,26	8	3	0	3	6	0	0	00:01:43,30	00:01:43,30	103,3	00:00:59,40	00:31:14,00	00:31:17,30	00:33:00,60	00:31:28,77	00:32:28,17	
R 0/15	00:00:02,73	2,73	2,73	7,7	3,96	2	0	6	3	0	0	00:00:15,27	00:00:15,27	15,27	00:00:00,00	00:33:00,60	00:33:03,33	00:33:18,60			
0/30	00:00:02,56	2,56	2,56	6,8	3,14	2	0	5	3	0	0	00:00:17,80	00:00:17,80	17,8	00:00:00,00	00:33:31,57	00:33:34,13	00:33:51,93			
0/40	00:00:00,94	0,94	0,94	11,1	12,34	1	0	8	9	1	1	00:00:20,76	00:00:20,76	20,76	00:00:00,00	00:33:51,93	00:33:52,87	00:34:13,63			
15/40	00:00:03,67	3,67	3,67	25,33	6,64	3	1	16	5	3	0	00:00:22,06	00:00:22,06	22,06	00:00:00,00	00:34:35,00	00:34:38,67	00:35:00,73			
30/40	00:00:17,80	17,8	17,80	14,1	5,64	12	1	11	4	3	1	00:00:37,40	00:00:37,40	37,4	00:00:00,00	00:35:00,73	00:35:18,53	00:35:55,93			
4-2	00:00:08,97	8,97	8,97	5,54	0,83	7	1	5	1	2	0	00:00:52,40	00:00:52,40	52,4	00:00:00,00	00:35:55,93	00:36:04,90	00:36:57,30			
S 15/0	00:00:12,43	12,43	12,43	16,6	9,6	8	0	11	8	0	0	00:00:27,07	00:00:27,07	27,07	00:00:00,00	00:36:57,30	00:37:09,73	00:37:36,80			
15/15	00:00:00,57	0,57	0,57	7,73	22,47	1	0	5	14	0	1	00:00:25,27	00:00:25,27	25,27	00:00:00,00	00:37:46,93	00:37:47,50	00:38:12,77			
30/15	00:00:10,40	10,4	10,40	7,76	4,1	6	0	6	3	0	0	00:00:23,46	00:00:23,46	23,46	00:00:00,00	00:38:12,77	00:38:23,17	00:38:46,63			
30/30	00:00:00,57	0,57	0,57	10,77	1,9	1	0	8	2	2	0	00:00:24,53	00:00:24,53	24,53	00:00:00,00	00:38:56,53	00:38:57,10	00:39:21,63			
40/30	00:00:19,54	19,54	19,54	1,53	21,14	13	2	2	15	0	1	00:00:29,70	00:00:29,70	29,7	00:00:00,00	00:39:31,03	00:39:50,57	00:40:20,27			
5-2	00:00:03,76	3,76	3,76	5,7	8,77	3	0	5	7	0	1	00:01:52,07	00:01:52,07	112,07	00:01:03,40	00:40:20,27	00:40:24,03	00:42:16,10	00:40:40,20	00:41:43,60	
R 0/15	00:00:01,87	1,87	1,87	20,66	15,67	2	0	14	13	0	2	00:00:15,06	00:00:15,06	15,06	00:00:00,00	00:42:16,10	00:42:17,97	00:42:33,03			
0/30	00:00:02,93	2,93	2,93	6,9	6,13	2	0	6	5	2	0	00:00:16,20	00:00:16,20	16,2	00:00:00,00	00:42:41,87	00:42:44,80	00:43:01,00			
0/40	00:00:01,23	1,23	1,23	9,2	1,23	2	0	7	2	0	0	00:00:17,37	00:00:17,37	17,37	00:00:00,00	00:43:01,00	00:43:02,23	00:43:19,60			
15/40	00:00:00,53	0,53	0,53	7,4	14,77	1	0	6	10	1	0	00:00:19,17	00:00:19,17	19,17	00:00:00,00	00:43:31,60	00:43:32,13	00:43:51,30			
5-3	00:00:01,80	1,8	1,80	6,76	5,6	2	0	6	4	2	0	00:00:39,83	00:00:39,83	39,83	00:00:00,00	00:43:51,30	00:43:53,10	00:44:32,93			
S 0/15	00:00:07,94	7,94	7,94	6,83	7,46	7	1	6	6	2	0	00:00:23,40	00:00:23,40	23,4	00:00:00,00	00:44:32,93	00:44:40,87	00:45:04,27			
0/30	00:00:04,10	4,1	4,10	0,33	8,3	3	0	1	5	0	1	00:00:22,26	00:00:22,26	22,26	00:00:00,00	00:45:04,27	00:45:08,37	00:45:30,63			
0/40	00:00:00,66	0,66	0,66	5,3	4,47	1	0	4	4	1	0	00:00:27,44	00:00:27,44	27,44	00:00:00,00	00:45:41,37	00:45:42,03	00:46:09,47			
15/40	00:00:11,56	11,56	11,56	2,43	7,86	8	1	2	5	0	0	00:00:29,20	00:00:29,20	29,2	00:00:00,00	00:46:09,47	00:46:21,03	00:46:50,23			
30/40	00:00:08,00	8	8,00	10,13	5,3	6	0	7	4	2	1	00:00:28,17	00:00:28,17	28,17	00:00:00,00	00:47:01,20	00:47:09,20	00:47:37,37			
5-4	00:00:03,96	3,96	3,96	4,93	22,73	3	0	4	15	0	3	00:01:55,37	00:01:55,37	115,37	00:00:48,60	00:47:37,37	00:47:41,33	00:49:36,70	00:48:09,57	00:48:58,17	
R 0/15	00:00:04,84	4,84	4,84	9,93	11,03	4	1	7	7	1	1	00:00:30,83	00:00:30,83	30,83	00:00:00,00	00:49:45,33	00:49:50,17	00:50:21,00			
0/30	00:00:02,07	2,07	2,07	1,84	13,83	2	0	2	10	0	1	00:00:21,50	00:00:21,50	21,5	00:00:00,00	00:50:21,00	00:50:23,07	00:50:44,57			
0/40	00:00:07,23	7,23	7,23	3,63		6	1	3		1		00:00:22,27	00:00:22,27	22,27	00:00:00,00	00:50:44,57	00:50:51,80	00:51:14,07			
15/40	00:00:03,26	3,26	3,26	1,57		3	0	2		0		00:00:22,90	00:00:22,90	22,9	00:00:00,00	00:51:14,07	00:51:17,33	00:51:40,23			
5-5	00:00:07,70	7,7	7,70	4,03		6	0	3		0		00:00:44,74	00:00:44,74	44,74	00:00:00,00	00:51:49,13	00:51:56,83	00:52:41,57			
S 15/0	00:00:03,14	3,14	3,14	3,8		3	0	3		0		00:00:24,66	00:00:24,66	24,66	00:00:00,00	00:52:50,83	00:52:53,97	00:53:18,63			
15/15	00:00:12,34	12,34	12,34			9	1					00:00:31,36	00:00:31,36	31,36	00:00:00,00	00:53:18,63	00:53:30,97	00:54:02,33			
30/15	00:00:06,64	6,64	6,64			5	0					00:00:23,26	00:00:23,26	23,26	00:00:00,00	00:54:11,53	00:54:18,17	00:54:41,43			
40/15	00:00:05,64	5,64	5,64			4	1					00:00:22,43	00:00:22,43	22,43	00:00:00,00	00:54:41,43	00:54:47,07	00:55:09,50			
6-5	00:00:00,83	0,83	0,83			1	0					00:01:37,17	00:01:37,17	97,17	00:00:54,80	00:55:09,50	00:55:10,33	00:56:47,50	00:55:26,80	00:56:21,60	
R 15/0	00:00:06,80	6,8	6,80			5	0					00:00:28,54	00:00:28,54	28,54	00:00:00,00	00:56:57,63	00:57:04,43	00:57:32,97			
15/15	00:00:11,10	11,1	11,10			8	1					00:00:29,17	00:00:29,17	29,17	00:00:00,00	00:57:57,10	00:58:08,20	00:58:37,37			
30/15	00:00:25,33	25,33	25,33			16	3					00:00:37,37	00:00:37,37	37,37	00:00:00,00	00:58:49,20	00:59:14,53	00:59:51,90			
40/15	00:00:14,10	14,1	14,10			11	3					00:00:21,17	00:00:21,17	21,17	00:00:00,00	00:59:51,90	01:00:06,00	01:00:27,17			
7-5	00:00:05,54	5,54	5,54			5	2					00:02:32,16	00:02:32,16	152,16	00:01:49,80	01:00:38,73	01:00:44,27	01:03:16,43	01:00:57,90	01:02:47,70	
S 15/0	00:00:09,60	9,6	9,60			8	0					00:00:21,60	00:00:21,60	21,6	00:00:00,00	01:03:25,80	01:03:35,40	01:03:57,00			
