

**MARK ANDERSON CALDEIRA**

**DESEMPENHO COGNITIVO E VARIABILIDADE DA  
FREQUÊNCIA CARDÍACA DE TENISTAS PROFISSIONAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação Física na Área de concentração: Cineantropometria e Desempenho humano.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Renato Pereira Moro

FLORIANÓPOLIS  
2011

**MARK ANDERSON CALDEIRA**

**DESEMPENHO COGNITIVO E VARIABILIDADE DA  
FREQUÊNCIA CARDÍACA DE TENISTAS PROFISSIONAIS**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Educação Física na Área de concentração em Cineantropometria e Desempenho Humano e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Catarina.

Aprovada em 06 de junho de 2011

---

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo – UFSC/CDS  
Coordenador do PPGEF

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Antônio Renato Pereira Moro – CDS/UFSC  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Emilio Takase – CFH/UFSC  
(Membro Interno)

---

Prof. Dr. Maurício Gattás Bara Filho – EFID/UFJF  
(Membro Externo)

---

Prof. Dr. Luiz Guilherme Antonacci Guglielmo  
(Membro Interno Suplente)

## Dedicatória

À minha mãe e ao meu pai...  
Por terem dedicado grande parte de suas vidas à minha vida...

Às minhas irmãs...  
Pelo amor a mim demonstrado em ações...

## Dedicatória Especial

À minha esposa Andréa e ao nosso filho Igor,

Por vocês, eu posso muito...  
Pela felicidade de vocês, eu posso tudo...  
Pelo amor que sinto por vocês, eu posso mais...

## Agradecimentos

A conclusão desse trabalho é uma conquista minha e de minha família. Contudo, seria impossível alcançá-la sem a ajuda de várias pessoas, às quais quero registrar meu reconhecimento.

Ao **Senhor Deus**, que coloca dificuldades adequadas e pessoas certas em nossa vida para nosso crescimento.

À **minha família, pais, irmãs, esposa e filho**, pelo apoio, confiança, encorajamento e motivação.

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Antônio Moro**, pelo entusiasmo do dia-a-dia e sua capacidade em conduzir minhas dificuldades de forma objetiva e serena.

Ao **Prof. Dr. Emílio Takase**, pela parceria na construção dessa obra, pelo tempo dedicado às minhas angústias e dúvidas, bem como pela confiança em nosso trabalho.

Ao **Prof. Dr. Maurício Gattás Bara Filho**, que prontamente aceitou participar desse trabalho, tanto como membro da banca, como oportunizando importantes contribuições.

Ao **Prof. Juarez Müller** pelas oportunidades, por sua ética e paixão pelo tênis.

Ao Programa de Pós-Graduação em Educação Física da UFSC, sobretudo à pessoa de seu coordenador, **Prof. Dr. Luiz Guilherme Guglielmo** pelo amigo que demonstrou ser.

Aos colegas do LANESPE e do LAEF, principalmente aos doutorandos **Adilson Monte, Pedro Sbissa e Mariana Lopez** que, gratuita e fraternalmente, me ofereceram suporte para seguir trabalhando em minhas investigações.

À doutoranda **Caroline Luft**, que mesmo enormemente atarefada com seus estudos na Inglaterra, foi capaz de fazer muita diferença para a conclusão dessa pesquisa.

Aos **professores** do corpo docente do curso de Mestrado do CDS/UFSC, por term compartilhado conhecimento e sabedoria.

Ao **Sr. Seixas** da Proximus pela parceira com o LANESPE.

Aos **tenistas** que disponibilizaram tempo e confiança para a realização desse estudo.

À **Confederação Brasileira de Tênis**, principalmente nas pessoas dos seus diretores **César Kist** e **Patricio Arnold**, que ao longo dos últimos anos me oportunizaram momentos de engajamento profissional a favor do tênis brasileiro.

Aos irmãos de Joinville, **Marcelo Shlachter** e sua esposa **Jack, Cláudio** e **Sueli Theilacker, Karl** e **Marita Klebsch** e, sobretudo à

família **Klug** – **Jonas**, **Jaidete**, **Guto** e **Carol** – pelo carinho com o qual nos acolhem. Ao treinador de tenistas, **José Alves**, pelo exemplo de homem, pai e profissional. Ao amigo **Luis Figueiredo**.

Ao “seu” **Joel**, cuja existência foi de grande importância na vida de minha família ao longo desses dois últimos anos.

Aos amigos **Clodoaldo**, **Claúdia** e **Bruno**, pela amizade e momentos juntos.

A todos os demais **amigos**, impossíveis de serem enumerados, e que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização desse projeto, meus agradecimentos e orações...

Obrigado!

“O único lugar aonde o sucesso  
vem antes do trabalho é no dicionário”

Albert Einstein

## RESUMO

CALDEIRA, Mark Anderson. Desempenho cognitivo e variabilidade da frequência cardíaca de tenistas profissionais. Florianópolis, 2011. Dissertação (Mestrado em Educação Física, área de concentração em Cineantropometria e Desempenho Humano) – Centro de Desportos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.  
Orientador – Prof. Dr Antônio Renato Moro

O principal objetivo deste estudo foi descrever o desempenho de oito tenistas profissionais em uma avaliação cognitiva e investigar as relações deste desempenho com os índices da variabilidade da frequência cardíaca. Foi utilizado um delineamento transversal, no qual os sujeitos foram avaliados quanto a Atenção Seletiva, Memória de Trabalho e Habilidade Visuo-Espacial, tendo sido sua frequência cardíaca monitorada pelo cardiofrequencímetro POLAR modelo RS800 para registrar a VFC. Os indicadores da VFC foram gerados pelo software Kubios Analyses HRV. Os dados foram tabulados e analisados estatisticamente no software SPSS versão 15.0. Todas as análises utilizaram um intervalo de confiança de 95%. Foram aplicadas análises estatísticas descritivas e inferências por meio de testes não-paramétricos em virtude da violação da hipótese de normalidade dos dados. Cinco sujeitos obtiveram desempenho cognitivo acima da média, sendo dois sujeitos com desempenho acima do esperado em relação à população de mesma faixa etária na tarefa de Atenção Seletiva. Seis sujeitos obtiveram desempenho cognitivo acima da média, sendo dois sujeitos com desempenho acima do esperado em relação à população de mesma faixa etária na tarefa na tarefa de Memória de Trabalho. Na Habilidade Visuo-Espacial três sujeitos obtiveram desempenho acima da média, havendo, no entanto, um sujeito com desempenho muito acima do esperado e outro com desempenho muito abaixo do esperado para sua faixa etária. O estudo dos sinais de Wilcoxon demonstrou que cinco sujeitos sofreram diminuição no valor de RR durante o teste cognitivo e que cinco sujeitos sofreram aumento no valor da FC durante o teste cognitivo. O D2 apresentou diferença significativa entre ProA e LB ( $z = -2,380$ ;  $p = 0,017$ ). Houve diferença significativa entre os índices da VFC obtidos no nível 2 em relação ao nível 3 das tarefas de Atenção Seletiva [RR ( $z = -2,380$ ;  $p = 0,017$ ), FC ( $z = -2,380$ ;  $p = 0,017$ ) e rMSSD ( $z = -2,380$ ;  $p = 0,017$ )] e Memória de Trabalho [RR ( $z = -2,100$ ;  $p = 0,036$ ), FC ( $z = -1,960$ ,  $p = 0,050$ ) e rMSSD ( $z = -2,100$ ,  $p = 0,036$ )]. Houve diferença significativa ( $z = -2,028$ ;  $p = 0,043$ ) no rMSSD no nível 2 em

relação ao nível 3, durante a tarefa de Habilidade Visuo-Espacial. O estudo dos sinais de Wilcoxon mostrou que cinco sujeitos apresentaram diminuição do RR e aumento da FC durante os testes cognitivos. O Grupo de sujeitos com maior rMSSD na LB apresentou maior Escore-Z de Desempenho Geral nos níveis 2 e 3 das tarefas de Atenção Seletiva e Memória de Trabalho; maior Escore-Z de Desempenho Geral no nível 3 da tarefa de Habilidade Visuo-Espacial; maior Escore-Z de Desempenho Geral no nível 2 da tarefa de Habilidade Visuo-Espacial; e, tempo médio de resposta menor nas tarefas cognitivas do que o Grupo de sujeitos com menor rMSSD em repouso. Conclui-se que, em geral, os participantes obtiveram desempenho cognitivo acima da média e dentro do esperado para sua faixa etária, e sujeitos com valores maiores de rMSSD em repouso obtiveram melhores desempenho nas tarefas cognitivas.

**Palavras-chave:** Tênis; Atenção Seletiva; Memória de Trabalho; Funções Executivas; Ação Vagal.

## ABSTRACT

CALDEIRA, Mark Anderson. Desempenho cognitivo e variabilidade da frequência cardíaca de tenistas profissionais. Florianópolis, 2011. Dissertação (Mestrado em Educação Física, área de concentração em Cineantropometria e Desempenho Humano) – Centro de Desportos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

The aim of this study was to describe the performance of eight professional tennis players on a cognitive evaluation and investigate its relations with the performance indices of heart rate variability. We used a cross-sectional design in which subjects were evaluated for Selective Attention, Working Memory and Visuospatial ability. We used a heart rate monitor from Polar RS800 model to record the HRV. The indicators of HRV were generated by the software Kubios HRV Analyses. Data were tabulated and statistically analyzed with SPSS version 15.0. All tests used a confidence interval of 95%. We applied descriptive and inferential statistical analysis using nonparametric tests because of violation of the assumption of normality. Five subjects had above average cognitive performance, two subjects with higher than expected performance in relation to the population of the same age in the task of Selective Attention. Six subjects had above average cognitive performance, two subjects with higher than expected performance in relation to population of the same age in the task of Working Memory. Visuospatial ability in three subjects had above-average performance, having, however, subject to a performance much higher than expected and the other with performance far below that expected for their population of the same age. The study of signs Wilcoxon showed that five subjects experienced a decrease in the value of RR during the cognitive test and five subjects had an increase in the value of HR during the cognitive test. The significant difference between D2 ProA and LB ( $z = -2.380$ ,  $p = 0.017$ ). There were significant differences between the HRV indices obtained at level 2 to level 3 over the tasks of Selective Attention [RR ( $z = -2.380$ ,  $p = 0.017$ ), HR ( $z = -2.380$ ,  $p = 0.017$ ) and RMSSD ( $z = -2.380$ ,  $p = 0.017$ )] and Working Memory [RR ( $z = -2.100$ ,  $p = 0.036$ ), HR ( $z = -1.960$ ,  $p = 0.050$ ) and RMSSD ( $z = -2.100$ ,  $p = 0.036$ )] . There was a significant difference ( $z = -2.028$ ,  $p = 0.043$ ) in rMSSD level 2 in relation to level 3 for the task of Visuospatial ability. The study of signs Wilcoxon showed that five subjects showed a decrease in RR and increased heart rate during the

cognitive tests. The group of subjects with greater rMSSD in LB had higher Z-score of overall performance at levels 2 and 3 of the tasks of Selective Attention and Working Memory, higher Z-score for Overall Performance at level 3 of the task of visuospatial ability; Z-score higher overall performance level of the second task of visuospatial ability, and lower average response time in cognitive tasks than the group of subjects with lower resting rMSSD. We conclude that, in general, participants had cognitive performance above average and as expected for their population of the same age, and subjects with higher values of resting rMSSD had better performance on cognitive tasks.

**Keywords:** Tennis; Seletive Attention; Working Memory; Executive Function; Vagal Action.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Intervalos RR adjacentes .....	46
Figura 2 – SDNN (adaptado de RASSI Jr., 2010) .....	48
Figura 3 – SDANN (adaptado de RASSI Jr., 2010).....	49
Figura 4 – SDNN índice (adaptado de RASSI Jr., 2010).....	49
Figura 5 – rMMSSD (adaptado de RASSI Jr., 2010).....	50
Figura 6 – pNN50 (adaptado de RASSI Jr., 2010).....	50
Figura 7 – Histograma do intervalo R-R (Adaptado de RASSI Jr., 2010).....	51
<b>Figura 8</b> – Plotagem de Poincaré (TARVAINEN e NISKANEN, 2008).....	52
Figura 9 – Plotagem de Poincaré (TARVAINEN e NISKANEN, 2008).....	53
Figura 10 – VFC no domínio da frequência (adaptado de RASSI Jr., 2010) ...	54
Figura 11 – Análise espectral da VFC (STEIN et al, 1994) .....	55
Figura 12 – Análise espectral da VFC (adaptado de RASSI Jr., 2010) .....	55
Figura 14 – Tela para a tarefa Atenção Seletiva .....	74
Figura 15 – Tela para a tarefa Memória de Trabalho.....	76
Figura 16 – Tela para a tarefa Habilidade Visuo-Espacial.....	77
Figura 17 – Monitor de frequência cardíaca .....	79
Figura 18 – Colocação da cinta do monitor de frequência cardíaca .....	81
Figura 19 – Posição do sujeito durante a coleta de dados.....	81

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Índices da variabilidade da frequência cardíaca .....	68
Tabela 2 – Variáveis obtidas na tarefa de AS.....	69
Tabela 3 – Variáveis obtidas na tarefa de MT.....	70
Tabela 4 – Variáveis obtidas na tarefa de VE .....	71
Tabela 5 – Caracterização da amostra .....	85
Tabela 6 – Grau de escolaridade dos sujeitos.....	85
Tabela 7 – Tempo de dedicação exclusiva a torneios profissionais .....	86
Tabela 8 – Melhor ranking de simples e dupla na carreira profissional	86
Tabela 9 – Escore-Z dos indicadores de DG da tarefa de AS .....	88
Tabela 10 – Análise do DG na tarefa AS .....	90
Tabela 11 – Escore-Z dos indicadores de DG da tarefa MT .....	91
Tabela 12 – Análise do DG na tarefa MT .....	92
Tabela 13 – Escore-Z dos indicadores de DG da tarefa VE.....	93
Tabela 14 – Análise do DG na tarefa VE.....	95
Tabela 15 – Síntese do DG da amostra nas três tarefas cognitivas .....	95
Tabela 16 – Síntese do DG da amostra .....	96
Tabela 17 – Síntese do DG da amostra .....	96
Tabela 18 – Análise das tendências cognitivas da amostra .....	97
Tabela 19 – Indicadores das tendências cognitivas gerais .....	98
Tabela 20 – Tempo médio de reposta .....	99
Tabela 21 – Número médio de erros .....	100
Tabela 22 – Escore-Z dos sujeitos sob pressão .....	102
Tabela 23 – Análise do desempenho da amostra sob pressão .....	104
Tabela 24 – FC e índices da VFC no domínio do tempo .....	108
Tabela 25 – Índices da VFC no método não-linear.....	109

Tabela 26 – Teste de Wilcoxon para o RR e a FC .....	109
Tabela 27 – Teste de Wilcoxon para os índices da VFC .....	110
Tabela 28 – FC e índices da VFC nos níveis 2 e 3 da tarefa de AS....	112
Tabela 29 – Teste de Wilcoxon da FC e da VFC na tarefa de AS .....	113
Tabela 30 – FC e índices da VFC nos níveis 2 e 3 da tarefa de MT ...	114
Tabela 31 – Teste de Wilcoxon da FC e da VFC na tarefa de MT .....	114
<b>Tabela 32</b> – FC e índices da VFC nos níveis 2 e 3 da tarefa de VE...	116
Tabela 33 – Teste de Wilcoxon da FC e da VFC da tarefa de VE.....	116
Tabela 34 – Correlações do Escore-Z dos AET com a FC e a VFC durante a LB.....	118
Tabela 35 – FC, índices de VFC, $\Sigma$ do Escore-Z do DG nos níveis 2 e 3, $\Sigma$ dos AETs e Tempos Médios de Resposta em cada tarefa dos Grupos 1 e 2.....	119

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Escore-Z do DG de cada sujeito em relação à média da população de mesma faixa etária nos três níveis da tarefa de AS .....	89
Gráfico 2 – Escore-Z do DG de cada sujeito em relação à média da população de mesma faixa etária no nível 2 da tarefa de AS .....	90
Gráfico 3 – Escore-Z do DG de cada sujeito em relação à média da população de mesma faixa etária nos três níveis da tarefa MT .....	91
Gráfico 4 – Escore-Z do DG de cada sujeito em relação à média da população de mesma faixa etária no nível 2 da tarefa MT .....	92
Gráfico 5 – Escore-Z do DG de cada sujeito em relação à média da população de mesma faixa etária nos três níveis da tarefa VE.....	93
Gráfico 6 – Escore-Z do DG de cada sujeito em relação à média da população de mesma faixa etária no nível 2 da tarefa de VE.....	94
Gráfico 7 – Tempos médios de resposta .....	100
Gráfico 8 – Número médio de erros .....	101
Gráfico 9 – Escore-Z dos sujeitos sob pressão na tarefa AS .....	102
Gráfico 10 – Escore-Z dos sujeitos sob pressão na tarefa MT .....	103
Gráfico 11 – Escore-Z dos sujeitos sob pressão na tarefa VE.....	103
Gráfico 12 – Escore-Z dos sujeitos no nível 3 de cada tarefa .....	104
Gráfico 13 – Escore-Z dos AETs nos três níveis da tarefa de AS.....	106
Gráfico 14 – Escore-Z dos AETs nos três níveis da tarefa MT.....	107
Gráfico 15 – Escore-Z dos AETs nos três níveis da tarefa VE .....	107
Gráfico 16 – Valores máximos, mínimos e a mediana do rMSSD de cada Grupo durante a LB.....	120
Gráfico 17 – Valores médios do rMSSD dos Grupos 1 e 2 durante a LB .....	120
Gráfico 18 – Valores máximos, mínimos e a mediana do RR de cada Grupo durante a LB.....	121
Gráfico 19 – Valores médios do RR dos Grupos 1 e 2 durante a LB..	121

Gráfico 20 – Valores máximos, mínimos e a mediana da FC de cada Grupo durante a LB .....	122
Gráfico 21 – Valores médios da FC dos Grupos 1 e 2 durante a LB ..	122
Gráfico 22 – Valores máximos, mínimos e a mediana do SDNN de cada Grupo durante a LB .....	123
Gráfico 23 – Valores médios do SDNN dos Grupos 1 e 2 durante a LB .....	123
Gráfico 24 – Valores máximos, mínimos e a mediana do Escore-Z do nível 2 nas tarefas de Atenção Seletiva dos Grupos 1 e 2.....	124
Gráfico 25 – Valores médios da somatória dos AETs dos níveis 1, 2 e na tarefa de Atenção Seletiva dos Grupos 1 e 2.....	124
Gráfico 26 – Valores médios da somatória dos AETs dos níveis 1, 2 e 3 na tarefa de Memória de Trabalho dos Grupos 1 e 2 .....	125
Gráfico 27 – Valores médios da somatória dos AETs dos níveis 1, 2 e na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial dos Grupos 1 e 2.....	125
Gráfico 28 – Valores médios do Escore-Z do nível 2 nas tarefas de Atenção Seletiva dos Grupos 1 e 2 .....	126
Gráfico 29 – Valores máximos, mínimos e a mediana do Escore-Z do nível 3 na tarefa de Atenção Seletiva dos Grupos 1 e 2.....	126
Gráfico 30 – Valores médios do Escore-Z do nível 3 na tarefa de Atenção Seletiva dos Grupos 1 e 2 .....	127
Gráfico 31 – Valores máximos, mínimos e a mediana do Escore-Z do nível 2 na tarefa de Memória de Trabalho dos Grupos 1 e 2 .....	127
Gráfico 32 – Valores médios do Escore-Z do nível 2 na tarefa de Memória de Trabalho Seletiva dos Grupos 1 e 2.....	128
Gráfico 33 – Valores máximos, mínimos e a mediana do Escore-Z do nível 3 na tarefa de Memória de Trabalho dos Grupos 1 e 2 .....	128
Gráfico 34 – Valores médios do Escore-Z do nível 3 na tarefa de Memória de Trabalho dos Grupos 1 e 2.....	129
Gráfico 35 – Valores máximos, mínimos e a mediana do Escore-Z do nível 2 na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial dos Grupos 1 e 2 .....	129
Gráfico 36 – Valores médios do Escore-Z do nível 2 na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial dos Grupos 1 e 2.....	130

Gráfico 37 – Valores máximos, mínimos e a mediana do Escore-Z do nível 3 na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial dos Grupos 1 e 2 ..... 130

Gráfico 38 – Comparação dos valores médios do Escore-Z do nível 3 na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial dos Grupos 1 e 2 ..... 131

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>AS</b>	Atenção Seletiva
<b>ATP</b>	Associação dos tenistas profissionais
<b>bpm</b>	Batimentos por minuto
<b>CCA</b>	Córtex cingulado anterior
<b>CCAd</b>	Córtex cingulado anterior dorsal
<b>CCAv</b>	Córtex cingulado anterior ventral
<b>D2</b>	Indicador da análise não-linear com cálculo matemático baseado na Teoria do Caos. Representa a dinâmica de interação do organismo ao ambiente (adaptação do organismo)
<b>DG</b>	Desempenho cognitivo Geral
<b>FC</b>	Frequência Cardíaca
<b>HF</b>	High Frequency. Alta Frequência da VFC pela análise espectral. Indica atividade do sistema nervoso parassimpático
<b>HRV</b>	Heart rate variability
<b>ITF</b>	Federação Internacional de Tênis
<b>LF</b>	Low Frequency. Baixa Frequência da VFC pela análise espectral; indica atividade do sistema nervoso simpático
<b>LF/HF</b>	Relação entre os componentes LF e HF. Representa o predomínio da atividade simpática
<b>ms</b>	Milessegundos
<b>MT</b>	Memória de Trabalho
<b>PA</b>	Pressão Arterial
<b>pNN50</b>	Porcentagem dos intervalos RR adjacentes com diferença de duração maior que 50ms (indica atividade parassimpática)
<b>rMSSD</b>	Índice de medida da VFC que representa a raiz quadrada da média das diferenças sucessivas ao quadrado, entre R-R adjacentes (indica atividade parassimpática)
<b>R-R</b>	Intervalo de tempo expresso geralmente em milissegundos entre as ondas R da atividade elétrica do coração. A assinatura energética R do complexo QRS (presente para

cada batimento) refere-se em um pico de energia superior aos demais. Por isso, pode ser utilizado como referencial para a mensuração do intervalo de tempo entre os batimentos cardíacos