30/0	00:00:22,47	22,47	22,47			14	1					00:00:29,20	00:00:29,20	29,2	00:00:00,00	01:04:07,10	01:04:29,57	01:04:58,77			
40/0	00:00:04,10	4,1	4,10			3	0					00:00:19,74	00:00:19,74	19,74	00:00:00,00	01:05:20,33	01:05:24,43	01:05:44,17			
1-0	00:00:01,90	1,9	1,90			2	0					00:00:56,30	00:00:56,30	56,3	00:00:00,00	01:05:44,17	01:05:46,07	01:06:42,37			
R 15/0	00:00:16,60	16,6	16,60			11	0					00:00:21,90	00:00:21,90	21,9	00:00:00,00	01:06:50,00	01:07:06,60	01:07:28,50			
30/0	00:00:07,73	7,73	7,73			5	0					00:00:21,73	00:00:21,73	21,73	00:00:00,00	01:07:41,57	01:07:49,30	01:08:11,03			
30/15	00:00:07,76	7,76	7,76			6	0					00:00:24,20	00:00:24,20	24,2	00:00:00,00	01:08:18,97	01:08:26,73	01:08:50,93			
30/30	00:00:10,77	10,77	10,77			8	2					00:00:26,57	00:00:26,57	26,57	00:00:00,00	01:08:50,93	01:09:01,70	01:09:28,27			
30/40	00:00:01,53	1,53	1,53			2	0					00:00:22,37	00:00:22,37	22,37	00:00:00,00	01:09:28,27	01:09:29,80	01:09:52,17			
40/40	00:00:05,70	5,7	5,70			5	0					00:00:21,30	00:00:21,30	21,3	00:00:00,00	01:09:52,17	01:09:57,87	01:10:19,17			
Adv R	00:00:20,66	20,66	20,66			14	0					00:00:32,67	00:00:32,67	32,67	00:00:00,00	01:10:19,17	01:10:39,83	01:11:12,50			
40/40	00:00:06,90	6,9	6,90			6	2					00:00:29,60	00:00:29,60	29,6	00:00:00,00	01:11:12,50	01:11:19,40	01:11:49,00			
Adv R	00:00:09,20	9,2	9,20			7	0					00:00:19,40	00:00:19,40	19,4	00:00:00,00	01:11:49,00	01:11:58,20	01:12:17,60			
40/40	00:00:07,40	7,4	7,40			6	1					00:00:32,77	00:00:32,77	32,77	00:00:00,00	01:12:17,60	01:12:25,00	01:12:57,77			
Adv R	00:00:06,76	6,76	6,76			6	2					00:00:29,44	00:00:29,44	29,44	00:00:00,00	01:12:57,77	01:13:04,53	01:13:33,97			
2-0	00:00:06,83	6,83	6,83			6	2					00:00:45,40	00:00:45,40	45,4	00:00:00,00	01:13:33,97	01:13:40,80	01:14:26,20			
S 15/0	00:00:21,14	21,14	21,14			15	1					00:00:32,63	00:00:32,63	32,63	00:00:00,00	01:14:36,63	01:14:57,77	01:15:30,40			
30/0	00:00:08,77	8,77	8,77			7	1					00:00:28,96	00:00:28,96	28,96	00:00:00,00	01:15:30,40	01:15:39,17	01:16:08,13			
30/15	00:00:15,67	15,67	15,67			13	2					00:00:37,30	00:00:37,30	37,3	00:00:00,00	01:16:17,63	01:16:33,30	01:17:10,60			
40/15	00:00:06,13	6,13	6,13			5	0					00:00:19,84	00:00:19,84	19,84	00:00:00,00	01:17:10,60	01:17:16,73	01:17:36,57			
3-0	00:00:01,23	1,23	1,23			2	0					00:02:14,60	00:02:14,60	134,6	00:01:21,40	01:17:36,57	01:17:37,80	01:19:52,40	01:17:54,07	01:19:15,47	
R 15/0	00:00:00,33	0,33	0,33			1	0					00:00:17,14	00:00:17,14	17,14	00:00:00,00	01:20:04,90	01:20:05,23	01:20:22,37			
15/15	00:00:05,30	5,3	5,30			4	1					00:00:19,83	00:00:19,83	19,83	00:00:00,00	01:20:22,37	01:20:27,67	01:20:47,50			
15/30	00:00:02,43	2,43	2,43			2	0					00:00:17,24	00:00:17,24	17,24	00:00:00,00	01:20:56,50	01:20:58,93	01:21:16,17			
15/40	00:00:10,13	10,13	10,13			7	2					00:00:24,90	00:00:24,90	24,9	00:00:00,00	01:21:16,17	01:21:26,30	01:21:51,20			
3-1	00:00:04,93	4,93	4,93			4	0					00:00:44,70	00:00:44,70	44,7	00:00:00,00	01:21:51,20	01:21:56,13	01:22:40,83			
S 0/15	00:00:14,77	14,77	14,77			10	0					00:00:25,33	00:00:25,33	25,33	00:00:00,00	01:22:40,83	01:22:55,60	01:23:20,93			
15/15	00:00:05,60	5,6	5,60			4	0					00:00:23,47	00:00:23,47	23,47	00:00:00,00	01:23:33,80	01:23:39,40	01:24:02,87			
30/15	00:00:07,46	7,46	7,46			6	0					00:00:20,10	00:00:20,10	20,1	00:00:00,00	01:24:14,17	01:24:21,63	01:24:41,73			
40/15	00:00:08,30	8,3	8,30			5	1					00:00:17,86	00:00:17,86	17,86	00:00:00,00	01:24:56,07	01:25:04,37	01:25:22,23			
4-1	00:00:04,47	4,47	4,47			4	0					00:02:05,80	00:02:05,80	125,8	00:01:04,33	01:25:32,33	01:25:36,80	01:27:42,60	01:25:59,77	01:27:04,10	
R 15/0	00:00:09,93	9,93	9,93			7	1					00:00:17,50	00:00:17,50	17,5	00:00:00,00	01:27:49,80	01:27:59,73	01:28:17,23			
15/15	00:00:01,84	1,84	1,84			2	0					00:00:33,43	00:00:33,43	33,43	00:00:00,00	01:28:38,93	01:28:40,77	01:29:14,20			
30/15	00:00:03,63	3,63	3,63			3	1					00:00:24,17	00:00:24,17	24,17	00:00:00,00	01:29:14,20	01:29:17,83	01:29:42,00			
30/30	00:00:01,57	1,57	1,57			2	0					00:00:26,03	00:00:26,03	26,03	00:00:00,00	01:29:42,00	01:29:43,57	01:30:09,60			
40/30	00:00:04,03	4,03	4,03			3	0					00:00:16,50	00:00:16,50	16,5	00:00:00,00	01:30:09,60	01:30:13,63	01:30:30,13			
5-1	00:00:03,80	3,8	3,80			3	0					00:00:45,97	00:00:45,97	45,97	00:00:00,00	01:30:30,13	01:30:33,93	01:31:19,90			
S 15/0	00:00:07,86	7,86	7,86			5	0					00:00:23,50	00:00:23,50	23,5	00:00:00,00	01:31:27,57	01:31:35,43	01:31:58,93			
15/15	00:00:05,30	5,3	5,30			4	1					00:00:19,00	00:00:19,00	19	00:00:00,00	01:31:58,93	01:32:04,23	01:32:23,23			
30/15	00:00:22,73	22,73	22,73			15	3					00:00:30,27	00:00:30,27	30,27	00:00:00,00	01:32:34,57	01:32:57,30	01:33:27,57			
40/15	00:00:11,03	11,03	11,03			7	1					00:00:26,17	00:00:26,17	26,17	00:00:00,00	01:33:27,57	01:33:38,60	01:34:04,77			01:21:08,43
6-1	00:00:13,83	13,83	13,83			10	1					00:00:44,37	00:00:44,37	44,37	00:00:00,00	01:34:14,57	01:34:28,40	01:35:12,77		01:35:25,10	

(colour)	2º Serviço
(colour)	Ponto Repetido
(colour)	Banco
(colour)	Dupla Falta
(colour)	Jogos de Serviço
(colour)	Net
(colour)	Jogos de Resposta
(colour)	Jogos de Serviço
DP	Duração do Ponto
NB	Número de Batimentos
MD	Mudanças de Direcção

Anexo 6 – Exemplo de parte dos dados da FC de um encontro codificados por cores

																		Início do 1 Ponto								
																		Ponto de Resposta								
																		Ponto de Serviço								
																		Dupla Falta								
																		Recuperação Sentado								
00:15:46,8	00:13:06,80	120		119		120		119		121		122		121		119		115		115		119		119		
00:15:52,9	00:13:12,90	120	00:13:13,41	119	00:13:13,92	120	00:13:14,43	119	00:13:14,93	118	00:13:15,44	118	00:13:15,95	118	00:13:16,46	120	00:13:16,97	119	00:13:17,48	120	00:13:17,98	122	00:13:18,49	122	##	00:00:00,5
00:15:58,9	00:13:18,90	124	00:13:19,40	127	00:13:19,90	129	00:13:20,40	128	00:13:20,90	130	00:13:21,40	131	00:13:21,90	132	00:13:22,40	133	00:13:22,90	136	00:13:23,40	136	00:13:23,90	139	00:13:24,40	139	##	00:00:00,5
00:16:04,4	00:13:24,40	139	00:13:24,86	142	00:13:25,32	141	00:13:25,78	141	00:13:26,23	146	00:13:26,69	143	00:13:27,15	149	00:13:27,61	147	00:13:28,07	149	00:13:28,53	149	00:13:28,98	150	00:13:29,44	151	##	00:00:00,5
00:16:09,3	00:13:29,30	153	00:13:29,71	154	00:13:30,12	152	00:13:30,53	156	00:13:30,93	156	00:13:31,34	156	00:13:31,75	157	00:13:32,16	158	00:13:32,57	158	00:13:32,98	158	00:13:33,38	159	00:13:33,79	162	##	00:00:00,4
00:16:13,9	00:13:33,90	162	00:13:34,28	161	00:13:34,67	162	00:13:35,05	162	00:13:35,43	163	00:13:35,82	163	00:13:36,20	163	00:13:36,58	164	00:13:36,97	164	00:13:37,35	165	00:13:37,73	165	00:13:38,12	166	##	00:00:00,4
00:16:18,3	00:13:38,30	165	00:13:38,67	165	00:13:39,03	168	00:13:39,40	166	00:13:39,77	167	00:13:40,13	165	00:13:40,50	167	00:13:40,87	166	00:13:41,23	167	00:13:41,60	167	00:13:41,97	167	00:13:42,33	165	##	00:00:00,4
00:16:22,7	00:13:42,70	165	00:13:43,07	166	00:13:43,43	165	00:13:43,80	163	00:13:44,17	166	00:13:44,53	164	00:13:44,90	165	00:13:45,27	163	00:13:45,63	165	00:13:46,00	163	00:13:46,37	165	00:13:46,73	163	##	00:00:00,4
00:16:27,0	00:13:47,00	165	00:13:47,36	163	00:13:47,72	163	00:13:48,08	164	00:13:48,43	165	00:13:48,79	164	00:13:49,15	164	00:13:49,51	163	00:13:49,87	164	00:13:50,22	163	00:13:50,58	165	00:13:50,94	164	##	00:00:00,4
00:16:31,4	00:13:51,40	163	00:13:51,77	163	00:13:52,13	163	00:13:52,50	163	00:13:52,87	163	00:13:53,23	162	00:13:53,60	162	00:13:53,97	161	00:13:54,33	163	00:13:54,70	162	00:13:55,07	161	00:13:55,43	160	##	00:00:00,4
00:16:35,9	00:13:55,90	161	00:13:56,27	160	00:13:56,65	161	00:13:57,02	161	00:13:57,40	159	00:13:57,78	161	00:13:58,15	160	00:13:58,53	162	00:13:58,90	160	00:13:59,28	163	00:13:59,65	160	00:14:00,03	161	##	00:00:00,4
00:16:40,3	00:14:00,30	163	00:14:00,67	162	00:14:01,03	163	00:14:01,40	163	00:14:01,77	160	00:14:02,13	164	00:14:02,50	163	00:14:02,87	163	00:14:03,23	164	00:14:03,60	165	00:14:03,97	164	00:14:04,33	164	##	00:00:00,4
00:16:44,8	00:14:04,80	163	00:14:05,18	165	00:14:05,55	164	00:14:05,93	165	00:14:06,30	165	00:14:06,68	163	00:14:07,05	164	00:14:07,43	166	00:14:07,80	165	00:14:08,18	166	00:14:08,55	164	00:14:08,93	165	##	00:00:00,4
00:16:49,1	00:14:09,10	165	00:14:09,46	165	00:14:09,82	166	00:14:10,17	164	00:14:10,53	164	00:14:10,89	165	00:14:11,25	165	00:14:11,61	164	00:14:11,97	163	00:14:12,32	164	00:14:12,68	164	00:14:13,04	163	##	00:00:00,4
00:16:53,5	00:14:13,50	164	00:14:13,87	163	00:14:14,23	162	00:14:14,60	163	00:14:14,97	162	00:14:15,33	163	00:14:15,70	163	00:14:16,07	161	00:14:16,43	162	00:14:16,80	162	00:14:17,17	161	00:14:17,53	161	##	00:00:00,4
00:16:57,9	00:14:17,90	161	00:14:18,27	162	00:14:18,63	162	00:14:19,00	161	00:14:19,37	162	00:14:19,73	160	00:14:20,10	163	00:14:20,47	163	00:14:20,83	160	00:14:21,20	161	00:14:21,57	161	00:14:21,93	161	##	00:00:00,4
00:17:02,4	00:14:22,40	161	00:14:22,78	160	00:14:23,15	160	00:14:23,53	161	00:14:23,90	159	00:14:24,28	159	00:14:24,65	160	00:14:25,03	158	00:14:25,40	159	00:14:25,78	160	00:14:26,15	160	00:14:26,53	162	##	00:00:00,4
00:17:06,9	00:14:26,90	160	00:14:27,27	161	00:14:27,65	160	00:14:28,02	161	00:14:28,40	161	00:14:28,78	159	00:14:29,15	160	00:14:29,53	160	00:14:29,90	160	00:14:30,28	161	00:14:30,65	160	00:14:31,03	161	##	00:00:00,4
00:17:11,4	00:14:31,40	160	00:14:31,78	161	00:14:32,15	160	00:14:32,53	161	00:14:32,90	160	00:14:33,28	159	00:14:33,65	160	00:14:34,03	161	00:14:34,40	160	00:14:34,78	158	00:14:35,15	160	00:14:35,53	160	##	00:00:00,4
00:17:15,9	00:14:35,90	157	00:14:36,28	160	00:14:36,65	159	00:14:37,03	161	00:14:37,40	160	00:14:37,78	160	00:14:38,15	160	00:14:38,53	160	00:14:38,90	159	00:14:39,28	159	00:14:39,65	159	00:14:40,03	159	##	00:00:00,4
00:17:20,4	00:14:40,40	158	00:14:40,78	157	00:14:41,15	159	00:14:41,53	159	00:14:41,90	158	00:14:42,28	159	00:14:42,65	158	00:14:43,03	158	00:14:43,40	160	00:14:43,78	157	00:14:44,15	157	00:14:44,53	157	##	00:00:00,4
00:17:25,0	00:14:45,00	157	00:14:45,38	155	00:14:45,77	155	00:14:46,15	154	00:14:46,53	156	00:14:46,92	152	00:14:47,30	152	00:14:47,68	151	00:14:48,07	152	00:14:48,45	151	00:14:48,83	149	00:14:49,22	150	##	00:00:00,4
00:17:29,7	00:14:49,70	152	00:14:50,09	149	00:14:50,48	150	00:14:50,88	150	00:14:51,27	150	00:14:51,66	148	00:14:52,05	147	00:14:52,44	149	00:14:52,83	148	00:14:53,23	147	00:14:53,62	147	00:14:54,01	148	##	00:00:00,4
00:17:34,5	00:14:54,50	149	00:14:54,90	150	00:14:55,30	151	00:14:55,70	151	00:14:56,10	155	00:14:56,50	153	00:14:56,90	153	00:14:57,30	153	00:14:57,70	155	00:14:58,10	154	00:14:58,50	156	00:14:58,90	156	##	00:00:00,4