- SD1** Representa um resultado da análise de Poincaré, sugerindo a ação do sistema nervoso parassimpático
- SD2** Representa um resultado da análise de Poincaré, da atividade do sistema nervoso simpático.
- SDANN** Representa o desvio padrão das médias dos intervalos RR normais, a cada 5 minutos, em um intervalo de tempo, expresso em ms
- SDNN** Desvio padrão de todos os intervalos RR normais gravados em um intervalo de tempo, expresso em ms (indica atividade parassimpática)
- SNA** Sistema nervoso autônomo.
- SNC** Sistema nervoso central.
- SPSS** Statistical Package for Social Sciences
- VE** Habilidade Visuo-Espacial
- VFC** Variabilidade da Frequência Cardíaca.
- VLf** Very low Frequency. Muito baixa Frequência da VFC pela análise espectral

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>22</b>
1.1	OBJETIVOS .....	25
1.1.1	<i>Objetivo geral</i> .....	25
1.1.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	25
1.2	JUSTIFICATIVA .....	25
<b>2</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>27</b>
2.1	O TÊNIS DE CAMPO COMPETITIVO.....	27
2.2	ASPECTOS PSICOFISIOLÓGICOS E DESEMPENHO .....	30
2.3	MENTE-CORPO.....	33
2.4	SISTEMA NERVOSO CENTRAL .....	35
2.4.1	<i>Desempenho cognitivo e funções executivas</i> .....	37
2.4.1.1	Memória de Trabalho.....	38
2.4.1.2	Atenção .....	39
2.4.1.3	Habilidade Visuo-Espacial.....	40
2.5	SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO .....	41
2.5.1	<i>SNA e SNC no controle visceral e psicofisiológica</i> .....	42
2.5.1.1	SNA e funcionamento cardíaco.....	43
2.5.2	<i>Variabilidade da frequência cardíaca</i> .....	45
2.5.2.1	Medidas de análise da VFC.....	47
2.5.2.1.1	<b>Domínio de tempo</b> .....	47
2.5.2.1.2	<b>Domínio da frequência</b> .....	53
2.5.2.1.3	<b>Métodos não-lineares</b> .....	56
2.5.2.2	VFC e desempenho cognitivo .....	57
2.5.2.3	VFC e desempenho cognitivo no âmbito esportivo.....	61
<b>3</b>	<b>MÉTODO</b> .....	<b>66</b>
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	66
3.2	PARTICIPANTES .....	67
3.3	VARIÁVEIS DE ESTUDO .....	67
3.3.1	<i>Índices da variabilidade da frequência cardíaca</i> .....	67
3.3.2	<i>Indicadores de desempenho nas tarefas cognitivas</i> .....	68
3.3.2.1	Variáveis obtidas na tarefa de Atenção Seletiva .....	68
3.3.2.2	Variáveis obtidas na tarefa de Memória de Trabalho.....	69
3.3.2.3	Variáveis obtidas na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial.....	70
3.4	INSTRUMENTOS.....	71
3.4.1	<i>Instrumento Computadorizado de Avaliação Cognitiva</i> .....	71
3.4.1.1	Habilidades avaliadas pelo ProA.....	73
3.4.1.1.1	<b>Atenção Seletiva</b> .....	73
3.4.1.1.2	<b>Memória de Trabalho</b> .....	75
3.4.1.1.3	<b>Habilidade Visuo-Espacial</b> .....	76
3.4.2	<i>Cardiofreqüencímetro Polar® modelo RS810</i> .....	78

3.4.3	<i>Computador portátil</i> .....	79
3.4.4	<i>Softwares para análise da VFC</i> .....	80
3.5	PROCEDIMENTOS PARA A COLETA DE DADOS .....	80
3.6	ANÁLISE DOS DADOS .....	82
3.6.1	PROCEDIMENTOS PARA A ANÁLISE DE DADOS .....	82
3.7	ASPECTOS ÉTICOS .....	83
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>84</b>
4.1	CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA .....	84
4.2	RESULTADOS DA AVALIAÇÃO COGNITIVA.....	87
4.2.1	<i>Análise do Desempenho Cognitivo</i> .....	87
4.2.2	<i>Tendências Cognitivas Gerais</i> .....	96
4.2.3	<i>Desempenho cognitivo sob pressão</i> .....	99
4.2.4	<i>Comparação do Desempenho Cognitivo Geral</i> .....	105
4.3	RESULTADOS DA FC E DOS ÍNDICES DA VFC .....	108
4.3.1	<i>Análise da FC e dos índices da VFC durante a LB e o ProA...</i>	108
4.3.2	<i>Análise da FC e dos índices da VFC sob pressão</i> .....	112
4.4	CORRELAÇÃO ENTRE DESEMPENHO COGNITIVO E VFC.....	117
4.4.1	<i>Índices da VFC na LB nos níveis 2 e 3 de cada tarefa</i> .....	117
4.4.2	<i>Ação vagal na LB em relação ao desempenho cognitivo</i> .....	118
	<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>132</b>
	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>154</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>157</b>
	<b>GLOSSÁRIO</b> .....	<b>177</b>
	<b>APÊNDICES</b> .....	<b>178</b>
	APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....	179
	APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO PÓS-INFORMADO .....	180

# 1 INTRODUÇÃO

O esporte tem-se constituído em um dos fenômenos sócio-culturais mais significativos das últimas décadas. Um conjunto complexo de elementos envolvendo esportistas, espectadores e patrocinadores transformaram o espetáculo esportivo em um dos principais negócios do planeta, mobilizando um grande número de pessoas, tecnologias e recursos financeiros.

Este grande movimento em torno da encenação competitiva vem trazendo ao seu ator principal, o atleta, conquistas que vão além dos troféus recebidos pelas vitórias nas arenas competitivas. No tênis de campo, por exemplo, os jogadores bem-sucedidos conquistam grande prestígio e admiração, tornam-se ídolos, ganham prêmios fabulosos, espaço na mídia e contratos milionários com diferentes segmentos empresariais. Tais conquistas, alcançadas pelos grandes tenistas, alimentam sonhos de pais e jovens, que vêem na modalidade uma forma atraente de vencer na vida.

Nesse sentido, milhares de tenistas juvenis no mundo inteiro praticam o tênis de campo visando o rendimento de excelência. Para tanto, investem uma grande quantidade de tempo e dinheiro, empreendendo-se em diferentes atividades a fim de alcançar elevados patamares de desempenho. Muitos se tornam ávidos em elevar sua habilidade técnica, adquirir significativo domínio de estratégias de jogo e desenvolver ao máximo suas capacidades físicas e motoras. Mas apesar do forte investimento de milhares de tenistas na carreira esportiva, pouquíssimos conseguem atingir algum sucesso. Muito menor ainda é o número de tenistas que atingem as mais altas esferas do ranking internacional, que abarca os 50 melhores tenistas do mundo.

Inúmeras hipóteses buscam explicar essa situação, mas é consenso entre treinadores, esportistas e estudiosos, que um dos fatores limitantes, e ao mesmo tempo determinantes para o sucesso de um tenista no alto nível é a sua condição mental (FEDERER, 2010; CLETO, 2010; KUERTEN, 2010).

Inegavelmente são necessários diversos fatores interagindo dinamicamente entre si, ao longo do complexo processo de formação esportiva, para assegurar a prontidão ativa, intencional e dirigida do esportista ao cumprimento de uma meta superior no âmbito competitivo. Contudo, uma busca ampla em bases de dados científicos, sugere certa negligência investigativa a respeito das funções executivas como, por

exemplo, Atenção e Memória de Trabalho, para o rendimento esportivo de tenistas de alto rendimento.

As funções executivas, de modo geral, são atributos cerebrais que compreendem processos cognitivos orientados ao cumprimento de metas, com papel fundamental na organização e no planejamento de todas as ações humanas relacionadas à adaptação do organismo ao ambiente, à manutenção da iniciativa, estabelecimento de metas e reestruturação de estratégias (FONTES, 2011). Quais das funções executivas são mais exigidas ou estão efetivamente relacionadas ao rendimento do tenista, não é possível estabelecer, mesmo porque elas se complementam, sendo pouco produtivo valorizar uma e outra entre todas elas. No entanto, pode-se destacar o papel das funções executivas no contexto do embate esportivo, por serem integradores e regentes de diferentes e importantes centros de processamento da informação (GOLDBERG, 2002).

Um conceito que fortalece a importância dessas funções para o desempenho do tenista destaca como habilidade executiva a capacidade de filtrar estímulos intervenientes e antecipar conseqüências das ações dos adversários e as suas próprias (ARDILA, 2008). De um modo geral, o tenista quando imerso na disputa, detecta uma ação do seu adversário, reconhecendo de acordo com o que já foi aprendido que esse pode ser um sinal para determinado tipo de jogada. De acordo com o contexto ele busca estratégias para solucionar tal problema, elabora sua resposta ao mesmo tempo em que se posiciona veloz e adequadamente na quadra, controlando sua ansiedade e ativação, a fim de executar seu plano de ação de modo eficiente. Essa breve narrativa ilustra uma situação de jogo que se repete inúmeras vezes em segundos e que envolve atenção, percepção, memória e tomada de decisão. Percebemos então, que possuir funções executivas íntegras pode potencializar a (re)formulação e o ajuste do comportamento motor no complexo ambiente competitivo.

Essa importante interação, cognição e emoção, no desempenho de indivíduos inseridos em ambientes complexos, vêm promovendo, independente das questões esportivas, uma crescente busca pelo conhecimento sobre as estruturas e atributos do cérebro com um incremento contínuo de estudos sobre as funções cognitivas e sua relação com processos psicofisiológicos e organizações cerebrais. Dessa forma, sabe-se que as funções executivas estão relacionadas ao córtex pré-frontal e estruturas do sistema nervoso central, como a formação límbica, o córtex cingulado anterior, tronco cerebral, córtex frontal e hipotálamo, que interagem mutuamente com o sistema nervoso autônomo (O'CONNELL, et al, 2008; THAYER; HANSEN; SAUS-

ROSE et al, 2009). O sistema nervoso autônomo por sua vez, está envolvido na regulação de aspectos psicofisiológicos como ansiedade, ativação e estresse, modulando a resposta de luta e fuga do organismo diante de determinado estímulo.

A ação do sistema nervoso autônomo ocorre por meio de variações na intensidade das atividades do ramo simpático e parassimpático. Em prol de ajustes orgânicos necessários para suprir a demanda imposta pelo estímulo, a região pré-frontal do cérebro opera no controle do ritmo cardíaco em conjunto com o sistema nervoso autônomo. Tal mecanismo possibilita a adequada adaptação do indivíduo ao ambiente, potencializando sua busca, rápida e vigorosa, por soluções, e condutas adequadas (THAYER et al 2009). Essa interação de regiões corticais e subcorticais com o sistema nervoso autônomo na modulação do funcionamento cardíaco têm como indicador a variabilidade da frequência cardíaca (FRIEDMAN; THAYER, 1998). Maior predominância da ação parassimpática significa maior variabilidade da frequência cardíaca, funções executivas preservadas, comportamento ativo de auto-regulação e adaptação. Em contrapartida, predomínio da ação simpática relaciona-se ao aumento da aceleração cardíaca, menor variabilidade da frequência cardíaca e vulnerabilidade ao estresse. Desse modo, ineficiência das funções executivas, baixa regulação autonômica e negativa adaptabilidade ambiental possuem relação com o aumento da ação simpática e conseqüente diminuição da variabilidade da frequência cardíaca (FRIEDMAN, 2007).

Diante do exposto, fica evidente que a interação entre funções superiores, como Memória e Atenção, com os ajustes tipicamente psicofisiológicos indexados pela variabilidade da frequência cardíaca também são variáveis determinantes para o sucesso no embate competitivo. Nessa direção, tendo em vista ainda, a inexistência de investigações sobre o desempenho cognitivo e sua relação com os índices da variabilidade da frequência cardíaca em tenistas de rendimento, este trabalho quer explorar esta lacuna na situação atual da formação e treinamento de tenistas de alto nível.

Sendo assim, este trabalho quer operar sobre o seguinte problema: como se caracteriza o desempenho de tenistas profissionais em uma avaliação cognitiva e quais as relações deste desempenho com os índices da variabilidade da frequência cardíaca?

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo geral**

Avaliar e descrever o desempenho de tenistas profissionais em uma avaliação cognitiva e investigar as relações deste desempenho com os índices da variabilidade da frequência cardíaca.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- ✓ Verificar e analisar o desempenho cognitivo por meio da bateria de avaliação cognitiva computadorizada ProA;
- ✓ Verificar e analisar a variabilidade da frequência cardíaca antes e durante a avaliação cognitiva;
- ✓ Investigar a relação dos índices da VFC com os indicadores do desempenho cognitivo nas tarefas de Atenção Seletiva e Memória de Trabalho.

## **1.2 Justificativa**

O desempenho competitivo do tenista de alto nível é um fenômeno complexo, resultante de vários processos e fatores internos e externos ao indivíduo. Desse modo, seu sucesso é consequência, inclusive, de vários mecanismos biológicos internos em diferentes níveis. A ação motora e a capacidade de trabalho do sistema músculo-esquelético, que influenciam o desempenho do tenista, são dependentes, também, de inúmeras regulações autonômicas tais como frequência cardíaca, frequência respiratória, temperatura, equilíbrio hormonal, dentre outras. Além disso, o rendimento na esfera competitiva é igualmente dependente da habilidade de elaborar estratégias, de tomar decisões, de mecanismos inibitórios específicos e outras funções cerebrais.

Mesmo sendo o desempenho esportivo multifatorial é consenso entre treinadores, esportistas e estudiosos do tênis de campo, que um dos fatores determinantes para o sucesso de um tenista no alto nível é a sua

condição mental, demonstrada, também, pela eficiência tática, controle da ansiedade e ativação. Nas disputas entre tenistas, quase simultaneamente à execução dos movimentos, são necessárias decisões rápidas e precisas a fim de gerar respostas desejadas em um ambiente sujeito a constantes mudanças, onde aspectos como autocontrole e níveis ótimos de ativação são indispensáveis. Dessa maneira, o desempenho do tenista é produto complexo da interação entre funções cognitivas com sua capacidade em produzir ações técnicas requeridas sobre adequado interação psicofisiológica.

Tendo em vista que as respostas táticas possuem significativa dependência cognitiva, torna-se evidente que funções como Memória e Atenção podem exercer importante papel durante o embate competitivo. Aliado a isso, há evidências sugerindo que o alinhamento adequado entre atividade cerebral e modulação vagal no funcionamento cardíaco possa indicar uma potencialidade superior para o alto rendimento.

No entanto, não há trabalhos científicos que tenham investigado o perfil cognitivo de tenistas de rendimento a fim de determinar ou diferenciar este esportista em relação a outro grupo. Do mesmo modo, a literatura não apresenta nenhuma referência sobre a variabilidade da frequência cardíaca de tenistas. Na grande maioria das investigações com estes esportistas há dados sobre aspectos fisiológicos e psicológicos, concernentes, sobretudo ao consumo máximo de oxigênio, frequência cardíaca, fadiga, personalidade e motivação.

Desse modo, o objeto de pesquisa deste trabalho é relevante, atual e oportuno, em virtude da lacuna sobre questões relacionadas às funções cognitivas e a variabilidade da frequência cardíaca no âmbito do tênis de rendimento. Além disso, há uma demanda por investigações que possam alicerçar o corpo de conhecimento sobre variáveis que identificam talentos esportivos e fundamenta ações práticas para otimizar o desempenho de tenistas por meio do desenvolvimento de habilidades cognitivas em conjunto com variáveis psicofisiológicas.

### **1.3 Delimitação do estudo**

Este estudo se delimitou em investigar o desempenho cognitivo e a variabilidade da frequência cardíaca de oito tenistas profissionais durante o Torneio “Correios Brasil Master Cup – 2010” ocorrido na cidade de Mogi ds Cruzes, em dezembro de 2010.

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 O tênis de campo competitivo

O rendimento de excelência no tênis de alto nível tem sido a meta de milhares de tenistas. Para tanto esses esportistas empreendem-se em diferentes atividades buscando adquirir elevados patamares de desempenho nos quesitos físicos, técnicos, táticos e psicológicos. A fim de nortear tal empreitada e fornecer elementos para a formação de jogadores de sucesso, treinadores e pesquisadores têm buscado descobrir e compreender os inúmeros aspectos relacionados à performance competitiva dessa modalidade.

Pela complexidade do sistema competitivo e das exigências internas do jogo, o planejamento e a orientação do treinamento exigem o entendimento de inúmeras variáveis determinantes para um bom desempenho nos confrontos. O suporte científico aos treinadores advém, sobretudo, de trabalhos que investigaram, dentre outras variáveis, o comportamento da frequência cardíaca, da concentração do lactato, do consumo de oxigênio em situações de campo e laboratoriais objetivando a caracterização do esforço do tenista (BERGERON, 2003; KOVACS, 2006; FERNANDEZ-FERNANDEZ; MENDEZ-VILLANUEVA; FERNANDEZ-GARCIA et al, 2007). Com objetivo semelhante, análises das atividades em jogo como a relação temporal entre estímulo e pausa, o número de ações motoras ao longo da partida, a duração de cada ponto, dentre outras, vem sendo utilizadas para compreender as exigências impostas aos jogadores (O'DONOGHUE; INGRAM, 2001; FERNANDEZ; MENDEZ-VILLANUEVA; PLUIM, 2006; KOVACS, 2007). A partir disso, atributos técnicos como velocidade do saque, biomecânica do voleio, eficiência da devolução, atributos físicos de força, velocidade e resistência, tanto quanto atributos antropométricos como altura e envergadura surgiram como indicadores do potencial para o desempenho.

A partir das análises apresentadas o tênis de campo tem sido classificado como uma modalidade intermitente, em virtude da alternância entre estímulo e pausa ao longo de uma partida (CHANDLER, 2000). Ao contrário de outros esportes, o tênis não tem tempo limite para o seu término, resultando na ocorrência de partidas

com uma hora de duração e outras com mais de quatro horas. Um tenista que participa de competições, juvenis ou profissionais, joga em torno de 25 semanas no ano, sendo cada semana em um ambiente (país, cidade, clube, etc.) totalmente diferente. A decisão de se jogar nesse ou naquele lugar pode acontecer em menos de uma semana do início da competição. Além das dificuldades do calendário, as características do jogo exigem do tenista, de rendimento, excelente condicionamento aeróbio, anaeróbio e neuromuscular. As ações motoras em uma partida de tênis se caracterizam, sobretudo, pelo seu caráter explosivo, com constantes mudanças de direção, saídas rápidas e corridas de curta duração. Desse modo, o tenista precisa sustentar uma elevada capacidade de trabalho ao longo de todo o jogo, possuir excelente capacidade de recuperação durante e após as partidas (KOVACS, 2007).

A maioria das partidas de caráter competitivo é disputada de forma que um dos jogadores precisa vencer dois “sets” para ganhar o jogo. Há alguns poucos torneios nos quais a disputa é em melhor de cinco “sets”, o que obriga um dos jogadores ganhar três “sets” para se sagrar vencedor. A duração total de cada “set” é variável tendo em média, no alto nível, quarenta e cinco minutos de duração. A disputa dos pontos, chamada de “rally” também é bem variado e depende de vários fatores como: superfície da quadra, estratégia, estilo de jogo, nível do jogo, velocidade da bola e da motivação dos jogadores. Um ponto pode ser decidido em frações de segundos quando, por exemplo, o jogador que está sacando realiza um “ace”, ou pode durar vários segundos, dependendo do número de vezes que os jogadores conseguem devolver a bola ao adversário. O estilo de jogo do tenista influencia essa duração dos pontos. Quando a duração média dos “rallies” é analisada segundo o gênero dos tenistas O’Donoghue e Ingram (2001) encontraram um tempo médio de  $7,1 \pm 2,0$ s nos jogos das mulheres, e  $5,2 \pm 1,8$ s no jogo dos homens. Os dados de König, Huonker e Schmid (2001) e Faff, Ladyga e Starczewska (2000) indicam que, na maioria das ocasiões, o tempo total jogado está entre 20% e 30% do tempo total da partida.

O regulamento oficial da International Tennis Federation, órgão responsável em estruturar as regras do tênis, prevê períodos de intervalos durante a partida (ITF, 2009). De acordo com as regras, após o primeiro game de cada “set” e durante o “tie-break”, o jogo deve ser contínuo e os jogadores devem trocar de lado sem descanso. Mas, entre as trocas de lado ao final de cada “game” ímpar, com exceção do primeiro, o tenista tem no máximo 90 segundos para iniciar o “game” seguinte. De modo semelhante ao final de cada “set” deve haver um intervalo máximo de 120 segundos para o início do “set” seguinte. Ao

longo de toda a partida o tenista tem 20 segundos entre o final de um ponto e início do outro. A maioria das partidas de alto nível apresenta razão entre esforço e pausa de 1:2 a 1:5, com os pontos tendo duração média de oito segundos e valores variando entre três e quinze segundos nas superfícies mais rápidas como grama, “*carpet*” e “*indoor*” (CHRISTMASS; RICHMOND; CABLE et al. 1998; HUGHES; CLARK, 1995).

A velocidade dos pontos e a dimensão da quadra exigem do tenista elevada capacidade de antecipação, tomada de decisão, atenção, tempo de reação, seleção de resposta, controle de execução, velocidade de processamento, dentre outras funções de ordem cognitiva. Além disso, os fatores apresentados até o momento sugerem que o tênis é um esporte baseado na imprevisibilidade, tanto dentro quanto fora das quadras. A imprevisibilidade da duração do ponto, seleção do golpe, estratégia, tempo de jogo, clima e o oponente. Cada bola rebatida pelo oponente possui velocidades e efeitos diferentes. O espaço físico somado à habilidade técnica dos jogadores permite o direcionamento da bola há vários pontos diferentes da quadra. As incertezas relacionadas ao calendário de torneios tornam o planejamento de carreira complexo. Tanta imprevisibilidade influencia as demandas fisiológicas e psicológicas da modalidade, exigindo do esportista grande capacidade de adaptação, a tal ponto que frequentemente tenistas e treinadores descrevem o tênis como um jogo de emergências contínuas.

Toda complexidade interna e externa ou jogo leva treinadores experimentados, jogadores de expressão mundial e outros especialistas, afirmarem que o tênis é um esporte cujo sucesso está fortemente relacionado aos aspectos mentais (CLETO, 2010; FEDERER, 2010; PONTES, 2010; KUERTEN, 2010). Nesse sentido, alguns dos tenistas que almejam atingir elevados níveis de rendimento, buscam desenvolver seu lado mental envolvendo-se em trabalhos que visam elevar seu desempenho a partir de conceitos como motivação, controle da ansiedade, relaxamento, dentre outros. Contudo, em sua grande maioria, os trabalhos desenvolvidos com os tenistas restringem-se fortemente a esses conceitos. Apesar de sua importância, eles não abarcam em seu contexto questões relacionadas aos aspectos cognitivos como: capacidade de antecipação, tomada de decisão, atenção, tempo de reação, inibição de impulsos, seleção de resposta, memória de trabalho, controle de execução, pensamento abstrato, velocidade de processamento, e outras que ocupam lugar determinante no desempenho humano. Neste conjunto de funções inserem-se as funções executivas. Elas compreendem processos cognitivos orientados ao cumprimento de

metas, com papel fundamental na organização e no planejamento de todas as ações humanas relacionadas, dentre outras, à manutenção da iniciativa, estabelecimento de metas, reestruturação de estratégias de acordo com o plano inicial (FONTES, 2011; MCCABE; ROEDIGER; MCDANIEL et al, 2010).

Um conceito que fortalece a importância das funções executivas para o desempenho do tenista, destaca a capacidade de filtrar estímulos intervenientes e antecipar conseqüências, seja das ações de outros ou das próprias, como uma habilidade executiva (ARDILA, 2008). Ter, desse modo, funções executivas íntegras facilita a reformulação e o ajuste do comportamento motor durante a própria execução do mesmo (NAPADOW; DHOND; CONTI et al, 2008).

Finalmente, tão importante quanto o papel específico dessas funções é sua íntima relação com os aspectos psicofisiológicos intervenientes ao desempenho esportivo, sendo um marcador dessa interrelação a variabilidade da frequência cardíaca (SCHUBERT; LAMBERTZ; NELESEN et al, 2009).

## **2.2 Aspectos psicofisiológicos e desempenho**

A psicofisiologia é o ramo biológico da psicologia que estuda a relação de processos mentais com processos fisiológicos. A ciência, e particularmente a Ciência Cognitiva, reconhece que o cérebro e todas as suas estruturas são a base de todo processamento de sensações, cognições, sentimentos e movimentos (MATLIN, 2004). Apesar desse processamento ser feito, na maioria dos casos, sem qualquer interferência do ser humano, reações fisiológicas como aumento da frequência cardíaca, da humidade nas mãos, do enrijecimento muscular, oscilações na concentração, dentre outras, são tão evidentes que o indivíduo torna-se consciente de que seu corpo está reagindo ao que está acontecendo no ambiente à sua volta ou ao que ele está pensando .

Estas respostas fisiológicas são comuns em todos os seres humanos, porém as razões e a forma como são deflagrados são diferentes. Na maioria dos casos, elas dependem do modo como o indivíduo interpreta aquilo que está à sua volta. No caso do tenista, por exemplo, a forma como ele percebe a partida, o quanto ele está concentrado, motivado ou o quanto se sente ameaçado e sem confiança

irá determinar grande parte das suas respostas, físicas e mentais, ao longo da partida. Esta individualização do modo como as informações são processadas torna o estudo dos processos psicofisiológicos importante para a compreensão do rendimento dos tenistas (UNIERZYSKI, 2003; GALLEGOS; MASSUCATO; SIMÕES et al, 2002).

O corpo humano é composto de diversos sistemas, dentre outros, os sistemas nervoso, circulatório, respiratório, muscular e esquelético. Mas é o sistema nervoso que tem a função de coordenar todos os outros sistemas. Quando o corpo perde seu estado homeostático, o sistema nervoso dispara e coordena diferentes ações para corrigir o que está errado e retormar a condição de equilíbrio orgânico (GUYTON, 1993). O principal órgão do sistema nervoso é o cérebro. Este órgão desempenha um papel fundamental no controle do bom funcionamento do corpo, sendo ainda um dos primeiros órgãos do corpo a ser atingido quando existe uma perda acentuada de oxigênio ou glicose, um aumento grande de calor ou um desequilíbrio do nível de pH. Em virtude disso ele é altamente dependente do estado físico geral do indivíduo para poder funcionar tanto quanto se pode desejar (CLARKE; SOKOLOFF, 1994). Tal relação cria uma dependência mútua entre corpo e mente a ponto da condição física anormal, tanto quanto as disfunções cerebrais, serem capazes de alterar o que o indivíduo pensa, o que faz ou o que pode fazer. Desse modo, a psicofisiologia, por estudar interações entre corpo e mente, permite compreender a interação entre o cérebro e o corpo humano, usando processos cognitivos como mecanismos para identificar a relação entre estas duas partes.

Os aspectos psicofisiológicos mais comumente citados nos estudos de especialistas da psicologia aplicada ao esporte são o nível de ativação, a ansiedade e o estresse (WEINBERG; GOULD, 2001; SAMULSKI, 2002). Tendo em vista, que na situação de disputa entre dois tenistas pela vitória, são encontrados elementos que caracterizam a participação desses três aspectos, é possível identificar questões psicológicas inferindo sobre fisiológicas e vice-versa.

Por exemplo, o termo estresse normalmente refere-se tanto a situações que desencadeiam estresse, como as respostas decorrentes destas situações. De qualquer maneira, para Jones (1990) estresse é um estado que exige respostas do indivíduo para formular comportamentos que lhe permita enfrentar uma dada situação. Segundo Pijpers, Oudejans, Holsheimer et al (2003), a resposta ao estressor compreende aspectos cognitivos, comportamentais e fisiológicos que, segundo

Margis, Picon e Cosner et al (2003), propiciam uma melhor percepção da situação e suas exigências.

Sobre a ativação, Samulski (2002) relata que trata-se do estado geral do organismo no qual uma pessoa pode agir ativamente em uma situação de exigências específicas. Weinberg e Gould (2001) descrevem a ativação como sendo uma combinação de atividades fisiológicas e psicológicas em uma pessoa, e que se refere às dimensões de intensidade de motivação em um determinado momento, cuja intensidade varia num “*continuum*”, desde a apatia até a intensa agitação. O tenista que esteja com seu nível de ativação elevado, poderá comprometer sua movimentação e coordenação fina por estar “acelerado”. Por outro lado, aquele jogador que tem seu nível de ativação muito baixo, certamente não estará pronto para exteriorizar toda a potência dos seus golpes e a tomar decisões rapidamente.

No que diz respeito à ansiedade, Weinberg e Gould (2001) tratam-na como um estado emocional negativo caracterizado por nervosismo, preocupação e apreensão. De acordo com Miranda e Bara Filho (2008), o descontrole no nível de ansiedade, pode gerar reações cognitivas e somáticas que irão se traduzir em fatores negativos que prejudicarão o rendimento. Disso decorre que a ansiedade é diferenciada em ansiedade cognitiva e somática. A primeira tem um componente mental que causa reações como apreensão, apatia, desinteresse e que podem ser fruto, por exemplo, da análise negativa da tarefa a ser realizada. Já a ansiedade somática, é o grau de ativação física e corresponde aos seus aspectos fisiológicos e afetivos, que causam efeitos como taquicardia, boca seca e tensão muscular. A ansiedade também pode se referir à condição de ser um estado emocional temporário com nível de excitação momentâneo e variável conforme a situação, ou uma tendência comportamental individual de percepção da realidade. No primeiro caso tem-se a ansiedade-estado, enquanto no segundo a ansiedade-traço.

Desenvolver o conhecimento dos processos psicofisiológicos que demonstre correlação do arranjo ideal de funções fisiológicas e cognitivas para uma determinada tarefa com o desempenho de tenistas em quadra pode oferecer aos especialistas do treinamento esportivo uma excelente ferramenta de trabalho na busca pela maximização do desempenho desses esportistas. Por isso, buscar parâmetros de origem fisiológica como a frequência cardíaca, que é de fácil mensuração e monitoramento, parece ser uma possibilidade real.

## 2.3 Mente-Corpo

A relação mente-corpo, apesar de vivida com relativa frequência e intensidade ainda é pouco compreendida. Não há como deixar de atribuir respostas fisiológicas tipicamente associadas ao exercício físico, como sudorese, taquicardia e hiperventilação, a momentos de significativa ansiedade. Também, não há como negar que por vezes tomadas de decisões equivocadas cometidas por indivíduos altamente treinados em suas atividades são conseqüências do estresse físico. Os mecanismos dessas reações são comuns, em tese, a todo ser humano, mas as razões e a forma como são ativadas são distintas, uma vez que, na maioria dos casos, elas dependem do modo como cada um interpreta o mundo ao seu redor. O que é normal para um, é assombroso a outro.

De acordo com Thayer e Lane (2009) o fisiologista francês Claude Bernard é um dos fundadores da neurociência moderna. Segundo eles, desde aproximadamente 1850, Bernard insistia em suas publicações que, quando o coração é afetado ele reage no cérebro, e o estado do cérebro reage novamente, por meio do nervo vago, sobre o coração. Desse modo, segundo Bernard, sob qualquer emoção haverá muita ação mútua entre estes dois importantes órgãos do corpo (THAYER; LANE, 2009).

Um grande marco para essa área de investigação foram as contribuições do matemático, fisiologista e anatomista francês René Descartes (1596-1650). Descartes restabeleceu a ontologia dualista de que alma e corpo eram construídos por diferentes substâncias, por afirmar que mente e corpo são distintos entre si, mas interagem mutuamente através da glândula pineal (DAMÁSIO, 1996; KRISTENSEN; ALMEIDA; GOMES, 2001; KOLB; WHISHAW, 2002).

Kristensen e seus colaboradores (2001) fazem referência aos trabalhos de David Hartley (1705-1757) e Albrecht Von Haller (1707-1777), que no século XVIII, também conduziram estudos para explicar a relação mente-cérebro. Recorrendo à teoria das vibrações do Princípio de Newton, Hartley publicou em 1678 que a sensação era um processo físico. Assim, as alterações dos nervos, produzidas pela ação de um objeto sobre o organismo constituindo impressões, eram para ele decorrentes de vibrações. Por outro lado, Haller interessou-se pelas localizações cerebrais, com investigações sobre os nervos, estabelecendo que a matéria branca do cérebro e cerebelo era a base real

das sensações e do movimento, afirmando ainda que as circunvoluções do cérebro aumentavam o espaço disponível para a memória (KRISTENSEN et al, 2001).

A partir de inúmeras evidências da interferência mútua entre mente e corpo, essa área de investigação mostrou-se como campo fértil para os estudos que envolvessem a relação mente, comportamento e cérebro. Ainda em seu trabalho, Kristensen et al (2001) afirma que uma das mais importantes contribuições foram de Franz Joseph Gall (1758-1828), médico e neuroanatomista, e de Johann Gaspar Spurzheim (1776-1822), considerados os pioneiros da cartografia e neuroimagem atual. Estes pesquisadores realizaram estudos envolvendo a anatomia do cérebro, com a idéia de um cérebro dual, em que um dos hemisférios poderia demonstrar-se como independente, funcionando como órgãos separados. Consideravam que existiam muitas classes de inteligência, e que esta não era controlada por uma única região cerebral, assim como também relacionaram a perda da capacidade e das habilidades de linguagem falada e escrita (afasia) e cérebro em primeiro plano, caracterizando um importante precursor da Neuropsicologia Cognitiva (KRISTENSEN et al, 2001).

O termo Neuropsicologia teria surgido no final da década de 40 em uma conferência proferida por Osler, nos Estados Unidos, sendo apresentada também em 1949, como um subtítulo na obra de Hebb chamada *The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory* (BURIN; DRAKE; HARRIS, 2007; LEZAK, 2004). A Neuropsicologia Cognitiva é considerada a área que investiga as funções e disfunções cerebrais e sua influência sobre aspectos psicofisiológicos, sócio-culturais, intelecto, emoção, cognição, comportamento e qualidade de vida do indivíduo. Fundamenta-se em conhecimentos da plasticidade neuronal, fisiologia e neurologia, considerando estas áreas como pertinentes à compreensão dos fenômenos neuropsicológicos (ALCHIERI, 2003; MÄDER, 2001).

Os fatos históricos que inicialmente marcaram o desenvolvimento epistemológico da Neuropsicologia cognitiva abrangem discussões da natureza da relação mente-corpo ou alma-corpo em uma visão ontológica que indica uma atitude frente à cultura, à psicologia e à educação (KRISTENSEN et al, 2001). A partir da década de 50, nos Estados Unidos, surge um modelo teórico para fundamentar as associações entre estruturas cerebrais e processos mentais possibilitados pela Psicologia Cognitiva e a Teoria do Processamento da Informação.

Desenvolveu-se, então, um ramo da Psicologia que busca explicações científicas sobre o processamento de atenção, memória,

funções visuo-motoras, linguagem, pensamento, entre outras. Assim, os processos básicos estudados na Psicologia Cognitiva com a relação cognição-cérebro-comportamento são também investigados na Neuropsicologia, porém com maior suporte de ferramentas tecnológicas, a exemplo da neuroimagem cerebral e instrumentos neuropsicológicos como as avaliações neuropsicológicas (ALCHIERI, 2003; MÄDER, 2001).

Inegavelmente a eficiência de um esportista em sua atividade competitiva envolve uma sucessão de acontecimentos psicobiológicos, dependentes contínua e sistemicamente de uma série de processos orgânicos em diferentes níveis. Para Green, Green e Walters (1970), cada alteração fisiológica é acompanhada por alterações paralelas no estado mental e emocional. De forma inversa cada mudança mental e psicofisiológica, consciente ou inconsciente, são acompanhadas por ajustes fisiológicos. Desse modo, qualquer atividade competitiva é um ambiente complexo. Portanto, o grau de desempenho alcançado por um tenista no alto nível competitivo será consequência da interação de conjunto de elementos psicofisiológicos que antecedem e determinam a expressão técnica e física.

Porém, a aplicação desses conceitos e princípios no treinamento de tenistas, sobretudo no Brasil, é praticamente inexistente, muito em função da baixa formação acadêmica dos treinadores, da dificuldade de recrutar tenistas de alto nível como sujeitos para as pesquisas e da pequena interação entre universidades e equipes de treinamento esportivo. Como consequência, métodos de treinamento fundamentados na relação mente-corpo, como aqueles propostos pelo biofeedback, por exemplo, raramente são utilizados por treinadores e esportistas.

## **2.4 Sistema Nervoso Central**

O sistema nervoso (SN) é um todo. Seus vários componentes estão intimamente ligados morfológica e funcionalmente, desse modo sua divisão em partes tem significado meramente didática e leva em conta critérios anatômicos, embriológicos, segmentar e funcional (OLIVEIRA; AMARAL, 1997). A divisão clássica do SN a partir de critérios anatômicos estrutura-o em sistema nervoso central (SNC) e periférico (SNP) (MACHADO, 2000).

As principais funções do SNC, segundo Machado (2000) são: 1 – reunir e processar informações sobre o ambiente a partir das informações do SNP; 2 – organizar respostas reflexas e outras respostas comportamentais; e, 3 – planejar e executar movimentos voluntários. Seu funcionamento compreende interações entre os diversos sistemas, abrangendo conexões nervosas, metabolismo de neuropeptídeos e neurotransmissores. Para isso, substâncias como acetilcolina, adrenalina, opióides, dopamina, serotonina, dentre outras, são relevantes ao SNC.

Dentre as inúmeras estruturas que compõem o SNC, a neuropsicologia tem ampliado o número de pesquisas sobre o córtex pré-frontal e as funções executivas (CAPOVILLA; ASSEF; COZZA, 2007). O córtex pré-frontal, que ocupa quase um terço da massa total do córtex, mantém relações múltiplas e quase sempre recíprocas com inúmeras outras estruturas encefálicas. Tais relações correspondem a conexões com regiões de associação do córtex parietal, temporal e occipital, bem como com diversas estruturas subcorticais, especialmente com o tálamo, possuindo ainda as únicas representações corticais de informações provenientes do sistema límbico. Desse modo, o córtex pré-frontal tem sido caracterizado como um local de integração entre diferentes processos cognitivos, com interface entre a cognição e a emoção (GAZZANIGA; IVRY; MANGUN, 2002). Desse modo, o córtex pré-frontal está envolvido em várias funções cognitivas, como memória, planejamento de comportamento e pensamento abstrato. De modo semelhante, o córtex pré-frontal tem relação com certos aspectos psicofisiológicos, especialmente relacionados ao estresse.

Em virtude da amplitude de suas funções, ele tem sido subdividido em regiões funcionais relacionadas a diferentes regiões anatômicas (CAPOVILLA et al, 2007). Nesse sentido, o córtex pré-frontal lateral e o córtex cingulado anterior estão especialmente envolvidos no desempenho de tarefas cognitivas, enquanto o córtex pré-frontal ventromedial está primordialmente relacionado à emoção. Assim, apesar do córtex pré-frontal lateral e do ventromedial desempenharem funções de inibição e controle, as áreas laterais são ativadas quando a decisão envolve estímulos cognitivos sem conteúdo psicofisiológica positivo ou negativo, enquanto as áreas ventromediais são ativadas quando a decisão é baseada em informação afetiva (COZOLINO, 2002).

### 2.4.1 Desempenho cognitivo e funções executivas

O desempenho cognitivo representa a habilidade do indivíduo em realizar tarefas relacionadas a processos cognitivos como atenção, memória, funcionamento executivo, orientação, velocidade de processamento de informações, atividades psicomotoras e percepção (CAPOVILLA et al, 2007). O desempenho cognitivo pode ser avaliado por meio de avaliações neuropsicológicas que se utilizam de instrumentos padronizados, para a investigação da função ou disfunção cerebral (LEZAK, 2004).

De acordo com Alvarez e Emory (2006) as funções cognitivas são processos de “alto nível” envolvidos no controle e regulação de outros processos considerados de “nível inferior” e na realização de comportamentos orientados para objetivos futuros. Gilbert e Burgess (2008) definem as funções cognitivas como processos executivos de alto nível que facilitam novas formas de comportamento, otimizando a abordagem do indivíduo a circunstâncias não-familiares. As funções superiores, como atenção, concentração, inteligência, memória, com ênfase na linguagem e no pensamento são processos que caracterizam desde aspectos da percepção até as funções executivas e demais comportamentos (ANDRADE; SANTOS; BUENO, 2004; ALCHIERI, 2003; KRISTENSEN et al, 2001).

Por sua vez, as funções executivas relacionam-se a capacidade de organização, controle inibitório, tomada de decisão, abstração e execução de ações dirigidas a metas, com a ativação do córtex pré-frontal, com conseqüente relevância na realização de tarefas diárias e o convívio social adequado (WAGER; SMITH, 2003; GREENE et al, 2007; SABOYA; FRANCO; MATTOS, 2002). Sob esse entendimento, Chan, Shum, Touloupoulou et al.(2008) destacam que as funções executivas abrangem uma série de habilidades cognitivas como memória de trabalho, atenção, volição, planejamento, ação intencional e o desempenho efetivo utilizadas para atingir um determinado objetivo. Miyake e Friedman (2000), complementam afirmando que as funções executivas são mecanismos de controle geral que modulam a operação de vários processos cognitivos e regulam a dinâmica da cognição humana.

De modo geral, as funções executivas são utilizadas para referir-se a processos cognitivos “superiores” atribuídos ao córtex pré-frontal e frontal, que não atuam de forma isolada das demais regiões do cérebro, estabelecendo conexões com outras regiões corticais: córtex occipital,

parietal e temporal; bem como com estruturas subcorticais, como o tálamo e o sistema límbico. O córtex pré-frontal caracteriza-se por integrar os processos cognitivos e emoção (BANHATO; NASCIMENTO, 2007; CAPOVILLA et al, 2007), subdividindo-se em: (1) córtex pré-frontal lateral e (2) córtex cingulado anterior, relacionados principalmente com o desempenho em tarefas cognitivas; e (3) córtex pré-frontal ventromedial ou córtex orbitofrontal, envolvendo de forma geral, os fenômenos psicofisiológicos para adaptação mental (CAPOVILLA et al, 2007; JOANETTE, et al 2008).

O conceito de funções executivas deu origem ao termo “Executivo Central” ou “Cérebro Executivo” que é tratado como o grande organizador das atividades cognitivas específicas, confundindo-se ao conceito de lobo frontal, ao fazer referência às funções executivas dessa região cerebral (BADDELEY, 2003). As propriedades psicométricas da bateria ProA referem-se ao desempenho dos sujeitos em quatro tarefas cognitivas, sendo duas delas executivas (Atenção Seletiva e Memória de Trabalho) e as outras duas não-executivas (Habilidade Visuo-Espacial e Habilidade Aritmética).

#### 2.4.1.1 Memória de Trabalho

De forma simples memória é a capacidade de armazenar informações, lembrar delas e utilizá-las no presente (BURIN; DRAKE; HARRIS, 2007). Ela compreende o sistema que armazena informações com a operação de quatro processos: 1 – aquisição; 2 – formação; 3 – conservação; e 4 – evocação; classificada de acordo com o tempo de retenção. De acordo com Lezak, (2004) há três diferentes classificações para essa função: memória de curto prazo, memória de trabalho e memória de longa duração.

A Memória de Trabalho (ou memória operacional) armazena as informações em um curto período de tempo. Há uma similaridade dessa função com a memória de curto prazo que é aquela que armazena durante poucos minutos determinado estímulo, possibilitando a evocação imediata da informação. Porém, de acordo com Izquierdo (2002), a Memória de Trabalho possui a possibilidade de manipulação da informação adquirida. Alguns autores como Kantowitz, Roediger e

Elmes (2006), discutem a relação entre memória de curto prazo e Memória de Trabalho como sendo os mesmos sistemas, pelo fato de que toda informação armazenada e evocada em um curto período necessita de organização e manipulação do conteúdo.

Em contribuição, Capovilla et al (2007), mencionam que o sistema de Memória de Trabalho relaciona-se com o córtex pré-frontal lateral, e que pode apresentar conexões com a memória de longo prazo, tornando disponível a representação transitória da informação para a execução de determinada tarefa com experiências passadas ou atuais.

Neste presente trabalho, o instrumento utilizado para a avaliação do desempenho cognitivo foi o sistema de monitoramento neuropsicológico computadorizado ProA validado por Luft, Takase, Gomes, et al. (2010). Os idealizadores desse sistema consideram este tipo de instrumento indicado para avaliar o desempenho cognitivo de atletas no ambiente esportivo, inclusive para a identificação de declínios causados por lesões cerebrais ou pela síndrome de overtraining.

#### 2.4.1.2 Atenção

A Atenção é uma função cognitiva bem complexa e diversos comportamentos resultam de um nível adequado de atenção para serem bem sucedidos, por exemplo: assistir a uma partida de tênis e compreendê-la; manter o foco na jogada em um ambiente ruidoso. Desse modo, e sendo a Atenção um pré-requisito fundamental para o processo de memorização, esta função cognitiva proporciona a habilidade de identificar e selecionar estímulos em um contexto de tempo e espaço, suprimindo conteúdos irrelevantes (ANDREASEN, 2005).

De acordo com Gazzaniga, Irvy e Mangun (2002) a atenção pode ser classificada em dois tipos:

1 – Atenção Seletiva, relacionada à capacidade em dirigir o foco à um ponto específico do ambiente, sendo pré-requisito para a codificação de informações; e,

2 – Atenção Concentrada, relacionada ao processo que mantém uma vigilância sobre o curso preciso e organizado da atividade mental, com atividades perceptivas, cognitivas e motoras.