00:17:39,2	00:14:59,20	156	00:14:59,59	158	00:14:59,98	158	00:15:00,38	158	00:15:00,77	160	00:15:01,16	157	00:15:01,55	162	00:15:01,94	160	00:15:02,33	162	00:15:02,73	163	00:15:03,12	163	00:15:03,51	160	##	00:00:00,4
00:17:43,7	00:15:03,70	164	00:15:04,07	163	00:15:04,45	164	00:15:04,83	165	00:15:05,20	165	00:15:05,58	165	00:15:05,95	166	00:15:06,33	166	00:15:06,70	167	00:15:07,08	166	00:15:07,45	168	00:15:07,83	166	##	00:00:00,4
00:17:48,1	00:15:08,10	166	00:15:08,47	169	00:15:08,83	165	00:15:09,20	167	00:15:09,57	167	00:15:09,93	169	00:15:10,30	168	00:15:10,67	166	00:15:11,03	168	00:15:11,40	167	00:15:11,77	165	00:15:12,13	168	##	00:00:00,4
00:17:52,4	00:15:12,40	164	00:15:12,76	165	00:15:13,12	166	00:15:13,48	165	00:15:13,83	164	00:15:14,19	164	00:15:14,55	166	00:15:14,91	164	00:15:15,27	165	00:15:15,63	165	00:15:15,98	165	00:15:16,34	164	##	00:00:00,4
00:17:56,8	00:15:16,80	164	00:15:17,17	163	00:15:17,53	164	00:15:17,90	163	00:15:18,27	163	00:15:18,63	163	00:15:19,00	164	00:15:19,37	162	00:15:19,73	163	00:15:20,10	163	00:15:20,47	163	00:15:20,83	163	##	00:00:00,4
00:18:01,2	00:15:21,20	163	00:15:21,57	163	00:15:21,93	163	00:15:22,30	163	00:15:22,67	162	00:15:23,03	161	00:15:23,40	162	00:15:23,77	163	00:15:24,13	162	00:15:24,50	160	00:15:24,87	161	00:15:25,23	160	##	00:00:00,4
00:18:05,6	00:15:25,60	160	00:15:25,97	161	00:15:26,33	160	00:15:26,70	162	00:15:27,07	161	00:15:27,43	160	00:15:27,80	162	00:15:28,17	163	00:15:28,53	163	00:15:28,90	163	00:15:29,27	163	00:15:29,63	163	##	00:00:00,4
00:18:10,1	00:15:30,10	163	00:15:30,48	164	00:15:30,85	167	00:15:31,23	162	00:15:31,60	166	00:15:31,98	165	00:15:32,35	164	00:15:32,73	167	00:15:33,10	165	00:15:33,48	167	00:15:33,85	169	00:15:34,23	166	##	00:00:00,4
00:18:14,4	00:15:34,40	168	00:15:34,76	166	00:15:35,12	169	00:15:35,47	169	00:15:35,83	166	00:15:36,19	170	00:15:36,55	167	00:15:36,91	170	00:15:37,27	169	00:15:37,62	171	00:15:37,98	169	00:15:38,34	180	##	00:00:00,4
00:18:18,7	00:15:38,70	167	00:15:39,06	169	00:15:39,42	174	00:15:39,78	173	00:15:40,13	171	00:15:40,49	174	00:15:40,85	173	00:15:41,21	174	00:15:41,57	173	00:15:41,92	175	00:15:42,28	173	00:15:42,64	174	##	00:00:00,4
00:18:22,8	00:15:42,80	176	00:15:43,14	175	00:15:43,48	174	00:15:43,82	174	00:15:44,17	175	00:15:44,51	173	00:15:44,85	174	00:15:45,19	176	00:15:45,53	176	00:15:45,87	175	00:15:46,22	176	00:15:46,56	175	##	00:00:00,3
00:18:27,0	00:15:47,00	175	00:15:47,35	176	00:15:47,70	175	00:15:48,05	175	00:15:48,40	174	00:15:48,75	177	00:15:49,10	175	00:15:49,45	175	00:15:49,80	175	00:15:50,15	174	00:15:50,50	175	00:15:50,85	173	##	00:00:00,4
00:18:31,1	00:15:51,10	175	00:15:51,44	173	00:15:51,78	175	00:15:52,13	173	00:15:52,47	172	00:15:52,81	178	00:15:53,15	173	00:15:53,49	173	00:15:53,83	173	00:15:54,18	173	00:15:54,52	172	00:15:54,86	174	##	00:00:00,3
00:18:35,2	00:15:55,20	172	00:15:55,54	174	00:15:55,88	173	00:15:56,23	173	00:15:56,57	172	00:15:56,91	171	00:15:57,25	175	00:15:57,59	172	00:15:57,93	172	00:15:58,28	172	00:15:58,62	171	00:15:58,96	170	##	00:00:00,3
00:18:39,4	00:15:59,40	171	00:15:59,75	171	00:16:00,10	169	00:16:00,45	170	00:16:00,80	170	00:16:01,15	172	00:16:01,50	170	00:16:01,85	170	00:16:02,20	169	00:16:02,55	170	00:16:02,90	170	00:16:03,25	167	##	00:00:00,3
00:18:43,6	00:16:03,60	169	00:16:03,95	170	00:16:04,30	169	00:16:04,65	172	00:16:05,00	170	00:16:05,35	169	00:16:05,70	170	00:16:06,05	172	00:16:06,40	169	00:16:06,75	172	00:16:07,10	170	00:16:07,45	171	##	00:00:00,4
00:18:47,8	00:16:07,80	171	00:16:08,15	172	00:16:08,50	173	00:16:08,85	170	00:16:09,20	173	00:16:09,55	170	00:16:09,90	173	00:16:10,25	172	00:16:10,60	171	00:16:10,95	171	00:16:11,30	171	00:16:11,65	171	##	00:00:00,3
00:18:52,0	00:16:12,00	172	00:16:12,35	172	00:16:12,70	171	00:16:13,05	171	00:16:13,40	169	00:16:13,75	172	00:16:14,10	169	00:16:14,45	170	00:16:14,80	169	00:16:15,15	172	00:16:15,50	169	00:16:15,85	169	##	00:00:00,4
00:18:56,3	00:16:16,30	167	00:16:16,66	169	00:16:17,02	168	00:16:17,37	167	00:16:17,73	169	00:16:18,09	168	00:16:18,45	168	00:16:18,81	169	00:16:19,17	167	00:16:19,52	167	00:16:19,88	170	00:16:20,24	168	##	00:00:00,4
00:19:00,5	00:16:20,50	168	00:16:20,85	169	00:16:21,20	168	00:16:21,55	168	00:16:21,90	169	00:16:22,25	166	00:16:22,60	168	00:16:22,95	168	00:16:23,30	165	00:16:23,65	169	00:16:24,00	165	00:16:24,35	165	##	00:00:00,4
00:19:04,9	00:16:24,90	166	00:16:25,27	165	00:16:25,63	164	00:16:26,00	163	00:16:26,37	164	00:16:26,73	163	00:16:27,10	162	00:16:27,47	162	00:16:27,83	162	00:16:28,20	161	00:16:28,57	160	00:16:28,93	159	##	00:00:00,4
00:19:09,3	00:16:29,30	160	00:16:29,67	158	00:16:30,03	157	00:16:30,40	158	00:16:30,77	157	00:16:31,13	156	00:16:31,50	157	00:16:31,87	156	00:16:32,23	158	00:16:32,60	158	00:16:32,97	157	00:16:33,33	157	##	00:00:00,4
00:19:13,9	00:16:33,90	156	00:16:34,28	156	00:16:34,67	156	00:16:35,05	156	00:16:35,43	157	00:16:35,82	155	00:16:36,20	158	00:16:36,58	157	00:16:36,97	155	00:16:37,35	157	00:16:37,73	156	00:16:38,12	155	##	00:00:00,4
00:19:18,5	00:16:38,50	156	00:16:38,88	155	00:16:39,27	153	00:16:39,65	155	00:16:40,03	153	00:16:40,42	152	00:16:40,80	153	00:16:41,18	153	00:16:41,57	152	00:16:41,95	153	00:16:42,33	151	00:16:42,72	152	##	00:00:00,4