Durante a realização de tarefas de Atenção sugere-se a ativação de estruturas relacionadas ao córtex cingulado anterior representando um sistema de supervisão de Atenção que atua em condições novas, tarefas mais difíceis e correção de respostas erradas (GAZZANINGA; IRVY; MANGUN, 2002).

#### 2.4.1.3 Habilidade Visuo-Espacial

A percepção é um conjunto de processos que utiliza o conhecimento prévio do indivíduo para reunir e interpretar os estímulos registrados pelos sentidos. Ela combina tanto aspectos do mundo exterior (estímulos visuais), como do interior (conhecimento prévio). Por meio desse conjunto de processos é que as sensações recebidas a partir dos estímulos ambientais são reconhecidas, organizadas e entendidas. As funções da percepção incluem consciência, reconhecimento, discriminação, padronização e orientação. Déficits na integração perceptual aparecem como desordens do reconhecimento (MATLIN, 2004).

A percepção, de acordo com a psicologia e as ciências cognitivas, esta relacionada a processos mentais, tais como, a memória, a atenção e outras funções cognitivas que podem interferir na interpretação dos estímulos percebidos. Dentre as diferentes percepções associadas aos sentidos, a visual, é o resultado final da visão como um todo, ela depende da capacidade de detectar a luz e interpretar (ver) o estímulo luminoso, de forma estética e coerente. O ténis é uma modalidade na qual a percepção visual é altamente exigida.

A Habilidade Visuo-Espacial ou cognição espacial envolve uma gama de processos relacionados com as imagens mentais, que variam desde a habilidade navegacional até a manipulação mental de objetos visuais complexos. O termo visuo-espacial engloba diferentes categorias de processamento, como a capacidade de rotação mental, de percepção espacial e de visualização espacial (GLEITMAN; FRIDLUND; REISBERG, 2003; KOLB; WHISHAW, 2002).

## 2.5 Sistema Nervoso autônomo

O componente eferente do sistema nervoso visceral (SNV) é denominado de sistema nervoso autônomo (SNA). Ele é responsável pelo controle das funções viscerais do corpo, na regulação das respostas adaptativas ao ambiente, trazendo impulsos de determinados centros nervosos superiores até as estruturas viscerais, terminando, pois, em glândulas, músculos lisos ou no músculo cardíaco (MACHADO, 2000).

Desta maneira, o SNA exerce o controle involuntário e inconsciente das funções dos órgãos internos, sendo, portanto, também denominado de sistema neurovegetativo, uma vez que seu funcionamento não é normalmente acessível à consciência, contrastando-se com a porção voluntária e consciente das funções exercidas sobre o sistema músculo-esquelético (OLIVEIRA et al, 1997).

O SNA é dividido em dois ramos: ramo simpático (RS) e ramo parassimpático (RP). O posicionamento dos neurônios pré e pós-ganglionares, o tamanho das fibras e sua ultra-estrutura, gera diferenças anatômicas entre esses dois ramos. Do ponto de vista farmacológico, os neurotransmissores utilizados por cada um dos ramos do SNA estabelecem a diferença entre eles. As fibras pré-ganglionares, simpática e parassimpática, e as fibras pós-ganglionares parassimpáticas são colinérgicas, ou seja, liberam acetilcolina, enquanto que a grande maioria das fibras pós-ganglionares simpáticas libera noradrenalina e adrenalina, sendo, portanto consideradas adrenérgicas.

Do ponto de vista das diferenças fisiológicas entre o RS e o RP, considera-se, de um modo geral, que um tem ação antagônica ao outro, apesar da existência de exceções funcionais para esta consideração. Contudo, mesmo quando a ação dos dois sistemas é antagônica, o trabalho de um é harmonicamente equilibrado ao outro, buscando a coordenação da atividade visceral e adequando o funcionamento de cada órgão às diversas situações a que o organismo é submetido (MACHADO, 2000).

Outra diferença fisiológica entre o simpático e o parassimpático, é que este último tem ações sempre localizadas a um órgão ou setor do organismo, enquanto o primeiro, embora possa ser localizado, tende a possuir ação difusa por todo o organismo. Isso ocorre em função do RS está envolvido na regulação de aspectos psicofisiológicos que caracterizam a resposta de luta e fuga do organismo diante determinado estímulo. Por exemplo, um indivíduo é subitamente surpreendido por

uma situação inesperada. Os impulsos nervosos resultantes dessa situação são levados ao cérebro resultando em alguma forma de emoção. O hipotálamo é envolvido neste processo, de onde partem impulsos nervosos que descem pelo tronco encefálico e medula, ativando determinados neurônios pré-ganglionares simpáticos que agem sob diversos órgãos e iniciando a reação de alarme (MACHADO, 2000). Esta reação visa a busca de soluções, com o envolvimento de aspectos fisiológicos, cognitivos e comportamentais, e a seleção de condutas adequadas de maneira rápida e vigorosa. Nesse processo estimula-se, dentre outras reações, a secreção do hormônio adrenocorticotrófico, que por sua vez libera o cortisol pelas adrenais (eixo hipotálamo-hipófise-adrenal). Níveis cronicamente elevados de cortisol podem modificar a estrutura e função hipocampal e pré-frontal, produzindo alterações de memória e cognição (FRIEDMAN, 2007). Além disso, o ramo simpático, juntamente com a medula da adrenal, forma uma unidade funcional, sendo denominado sistema simpatoadrenal fortemente envolvida em características fisiológicas relacionadas ao estresse.

Por outro lado, o ramo parassimpático é responsável pela modulação destas respostas relacionadas ao estresse, evitando alterações patológicas (KAWAGUCHI; NASCIMENTO; LIMA et al 2007).

### **2.5.1 SNA e SNC no controle visceral e psicofisiológica**

A partir de algumas áreas do telencéfalo e do diencéfalo, sendo as mais importantes o hipotálamo e o sistema límbico, o SNC influencia o funcionamento das funções viscerais. Estas áreas também estão relacionadas com certos tipos de comportamento, especialmente aqueles relacionados às respostas psicofisiológicas. A existência dessas conexões entre as áreas cerebrais e os neurônios pré-ganglionares do SNA auxilia o entendimento sobre as alterações do funcionamento visceral, frequentemente acompanhadas por significativas alterações psicofisiológicas (MACHADO, 2000).

De acordo com Hagemann, Waldstein e Thayer (2003), os processos psicofisiológicos, as respostas cognitivas, fisiológicas e comportamentais, são mutuamente influenciadas e envolvem regiões corticais: frontal (córtex cingulado anterior), temporal, e parietal; e subcorticais: gânglio basal, tálamo, amígdala e hipocampo. O estresse,

por exemplo, pode diminuir ou exacerbar o processo de tomada de decisão. Da mesma forma o grau de habilidade em tomar decisões pode influenciar os efeitos do estresse e por sua vez interferir na modulação cognitiva (PARDON, 2007; COWEN, 2009).

O fato das mesmas áreas encefálicas regularem respostas psicofisiológicas e o SNA torna-se significativo na medida em que muitas emoções se expressam em grande parte por meio de alterações em determinadas manifestações viscerais, como a frequência cardíaca, por exemplo.

### **2.5.1.1 SNA e funcionamento cardíaco**

Os nervos cardíacos convergem para a base do coração, ramificam-se e trocam amplas anastomoses, formando um emaranhado de filetes nervosos e gânglios, denominado de plexo cardíaco. Este plexo está situado na cavidade torácica, sendo composto pelos três nervos cervicais do simpático, dois nervos cardíacos cervicais do vago, torácicos do vago e do simpático. A inervação autônoma do coração é especialmente abundante na região do nódulo sinusal. (MACHADO, 2000).

O coração é um órgão central na manutenção da homeostasia. Para mantê-la uma de suas principais características consiste na constante modificação da frequência de seus batimentos. Nesse sentido, as fibras musculares do coração recebem terminações nervosas dos dois ramos do SNA, sendo possível observar numerosos gânglios do RS. Estão envolvidas na regulação cardíaca autonômica vias aferentes medulares e vagal, que possibilita ao SNC receber a informação e retonar-la ao coração, sob modulação das fibras eferentes vagais rápidas e eferentes simpáticas lentas (KAWAGUCHI et al, 2007). Como consequência desse movimento de informações ocorre variações na frequência cardíaca batimento a batimento.

O coração é uma bomba pulsátil que possui a importante tarefa de proporcionar uma corrente contínua e suficiente de nutrientes e oxigênio a todo o organismo (WILMORE e COSTILL, 2001). Existem diversas maneiras de avaliar o funcionamento dessa bomba. A frequência de batimentos do coração ou frequência cardíaca (FC) é a mais comum delas. Geralmente é expressa pelo número de batimentos cardíacos por

minuto (bpm). De acordo com a demanda do estímulo, seja de ordem física ou mental, a FC sofre certos ajustes de maneira a elevar ou a diminuir o número de batimentos por minuto de acordo com a intensidade imposta (WILMORE e COSTILL, 2001). O controle da FC é realizado pela combinação de dois distintos mecanismos: o mecanismo intrínseco e o mecanismo extrínseco (DOUGLAS, 2000).

Do controle intrínseco – Ao receber maior volume de sangue proveniente do retorno venoso, as fibras musculares cardíacas se tornam mais distendidas devido ao maior enchimento de suas câmaras. Isso faz com que, ao se contraírem durante a sístole, o fazem com uma maior força. Essa capacidade intrínseca do coração é conhecida como mecanismo de Frank-Starling, e significa que quanto maior o enchimento diastólico do coração, maior será a quantidade de sangue bombeada para fora dele por minuto, ou seja, maior será o débito cardíaco (GUYTON, 1993).

Do controle extrínseco – o trabalho cardíaco pode ser aumentado ou reduzido de acordo com o grau de atividade do SNA. Por influência da noradrenalina o débito cardíaco pode ser aumentado por duas ou três vezes. Por outro lado, a ação da acetilcolina a força de contração do coração é deprimida e como consequência uma redução considerável no débito cardíaco (GUYTON, 1993).

Desse modo, um predomínio da atividade simpática do SNA provoca, no coração, um significativo aumento na frequência cardíaca, agindo como um cardio-acelerador. Já um predomínio da atividade parassimpática do SNA provoca um efeito oposto no coração, reduzindo a frequência cardíaca, agindo, portanto como um cardio-inibidor (DOUGLAS, 2000). O músculo cardíaco se contrae em semelhança dos músculos esqueléticos, contudo com uma duração muito mais longa. O ciclo cardíaco compreende o espaço de tempo que vai do início de um batimento cardíaco até o início do batimento seguinte, contendo dois períodos distintos: um período de relaxamento, ou diástole, quando o coração se enche de sangue e um período de contração ou sístole, momento no qual o sangue é ejetado para a circulação. Cada ciclo é iniciado pela geração espontânea de um potencial de ação no nódulo sinusal, em virtude do fluxo de íons através das membranas celulares cardíacas (GUYTON, 1993).

Para que a contração do músculo cardíaco seja organizada existe um sistema de condução elétrica muito bem definida. Tal atividade elétrica pode ser monitorada pelo eletrocardiograma, o qual registra os sinais da onda P, o complexo QRS e a onda T que representam,

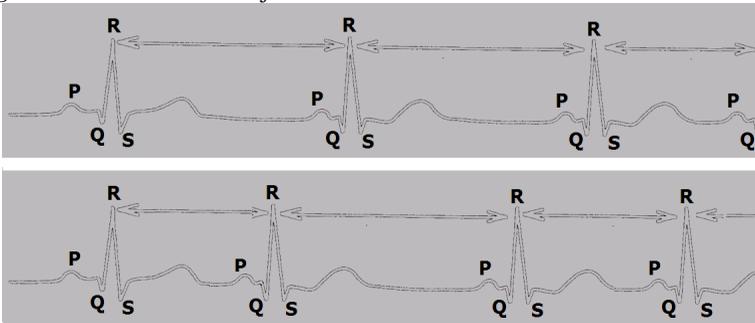
respectivamente, a despolarização do átrio, a despolarização do ventrículo e a repolarização dos ventrículos.

A duração do ciclo cardíaco, medida pelo tempo transcorrido entre duas ondas R consecutivas (intervalo RR), não é constante, ocasionando uma variação entre os intervalos R-R sucessivos, denominada de variabilidade da frequência cardíaca (VFC). A VFC é uma técnica simples e não-invasiva, que avalia a modulação autonômica do coração, por meio das variações instantâneas, batimento a batimento, a partir da amplitude dos intervalos R-R (TASK FORCE, 1996).

### **2.5.2 Variabilidade da frequência cardíaca**

A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) tornou-se a denominação convencionalmente aceita como referência às variações no tempo de intervalo entre “batimentos normais” do coração (TASK FORCE, 1996). Vanderlei; Pastre; Hoshi et al (2009) apontam que o impulso no nójuygdulo sinusal inicia a excitação cardíaca, distribuindo a informação pelos átrios, e ocorrendo despolarização atrial (representada pela onda P). Este impulso é conduzido aos ventrículos por meio do nóduo atrioventricular, distribuído pelas fibras de Purkinje, despolarizando os ventrículos (representada pelas ondas Q, R e S – complexo QRS). Sendo assim, a VFC é definida como variações nos intervalos normais de RR, definido como intervalos no complexo QRS, resultante da despolarização do nó sinoatrial.

Como dito anteriormente, o tempo transcorrido entre duas ondas R consecutivas (intervalo R-R), não é constante e não deve ser confundida com arritmias cardíacas (ACHTEN et al, 2003; TASK FORCE, 1996). A figura 1 ilustra o complexo QRS, definindo o posicionamento dos intervalos R-R e possíveis variações de tempo entre as ondas R-R.

**Figura 1** – Intervalos RR adjacentes

Os intervalos R-R, registrados em milissegundos (ms) são, portanto, modulados pelo SNA, por meio da ação dos ramos simpático e parassimpático, com flutuações temporais entre duas contrações ventriculares consecutivas. O objetivo de mensurar a VFC é a possibilidade de observar a adaptação fisiológica do sistema cardiovascular, batimento a batimento, no intuito de monitorar, de forma não-invasiva, situações que afetam o SNA (ACHTEN et al, 2003).

Segundo Vanderlei et al (2009), a baixos índices de VFC esta relacionada com maior índice de morbidade e mortalidade cardiovascular, com presença de disfunção fisiológica do organismo. As variáveis que podem estar relacionadas são: idade, peso e altura, respiração, temperatura do ambiente, atividade física, estado de humor, presença ou ausência de patologias neurológicas e psiquiátricas, diabete mellitus, doenças de chagas, doenças respiratórias e pulmonares, sexo, uso de medicamentos (PASCHOAL; VOLANTI; PIRES et al, 2006; TASK FORCE, 1996).

Baixa VFC sugere maior ativação simpática e pouca modulação parassimpática, enquanto elevada VFC é observada em condições de saúde e cognição preservada. Sujeitos com níveis significativos de ansiedade, estresse e ativação possuem maior tendência à diminuição da VFC. Isso infere disfunção de regulação autonômica, em especial no nervo vago (MEERSMAN e STEIN, 2007).

## 2.5.2.1 Medidas de análise da VFC

A análise da VFC consiste em técnica simples e não-invasiva, que avalia a modulação autonômica do coração, por meio das variações instantâneas, batimento a batimento, da amplitude dos intervalos R-R (SZTAJZEL, 2004). Existem basicamente três tipos de análises sobre a influência do ramo simpático e do parassimpático do SNA na VFC. Os diferentes índices da VFC são agrupados em análises no domínio do tempo, domínio da frequência e métodos não-lineares. Para a obtenção desses índices são utilizados *softwares* que podem ser obtido gratuitamente pela internet, dentre eles o *software* HRV Analysis utilizado para a realização desse trabalho (NISKANEN; TARVAINEN; RANTA-AHO et al, 2004).

### 2.5.2.1.1 Domínio de tempo

Caracteriza a atividade do SNA de maneira global, indicando índices do registro contínuo de eletrocardiograma ou cardiografômetro, que determina a dispersão da duração dos intervalos entre complexos QRS normais de despolarização sinusal. Neste tipo de análise medem-se cada intervalo R-R normal durante determinado intervalo de tempo e o resultado é expresso em unidade de tempo (milissegundos) que reflete a ação dos ramos do SNA no funcionamento cardíaco (TARVAINEN e NISKANEN, 2008). A partir daí aplica-se métodos estatísticos ou geométricos para calcular os índices que traduzem as flutuações na duração dos ciclos cardíacos.

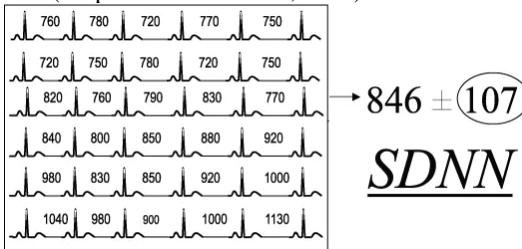
- Índices da VFC no domínio do tempo: métodos estatísticos

Os índices de VFC calculados por meio de métodos estatísticos são divididos em duas categorias: índices baseados na medida dos intervalos R-R individualmente e índices baseados na comparação entre dois intervalos R-R adjacentes (TASK FORCE, 1996).

Os primeiros são baseados na medida dos intervalos R-R individualmente e representam a variabilidade global e a atividade de ambos, parassimpático e simpático, em virtude da diferença no tempo de resposta no funcionamento cardíaca a partir da ação dos dois ramos. A estimulação parassimpática resulta numa resposta rápida e de curta duração, fazendo-se notar já no primeiro ou segundo batimento subsequente, enquanto que a estimulação simpática demora alguns segundos para se manifestar. Apesar disso, estes índices não permitem distinguir se as alterações da VFC são devidas ao aumento do tônus simpático ou à retirada do tônus vagal (NISKANEN et al, 2004).

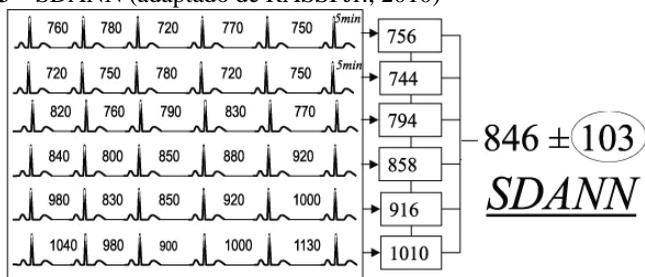
1. SDNN: expresso em milissegundos, indica o desvio-padrão da média dos intervalos R-R de todos os batimentos normais consecutivos. A figura 2 exemplifica o monitoramento da frequência cardíaca ao longo de determinado tempo. Os valores apresentados entre os complexos QRS são os tempos entre os intervalos R-R e estão expressos em ms. Neste exemplo a média dos tempos entre os intervalos R-R equivale a 846ms e o desvio-padrão a 107ms. O valor do desvio-padrão, que representa a dispersão dos valores em torno da média, é o SDNN.

**Figura 2** – SDNN (adaptado de RASSI Jr., 2010)



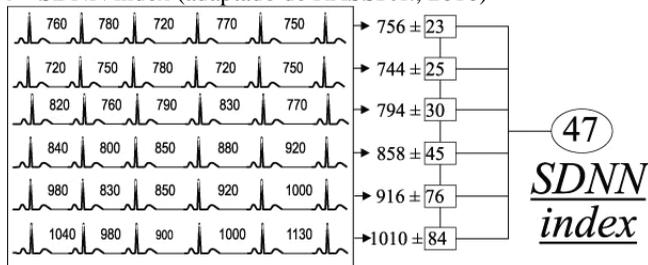
2. SDANN: representa o desvio-padrão da média dos intervalos R-R obtida a cada cinco minutos e também é expressa em milissegundos. Na figura 3 a média dos 6 segmentos de 5 minutos cada equivale a 846ms e o desvio-padrão destas médias a 103ms. Este desvio padrão, que representa o valor de ou SDANN é sempre inferior ao do SDNN em períodos longos de monitorização, por se tratar do desvio-padrão de um valor médio obtido a partir de outras médias.

**Figura 3** – SDANN (adaptado de RASSI Jr., 2010)



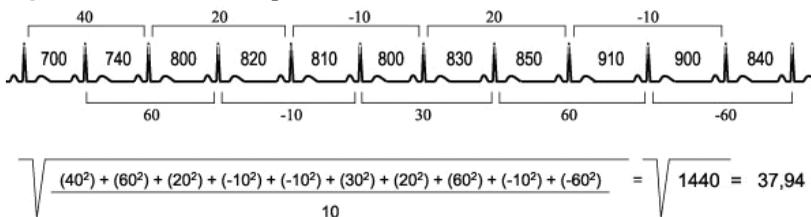
3. SDNN índice (SDNNi): representa a média de todos os desvios-padrão dos intervalos R-R normais obtidos de cinco em cinco minutos. Na figura 4 este o SDNNi equivale a 47 ms. Seu valor geralmente é inferior aos valores de SDNN e SDANN.

**Figura 4** – SDNN índice (adaptado de RASSI Jr., 2010)

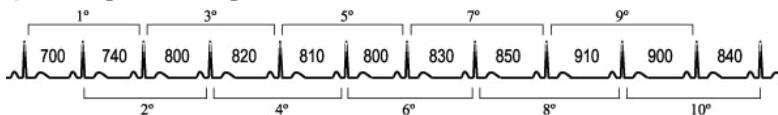


Por sua vez, os índices baseados na comparação entre a duração de dois ciclos adjacentes refletem predominantemente o tônus vagal. Estes apresentam os seguintes componentes:

1. rMSSD: representa a raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R normais sucessivos. A figura 5 ilustra os tempos registrados e a fórmula utilizada para o cálculo do rMSSD, que nesse exemplo tem o valor de 37,94.

**Figura 5** – rMMSD (adaptado de RASSI Jr., 2010)

2. pNN50: percentagem de intervalos R-R adjacentes com diferenças de duração que excedem 50ms. No exemplo ilustrado pela figura 6, o pNN50 equivale a 30%, ou seja, dos 10 intervalos RR adjacentes, apenas três (o 2º, o 8º e o 10º) apresentam diferença de duração superior a 50 ms

**Figura 6** – pNN50 (adaptado de RASSI Jr., 2010)

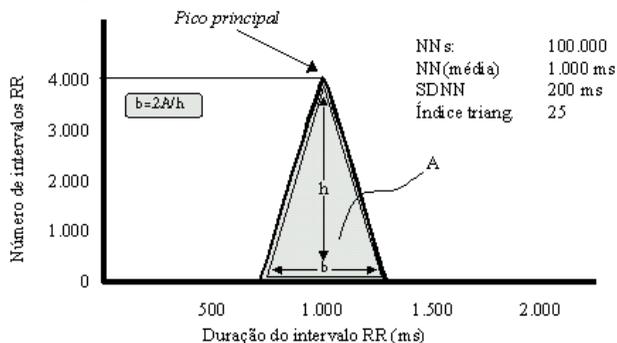
- Índices da VFC no domínio do tempo: métodos geométricos

A VFC pode ser avaliada no domínio do tempo também por meio do emprego de métodos geométricos que utilizam a sequência de intervalos R-R normais para construir uma forma geométrica, habitualmente por meio do histograma de densidade ou de um mapa de coordenadas cartesianas. O índice triangular e a plotagem de Lorenz são os métodos geométricos mais conhecidos (AUBERT et al, 2003; ACHARYA et al, 2006).

O índice triangular é calculado a partir da construção do histograma de intervalos R-R normais, que mostra no eixo horizontal todos os possíveis valores dos intervalos R-R obtidos e no eixo vertical a frequência com que cada um deles ocorreu (RASSI, Jr., 2010). Considerando-se que a união dos pontos das colunas do histograma forma uma figura semelhante a um triângulo, cuja largura da base expressa a variabilidade dos intervalos R-R, um índice de VFC pode ser calculado levando-se em conta a área e a altura do triângulo. A figura 7

exemplifica uma conjunto de intervalos R-R plotados no eixo x e y de modo a ser possível o cálculo do índice triangular.

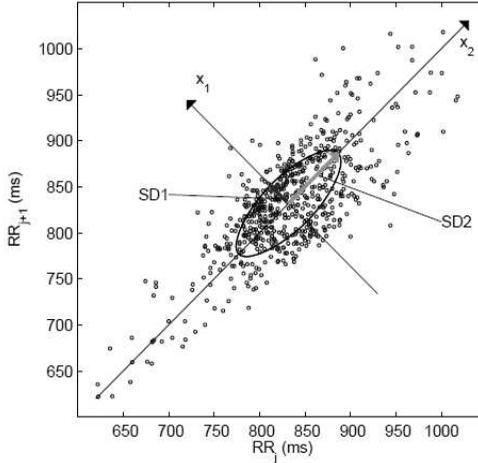
**Figura 7** – Histograma do intervalo R-R (Adaptado de RASSI Jr., 2010)



A altura  $h$  corresponde ao número de intervalos R-R com frequência modal, ou seja, aquele que apareceu mais vezes, ao passo que a área “A” corresponderá ao número total de intervalos R-R utilizado para construí-la. Assim, o índice triangular da VFC, que correspondente à base do triângulo é obtido dividindo-se o número total de intervalos R-R pela frequência modal dos mesmos ( $A/h$ ). Este índice tem uma íntima correlação com o desvio padrão de todos os intervalos R-R e não sofre a influência dos batimentos ectópicos e artefatos, pois os mesmos ficam fora do triângulo (ACHARYA et al, 2006). O índice triangular apresenta grande utilidade, em particular, para a indentificação de registros cardíacos imperfeitos (NISKANEN et al, 2004).

Outra maneira de avaliar a VFC por índices geométricos é a plotagem de Poincaré. Este índice é obtido por um mapa de pontos em coordenadas cartesianas, onde cada ponto é representado no eixo horizontal X pelo intervalo R-R normal precedente e, no eixo vertical Y, pelo intervalo R-R seguinte. O encontro de X e em Y define um ponto no plano cartesiano. A plotagem de um número suficiente de intervalos R-R em função do intervalo R-R precedente, durante períodos longos de monitorização, possibilita a criação de alguns padrões característicos, que são facilmente reconhecidos e que traduzem o comportamento da VFC (ACHARYA et al, 2006; RASSI Jr., 2010).

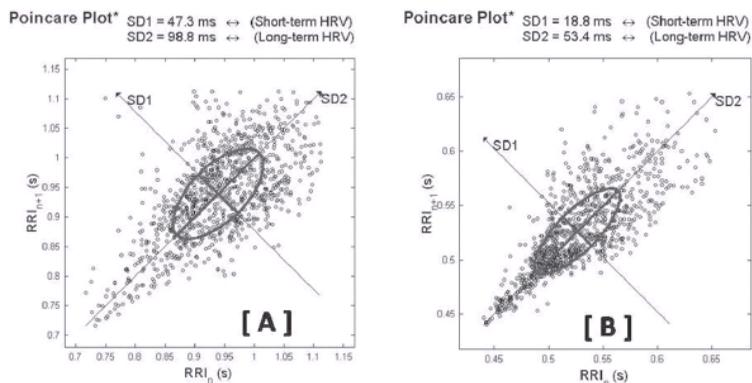
**Figura 8** – Plotagem de Poincaré (TARVAINEN e NISKANEN, 2008)



De acordo com Lerma; Infante; Pérez-Grovas et al (2003), a plotagem de Poincaré é um método geométrico e não-linear para avaliar a dinâmica da VFC, podendo sua análise ser feita qualitativa ou quantitativamente. De forma qualitativa avalia-se a figura formada pelo seu atrator que mostra o grau de complexidade dos intervalos R-R (DE VITO; GALLOWAY; NIMMO et al, 2002). Ao passo que quantitativamente analisa-se o ajuste da elipse da figura formada pelo atrator com centro determinado pela média dos intervalos R-R. A partir da plotagem desses pontos obtém-se três índices: SD1, SD2 e a razão SD1/SD2 (FERREIRA et al, 2010; DE VITO et al, 2002).

De acordo com Tulppo, Mäkikallio, Seppänen et al (1998) um aumento na dispersão dos intervalos R-R batimento a batimento é observado com aumento nos intervalos R-R, característica de um plotagem normal produzindo uma plotagem de Poincaré em forma de cometa (figura 9A). Porém, traçados com redução acentuada da VFC irão gerar padrões mais compactos, semelhantes a um torpedo quanto à sua forma (figura 9B). Além disso, intervalos R-R medidos de maneira incorreta são facilmente identificados, pois ficarão bem distantes do eixo central.

**Figura 9** – Plotagem de Poincaré (TARVAINEN e NISKANEN, 2008)



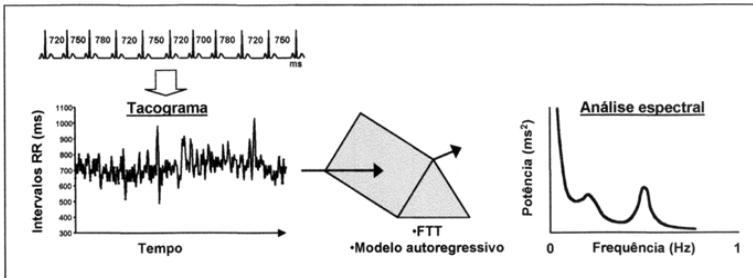
Como o comprimento é influenciado pelos valores extremos dos intervalos R-R medido, existe boa correlação de SD2 com os índices que traduzem a variabilidade global, simpática e parassimpática (SDNN e SDANN). Já a largura da plotagem, representado por SD1, depende fundamentalmente das diferenças entre os intervalos vizinhos, apresentando melhor correlação com os índices tradutores de variabilidade de curta duração (rMSSD e pNN50), predominantemente parassimpática (TULPPO et al 1998). Uma limitação do método é que ele não traz nenhuma informação sobre a densidade da plotagem, o que significa dizer que o número de pares de intervalos R-R correspondentes ao mesmo ponto no mapa de coordenadas cartesianas não é conhecido. Desta maneira, é possível que traçados com diferenças significativas na VFC apresentem padrões semelhantes de plotagem de Poincaré (VANDERLEI, et al 2009; TASK FORCE, 1996).

### 2.5.2.1.2 Domínio da frequência

O registro contínuo dos intervalos R-R normais e a sua subsequente representação gráfica em relação ao tempo, dá origem a um fenômeno ondulatório complexo, que pode ser decomposto em ondas mais simples por meio de algoritmos matemáticos, como a

transformação rápida de Fourier ou o modelo auto-regressivo (TASK FORCE, 1996). Desse modo os índices da VFC no domínio da frequência é o resultado da análise da densidade do espectro de potência que descreve a distribuição da densidade (variância) em função da frequência. A figura 10 ilustra essas operações matemáticas.

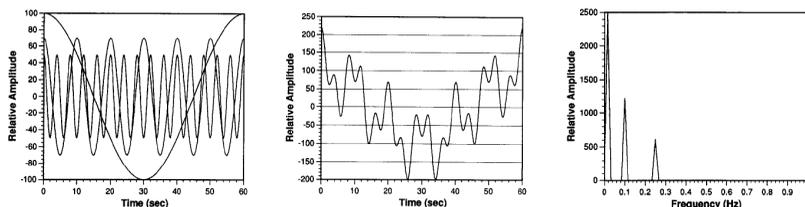
**Figura 10** – VFC no domínio da frequência (adaptado de RASSI Jr., 2010)



A análise espectral decompõe a variabilidade total da frequência cardíaca em seus componentes causadores, apresentando-os segundo a frequência com que alteram a FC. Caracteriza-se de forma quantitativa e qualitativa, individualizada e simultânea, em termos absolutos e relativos as atividades simpática e parassimpática no aparelho cardíaco (ACHARYA et al, 2006).

Este processo, denominado análise espectral, permite decompor o sinal cardíaco em seus diferentes componentes de frequência, ou seja, nas chamadas bandas de frequências (ACHTEN et al, 2003; ACHARYA et al, 2006). Sob esta ótica a VFC é analisada a partir de fenômenos ondulatórios de alta frequência (HF), baixa frequência (LF), muito baixa frequência (VLF) e ultra-baixa frequência (ULF). A combinação destas três ondas senoidais gera um sinal ondulatório complexo que pode ser comparado ao sinal que se obtém quando a frequência cardíaca é expressa em um gráfico temporal. A figura 11 ilustra a seqüência de eventos matemáticos para uma análise hipotética no domínio da frequência.

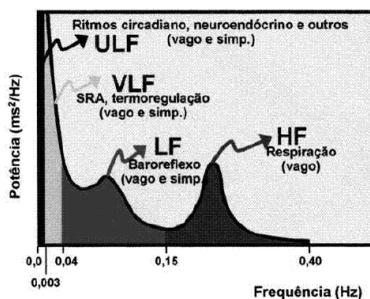
**Figura 11** – Análise espectral da VFC (STEIN et al, 1994)



Uma série temporal determinada por ciclos cardíacos sucessivos pode ser decomposta em seus componentes periódicos e cada uma das frequências que compõem a análise espectral pode ser quantificada em sua amplitude (magnitude). O cálculo da área compreendida por cada faixa de frequência é proporcional ao quadrado da amplitude do sinal original e, portanto, neste caso, expresso em  $\text{ms}^2$ , o que permite separar a quantidade de variância (potência) atribuída a cada frequência.

A figura 12 registra a análise espectral da VFC com seus componentes, bandas, nervos eferentes e moduladores fisiológicos.

**Figura 12** – Análise espectral da VFC (adaptado de RASSI Jr., 2010)



Desta maneira, a participação individual de cada uma dos ramos do SNA (simpático e parassimpático) em diferentes situações fisiológicas, assim como sua relação com os principais sistemas que interferem com a VFC (sistemas respiratório, vasomotor, termorregulador, da renina-angiotensina e sistema nervoso central), podem ser mais bem estudadas (ACHARYA et al, 2006). Sendo assim, a principal diferença da análise espectral em relação à análise no domínio do tempo, é que este último método não consegue, de modo

geral, diferenciar quais os ritmos ou oscilações dominantes que conferem à frequência cardíaca sua variabilidade.

Em relação às ondas analisadas pelo domínio da frequência são apontadas as seguintes classificações:

1. VLF: muito baixa frequência (VLF, very low frequency) – (0,015 a 0,04Hz) mediado pela termorregulação e o sistema renina-angiotensina-aldosterona, cuja regulação é efetuada pelo simpático e parassimpático;

2. LF: baixa frequência (LF, low frequency) – (0,04 a 0,15Hz) – mediada pelo reflexo barorreceptor, com influências mistas do simpático e parassimpático, com predominância simpática em algumas situações específicas;

3. HF: alta frequência (HF, high frequency) – (0,15 a 0,40Hz) – indica predominância do tônus vagal, que expressa a influência parassimpática sobre o nó sinusal relacionadas com o ciclo respiratório.

4. UBF: ultra baixa frequência (ULF: 10-5 à 10-2 Hz sua correspondência fisiológica não é estabelecida).

A medida dos componentes espectrais é feita habitualmente em valores absolutos de potência ( $ms^2$ ). Entretanto, os valores de HF e LF podem também ser expressos em unidades normalizadas (nu), representando o valor de cada um destes componentes em relação à potência total (TP) menos o componente VLF e multiplicada por 100. A relação da potência LF/HF é compreendida como uma medida de regulação e equilíbrio simpato-vagal, e podem ser avaliados também em  $ms^2$ . Contudo, em virtude dos valores absolutos em  $ms^2$  apresentarem grande variabilidade e assimetria de distribuição, a sua transformação logarítmica geralmente se faz necessária.

### 2.5.2.1.3 Métodos não-lineares

O comportamento não-linear é o que predomina nos sistemas humanos, em razão de sua natureza dinamicamente complexa, a qual não pode ser descrita adequadamente por métodos lineares (OLIVEIRA; GOMES; GUIMARÃES et al, 2006). O método não-linear para

avaliação da VFC baseia-se na teoria do Caos, pois “*descreve elementos manifestando comportamentos que são extremamente sensíveis às condições iniciais, dificilmente se repetem, mas apesar de tudo são determinísticos*” (VANDERLEI et al, 2009).

Este método aplica-se na interpretação, compreensão e previsão do comportamento dos fenômenos biológicos, com análise de flutuações depuradas de tendências, função de correlação, expoente de Hurst, dimensão fractal, expoente de Lyapunov, dentre outros. Segundo Ferreira et al. (2010), a análise da VFC por métodos não-lineares vem ganhando crescente interesse, pois existem evidências de que os mecanismos envolvidos na regulação cardiovascular provavelmente interagem entre si de modo não-linear.

A análise não-linear pode ser mensurada por meio dos índices (FERREIRA et al, 2010):

- D2 (dimensão de correlação), que indica a dispersão ou densidade de um atrator em um espaço de fase. É uma das formas mais populares de se calcular a dimensão do atrator nesse espaço, pois mede a vital complexidade do processo investigado;

- SD1, mede o desvio padrão das distâncias dos pontos à diagonal registrados na plotagem de Poincaré. Representa a variabilidade instantânea de batimento-a-batimento da FC, estando, portanto, relacionado à ação parassimpática na VFC.

- SD2, mede o desvio padrão das distâncias dos pontos à reta plotagem de Poincaré. Traduz dessa forma a variabilidade contínua batimento-a-batimento e representa a variabilidade global.

- SD1/SD2 mostra a razão entre as variações curta e longa dos intervalos R-R (GAMELIN; BERTHOIN; BOSQUET, 2006; ACHARYA et al, 2006), refletindo a informação não-linear da VFC (LERMA et al, 2003).

### **2.5.2.2 VFC e desempenho cognitivo**

Na década de 90 intensificaram-se as investigações acerca da atividade parassimpática e respostas cardíacas, sobretudo a partir do

comportamento da VFC para análise do funcionamento do SNA e sua relação com o SNC, sobretudo no que diz às funções cognitivas. Thayer e Ruiz-Padial (2006) descrevem um modelo neurovisceral, estabelecendo uma relação entre ativação vagal (parassimpática), diante de estímulos ambientais, incorporando funções cognitivas em nível de córtex pré-frontal como controle inibitório, memória de trabalho, atenção e perseveração. Este modelo fundamenta os próximos aspectos deste referencial teórico, buscando elucidar a relação: VFC, nervo vagal e córtex pré-frontal.

O modelo de integração neurovisceral descrito por Thayer e Ruiz-Padial (2006), estabelece que um conjunto de estruturas neurais, como formação límbica, córtex cingulado anterior, tronco cerebral, córtex frontal e hipotálamo envolvidas na regulação cognitiva, afetiva e autonômica estão relacionadas à VFC e à saúde, sugerindo, por exemplo, que o desequilíbrio autonômico, estabelecido por índices da VFC, está associado ao aumento de morbidade e mortalidade. Para tanto, os autores fornecem resultados de ações farmacológicas e de neuroimagem de estruturas neurais que conectam o SNC à VFC. Os autores também estabelecem que o nível de VFC em repouso possui correlação com desempenho cognitivo e comportamento psicofisiológico, esclarecendo que aqueles com maior VFC possuem respostas mais adequadas quando comparados com aqueles com baixa VFC. Este resultado sugere que o córtex pré-frontal pode modular respostas frente alguma ameaça por meio de uma relação TOP-DOWN dos circuitos de excitação simpática.

Os caminhos pelos quais o córtex pré-frontal influencia a FC, tem início na rede formada pelo próprio córtex pré-frontal, cingulado e a insula que de modo bidirecional comunicam-se com a amígdala. A amígdala está sob controle inibitório tônico via percurso vagal. A ativação do núcleo central da amígdala (CeA) inibe o núcleo do trato solitário (NTS: quadrado sólido), que por sua vez inibe *inputs* inibitório da medula ventrolateral caudal (CVLM) para a medula ventrolateral rostral (RVLM), neurônios simpato-excitatório (quadrado sólido) e simultaneamente inibe neurônios motores vagal no núcleo *ambigus* (NA) e o núcleo motor vagal dorsal (DVN). Além disso, o CeA pode ativar diretamente os neurônios simpato-excitatório na RVLM. O efeito do bloqueio farmacológico sob o córtex pré-frontal é a desinibição de CeA, levando à desinibição de circuitos cardio-aceleradores medulares e o aumento na FC.

O trabalho de Thayer e Ruiz-Padial (2006) têm implicações importantes para a compreensão da comunicação bidirecional entre o

coração e o cérebro, fornecendo conexão entre emoções negativas e consequências negativas por meio do mecanismo comum de desequilíbrio autônomo e baixa atividade parassimpática. Sugere-se que a ativação vagal se relaciona com respostas cardíacas e cognitivas saudáveis, refletindo no ativo comportamento de auto-regulação e adaptação. Por outro lado, a diminuição da atividade vagal indica vulnerabilidade ao estresse, ansiedade e declínio do funcionamento executivo, com pouca regulação autonômica, diminuição de VFC e negativa adaptabilidade ambiental (HAGEMANN; WALDSTEIN; THAYER, 2003; FRIEDMAN, 2007; FRIEDMAN; THAYER, 1998).

Nesta relação, o trabalho de Thayer e Lane (2009) atrela a VFC à características de desempenho cognitivo do indivíduo. Os autores sugerem que quanto maior a ativação parassimpática melhores serão as respostas cognitivas relacionadas às funções executivas, pois ocorre melhor adaptação do organismo diante de estímulos ambientais. Por outro lado, se o nervo vagal mostra-se em disfunção, acentua-se a atividade simpática e diminui a ativação parassimpática, com desregulação autonômica e respostas menos eficazes de tomada de decisão, flexibilidade cognitiva, controle inibitório, memória de trabalho, atenção, planejamento e organização.

O SNA e o sistema cardiovascular estão relacionados ao córtex cingulado anterior (CCA) por meio do córtex órbita frontal e córtex insular. A modulação simpática e parassimpática do SNA, e conseqüente ação na VFC, também recebem influência desta região para a adaptação do organismo ao ambiente em estímulos psicofisiológicos e cognitivos. Matthews, Paulus, Simmons et al (2004), ressaltam que o CCA é uma região do córtex pré-frontal medial, subdividido em:

- córtex cingulado anterior dorsal (CCAD), responsável por mediar processos de controle inibitório, erro e acerto cognitivo; e,
- córtex cingulado anterior ventral (CCAV), ligado a integração da informação psicofisiológica.

Por exemplo, o teste de Stroop, utilizado nesta investigação, requer que o indivíduo leia o nome das cores sem confundir-se com a cor que a estampa. Tal tarefa envolve estímulos congruentes e incongruentes, flexibilidade cognitiva, conflito e tomada de decisão, com habilidades executivas de memória de trabalho, atenção e controle inibitório. Para Matthews et al (2004), o CCA atua como mediador neste processo, relacionando as funções executivas e o SNA. A hipótese é que o SNA auxilia na regulação do CCA para a execução de atividades relacionadas à flexibilidade mental e controle inibitório, que requerem

atenção e memória de trabalho (THAYER et al 2009; MATTHEWS et al 2004).

O estudo de Matthews et al (2004), mensurou o desempenho em tarefa de Stroop durante ressonância magnética funcional (fMRI), com registro simultâneo da VFC em grupo de sujeitos cuja idade média era 39 anos. Os resultados mostraram compatibilidade entre a performance na tarefa de Stroop observada no fMRI com a VFC. Assim, observou-se no fMRI ativação do CCA durante relações de estímulos incongruentes para congruentes. A resposta inibitória do estímulo incongruente foi observada no córtex cingulado anterior dorsal esquerdo. A interação entre velocidade de repostas em estímulos congruentes ocorreu principalmente no córtex cingulado anterior ventral esquerdo, correlacionando-se com HF (high frequency) da VFC ( $p < 0.02$  para estímulo congruente e  $p < 0.003$  para incongruente), representando a modulação parassimpática do CCAV. Os autores sugeriram que as subdivisões do CCA, quando esta estrutura é acionada estão relacionadas aos processos cognitivos, memória de trabalho e atenção, que requerem controle inibitório com a modulação parassimpática.

A tomada de decisão e sua conexão com atividades autônomas do SNA é discutida por Ohira, Ichikawa, Nomura et al (2010). Para examinar tal associação, os autores usaram tomografia por emissão de pósitrons (PET), EEG, medição comportamental, parâmetros cardiovasculares e neuroendócrinos durante uma tarefa cognitiva. O estudo sugere que a ativação parassimpática e do córtex cingulado anterior correlaciona-se com o bom desempenho em tarefas ligadas ao córtex pré-frontal como em tomada de decisão. Uma das conclusões do estudo é que a modulação dos ramos do SNA na VFC atuam para a eficiente resposta cognitiva.

Os resultados de Kubota, Sato, Toichi et al (2001), indicam que durante a realização de tarefas cognitivas, determinadas atividades corticais foram estreitamente ligadas à atividade autonômica cardíaca. Para eles a relação entre tomada de decisão, córtex pré-frontal e SNA atrelam-se ao controle inibitório e atividade parassimpática. Ao final de suas considerações os autores sugerem maiores estudos sobre tal relação, afirmando que ela irá lançar luz a mecanismos neurofisiológicos desconhecidos sobre a interação mente-corpo subjacente aos processos cognitivos.