00:19:23,2	00:16:43,20	153	00:16:43,59	150	00:16:43,98	150	00:16:44,38	151	00:16:44,77	150	00:16:45,16	146	00:16:45,55	146	00:16:45,94	147	00:16:46,33	144	00:16:46,73	144	00:16:47,12	145	00:16:47,51	144	##	00:00:00,4
00:19:28,0	00:16:48,00	142	00:16:48,40	142	00:16:48,80	142	00:16:49,20	139	00:16:49,60	138	00:16:50,00	139	00:16:50,40	137	00:16:50,80	140	00:16:51,20	136	00:16:51,60	137	00:16:52,00	139	00:16:52,40	138	##	00:00:00,4
00:19:33,2	00:16:53,20	140	00:16:53,63	138	00:16:54,07	137	00:16:54,50	136	00:16:54,93	137	00:16:55,37	133	00:16:55,80	135	00:16:56,23	137	00:16:56,67	138	00:16:57,10	137	00:16:57,53	138	00:16:57,97	138	##	00:00:00,4
00:19:38,5	00:16:58,50	137	00:16:58,94	137	00:16:59,38	139	00:16:59,83	138	00:17:00,27	140	00:17:00,71	142	00:17:01,15	143	00:17:01,59	143	00:17:02,03	140	00:17:02,48	142	00:17:02,92	141	00:17:03,36	139	##	00:00:00,4
00:19:43,6	00:17:03,60	136	00:17:04,02	133	00:17:04,45	135	00:17:04,87	135	00:17:05,30	138	00:17:05,72	140	00:17:06,15	139	00:17:06,57	140	00:17:07,00	142	00:17:07,42	144	00:17:07,85	145	00:17:08,27	147	##	00:00:00,4
00:19:48,8	00:17:08,80	147	00:17:09,23	145	00:17:09,67	150	00:17:10,10	148	00:17:10,53	150	00:17:10,97	152	00:17:11,40	153	00:17:11,83	155	00:17:12,27	155	00:17:12,70	154	00:17:13,13	155	00:17:13,57	157	##	00:00:00,4
00:19:53,5	00:17:13,50	159	00:17:13,89	160	00:17:14,28	160	00:17:14,68	160	00:17:15,07	160	00:17:15,46	162	00:17:15,85	161	00:17:16,24	166	00:17:16,63	163	00:17:17,03	163	00:17:17,42	165	00:17:17,81	164	##	00:00:00,4
00:19:58,0	00:17:18,00	167	00:17:18,38	166	00:17:18,75	168	00:17:19,13	169	00:17:19,50	169	00:17:19,88	169	00:17:20,25	169	00:17:20,63	170	00:17:21,00	170	00:17:21,38	169	00:17:21,75	173	00:17:22,13	170	##	00:00:00,4
00:20:02,2	00:17:22,20	172	00:17:22,55	172	00:17:22,90	173	00:17:23,25	172	00:17:23,60	173	00:17:23,95	172	00:17:24,30	173	00:17:24,65	171	00:17:25,00	174	00:17:25,35	171	00:17:25,70	171	00:17:26,05	172	##	00:00:00,4
00:20:06,4	00:17:26,40	174	00:17:26,75	171	00:17:27,10	172	00:17:27,45	174	00:17:27,80	170	00:17:28,15	172	00:17:28,50	173	00:17:28,85	173	00:17:29,20	172	00:17:29,55	171	00:17:29,90	173	00:17:30,25	171	##	00:00:00,3
00:20:10,6	00:17:30,60	171	00:17:30,95	172	00:17:31,30	170	00:17:31,65	172	00:17:32,00	170	00:17:32,35	171	00:17:32,70	171	00:17:33,05	171	00:17:33,40	170	00:17:33,75	170	00:17:34,10	171	00:17:34,45	170	##	00:00:00,4
00:20:14,8	00:17:34,80	170	00:17:35,15	169	00:17:35,50	170	00:17:35,85	169	00:17:36,20	169	00:17:36,55	169	00:17:36,90	169	00:17:37,25	168	00:17:37,60	168	00:17:37,95	169	00:17:38,30	167	00:17:38,65	168	##	00:00:00,3
00:20:19,1	00:17:39,10	168	00:17:39,46	167	00:17:39,82	167	00:17:40,18	167	00:17:40,53	168	00:17:40,89	169	00:17:41,25	169	00:17:41,61	168	00:17:41,97	169	00:17:42,32	170	00:17:42,68	168	00:17:43,04	169	##	00:00:00,4
00:20:23,4	00:17:43,40	167	00:17:43,76	171	00:17:44,12	168	00:17:44,47	168	00:17:44,83	168	00:17:45,19	169	00:17:45,55	168	00:17:45,91	168	00:17:46,27	169	00:17:46,62	169	00:17:46,98	168	00:17:47,34	166	##	00:00:00,4
00:20:27,6	00:17:47,60	170	00:17:47,95	165	00:17:48,30	167	00:17:48,65	168	00:17:49,00	166	00:17:49,35	166	00:17:49,70	164	00:17:50,05	164	00:17:50,40	164	00:17:50,75	165	00:17:51,10	162	00:17:51,45	160	##	00:00:00,4
00:20:32,0	00:17:52,00	160	00:17:52,37	163	00:17:52,73	161	00:17:53,10	159	00:17:53,47	161	00:17:53,83	158	00:17:54,20	159	00:17:54,57	160	00:17:54,93	158	00:17:55,30	157	00:17:55,67	159	00:17:56,03	158	##	00:00:00,4
00:20:36,5	00:17:56,50	155	00:17:56,88	155	00:17:57,25	157	00:17:57,63	155	00:17:58,00	155	00:17:58,38	154	00:17:58,75	156	00:17:59,13	154	00:17:59,50	153	00:17:59,88	153	00:18:00,25	153	00:18:00,63	153	##	00:00:00,4
00:20:41,2	00:18:01,20	152	00:18:01,59	152	00:18:01,98	153	00:18:02,38	153	00:18:02,77	153	00:18:03,16	153	00:18:03,55	152	00:18:03,94	149	00:18:04,33	149	00:18:04,73	149	00:18:05,12	143	00:18:05,51	142	##	00:00:00,4
00:20:46,0	00:18:06,00	143	00:18:06,40	143	00:18:06,80	141	00:18:07,20	142	00:18:07,60	145	00:18:08,00	144	00:18:08,40	143	00:18:08,80	145	00:18:09,20	145	00:18:09,60	146	00:18:10,00	146	00:18:10,40	148	##	00:00:00,4
00:20:51,0	00:18:11,00	151	00:18:11,42	147	00:18:11,83	150	00:18:12,25	150	00:18:12,67	150	00:18:13,08	149	00:18:13,50	151	00:18:13,92	150	00:18:14,33	151	00:18:14,75	152	00:18:15,17	152	00:18:15,58	152	##	00:00:00,4
00:20:55,8	00:18:15,80	153	00:18:16,20	154	00:18:16,60	154	00:18:17,00	153	00:18:17,40	153	00:18:17,80	153	00:18:18,20	152	00:18:18,60	150	00:18:19,00	152	00:18:19,40	150	00:18:19,80	151	00:18:20,20	153	##	00:00:00,4
00:21:00,5	00:18:20,50	151	00:18:20,89	152	00:18:21,28	152	00:18:21,68	153	00:18:22,07	153	00:18:22,46	152	00:18:22,85	155	00:18:23,24	155	00:18:23,63	156	00:18:24,03	157	00:18:24,42	155	00:18:24,81	156	##	00:00:00,4
00:21:05,2	00:18:25,20	156	00:18:25,59	156	00:18:25,98	156	00:18:26,38	155	00:18:26,77	156	00:18:27,16	156	00:18:27,55	154	00:18:27,94	159	00:18:28,33	154	00:18:28,73	156	00:18:29,12	158	00:18:29,51	156	##	00:00:00,4
00:21:09,8	00:18:29,80	155	00:18:30,18	157	00:18:30,57	155	00:18:30,95	157	00:18:31,33	158	00:18:31,72	155	00:18:32,10	156	00:18:32,48	157	00:18:32,87	155	00:18:33,25	155	00:18:33,63	156	00:18:34,02	155	##	00:00:00,4