Hansen, Johnsen e Thayer (2003) investigaram os efeitos da ativação do nervo vagal durante a realização de tarefas executivas e não-executivas, em 53 marinheiros da Marinha Real Norueguesa. A propriedade de reagir às tarefas cognitivas foi investigada por meio da

VFC. Os sujeitos foram divididos em dois grupos, Alta-VFC e Baixa-VFC. O referencial para essa divisão foi o índice rMSSD, que representa a raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R normais sucessivos, obtido durante 5 minutos de linha de base. Os resultados indicaram que os indivíduos do grupo Alta-VFC mantiveram-na elevada durante os testes cognitivos e alcançaram melhores desempenhos. Esse grupo foi mais rápido nas respostas, com maior número de acertos e menor erro, quando comparado ao outro grupo. Os indivíduos do outro grupo apresentaram baixa VFC também durante os testes e cometeram mais erros nas respostas. Nas tarefas não-executivas não foram encontradas diferenças no desempenho cognitivo entre os dois grupos. Os autores concluíram que ação do parassimpático associa-se especialmente com o desempenho de funções executivas.

### **2.5.2.3 VFC e desempenho cognitivo no âmbito esportivo**

Nos últimos anos, os estudos da VFC ganharam crescente interesse e aplicabilidade nas ciências do esporte, mesmo porque o exercício físico provoca importantes modificações no funcionamento do sistema cardiovascular e, por consequência, em seus mecanismos de ajustes autonômicos (ALONSO; FORJAZ; REZENDE et al, 1998). Assim, o estudo da VFC durante o exercício físico permite uma análise adicional e não-invasiva do controle neural da FC durante o exercício. Por essa razão, sugere-se que a VFC possa ser usada como método de avaliação das alterações de curto e longo prazo no SNA associadas ao treinamento, como preditora de aptidão física, como método de identificação dos limiares metabólicos aplicados ao esforço, dentre outros (KATONA; MCLEAN; DIGHTON et al, 1982; ALONSO et al, 1998; NAKAMURA; AGUIAR; FRONCHETTI et al, 2005; BRUNETTO; SILVA; ROSEGUINI et al, 2005; BRUNETTO; ROSEGUINI; SILVA et al 2008; ABAD, 2006; FRONCHETTI; NAKAMURA; AGUIAR et al, 2006; KAWAGUCHI; NASCIMNTO; LIMA et al, 2007). Outra aplicação importante da VFC na área do esporte é seu potencial enquanto marcador no diagnóstico do overtraining (HEDELIN; WIKLUND; BJERLE et al, 2000;

BAUMERT; LOCK; BRECHTEL et al 2006; BOSQUET; MERKARI; ARVISAIS et al, 2008).

Nesse sentido, a VFC vem sendo, recentemente, empregada como método não-invasivo para identificar a intensidade de esforço físico. A avaliação da aptidão física é amplamente utilizada como instrumento para prescrição de intensidade do exercício e na monitoração de modificações em indicadores fisiológicos induzidos por programas de treinamento. Os métodos tradicionalmente empregados nas avaliações são as análises da concentração sanguínea de lactato e das trocas gasosas respiratórias. Sendo capaz de quantificar a modulação do SNA na FC, estudos utilizando a VFC em esforços físicos incrementais têm demonstrado que a modulação parassimpática tende a diminuir progressivamente até sua completa retirada, oferecendo indícios da ocorrência de uma possível relação causal entre os eventos autonômicos e metabólicos (ABAD, 2006; LIMA; KISS, 1999; YAMAMOTO; HUGSON; NAKAMURA, 1992).

Outra aplicação da VFC no âmbito do treinamento esportivo diz respeito ao estudo das sobrecargas e sua influência no estado físico do esportista. Overtraining é um processo de excessivo acúmulo de carga e recuperação insuficiente que pode conduzir à síndrome do overtraining, caracterizada por fadiga persistente, queda de desempenho, alterações neuroendócrinas, imunológicas e alterações nos Estados de humor (ARMSTRONG; VANHEEST, 2002; LEHMANN; FOSTER; DICKHUTH et al, 1998). A literatura sugere que a síndrome de overtraining ocorre concomitantemente à disfunção do eixo hipotálamo-pituitária-adrenal. Em consequência desse distúrbio ocorre adaptação negativa ao estresse de treinamento envolvendo potencialmente a modulação do SNA no FC (BOSQUET et al, 2008). Uma vez que os mecanismos subjacentes ao excesso de treinamento e por consequência à síndrome de overtraining parecem estar relacionados ao estresse físico e psicológico do treinamento, o uso da VFC, como forma de monitoramento dos efeitos das cargas de treinamento na saúde do esportista, parece ser de grande valia como marcador para prevenir à síndrome de overtraining (HEDELIN et al, 2000; BAUMERT et al 2006; BOSQUET et al, 2008; LUFT et al 2010).

De fato é grande o número de publicações que relacionam a VFC, sobretudo, com critérios fisiológicos intervenientes ao desempenho esportivo. Também é fato que no âmbito do esporte de alto rendimento, a preparação global é a chave para o sucesso. Um grande número de tenistas, por exemplo, investem uma grande quantidade de tempo e dinheiro a fim de:

1. garantir a ingestão nutricional suficiente;
2. o desenvolvimento elevado da habilidade técnica;
3. a aquisição significativa no domínio de estratégias de jogo; e,
4. em prol de elevar suas capacidades fisiológicas ao máximo.

Mas apesar de milhares de tenistas investirem tanto em suas carreiras, poucos deles conseguem atingir patamares elevados de rendimento. Menor ainda é o número de tenistas que atingem as mais altas esferas do ranking internacional, que abarca aqueles considerados os 50 melhores do mundo. Inúmeras hipóteses buscam explicar essa situação mas parece que a diferença entre essa elite do tênis mundial e os outros jogadores está fortemente ligado ao nível de sua condição psicológica e à sua eficiência em aplicar suas habilidades em situações de grande pressão.

Um bom exemplo para justificar tal possibilidade ocorreu na partida entre os tenistas Roger Federer, da Suíça, e Alejandro Falla, da Colômbia, pela primeira rodada do Grand Slam de Wimbledon em 2010 (UOL, 2010). O suíço, tido o melhor tenista de todos os tempos, enfrentou outro tenista cujo melhor ranking na esfera mundial, até então, era a posição de número 58 sem nenhum título nos grandes torneios promovidos pela ITF ou pela ATP. Até antes do final da partida, por pouco Federer não proporcionou uma das maiores zebras da história do tênis internacional. Nas palavras do próprio Federer, ele definitivamente teve muita sorte nesse e em muitos outros confrontos na temporada de 2010, pois a partida que ele acabara de vencer contra o colombiano foi uma das tantas que ele deveria ter perdido, mas acabou vencendo. Mesmo perdendo o confronto por 2 sets a zero, em uma partida onde quem vencer 3 sets ganha o jogo, Federer conseguiu reveter o quadro e vencer os 3 outros sets, superando o adversário com parciais de 5-7, 4-6, 6-4, 7-6(1), 6-0. Esta é uma situação clara de superação e superioridade psicológica.

Inegavelmente diversos fatores interagem entre si de modo a caracterizar a prontidão do esportista, como um processo ativo, intencional e dirigido ao cumprimento de uma meta na ação esportiva. Nesse contexto, é consensual entre treinadores, esportistas e estudiosos do tênis, que um dos fatores determinantes para o sucesso de um tenista no alto nível é a sua condição mental (WEINBERG, 1988; FEDERER, 2010; PONTES, 2010; CLETO, 2010; KUERTEN, 2010). Essa condição mental, que traz, inclusive, implicações aos processos psicofisiológicos, incorpora justamente maior flexibilidade cognitiva, auto-regulação eficaz e funcionamento adequado de funções executivas, como atenção e memória de trabalho.

Sendo assim uma condição mental favorecida pode estar relacionada à VFC com o desempenho cognitivo. Mas apesar do grande número de investigações sobre a VFC e sua aplicabilidade no treinamento esportivo, o número de estudos que buscam investigar as relações entre o desempenho cognitivo e o comportamento da VFC em diferentes aspectos do contexto esportivo não possuem o mesmo volume. Porém alguns dos trabalhos realizados indicam uma forte correlação entre VFC e desempenho cognitivo, com significativa aplicabilidade das informações à formação e treinamento de esportistas (TEIXEIRA, 2008; LUFT; TAKASE; DARBY, 2009; HANSEN; JOHNSEN, 2004; HANSEN; JOHNSEN; THAYER, 2003; BOORAS, 2001)

Um trabalho que evidenciou a relação entre habilidades mentais e desempenho esportivo foi a investigação de Booras (2001). Em sua pesquisa o autor buscou determinar se tenistas com maior habilidade mental poderiam realizar tarefas específicas do tênis com maior precisão do que atletas com menor habilidades mentais sob duas condições, fadiga e sem fadiga. Como instrumento para determinar o nível de habilidade mental dos tenistas o autor utilizou o *Athletics Coping Skills Inventory-28/ACSI-28*. Os sujeitos foram divididos em dois grupos – Grupo de baixo desempenho mental e Grupo de alto desempenho mental, de acordo com os resultados obtidos no ACSI-28. A tarefa específica do tênis consistia em uma série de bolas lançadas por uma máquina de lançamento, imitando uma situação real de “rally”. O jogador deveria rebater as bolas buscando devolvê-la em áreas determinadas do outro lado da quadra, marcando o número de pontos atribuídos a cada área. Na expectativa de alcançar seus objetivos investigativos, o autor submetia os sujeitos a uma atividade prévia conduzindo-os ao estado de fadiga e depois realizava a tarefa específica de precisão. Enquanto um grupo realizava a tarefa em condições de não-fadiga, o outro grupo realizava a mesma tarefa sob condições de fadiga. Em outro dia, a situação se inverteu. A análise de variância para medida repetidas determinou que não houve interação significativa entre nível de habilidade mental e escores na tarefa de precisão, mas ficou o fato do grupo de baixo desempenho mental ter sofrido um decréscimo de 19% durante a condição de fadiga em comparação a 9% para o grupo de alta habilidade mental, deixam claro a possível relação entre desempenho cognitivo e desempenho motor.

Apesar da VFC não ter sido utilizada no estudo de Booras (2001), sua investigação sugere a possibilidade do rendimento de alto nível estar sujeito a questões pouco investigadas e aplicada na prática. Para elucidar

essa questão, trazendo a VFC para seu interior, Teixeira (2008) sugere que a FC e a VFC oferecem uma oportunidade à psicologia utilizar-se de indicadores objetivos em suas investigações, pelo fato de que o comportamento cardíaco mantém estreita relação com o SNA e por sua vez como desempenho cognitivo. Em seu trabalho, o autor investigou se a FC e a VFC apresentam correlação nas tomadas de decisões boas ou ruins executadas por um enxadrista durante a partida. Para tanto o sujeito desse estudo foi submetido a condições de jogo que reuniu intensa atividade mental, ansiedade e pouca atividade física, de modo a assegurar que alterações psicofisiológicas, registradas pela modulação do SNA na FC, tenham sido eliciadas por fatores psicofisiológicos e cognitivos. O autor afirma que o modo como o jogador percebe a partida, o quanto ele se mantém concentrado, sente-se ameaçado, motivado e esperançoso, influenciam a atividade do SNA em uma constante regulação entre o jogador (meio interno) e o ambiente (meio externo). Os resultados obtidos indicam que o participante demonstrou VFC mais elevada do que o nível de repouso, sinalizando uma melhor condição para o rendimento nos jogos e eficiente tomada de decisão. O aumento isolado da FC mostrou-se um indicador para uma tomada de decisão negativa no jogo. Com isso, inferiu-se que:

- 1 – o aumento nos índices da VFC possibilitou um melhor desempenho das funções executivas e na tomada de decisão;
- 2 – os comportamentos cardíacos podem variar de forma constante e consistente, a ponto de, inclusive, prestar previsibilidade para tomada de decisões boas ou ruins.

Diante do exposto, o objetivo dessa investigação é avaliar e descrever o desempenho cognitivo de tenistas profissionais e investigar as relações entre este desempenho com o comportamento dos índices da VFC obtidos antes e durante a realização das tarefas cognitivas.

### **3 MÉTODO**

#### **3.1 Caracterização da Pesquisa**

Este trabalho no que diz respeito à sua natureza, é uma pesquisa aplicada. De acordo com Thomaz e Nelson (2002) a pesquisa aplicada tende a remeter a problemas imediatos, oferecendo assim, resultados de valor imediato, utilizando os chamados ambientes do mundo real, ou seja, utilizando os sujeitos e tendo controle limitado sobre o ambiente da pesquisa.

Conforme Serapioni (2000), a abordagem quantitativa, atua em níveis de realidade e tem como objetivo trazer a luz dados, indicadores e tendências observáveis. Desse modo, esta é uma pesquisa quantitativa do ponto de vista da abordagem do problema.

Já em relação aos objetivos, esta pesquisa classifica-se como descritiva e exploratória. Gil (1991) afirma que a pesquisa descritiva descreve as características de determinado fenômeno e o estabelecimento de relações entre variáveis. Por sua vez, o mesmo autor considera que a pesquisa exploratória busca o delineamento de novas abordagens para objetos pouco conhecidos e a compreensão de uma instância específica.

Quanto aos seus procedimentos técnicos este estudo enquadra-se como uma pesquisa empírica correlacional, uma vez que Gil (2002) considera que na pesquisa empírica correlacional o pesquisador não influencia, ou tenta não influenciar, nenhuma variável, mas apenas as mede e procura correlações entre elas.

Este estudo abrange a intersecção entre a Neuropsicologia e a Fisiologia, na interface com o modelo neurovisceral (THAYER e RUIZ-PADIAL, 2006; THAYER e LANE, 2009), considerando a relação da atividade parassimpática com o desempenho de tarefas cognitivas, referindo a possível influência autonômica e cardíaca no córtex pré-frontal e flexibilidade cognitiva.

## **3.2 Participantes**

Participaram desse estudo oito tenistas profissionais do sexo masculino, selecionados de forma não-probabilística, por acessibilidade e intencionalmente. Foram convidados os tenistas profissionais que participaram do Torneio “Correios Brasil Master Cup – 2010”. Os sujeitos foram escolhidos por ser um grupo de referência nacional na modalidade, com significativa expressão mundial.

Barbeta (2006) afirma que existem situações de pesquisa onde o processo de amostragem é conveniente e não-aleatório, especialmente em estudos investigativos e comparativos, onde o objetivo não é a generalidade dos resultados. Coolican (2004) menciona também o fato de que o processo de seleção dos participantes de forma não-aleatória, usualmente dispensa cálculo do “n” amostral.

Os sujeitos possuem idade entre 22 e 33 anos participam de competições internacionais há pelo menos oito anos. Todos eles declararam excelente estado de saúde, com ausência de doenças neurológicas e psiquiátricas diagnosticadas, sem uso de medicamentos psiquiátricos para depressão, ansiedade, anti-hipertensivos e drogas cardiovasculares.

## **3.3 Variáveis de Estudo**

### **3.3.1 Índices da variabilidade da frequência cardíaca**

A Tabela 1 traz os índices da VFC como variáveis de estudo, A média dos intervalos RR, Desvio-padrão da média dos intervalos R-R de todos os batimentos normais consecutivos, Média do número de batimentos/minuto, Representa a raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R normais sucessivos, Representa a dispersão dos pontos perpendiculares à linha de identidade do gráfico de

Poincaré, Representa a dispersão dos pontos ao longo da linha de identidade do gráfico de Poincaré e Dimensão de correlação.

**Tabela 1** – Índices da variabilidade da frequência cardíaca

	Variáveis	Definição
Domínio do tempo	RR	A média dos intervalos RR
	SDNN	Desvio-padrão da média dos intervalos R-R de todos os batimentos normais consecutivos
	HR	Média do número de batimentos/minuto
	rMSSD	Representa a raiz quadrada da média dos quadrados das diferenças entre intervalos R-R normais sucessivos
Método não-linear	SD1	Representa a dispersão dos pontos perpendiculares à linha de identidade do gráfico de Poincaré
	SD2	Representa a dispersão dos pontos ao longo da linha de identidade do gráfico de Poincaré
	D2	Dimensão de correlação

### 3.3.2 Indicadores de desempenho nas tarefas cognitivas

#### 3.3.2.1 Variáveis obtidas na tarefa de Atenção Seletiva

A tabela 2 indica as variáveis na tarefa de Atenção Seletiva, Tempo médio das 15 tentativas corretas (inverso de velocidade), Número total de erros (inverso de acurácia), Desempenho geral no nível calculado a partir de uma fórmula que considera acertos, erros e tempo de resposta, Efeito Stroop que mensura o quanto a palavra interferiu na velocidade de resposta. Dessa forma, é o tempo de resposta do nível incongruente menos o tempo de resposta do nível 1, congruente.

**Tabela 2** – Variáveis obtidas na tarefa de AS

<b>Indicador</b>	<b>Código em relação ao nível em cada tarefa</b>	<b>DEFINIÇÕES</b>
Tempo de resposta	nível 1=TM_1 nível 2=TM_2 nível 3=TM_3	Tempo médio das 15 tentativas corretas em cada nível (inverso de velocidade)
Coefficiente de Variabilidade	nível 1=CV_1 nível 2=CV_2 nível 3=CV_3	Coefficiente de Variação das 15 tentativas corretas em cada nível (inverso de estabilidade)
Número de Erros	nível 1=NE_1 nível 2=NE_2 nível 3=NE_3	Número total de erros em cada nível (inverso de acurácia)
Desempenho Geral	nível 1=AET_1 nível 2=AET_2 nível 3=AET_3	Desempenho geral no nível calculado a partir de uma fórmula que considera acertos, erros e tempo de resposta
Efeito Stroop	nível 2=ES_2 nível 3=ES_3	Mensura o quanto a palavra interferiu na velocidade de resposta. Dessa forma, é o tempo de resposta do nível incongruente menos o tempo de resposta do nível 1, congruente

### 3.3.2.2 Variáveis obtidas na tarefa de Memória de Trabalho

A tabela 3 indica as variáveis obtidas na tarefa de Memória de Trabalho, Tempo médio das 10 tentativas corretas em cada nível (inverso de velocidade), Coeficiente de Variação das 10 tentativas corretas em cada nível (inverso de estabilidade), Número total de erros (inverso de acurácia) e Medida de desempenho geral dada pela razão do número de acertos, erros e tempo médio do nível.

**Tabela 3** – Variáveis obtidas na tarefa de MT

<b>Indicador</b>	<b>Código em relação ao nível em cada tarefa</b>	<b>DEFINIÇÃO</b>
Tempo de resposta	nível 1=TM_1 nível 2=TM_2 nível 3=TM_3	Tempo médio das 10 tentativas corretas em cada nível (inverso de velocidade)
Coefficiente de Variabilidade	nível 1=CV_1 nível 2=CV_2 nível 3=CV_3	Coefficiente de Variação das 10 tentativas corretas em cada nível (inverso de estabilidade)
Número de Erros	nível 1=NE_1 nível 2=NE_2 nível 3=NE_3	Número total de erros em cada nível (inverso de acurácia)
Desempenho Geral	nível 1=AET_1 nível 2=AET_2 nível 3=AET_3	Medida de desempenho geral dada pela razão do número de acertos, erros e tempo médio do nível.

### 3.3.2.3 Variáveis obtidas na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial

A tabela 4 indica as variáveis obtidas na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial, Desempenho geral no nível calculado a partir de uma fórmula que considera acertos, erros e tempo de resposta, Tempo médio das tentativas corretas em cada nível (inverso de velocidade) e Número total de acertos em cada nível.

**Tabela 4** – Variáveis obtidas na tarefa de VE

<b>Indicador</b>	<b>Código em relação ao nível em cada tarefa</b>	<b>DEFINIÇÕES</b>
Desempenho Geral	nível 1=AET_1 nível 2=AET_2 nível 3=AET_3	Desempenho geral no nível calculado a partir de uma fórmula que considera acertos, erros e tempo de resposta
Tempo de resposta	nível 1=TM_1 nível 2=TM_2 nível 3=TM_3	Tempo médio das tentativas corretas em cada nível (inverso de velocidade)
Acurácia	nível 1=NA_1 nível 2=NA_2 nível 3=NA_3	Número total de acertos em cada nível

### 3.4 Instrumentos

#### 3.4.1 Instrumento Computadorizado de Avaliação Cognitiva

O ProA é uma bateria de avaliação cognitiva computadorizada em formato de jogo cuja aplicação é quantificar o desempenho em quatro habilidades cognitivas: 1 – Atenção Seletiva; 2 – Memória de Trabalho; 3 – Habilidade Visuo-Espacial, e; 4 – Habilidade Aritmética (LUFT; TAKASE; GOMES et al 2010). Ao contrário das avaliações cognitivas em formato “lápiz e papel”, o ProA permite maior fidedignidade nos dados obtidos, pois o sistema registra imediatamente a resposta do sujeito, diminuindo delays ou atrasos que podem advir da percepção do aplicador. Outro destaque é a aleatorização dos estímulos, ampliada por ser um sistema computadorizado, permitindo a realização de medidas repetidas sem que o efeito de aprendizagem fique evidente.

O estudo de validação foi realizado com mais de 1200 pessoas. A base normativa é constantemente revista para assegurar a qualidade

psicométrica e a validade do ProA. Seu banco de dados armazena informações coletadas ao longo do tempo e está estruturado para utilizar como referências dados demográficos semelhantes (LUFT; TAKASE; GOMES et al 2010). Ou seja, o desempenho de um jovem de 20 anos não é utilizado como parâmetro em relação ao desempenho de um adulto de 40 anos. Dados de diferentes regiões do Brasil compõem o banco da ProA permitindo, assim, que se use parâmetro com o perfil da população brasileira.

O sistema ProA é composto por 4 partes interligadas, que permitem ao pesquisador o armazenamento e acompanhamento dos dados dos sujeitos: 1) interface de gerenciamento; 2) interface das tarefas cognitivas; 3) banco de dados; 4) interface dos relatórios.

O ProA foi desenvolvido no formato jogo, e apresenta elementos que servem como indicadores instantâneos de desempenho. São feedbacks auditivos e visuais, que oferecem uma consequência para a ação realizada. Tais feedbacks são respostas dadas aos sujeitos de acordo com suas respostas. Os feedbacks visuais são neurônios, que aparecem na tela após as jogadas e variam em função da velocidade de resposta. Existem quatro gradações para esses indicadores: acertou, valeu, bom e excelente. O primeiro nível, “acertou” é apresentado quando o sujeito acerta, mas apresenta demora em emitir a resposta. É simbolizado apenas por um neurônio pequeno e por um feedback sonoro de acerto. Na gradação “valeu”, o neurônio é um pouco maior, e é possível ler essa palavra ao redor da imagem. O mesmo ocorre para “bom” e “excelente”, sendo os respectivos neurônios maiores. Os feedbacks sonoros também variam, aumentando gradativamente seu volume e duração.

Cada função cognitiva foi avaliada por meio de uma tarefa específica em três níveis diferentes com objetivos distintos. O primeiro nível tem o objetivo de permitir que o sujeito treine a atividade, exceto na tarefa de atenção seletiva, que serve como referência da velocidade de resposta sem interferência. O segundo nível é o principal para mensurar a habilidade avaliada naquela tarefa, sendo utilizada como medida de referência para a maioria dos índices de desempenho da bateria de testes. Por fim, o terceiro nível tem como objetivo a análise do quanto a pressão do tempo afetou o desempenho na tarefa.

Outro mecanismo importante, que aproxima os resultados com o a dinâmica do dia-a-dia é a capacidade de mensuração do desempenho sob pressão. O nível 3 de todas as tarefas apresenta um controlador de tempo, que limita a o período de execução do último nível. Para algumas pessoas esse se apresenta como um mecanismo motivador ou

desafiador, em que o resultado apresenta melhores respostas em reação ao nível 2. Para outros, representa um mecanismo de pressão, e em geral o desempenho na tarefa cai.

A pontuação que aparece no painel superior corresponde ao desempenho acumulado. O registro “acertou” não fornece pontos (zero), “valeu” atribui 1 ponto, “bom”, 2 pontos, e “excelente”, 3 pontos. No caso de erros, o sujeito escutará um som característico que permitirá sua identificação, e nada acontecerá com a pontuação. A cada novo nível, a pontuação reinicia do zero, o que permitirá ao sujeito saber se ele realiza mais ou menos pontos em cada nível. Ao lado da pontuação, há um painel indicando o nível que está sendo executado. Verticalmente, à esquerda da tela, existe um termômetro de desempenho. Nele, caem barras coloridas a cada acerto, independente do desempenho. Em todas as tarefas os sujeitos irão utilizar o mouse, obrigatoriamente com a mão dominante.

### **3.4.1.1 Habilidades avaliadas pelo ProA**

#### **3.4.1.1.1 Atenção Seletiva**

A Atenção Seletiva visual é a habilidade avaliada na primeira tarefa da ProA. Uma das tarefas mais utilizadas em pesquisas científicas para analisar a dinâmica do processo atencional foi desenvolvida por John Ridley Stroop, em 1935, e recebe o seu nome. A tarefa originalmente desenvolvida por Stroop serviu de base para a tarefa de atenção seletiva do ProA, que pode ser considerada um Stroop modificado.

Na tarefa de atenção da ProA, uma palavra que nomeia uma cor é apresentada no painel. Essa palavra sempre apresentará a fonte colorida, podendo ser congruente com o nome a que se refere ou não. Ou seja, a palavra Marrom pode aparecer escrita em **Marrom**, ou em qualquer

outra cor. A figura 14 exemplifica a tela de trabalho apresentada ao sujeito na situação em que a cor Marrom está escrita com tinta rosa.

**Figura 13** – Tela para a tarefa Atenção Seletiva



Abaixo dessa palavra, existem dois painéis, paralelos horizontalmente, em que o nome de duas cores são apresentadas, com o mesmo padrão de cor: um dos nomes sempre corresponderá à cor da tinta em que a palavra no painel acima foi escrita. O objetivo dessa tarefa é que o sujeito indique a cor visualizada, que não necessariamente reflete o nome a que a palavra se refere. No exemplo apresentado na figura 10, o sujeito deverá indicar a cor “rosa”, pois essa é a cor da tinta em que a palavra está pintada.

A tarefa de Atenção da ProA é composta por três níveis, com tentativas de aprendizagem que antecedem cada nível. No nível 1, a tarefa apresentará um retângulo colorido e o sujeito deverá clicar na palavra que corresponde ao nome da cor visualizada. Os níveis 2 e 3 apresentam estímulos incongruentes, ou seja, a palavra apresentada não corresponde à cor da fonte. Nesse caso, o sujeito deve identificar a cor da tinta da palavra, e clicar no nome correspondente. A instrução a ser dada para a execução desses níveis aborda a necessidade de identificar-se a cor da tinta da palavra, exposta no painel superior, e associá-la aos nomes indicados no painel inferior.

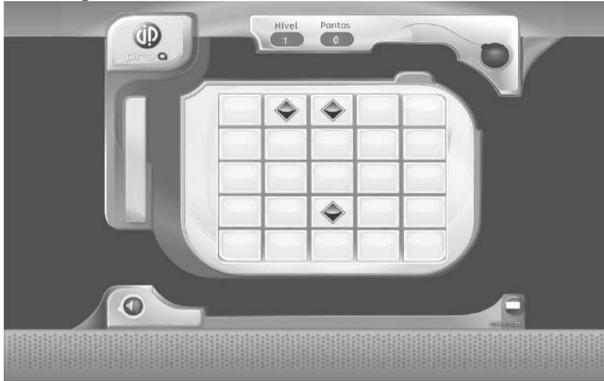
O tutorial dessa tarefa compreende 3 acertos, contabilizados nas tentativas iniciais, já que ele é embutido nos níveis. Enquanto o sujeito não obtiver 3 acertos, o sistema não registra os dados e, conseqüentemente, não avança entre níveis. Além disso, nas três primeiras tentativas o botão com o nome da cor pisca, induzindo o

sujeito a clicar nele. Esse número de acertos foi estipulado como mínimo para assegurar que o sujeito compreendeu a atividade a ser executada. Cada nível requer 15 acertos, além dos 3 de aprendizagem. O nível 3 diferencia-se do nível 2 pela presença de um cronômetro, que delimita o tempo de execução do nível 3 ao período de 60s. A finalidade desse cronômetro é observar o desempenho do sujeito mediante um possível elemento pressionador (tempo limitado). Caso sejam identificados 10 erros em quaisquer níveis, o sistema automaticamente apresentará uma mensagem perguntando se o nível deverá ser reiniciado ou se o sistema deve avançar para a próxima atividade da bateria. Essa medida foi implementada para evitar que o relatório apresente respostas inconsistentes em função de reduzida quantidade de dados. Caberá ao aplicador identificar se o nível deverá ser refeito, se a tarefa precisa ser mais bem explicada ou se o nível de dificuldade do sujeito impossibilita a sua execução

#### **3.4.1.1.2 Memória de Trabalho**

A tarefa de Memória de Trabalho do ProA possibilita a identificação do desempenho do sujeito no domínio da Memória de Trabalho visuo-espacial. A atividade consiste na memorização e resgate da posição de figuras geométricas em um painel quadriculado, com 5 linhas e 5 colunas. Detalhes sobre as figuras não precisam ser armazenados, mas apenas a posição em que esses se encontram no painel.

A figura 15 ilustra a tela de trabalho para essa tarefa. No ProA são utilizadas figuras geométricas iguais em cada etapa de memorização/resgate, minimizando a necessidade de utilizar-se mecanismos que não sejam necessários à localização espacial

**Figura 14** – Tela para a tarefa Memória de Trabalho

O mecanismo da tarefa de Memória de Trabalho do ProA consiste em visualizar um painel com objetos geométricos, disponível por 1,3s e, em seguida, após um evento distrator de 0,7s, indicar suas posições no mesmo painel, porém agora vazio. O evento distrator é a animação de saída e entrada dos painéis. Essa atividade é composta por 3 níveis de jogo, sendo que no início de cada nível são necessários 3 acertos para verificação da aprendizagem (tutorial embutido nos níveis). Já para a progressão entre os níveis, são necessários 10 acertos. O nível 1 é composto por 3 objetos. Já os níveis 2 e 3, por 4 objetos. O nível 3 apresenta um cronômetro que delimita seu tempo de duração a 40s. O objetivo no nível 3 é que o sujeito tente superar o desempenho no nível 2, adicionando-se um fator de pressão. Durante o jogo, na ocorrência de 10 erros a cada nível, aparecerá uma mensagem acerca da possibilidade de reiniciar o nível ou avançar de atividade.

#### **3.4.1.1.3 Habilidade Visuo-Espacial**

A Habilidade Visuo-Espacial ou cognição espacial envolve uma gama de processos relacionados com as imagens mentais, que variam

desde a habilidade navegacional até a manipulação mental de objetos visuais complexos.

A terceira tarefa do ProA, ilustrada pela figura 16, seguirá as diretrizes metodológicas do paradigma Shepard e Metzler (1971) (apud ProA, 2010), em que as figuras são apresentadas pareadas para identificação da similaridade. Por meio da observação das duas imagens, paralelamente dispostas em um painel, o sujeito deverá indicar se ambas são a mesma figura rotacionada, ou não. Abaixo desse painel, haverá dois botões de “sim” e “não”. Ao identificar a congruência, o sujeito deverá clicar no botão “sim”, com o mouse; ao identificar a diferença, o sujeito deverá clicar “não”.

**Figura 15** – Tela para a tarefa Habilidade Visuo-Espacial



Diferentemente da versão “lápiz e papel” de Shepard e Metzler, a versão computadorizada do ProA minimiza a possibilidade de diferença no tempo de resposta em função de maior ou menor habilidade motora, pois ambas as respostas são emitidas utilizando-se o mesmo instrumento (mouse) com a mesma mão. No ProA, essa tarefa é composta por 3 níveis, além do tutorial, que variam de dificuldade em função das angulações da imagens apresentadas.

No tutorial dessa tarefa, serão apresentadas tanto figuras sem rotação (exatamente na mesma posição) ou com rotação de 45°. Para certificação de que a tarefa de rotação mental foi compreendida, serão necessários 2 acertos na identificação das peças para que o sujeito avance do tutorial para o nível 1. São considerados acertos as respostas cujas identificações de congruência ou incongruência estejam corretas, emitidas entre 200ms e 4000ms.

Diferentemente do tutorial e das outras tarefas do ProA descritas até ao momento, não será exigida quantidade mínima de acertos para progressão entre níveis. No nível 1, serão apresentados 12 conjuntos de imagens, sendo que uma delas estará rotacionada em relação à outra, dentro dos seguintes graus:  $45^\circ$  a  $90^\circ$  e  $275^\circ$  a  $315^\circ$ . Serão mensuradas as quantidades de acertos, de erros e o tempo de respostas para cada conjunto, e o sujeito avançará para o nível 2 independente do número total de erros ou acertos cometidos. Porém, se forem identificados 4 erros consecutivos, será considerada a possibilidade de a pessoa não ter compreendido a tarefa e a mensagem para reiniciar o nível ou avançar para a próxima tarefa será apresentada. Nos níveis 2 e 3, as imagens poderão ter o ângulo de rotação de  $135^\circ$ , para direita ou esquerda, ou ainda  $180^\circ$ . O nível 3 diferencia-se pela presença do cronômetro, que delimita o tempo da tarefa ao período de 80s.

### **3.4.2 Cardiófrecüencímetro Polar® modelo RS810**

O cardiófrecüencímetro Polar®, modelo RS810 é um monitor de frequências cardíacas sensível à atividade elétrica do coração, que registra, de forma geral, o sinal de maior amplitude o pico R, a frequência cardíaca e variabilidade da frequência cardíaca (VFC), promovendo a mensuração do sistema autônomo (atividade simpática e parassimpática do sistema nervoso autônomo). Pode ser utilizado de forma linear (domínio de tempo, domínio de frequência), não-linear (princípio do caos), e em intervalo R-R (Vanderlei, et al, 2008). O equipamento compõe-se de uma cinta torácica elástica, que funciona como uma unidade transmissora dos sinais emitidos pela frequência cardíaca, e o monitor de pulso similar a um relógio, que recebe e armazena os sinais enviados pela cinta.

O trabalho de Vanderlei, et al (2008), utilizou equipamentos similares da marca Polar para coletar dados da VFC e comparar aos resultados do eletrocardiograma LYNX (modelo Bio EMG 100). O estudo mostrou que, em repouso e durante atividade física, os resultados

do intervalo R-R da VFC obtidos pelo monitor de frequência cardíaca não mostraram diferença significativa quando comparados aos índices da VFC obtidos pelo eletrocardiograma LYNX (modelo Bio EMG 100). Os resultados demonstraram satisfatória correlação entre ambos os equipamentos. Outros estudos similares, (KINGSLEY; LEWIS; MARSON, 2005; GAMELIN et al, 2006) validaram a utilização do monitor de frequência cardíaca da marca Polar mostrando compatibilidade entre este instrumento com o electrocardiograma (ECG) (Physiotrace, Estaris, Lille, France). Aguiar, et al (2005) também utilizaram freqüencímetro Polar para o registro dos intervalos R-R de seus participantes.

Para o monitoramento da variabilidade da frequência cardíaca antes e durante o teste cognitivo, será utilizado um (01) monitor da marca Polar® modelo RS810, que registrará os dados em tempo real, on-line por meio da cinta torácica. A figura 17 abaixo mostra o monitor de pulso e a cinta torácica do Polar® RS810 que será utilizado:

**Figura 16** – Monitor de frequência cardíaca



### 3.4.3 Computador portátil

Um computador portátil da marca Toshiba foi utilizado para a realização da bateria de teste cognitivo. Ele foi conectado à internet para acesso ao sistema ProA.

### 3.4.4 Softwares para análise da VFC

Todos os dados obtidos pelo monitor da FC foram transferidos para um microcomputador portátil utilizando-se uma interface infrared da Polar. Eles foram armazenados no software Polar ProTrainer 5<sup>®</sup>, inspecionados para a remoção de artefatos e em seguida transportados e processados pelo software Kubios HRV (BSAMIG) versão 2.0. O Kubios HRV Analyses é um software desenvolvido para analisar, por meio de diferentes cálculos matemáticos, os dados gerados por monitores de frequência cardíaca da marca Polar (Niskanen, et al 2002).

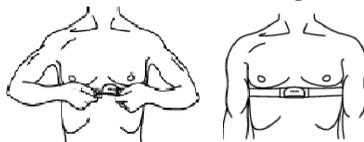
### 3.5 Procedimentos para a coleta de dados

A coleta de dados foi desenvolvida no período entre as 9h e 13h. O ambiente estava bem iluminado, silencioso e com temperatura entre 22°C e 23°C durante todo o período de coleta das informações.

(1) **Confirmação de participação:** Durante o contato inicial os sujeitos receberam esclarecimentos sobre os objetivos e a metodologia do estudo, confirmando ou não sua participação. Diante de sua confirmação, o sujeito assinou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido aprovado previamente junto ao Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina, que autorizou o emprego das metodologias e a publicação dos resultados.

(2) **Coleta de dados – Parte I:** Após agendamento o sujeito e o pesquisador responsável pelas coletas se encontraram em local e hora combinado. Os sujeitos receberam orientações gerais sobre todos os procedimentos e receberam a cinta para colocá-la no tórax conforme ilustra a figura 18.

**Figura 17** – Colocação da cinta do monitor de frequência cardíaca



Em seguida, o sujeito sentou confortavelmente na cadeira diante do computador que iria utilizar para realizar as tarefas do ProA, sendo orientado a não se movimentar, não conversar, não realizar respirações profundas, mantendo sua respiração natural e com os olhos fechados. Em seguida o pesquisador acionou o registro da frequência cardíaca no relógio do monitor e durante 5 (cinco) minutos a frequência cardíaca foi registrada a fim de obter os índices da VFC na condição em repouso pré-teste. Os valores dos índices da VFC nessa condição foram considerados como valores da Linha de Base (LB) da VFC.

(3) **Coleta dos dados – Parte II:** Ao final dos cinco minutos, o sujeito permaneceu com a cinta torácica, na posição sentada, para o registro da VFC durante a execução do ProA. O pesquisador revisou as instruções sobre os funcionamento do ProA. O sujeito colocou os fones de ouvido, ajustando o volume de acordo com a sua preferência. Durante todo o tempo de realização do ProA, o pesquisador permaneceu na sala, sentado, fora do campo visual do sujeito. Ao sinal do sujeito, indicando que estava ciente de todos os procedimentos e pronto para iniciar o teste, o pesquisador deu início ao ProA ao mesmo tempo que iniciou o registro da VFC no monitor de FC. Esse registro ocorreu durante toda a realização do teste cognitivo. Ao final e no início de cada nível em cada tarefa, o sujeito pressionou o botão “LAP” do relógio para registrar o momento em que finalizou um nível e começou outro. A figura 19 mostra a posição do sujeito durante o período de coleta da Pré-VFC e da realização das tarefas do ProA.

**Figura 18** – Posição do sujeito durante a coleta de dados



## **3.6 Análise dos dados**

### **3.6.1 Procedimentos para a análise de dados**

Os registros realizados pelo monitor de frequência cardíaca, de cada participante, foram transferidos via infravermelho para o computador portátil e acessados por meio do software Polar Precision Performance. Os artefatos encontrados no registro da VFC foram analisados visualmente e eliminados por pelo programa, na opção correção de erros. Em seguida os dados de cada sujeito foram exportados individualmente em formato TXT para o Kubios HRV Analysis Software, que realizou a análise dos indicadores da VFC de cada indivíduo. Foram utilizados e analisados nesse trabalho os indicadores: RR, SDNN, rMSSD, SD1, SD2 e o D2. Outros indicadores gerados e analisados pelo Kubios HRV não foram utilizados neste trabalho.

O resultado do desempenho de cada participante no instrumento computadorizado ProA, foi lançado para o banco de dados do próprio teste, e extraídos para uma planilha do Excel.

### **3.6.2 Tratamento estatístico**

A tabulação e organização de todos os dados foi feita em uma planilha do Excel. Após inspeção dos dados, estas informações foram transferidas para o software estatístico SPSS (*Statistical Package for Social Sciences*) versão 15.0.

Em seguida, foi feita nova conferência visual dos dados e aplicado a estatística descritiva, por meio de medidas de tendência central (média e mediana) e variabilidade (desvio-padrão). Os resultados foram inspecionados visualmente novamente, mas agora por meio da análise das tabelas, histogramas e gráficos de caixa gerados pelo SPSS a fim de encontrar inconsistências nos dados e valores discrepantes.

A normalidade dos dados foi analisada por meio dos valores de assimetria e kurtose, bem como pelo teste de Shapiro-Wilk. Em virtude da não-normalidade dos dados, foi utilizada a estatística não-paramétrica para os testes de hipóteses. Para analisar a correlação entre as variáveis da VFC com os índices de desempenho cognitivo, utilizou-se a correlação de Spearman. Para verificar a diferença entre grupos foi aplicado o teste U de Mann-Whitney, e para verificar a diferença entre variáveis pareadas foi aplicado o teste de Wilcoxon.

O nível de significância estatística foi fixado em  $p < 0,05$ .

### **3.7 ASPECTOS ÉTICOS**

Esta pesquisa foi desenvolvida com base em parâmetros éticos, de acordo com a resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde, que exige a anuência por escrito dos participantes do estudo, mediante explicação completa e pormenorizada da natureza da pesquisa e dos possíveis incômodos ou benefícios que podem ocorrer em decorrência da mesma.

De tal modo, todos os participantes foram esclarecidos dos objetivos da pesquisa, do seu caráter voluntário e não-invasivo. Após a leitura do termo livre e esclarecido de consentimento (Apêndices), e por estar de acordo com seu conteúdo, cada sujeito assinou o documento.

## 4 RESULTADOS

Os resultados obtidos nesse trabalho são apresentados em quatro partes. Na primeira a amostra é caracterizada. Na segunda parte são descritos os resultados da bateria de testes cognitivos sob dois aspectos: 1 – o desempenho dos sujeitos em relação à população de mesma idade e inter-sujeitos, com descrição das tendências cognitivas (velocidade, acurácia e estabilidade); e, 2 – o desempenho cognitivo intra-sujeito e inter-sujeitos quando submetidos à pressão. Na terceira parte são informados os dados referentes à VFC obtidos LB, antes do teste cognitivo, e os dados da VFC durante o teste cognitivo. Por fim as informações sobre o desempenho cognitivo e a VFC são correlacionadas a fim de explorar os dados de forma conclusiva.

### 4.1 Caracterização da amostra

Os sujeitos dessa investigação são tenistas profissionais que participam de competições oficiais no âmbito nacional e internacional. Foram convidados os oito tenistas profissionais que participaram do Torneio “Correios Brasil Master Cup – 2010”. O desempenho competitivo desses sujeitos no ano de 2010 foi mais expressivos em relação aos demais tenistas profissionais brasileiros e por isso foram selecionados a participarem do evento mencionado.

Todos os participantes alegaram gozar de ótimas condições de saúde, informando ainda que não fazem uso de medicamentos contra patologias psiquiátricas, neurológicas ou cardiovasculares. De forma semelhante, todos os participantes relataram que fazem uso do computador diariamente, sobretudo para acessar email, sites de interesse pessoal e jogos. Dois sujeitos (25% da amostra) possuem o lado esquerdo como dominância manual.

A idade média dos sujeitos é de 26,8 anos ( $dp=3,4$ ), variando de 22 a 33 anos. A idade média de início da prática do tênis é 5,4 de anos ( $dp=0,5$ ), sendo que a idade média de início em eventos de competição é 9,5 ( $dp=1,4$ ). Considerando a idade no período de coleta e a idade de início em eventos competitivos, o tempo de experiência em competições é de 17,3 anos ( $dp=4,2$ ).

A Tabela 5 descreve os valores referentes a idade no período de coleta (ID), a idade de início de prática do tênis (IPT), a idade de participação em eventos competitivos (IPC) e o tempo de experiência em competições (TEC).

**Tabela 5** – Caracterização da amostra

Sujeitos	ID	IPT	IPC	TEC
1	33	5	8	25
2	24	6	11	13
3	28	5	8	20
4	25	5	9	16
5	26	5	12	14
6	29	6	9	20
7	22	5	9	13
8	27	6	10	17
Média	26,8	5,4	9,5	17,3
DP	3,4	0,5	1,4	4,2
Mediana	26,5	5	9	16,5
Menor	22	5	8	13
Maior	33	6	12	25

**Legenda** – ID= idade atual; IPT= idade de início de prática do tênis; IPC= idade de participação em eventos competitivos; TEC= tempo de experiência em competições

O nível de escolaridade foi considerado em função do maior grau obtido pelo sujeito, referenciando-o como grau incompleto ou completo. Do total de 8 sujeitos, três informaram que possuem o segundo grau incompleto. Os outros cinco sujeitos informaram que possuem o segundo grau completo. A Tabela 6 indica o nível de escolaridade dos sujeitos.

**Tabela 6** – Grau de escolaridade dos sujeitos

Sujeitos	Grau de escolaridade
1	Ensino médio incompleto
2	Ensino médio incompleto
3	Ensino médio completo
4	Ensino médio completo
5	Ensino médio completo
6	Ensino médio completo
7	Ensino médio incompleto
8	Ensino médio completo

Em relação a carreira de tenista profissional a idade de participação no primeiro torneio dessa categoria é de 16,1 anos ( $dp=0,6$ ). O tempo médio de dedicação exclusiva em torneios profissionais é de 8,8 anos ( $dp=3,4$ ) com variação de 4 a 15 anos.