00:21:14,4	00:18:34,40	155	00:18:34,78	155	00:18:35,17	156	00:18:35,55	155	00:18:35,93	154	00:18:36,32	156	00:18:36,70	154	00:18:37,08	155	00:18:37,47	154	00:18:37,85	155	00:18:38,23	155	00:18:38,62	157	##	00:00:00,4
00:21:19,0	00:18:39,00	154	00:18:39,38	154	00:18:39,77	154	00:18:40,15	152	00:18:40,53	152	00:18:40,92	151	00:18:41,30	152	00:18:41,68	152	00:18:42,07	150	00:18:42,45	151	00:18:42,83	154	00:18:43,22	150	##	00:00:00,4
00:21:23,8	00:18:43,80	152	00:18:44,20	154	00:18:44,60	153	00:18:45,00	153	00:18:45,40	155	00:18:45,80	153	00:18:46,20	155	00:18:46,60	158	00:18:47,00	153	00:18:47,40	158	00:18:47,80	155	00:18:48,20	158	##	00:00:00,4
00:21:28,4	00:18:48,40	157	00:18:48,78	159	00:18:49,17	157	00:18:49,55	161	00:18:49,93	159	00:18:50,32	160	00:18:50,70	162	00:18:51,08	162	00:18:51,47	163	00:18:51,85	162	00:18:52,23	163	00:18:52,62	163	##	00:00:00,4
00:21:32,9	00:18:52,90	165	00:18:53,28	167	00:18:53,65	165	00:18:54,03	166	00:18:54,40	167	00:18:54,78	166	00:18:55,15	165	00:18:55,53	169	00:18:55,90	166	00:18:56,28	167	00:18:56,65	169	00:18:57,03	168	##	00:00:00,4
00:21:37,2	00:18:57,20	168	00:18:57,56	168	00:18:57,92	169	00:18:58,27	168	00:18:58,63	167	00:18:58,99	171	00:18:59,35	167	00:18:59,71	169	00:19:00,07	169	00:19:00,42	168	00:19:00,78	169	00:19:01,14	169	##	00:00:00,4
00:21:41,5	00:19:01,50	169	00:19:01,86	168	00:19:02,22	169	00:19:02,57	169	00:19:02,93	168	00:19:03,29	169	00:19:03,65	168	00:19:04,01	169	00:19:04,37	167	00:19:04,72	168	00:19:05,08	167	00:19:05,44	168	##	00:00:00,4
00:21:45,8	00:19:05,80	168	00:19:06,16	167	00:19:06,52	168	00:19:06,87	169	00:19:07,23	169	00:19:07,59	166	00:19:07,95	167	00:19:08,31	167	00:19:08,67	166	00:19:09,02	165	00:19:09,38	166	00:19:09,74	167	##	00:00:00,4
00:21:50,1	00:19:10,10	164	00:19:10,46	164	00:19:10,82	165	00:19:11,18	165	00:19:11,53	164	00:19:11,89	164	00:19:12,25	163	00:19:12,61	162	00:19:12,97	163	00:19:13,32	163	00:19:13,68	162	00:19:14,04	163	##	00:00:00,4
00:21:54,5	00:19:14,50	162	00:19:14,87	162	00:19:15,23	162	00:19:15,60	163	00:19:15,97	163	00:19:16,33	163	00:19:16,70	162	00:19:17,07	162	00:19:17,43	163	00:19:17,80	162	00:19:18,17	161	00:19:18,53	162	##	00:00:00,4
00:21:58,9	00:19:18,90	160	00:19:19,27	161	00:19:19,63	162	00:19:20,00	160	00:19:20,37	161	00:19:20,73	162	00:19:21,10	162	00:19:21,47	159	00:19:21,83	160	00:19:22,20	159	00:19:22,57	157	00:19:22,93	156	##	00:00:00,4
00:22:03,4	00:19:23,40	155	00:19:23,78	155	00:19:24,15	155	00:19:24,53	154	00:19:24,90	158	00:19:25,28	153	00:19:25,65	156	00:19:26,03	157	00:19:26,40	156	00:19:26,78	156	00:19:27,15	157	00:19:27,53	158	##	00:00:00,4
00:22:08,1	00:19:28,10	160	00:19:28,49	158	00:19:28,88	157	00:19:29,28	158	00:19:29,67	162	00:19:30,06	160	00:19:30,45	162	00:19:30,84	164	00:19:31,23	160	00:19:31,63	163	00:19:32,02	162	00:19:32,41	165	##	00:00:00,4
00:22:12,5	00:19:32,50	161	00:19:32,87	167	00:19:33,23	164	00:19:33,60	167	00:19:33,97	167	00:19:34,33	167	00:19:34,70	167	00:19:35,07	168	00:19:35,43	167	00:19:35,80	168	00:19:36,17	170	00:19:36,53	169	##	00:00:00,4
00:22:16,9	00:19:36,90	169	00:19:37,27	169	00:19:37,63	169	00:19:38,00	172	00:19:38,37	172	00:19:38,73	172	00:19:39,10	170	00:19:39,47	173	00:19:39,83	171	00:19:40,20	173	00:19:40,57	173	00:19:40,93	173	##	00:00:00,4
00:22:21,1	00:19:41,10	176	00:19:41,45	172	00:19:41,80	175	00:19:42,15	174	00:19:42,50	175	00:19:42,85	174	00:19:43,20	176	00:19:43,55	173	00:19:43,90	176	00:19:44,25	173	00:19:44,60	177	00:19:44,95	174	##	00:00:00,4
00:22:25,2	00:19:45,20	175	00:19:45,54	176	00:19:45,88	175	00:19:46,23	176	00:19:46,57	174	00:19:46,91	176	00:19:47,25	174	00:19:47,59	174	00:19:47,93	177	00:19:48,28	173	00:19:48,62	174	00:19:48,96	175	##	00:00:00,3
00:22:29,3	00:19:49,30	175	00:19:49,64	174	00:19:49,98	173	00:19:50,33	176	00:19:50,67	173	00:19:51,01	174	00:19:51,35	172	00:19:51,69	176	00:19:52,03	174	00:19:52,38	173	00:19:52,72	176	00:19:53,06	172	##	00:00:00,3
00:22:33,4	00:19:53,40	171	00:19:53,74	175	00:19:54,08	173	00:19:54,42	173	00:19:54,77	173	00:19:55,11	169	00:19:55,45	172	00:19:55,79	170	00:19:56,13	171	00:19:56,47	172	00:19:56,82	171	00:19:57,16	170	##	00:00:00,3
00:22:37,6	00:19:57,60	170	00:19:57,95	174	00:19:58,30	170	00:19:58,65	169	00:19:59,00	169	00:19:59,35	169	00:19:59,70	169	00:20:00,05	169	00:20:00,40	169	00:20:00,75	169	00:20:01,10	169	00:20:01,45	169	##	00:00:00,3
00:22:41,9	00:20:01,90	169	00:20:02,26	169	00:20:02,62	170	00:20:02,98	169	00:20:03,33	170	00:20:03,69	172	00:20:04,05	169	00:20:04,41	169	00:20:04,77	170	00:20:05,12	171	00:20:05,48	169	00:20:05,84	169	##	00:00:00,4
00:22:46,1	00:20:06,10	172	00:20:06,45	169	00:20:06,80	169	00:20:07,15	169	00:20:07,50	171	00:20:07,85	169	00:20:08,20	171	00:20:08,55	170	00:20:08,90	168	00:20:09,25	169	00:20:09,60	169	00:20:09,95	171	##	00:00:00,4
00:22:50,3	00:20:10,30	167	00:20:10,65	169	00:20:11,00	167	00:20:11,35	167	00:20:11,70	169	00:20:12,05	165	00:20:12,40	167	00:20:12,75	167	00:20:13,10	166	00:20:13,45	164	00:20:13,80	166	00:20:14,15	167	##	00:00:00,3
00:22:54,6	00:20:14,60	165	00:20:14,96	167	00:20:15,32	166	00:20:15,68	165	00:20:16,03	167	00:20:16,39	164	00:20:16,75	163	00:20:17,11	164	00:20:17,47	165	00:20:17,82	161	00:20:18,18	161	00:20:18,54	163	##	00:00:00,4
00:22:59,0	00:20:19,00	160	00:20:19,37	160	00:20:19,73	163	00:20:20,10	160	00:20:20,47	161	00:20:20,83	161	00:20:21,20	163	00:20:21,57	160	00:20:21,93	162	00:20:22,30	161	00:20:22,67	161	00:20:23,03	160	##	00:00:00,4
00:23:03,5	00:20:23,50	160	00:20:23,88	159	00:20:24,25	160	00:20:24,63	160	00:20:25,00	160	00:20:25,38	160	00:20:25,75	161	00:20:26,13	160	00:20:26,50	159	00:20:26,88	160	00:20:27,25	159	00:20:27,63	158	##	00:00:00,4
00:23:08,0	00:20:28,00	157	00:20:28,37	157	00:20:28,75	157	00:20:29,13	156	00:20:29,50	154	00:20:29,88	157	00:20:30,25	155	00:20:30,63	153	00:20:31,00	155	00:20:31,38	155	00:20:31,75	154	00:20:32,13	153	##	00:00:00,4
00:23:12,6	00:20:32,60	155	00:20:32,98	152	00:20:33,37	151	00:20:33,75	150	00:20:34,13	153	00:20:34,52	149	00:20:34,90	150	00:20:35,28	152	00:20:35,67	150	00:20:36,05	150	00:20:36,43	149	00:20:36,82	151	##	00:00:00,4
00:23:17,4	00:20:37,40	150	00:20:37,80	149	00:20:38,20	149	00:20:38,60	149	00:20:39,00	147	00:20:39,40	148	00:20:39,80	147	00:20:40,20	149	00:20:40,60	151	00:20:41,00	150	00:20:41,40	149	00:20:41,80	149	##	00:00:00,4
00:23:22,3	00:20:42,30	151	00:20:42,71	147	00:20:43,12	148	00:20:43,53	150	00:20:43,93	148	00:20:44,34	146	00:20:44,75	148	00:20:45,16	147	00:20:45,57	147	00:20:45,97	146	00:20:46,38	147	00:20:46,79	147	##	00:00:00,4
00:23:27,1	00:20:47,10	146	00:20:47,50	146	00:20:47,90	145	00:20:48,30	143	00:20:48,70	143	00:20:49,10	143	00:20:49,50	142	00:20:49,90	140	00:20:50,30	141	00:20:50,70	141	00:20:51,10	141	00:20:51,50	141	##	00:00:00,4
00:23:32,2	00:20:52,20	140	00:20:52,63	141	00:20:53,05	138	00:20:53,47	139	00:20:53,90	139	00:20:54,32	139	00:20:54,75	138	00:20:55,17	142	00:20:55,60	141	00:20:56,02	141	00:20:56,45	145	00:20:56,87	146	##	00:00:00,4
00:23:37,3	00:20:57,30	146	00:20:57,73	149	00:20:58,15	146	00:20:58,57	150	00:20:59,00	150	00:20:59,42	150	00:20:59,85	150	00:21:00,27	150	00:21:00,70	150	00:21:01,12	151	00:21:01,55	151	00:21:01,97	150	##	00:00:00,4
00:23:42,1	00:21:02,10	149	00:21:02,50	151	00:21:02,90	148	00:21:03,30	150	00:21:03,70	150	00:21:04,10	151	00:21:04,50	151	00:21:04,90	152	00:21:05,30	151	00:21:05,70	151	00:21:06,10	150	00:21:06,50	153	##	00:00:00,4
00:23:46,9	00:21:06,90	148	00:21:07,30	149	00:21:07,70	148	00:21:08,10	148	00:21:08,50	147	00:21:08,90	146	00:21:09,30	147	00:21:09,70	145	00:21:10,10	145	00:21:10,50	145	00:21:10,90	146	00:21:11,30	143	##	00:00:00,4
00:23:51,8	00:21:11,80	144	00:21:12,21	146	00:21:12,62	144	00:21:13,03	145	00:21:13,43	148	00:21:13,84	146	00:21:14,25	148	00:21:14,66	148	00:21:15,07	149	00:21:15,47	149	00:21:15,88	150	00:21:16,29	152	##	00:00:00,4
00:23:56,7	00:21:16,70	150	00:21:17,11	152	00:21:17,52	152	00:21:17,92	153	00:21:18,33	154	00:21:18,74	152	00:21:19,15	159	00:21:19,56	156	00:21:19,97	157	00:21:20,37	158	00:21:20,78	158	00:21:21,19	160	##	00:00:00,4
00:24:01,3	00:21:21,30	158	00:21:21,68	161	00:21:22,07	158	00:21:22,45	166	00:21:22,83	161	00:21:23,22	162	00:21:23,60	164	00:21:23,98	163	00:21:24,37	165	00:21:24,75	165	00:21:25,13	166	00:21:25,52	166	##	00:00:00,4
00:24:05,8	00:21:25,80	167	00:21:26,18	168	00:21:26,55	168	00:21:26,93	168	00:21:27,30	169	00:21:27,68	168	00:21:28,05	169	00:21:28,43	168	00:21:28,80	169	00:21:29,18	170	00:21:29,55	169	00:21:29,93	170	##	00:00:00,4
00:24:10,0	00:21:30,00	169	00:21:30,35	169	00:21:30,70	169	00:21:31,05	170	00:21:31,40	169	00:21:31,75	169	00:21:32,10	169	00:21:32,45	169	00:21:32,80	170	00:21:33,15	169	00:21:33,50	171	00:21:33,85	169	##	00:00:00,3
00:24:14,3	00:21:34,30	171	00:21:34,66	169	00:21:35,02	170	00:21:35,38	171	00:21:35,73	169	00:21:36,09	171	00:21:36,45	169	00:21:36,81	170	00:21:37,17	169	00:21:37,52	172	00:21:37,88	169	00:21:38,24	169	##	00:00:00,4
00:24:18,5	00:21:38,50	168	00:21:38,85	170	00:21:39,20	169	00:21:39,55	168	00:21:39,90	171	00:21:40,25	169	00:21:40,60	169	00:21:40,95	168	00:21:41,30	169	00:21:41,65	169	00:21:42,00	166	00:21:42,35	166	##	00:00:00,3
00:24:22,8	00:21:42,80	168	00:21:43,16	167	00:21:43,52	167	00:21:43,87	165	00:21:44,23	167	00:21:44,59	164	00:21:44,95	165	00:21:45,31	169	00:21:45,67	166	00:21:46,02	165	00:21:46,38	166	00:21:46,74	167	##	00:00:00,4
00:24:27,1	00:21:47,10	166	00:21:47,46	166	00:21:47,82	168	00:21:48,18	166	00:21:48,53	165	00:21:48,89	167	00:21:49,25	165	00:21:49,61	165	00:21:49,97	166	00:21:50,32	166	00:21:50,68	165	00:21:51,04	166	##	00:00:00,4
00:24:31,5	00:21:51,50	165	00:21:51,87	167	00:21:52,23	168	00:21:52,60	168	00:21:52,97	168	00:21:53,33	168	00:21:53,70	169	00:21:54,07	169	00:21:54,43	169	00:21:54,80	169	00:21:55,17	169	00:21:55,53	168	##	00:00:00,4
00:24:35,7	00:21:55,70	168	00:21:56,05	169	00:21:56,40	171	00:21:56,75	169	00:21:57,10	168	00:21:57,45	169	00:21:57,80	169	00:21:58,15	169	00:21:58,50	169	00:21:58,85	170	00:21:59,20	169	00:21:59,55	169	##	00:00:00,3
00:24:40,0	00:22:00,00	168	00:22:00,36	169	00:22:00,72	167	00:22:01,08	169	00:22:01,43	168	00:22:01,79	167	00:22:02,15	168	00:22:02,51	169	00:22:02,87	166	00:22:03,22	168	00:22:03,58	167	00:22:03,94	167	##	00:00:00,4
00:24:44,3	00:22:04,30	168	00:22:04,66	167	00:22:05,02	167	00:22:05,37	166	00:22:05,73	166	00:22:06,09	168	00:22:06,45	165	00:22:06,81	165	00:22:07,17	167	00:22:07,52	168	00:22:07,88	164	00:22:08,24	165	##	00:00:00,4
00:24:48,6	00:22:08,60	166	00:22:08,96	165	00:22:09,32	164	00:22:09,67	164	00:22:10,03	165	00:22:10,39	163	00:22:10,75	163	00:22:11,11	160	00:22:11,47	163	00:22:11,82	163	00:22:12,18	161	00:22:12,54	163	##	00:00:00,4
00:24:53,0	00:22:13,00	163	00:22:13,37	162	00:22:13,73	164	00:22:14,10	164	00:22:14,47	165	00:22:14,83	163	00:22:15,20	163	00:22:15,57	165	00:22:15,93	165	00:22:16,30	164	00:22:16,67	163	00:22:17,03	166	##	00:00:00,4
00:24:57,4	00:22:17,40	163	00:22:17,77	165	00:22:18,13	166	00:22:18,50	165	00:22:18,87	166	00:22:19,23	164	00:22:19,60	168	00:22:19,97	165	00:22:20,33	165	00:22:20,70	165	00:22:21,07	166	00:22:21,43	166	##	00:00:00,4
00:25:01,8	00:22:21,80	165	00:22:22,17	164	00:22:22,53	164	00:22:22,90	166	00:22:23,27	163	00:22:23,63	164	00:22:24,00	166	00:22:24,37	163	00:22:24,73	163	00:22:25,10	162	00:22:25,47	163	00:22:25,83	161	##	00:00:00,4
00:25:06,2	00:22:26,20	160	00:22:26,57	161	00:22:26,93	159	00:22:27,30	157	00:22:27,67	158	00:22:28,03	159	00:22:28,40	157	00:22:28,77	157	00:22:29,13	157	00:22:29,50	157	00:22:29,87	157	00:22:30,23	155	##	00:00:00,4
00:25:10,7	00:22:30,70	157	00:22:31,08	157	00:22:31,45	159	00:22:31,83	156	00:22:32,20	157	00:22:32,58	157	00:22:32,95	159	00:22:33,33	159	00:22:33,70	158	00:22:34,08	160	00:22:34,45	157	00:22:34,83	160	##	00:00:00,4
00:25:15,3	00:22:35,30	159	00:22:35,68	157	00:22:36,07	157	00:22:36,45	158	00:22:36,83	158	00:22:37,22	157	00:22:37,60	157	00:22:37,98	158	00:22:38,37	157	00:22:38,75	155	00:22:39,13	159	00:22:39,52	154	##	00:00:00,4
00:25:19,9	00:22:39,90	154	00:22:40,28	155	00:22:40,67	153	00:22:41,05	152	00:22:41,43	153	00:22:41,82	152	00:22:42,20	152	00:22:42,58	152	00:22:42,97	151	00:22:43,35	153	00:22:43,73	151	00:22:44,12	150	##	00:00:00,4
00:25:24,6	00:22:44,60	149	00:22:44,99	151	00:22:45,38	149	00:22:45,77	150	00:22:46,17	150	00:22:46,56	149	00:22:46,95	152	00:22:47,34	150	00:22:47,73	150	00:22:48,12	152	00:22:48,52	150	00:22:48,91	149	##	00:00:00,4
00:25:29,4	00:22:49,40	151	00:22:49,80	149	00:22:50,20	149	00:22:50,60	149	00:22:51,00	150	00:22:51,40	148	00:22:51,80	149	00:22:52,20	149	00:22:52,60	147	00:22:53,00	147	00:22:53,40	148	00:22:53,80	146	##	00:00:00,4
00:25:34,2	00:22:54,20	146	00:22:54,60	145	00:22:55,00	145	00:22:55,40	144	00:22:55,80	143	00:22:56,20	144	00:22:56,60	143	00:22:57,00	143	00:22:57,40	143	00:22:57,80	144	00:22:58,20	141	00:22:58,60	143	##	00:00:00,4
00:25:39,3	00:22:59,30	141	00:22:59,73	141	00:23:00,15	140	00:23:00,58	140	00:23:01,00	140	00:23:01,43	139	00:23:01,85	138	00:23:02,28	138	00:23:02,70	139	00:23:03,13	138	00:23:03,55	137	00:23:03,98	138	##	00:00:00,4
00:25:44,4	00:23:04,40	138	00:23:04,83	137	00:23:05,25	136	00:23:05,68	136	00:23:06,10	136	00:23:06,53	136	00:23:06,95	135	00:23:07,38	136	00:23:07,80	135	00:23:08,23	135	00:23:08,65	135	00:23:09,08	135	##	00:00:00,4
00:25:49,7	00:23:09,70	136	00:23:10,14	135	00:23:10,58	135	00:23:11,02	133	00:23:11,47	134	00:23:11,91	134	00:23:12,35	134	00:23:12,79	133	00:23:13,23	134	00:23:13,67	132	00:23:14,12	131	00:23:14,56	131	##	00:00:00,4
00:25:55,1	00:23:15,10	129	00:23:15,55	130	00:23:16,00	129	00:23:16,45	129	00:23:16,90	130	00:23:17,35	129	00:23:17,80	130	00:23:18,25	131	00:23:18,70	130	00:23:19,15	132	00:23:19,60	132	00:23:20,05	132	##	00:00:00,5
00:26:00,7	00:23:20,70	132	00:23:21,17	132	00:23:21,63	132	00:23:22,10	132	00:23:22,57	131	00:23:23,03	132	00:23:23,50	132	00:23:23,97	132	00:23:24,43	131	00:23:24,90	131	00:23:25,37	131	00:23:25,83	132	##	00:00:00,5
00:26:06,1	00:23:26,10	131	00:23:26,55	132	00:23:27,00	131	00:23:27,45	131	00:23:27,90	129	00:23:28,35	130	00:23:28,80	127	00:23:29,25	127	00:23:29,70	123	00:23:30,15	124	00:23:30,60	126	00:23:31,05	126	##	00:00:00,5
00:26:11,8	00:23:31,80	125	00:23:32,28	121	00:23:32,75	122	00:23:33,23	123	00:23:33,70	124	00:23:34,18	126	00:23:34,65	124	00:23:35,13	121	00:23:35,60	119	00:23:36,08	119	00:23:36,55	119	00:23:37,03	118	##	00:00:00,5
00:26:17,7	00:23:37,70	113	00:23:38,19	116	00:23:38,68	117	00:23:39,17	118	00:23:39,67	120	00:23:40,16	123	00:23:40,65	122	00:23:41,14	124	00:23:41,63	124	00:23:42,12	126	00:23:42,62	127	00:23:43,11	127	##	00:00:00,5
00:26:23,6	00:23:43,60	128	00:23:44,09	128	00:23:44,58	128	00:23:45,07	127	00:23:45,57	127	00:23:46,06	128	00:23:46,55	125	00:23:47,04	127	00:23:47,53	125	00:23:48,02	126	00:23:48,52	125	00:23:49,01	126	##	00:00:00,5
00:26:29,3	00:23:49,30	126	00:23:49,78	124	00:23:50,25	124	00:23:50,73	122	00:23:51,20	123	00:23:51,68	123	00:23:52,15	122	00:23:52,63	122	00:23:53,10	121	00:23:53,58	119	00:23:54,05	118	00:23:54,53	118	##	00:00:00,5
00:26:35,2	00:23:55,20	118	00:23:55,69	118	00:23:56,18	122	00:23:56,67	122	00:23:57,17	124	00:23:57,66	125	00:23:58,15	125	00:23:58,64	125	00:23:59,13	125	00:23:59,62	125	00:24:00,12	124	00:24:00,61	124	##	00:00:00,5

Anexo 7 – Rotina em VBA para múltiplas seleções em células de folha de cálculo

```
Sub daviskeas()
    Dim C1 As Range

  For Each C1 In Range("C131:N1600")
    If C1.Interior.Color = Range("R2").Interior.Color Then
      C1.Copy Range("R" & Rows.Count).End(x1Up).Offset(1)
  End If
 Next C1
End Sub
```

Anexo 8 – Kit Polar RS800cx™