A Tabela 7 descreve os valores referentes a idade de participação no primeiro torneio profissional (IPTP) e o tempo de dedicação exclusiva a torneios profissionais (TJP).

**Tabela 7** – Tempo de dedicação exclusiva a torneios profissionais

Sujeitos	IPTP	TJP
1	16	15
2	16	6
3	17	10
4	17	7
5	16	8
6	16	11
7	15	4
8	16	9
Média	16,1	8,8
DP	0,6	3,4
Mediana	16	8,5
Menor	15	4
Maior	17	15

**Legenda** – IPT= idade de participação no primeiro torneio profissional; TJP= tempo de dedicação exclusiva a torneios profissionais

A Tabela 8 apresenta o melhor ranking de simples e dupla (ATP) obtido por cada sujeito ao longo de sua carreira de tenista profissional.

**Tabela 8** – Melhor ranking de simples e dupla na carreira profissional

Sujeitos	MrkIS	MrkID
1	55	17
2	182	165
3	88	151
4	149	148
5	136	53
6	50	118
7	21	115
8	273	18

**Legenda** – MrkIS= melhor ranking internacional de simples na carreira profissional; MrkID= melhor ranking internacional de dupla na carreira profissional;

Com exceção do **sujeito 8**, todos os sujeitos já estiveram classificados entre os 200 melhores jogadores profissionais de simples do mundo, sendo que quatro deles já configuraram entre os 100 melhores e três dos 8 sujeitos já estiveram entre os 50 melhores jogadores de simples do mundo. Em relação ao ranking de duplas os sujeitos também apresentam boa classificação. Todos eles já estiveram entre os 200 melhores jogadores profissionais nos torneios de dupla com dois deles entre os 20 melhores duplistas internacionais. Importante salientar que o **sujeito 8** que apresentou o menor ranking de simples (273 da ATP), já obteve ranking de número 18 da ATP na classificação de dupla. Este ranking é a segunda melhor posição entre os sujeitos, figurando-se apenas uma posição atrás do melhor classificado que é o sujeito 1 (17 da ATP). Os rankings de duplas do **sujeito 1 e 8** sugerem grande especialização nesse tipo de jogo, que possui diferentes exigências em relação ao jogo de simples. Os rankings apresentados asseguram que este grupo possui significativo destaque no cenário nacional e internacional da modalidade.

## **4.2 Resultados da avaliação cognitiva**

Em função da quantidade de dados obtidos na realização da bateria de teste cognitivo do ProA os resultados apresentados nesta sessão expressam as informações mais pertinentes às inferências a serem realizadas por este estudo.

### **4.2.1 Análise do Desempenho Cognitivo**

Para analisar o Desempenho Cognitivo Geral (DG) dos sujeitos na bateria de testes são apresentadas as informações geradas pelo sistema on-line do ProA. Este sistema utiliza o Escore-Z para comparar o desempenho do sujeito em relação à população de sua mesma faixa etária. O Escore-Z indica quantos desvios padrões o sujeito está acima

ou abaixo da média estimada para a sua faixa-etária. Valores entre -1 e +1 são considerados normais, enquanto valores abaixo de -1 requerem atenção especial e acima de +1 indica que o sujeito apresenta alto desempenho na habilidade avaliada. Valores abaixo de -2 indicam desvio significativo com a habilidade em questão e acima de +2 deve ser considerado com expressivo desempenho na habilidade.

Para a construção dos índices do Escore-Z, o sistema ProA utiliza os indicadores de Desempenho Geral chamados AETs. Estes indicadores apresentam uma síntese sobre o desempenho global dos sujeitos na bateria de testes cognitivos tomando como referência o nível 2 de cada tarefa. O nível 1 é um período de familiarização e aprendizagem da tarefa e o nível 3 é uma forma de desafio, cujo desempenho é influenciado por outras variáveis além da tarefa em si, desse modo, os resultados no nível 2 relacionam-se com o desempenho do sujeito na função cognitiva testada.

O valor de cada AET é obtido a partir de uma equação que considera:

1. Nas tarefas de Atenção e Memória de Trabalho: acurácia (acertos/erros) e a velocidade (tempo de resposta);
2. Na tarefa Visuo-Espacial: número de acertos e a velocidade de resposta;

Esses indicadores apresentam, na base normativa de validação do ProA, distribuição normal do ponto de vista estatístico e, por essa razão, podem ser apresentados por meio de escores-z.

A Tabela 9 apresenta os valores do Escore-Z do indicador de Desempenho Geral em cada nível da tarefa de Atenção Seletiva.

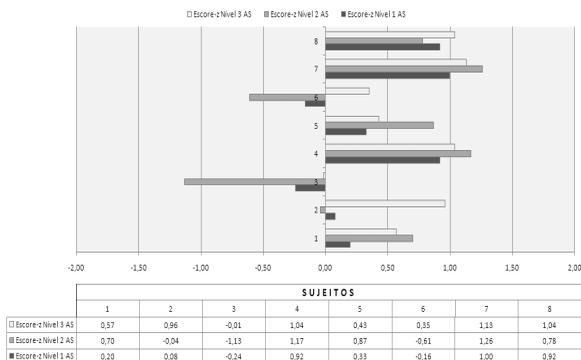
**Tabela 9** – Escore-Z dos indicadores de DG da tarefa de AS

Sujeitos	ESCORE-Z		
	N.1 AS	N.2 AS	N.3 AS
1	0,20	0,70	0,57
2	0,08	-0,04	0,96
3	-0,24	-1,13	-0,13
4	0,92	1,17	1,04
5	0,33	0,87	0,43
6	-0,16	-0,61	0,35
7	1,00	1,26	1,13
8	0,92	0,78	1,04

**Legenda** – N.1 AS= Desempenho Geral nível 1 na tarefa de Atenção Seletiva; N.2 AS= Desempenho Geral nível 2 na tarefa de Atenção Seletiva; N.3 AS= Desempenho Geral nível 3 na tarefa de Atenção Seletiva.

O Gráfico 1 ilustra o Escore-Z do indicador de Desempenho Geral dos sujeitos em cada nível da tarefa de Atenção Seletiva.

**Gráfico 1** – Escore-Z do DG de cada sujeito em relação à média da população de mesma faixa etária nos três níveis da tarefa de AS

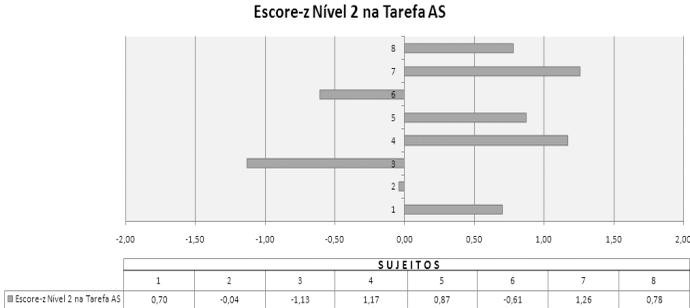


O **sujeito 1** obteve resultados acima da média e dentro do esperado em todos os níveis da tarefa. O **sujeito 2** obteve resultados dentro do esperado para sua idade nos três níveis, com desempenho abaixo da média no nível 2. O **sujeito 3** apresentou desempenho abaixo da média para a sua faixa etária nos três níveis da tarefa de Atenção Seletiva, com índice muito abaixo do esperado no nível 2. O **sujeito 4** alcançou desempenho acima da média em todos os níveis da tarefa com resultado acima do esperado nos níveis 2 e 3. O **sujeito 5** obteve resultados acima da média e dentro do esperado em todos os níveis da tarefa. O **sujeito 6** apresentou desempenho dentro do esperado para sua idade nos três níveis, mas abaixo da média nos níveis 1 e 2. O **sujeito 7** alcançou desempenho acima da média e acima do esperado em todos os níveis da tarefa. O **sujeito 8** obteve desempenho acima da média nos três níveis com resultado acima do esperado no nível 3.

O nível 2 é responsável por medir a eficiência do sujeito na tarefa em questão. Desse modo, o

Gráfico 2 ilustra o Escore-Z do desempenho geral dos sujeitos apenas no nível 2 da tarefa de Atenção Seletiva em relação à média da população de mesma idade.

**Gráfico 2** – Escore-Z do DG de cada sujeito em relação à média da população de mesma faixa etária no nível 2 da tarefa de AS



A Tabela 10 apresenta uma síntese da análise dos índices obtidos pelos sujeitos e representados no Gráfico 2.

**Tabela 10** – Análise do DG na tarefa AS

SUJEITOS	Em relação à média	Classificação
1	Acima	Dentro do esperado
2	Abaixo	Dentro do esperado
3	Abaixo	Abaixo do esperado
4	Acima	Acima do esperado
5	Acima	Dentro do esperado
6	Abaixo	Dentro do esperado
7	Acima	Acima do esperado
8	Acima	Dentro do esperado

Os **sujeitos 2 e 6** obtiveram Escore-Z abaixo da média nessa tarefa, mas os valores encontram-se dentro do esperado para sua faixa etária. O **sujeito 3** obteve Escore-Z abaixo da média e também abaixo do esperado para a sua idade. Os **sujeitos 4 e 7** estão acima da média e acima do esperado para a população de mesma idade demonstrando significativo desempenho na tarefa de Atenção Seletiva. Os **sujeitos 1, 5 e 8** encontram-se classificados acima da média e dentro do esperado quando comparados à população de mesma faixa etária.

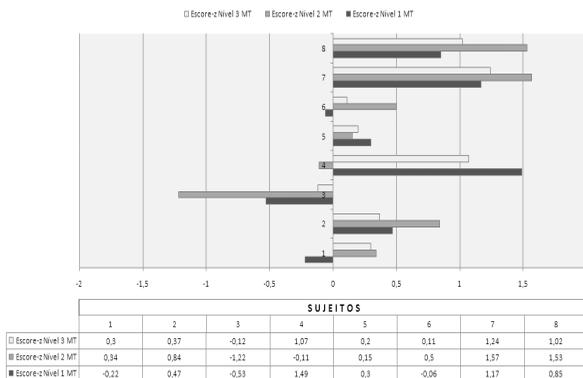
A Tabela 11 apresenta os valores do Escore-Z do indicador de Desempenho Geral em cada nível da tarefa de Memória de Trabalho.

**Tabela 11** – Escore-Z dos indicadores de DG da tarefa MT

<b>ESCORE-Z</b>			
Sujeitos	N.1 MT	N.2 MT	N.3 MT
1	-0,22	0,34	0,30
2	0,47	0,84	0,37
3	-0,53	-1,22	-,120
4	1,49	-0,11	1,07
5	0,30	0,15	0,20
6	-0,06	0,50	0,11
7	1,17	1,57	1,24
8	0,85	1,53	1,02

Legenda – **N.1 MT**= desempenho geral nível 1 na tarefa de Memória de Trabalho; **N. 2 MT**= desempenho geral nível 2 na tarefa de Memória de Trabalho; **N.3 MT**= desempenho geral nível 3 na tarefa de Memória de Trabalho.

O Gráfico 3 ilustra o Escore-Z do indicador de Desempenho Geral dos sujeitos em cada nível da tarefa de Memória de Trabalho.

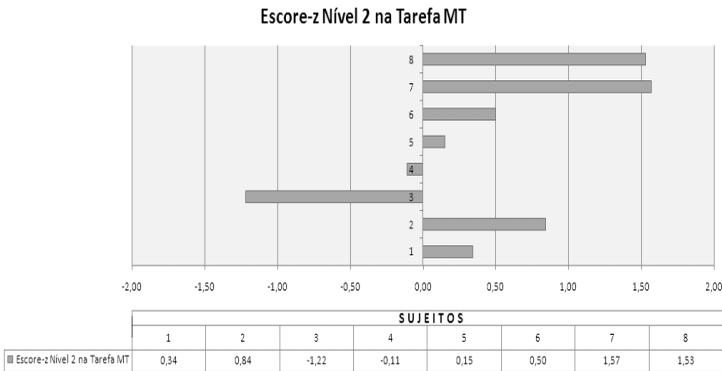
**Gráfico 3** – Escore-Z do DG de cada sujeito em relação à média da população de mesma faixa etária nos três níveis da tarefa MT

O **sujeito 1** obteve resultados dentro do esperado para sua faixa etária, mas abaixo da média no nível 1. O **sujeito 2** obteve desempenho acima da média e dentro do esperado para sua idade nos três níveis da tarefa de Memória de Trabalho. O **sujeito 3** apresentou desempenho abaixo da média nos três níveis com índice abaixo do esperado no nível 2. O **sujeito 4** alcançou desempenho acima da média e acima do esperado nos níveis 1 e 3, enquanto no nível 2 seu resultado abaixo da média e dentro do esperado. O **sujeito 5** obteve resultados acima da média e dentro do esperado em todos os níveis da tarefa. O **sujeito 6**

apresentou desempenho dentro do esperado para sua idade nos três níveis, com resultados acima da média nos níveis 2 e 3, e abaixo da média no nível 1. O **sujeito 7** alcançou desempenho acima da média e acima do esperado em todos os níveis da tarefa. O **sujeito 8** obteve desempenho acima da média nos três níveis com resultado acima do esperado nos níveis 2 e 3.

O Gráfico 4 ilustra o Escore-Z do Desempenho Geral dos sujeitos no nível 2 da tarefa de Memória de Trabalho.

**Gráfico 4** – Escore-Z do DG de cada sujeito em relação à média da população de mesma faixa etária no nível 2 da tarefa MT



A Tabela 12 apresenta uma síntese da análise dos índices apresentados no Gráfico 4.

**Tabela 12** – Análise do DG na tarefa MT

SUJEITOS	Em relação à média	Classificação
1	Acima	Dentro do esperado
2	Acima	Dentro do esperado
3	Abaixo	Abaixo do esperado
4	Abaixo	Dentro do esperado
5	Acima	Dentro do esperado
6	Acima	Dentro do esperado
7	Acima	Acima do esperado
8	Acima	Acima do esperado

O **sujeito 3** obteve desempenho abaixo da média e abaixo do esperado para sua faixa etária nessa tarefa. Os **sujeitos 7 e 8** estão acima da média e acima do esperado para a população de mesma idade demonstrando significativo desempenho na tarefa de Memória de

Trabalho. O **sujeito 4** está abaixo da média, mas dentro do esperado, enquanto os **sujeitos 1, 2, 5 e 6** encontram-se classificados acima da média e dentro do esperado.

A Tabela 13 apresenta os valores do Escore-Z do indicador de Desempenho Geral (**DG**) em cada nível da tarefa de Habilidade Visuo-Espacial.

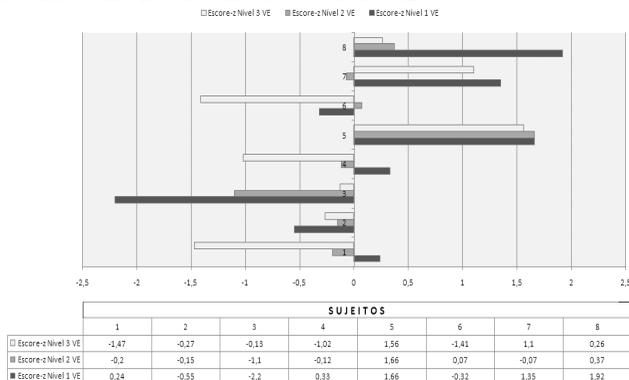
**Tabela 13** – Escore-Z dos indicadores de DG da tarefa VE

Sujeitos	ESCORE-Z		
	n.1 VE	n.2 VE	n.3 VE
1	0,24	-0,20	-1,47
2	-0,55	-0,15	-0,27
3	-2,20	-1,10	-0,13
4	0,33	-0,12	-1,02
5	1,66	1,66	1,56
6	-0,32	0,07	-1,41
7	1,35	-0,07	1,10
8	1,92	0,37	0,26

Legenda – **n.1 VE**= desempenho geral nível 1 na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial; **n.2 VE**= desempenho geral nível 2 na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial; **n.3 VE**= desempenho geral nível 3 na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial.

O gráfico 5 ilustra o Escore-Z do indicador de Desempenho Geral dos sujeitos em cada nível da tarefa de Habilidade Visuo-Espacial.

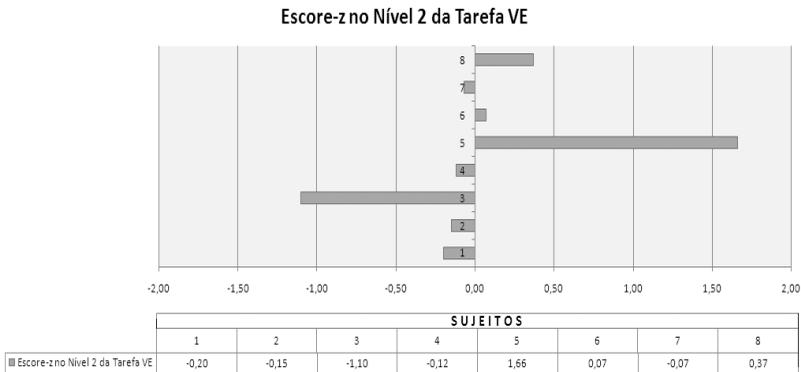
**Gráfico 5** – Escore-Z do DG de cada sujeito em relação à média da população de mesma faixa etária nos três níveis da tarefa VE



O **sujeito 1** obteve nos níveis 1 e 2 desempenho dentro do esperado, sendo abaixo da média no nível 2 e acima da média no nível 1. Seu resultado no nível 3 foi abaixo da média e abaixo do esperado para sua faixa etária. O **sujeito 2** obteve desempenho abaixo da média e dentro do esperado para sua idade nos três níveis da tarefa de Habilidade Visuo-Espacial. O **sujeito 3** apresentou desempenho abaixo da média nos três níveis com índice muito abaixo do esperado no nível 1, abaixo do esperado no nível 2 e dentro do esperado no nível 3. O **sujeito 4** alcançou desempenho acima da média e dentro do esperado no nível 1, abaixo da média e dentro do esperado no nível 2, mas abaixo da média e muito abaixo do esperado no nível 3. O **sujeito 5** obteve resultados acima da média e muito acima do esperado em todos os níveis da tarefa de Habilidade Visuo-Espacial. O **sujeito 6** apresentou desempenho dentro do esperado para sua idade nos níveis 1 e 2, com resultados abaixo da média no nível 1 e acima da média no nível 2. Seu desempenho no nível 3 foi abaixo da média e muito abaixo do esperado. O **sujeito 7** alcançou desempenho abaixo da média e dentro do esperado no nível 2, mas acima da média e muito acima do esperado nos níveis 1 e 3. O **sujeito 8** obteve desempenho acima da média nos três níveis com resultado muito acima do esperado no nível 1 e dentro do esperado nos níveis 2 e 3.

O Gráfico 6 ilustra o Desempenho Geral dos sujeitos na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial de acordo com a idade de cada sujeito, considerando o índice obtido no nível 2.

**Gráfico 6** – Escore-Z do DG de cada sujeito em relação à média da população de mesma faixa etária no nível 2 da tarefa de VE



A tabela 14 apresenta uma síntese da análise dos índices apresentados no Gráfico 6.

**Tabela 14** – Análise do DG na tarefa VE

SUJEITOS	Em relação à média	Classificação
1	Abaixo	Dentro do esperado
2	Abaixo	Dentro do esperado
3	Abaixo	Abaixo do esperado
4	Abaixo	Dentro do esperado
5	Acima	Muito acima do esperado
6	Acima	Dentro do esperado
7	Abaixo	Dentro do esperado
8	Acima	Dentro do esperado

Os **sujeitos 1, 2, 4, e 7** obtiveram desempenho abaixo da média e dentro do esperado em relação à população de mesma faixa etária no na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial. O **sujeito 3** alcançou desempenho abaixo da média e abaixo do esperado para sua idade. Os **sujeitos 6 e 8** estão acima da média, mas dentro do esperado. O **sujeito 5** foi classificado com o desempenho acima da média e muito acima do esperado para a sua idade.

A Tabela 15 faz uma análise do Desempenho Geral da amostra considerando sua classificação em relação à média.

**Tabela 15** – Síntese do DG da amostra nas três tarefas cognitivas

	Em relação à média			
	Acima	%	Abaixo	%
Atenção Seletiva	5	62,5	3	37,5
Memória de Trabalho	6	75,0	2	25,0
Habilidade Visuo-Espacial	3	37,5	5	62,5

A Tabela 16 faz uma análise do Desempenho Geral da amostra considerando sua classificação em relação ao número de desvio-padrão.

**Tabela 16** – Síntese do DG da amostra

	Em relação ao Esperado				
	Muito abaixo	Abaixo	Dentro	Acima	Muito acima
Atenção Seletiva	0	1*	5	2	0
Memória de Trabalho	0	1*	5	2	0
Habilidade Visuo-Espacial	0	1*	6	0	1
Frequência absoluta	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>16</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
Frequência relativa (%)	<b>0</b>	<b>12,50</b>	<b>66,67</b>	<b>16,67</b>	<b>4,16</b>

A Tabela 17 faz uma análise do Desempenho Geral da amostra relacionando seu comportamento em relação à média e ao desvio-padrão.

**Tabela 17** – Síntese do DG da amostra

	Em relação ao Esperado					f <sub>i</sub>	f <sub>r</sub> %
	Muito abaixo	Abaixo	Dentro	Acima	Muito acima		
Acima da média	0	0	9	4	1	<b>14</b>	<b>58,3</b>
Abaixo da média	0	3*	7	0	0	<b>10</b>	<b>41,7</b>

Considerando os resultados do nível 2 de cada tarefa como sendo a habilidade do sujeito naquela função cognitiva o resultado do Escore-Z do Desempenho Geral indica que apenas o **sujeito 3** apresentou todos os seus resultados em relação à população de mesma faixa etária abaixo da média e abaixo do esperado. No entanto, quando se compara o seu desempenho do nível 2 com o nível 3, ele apresenta melhora significativa em seu rendimento em todas as tarefas. Uma possibilidade para explicar esse comportamento seria que esse sujeito possui baixo nível de ativação cortical (arousal), contudo, quando submetido à pressão ele consegue ativar-se e desempenhar-se melhor na tarefa.

#### 4.2.2 Tendências Cognitivas Gerais

Uma tendência cognitiva significa a forma como o sujeito tende a responder a tarefa. No ProA para verificar as tendências cognitivas

gerais são utilizadas as variáveis velocidade, acurácia e estabilidade nas tarefas de Atenção Seletiva e Memória de Trabalho.

A velocidade indica uma média de quão rápida são as respostas do sujeito. Essa variável é obtida a partir da média dos tempos de resposta do nível 2 nas tarefas de Atenção Seletiva e Memória de Trabalho, sendo que o valor resultante utilizado na tabela é baseado no Escore-Z dessa média.

A acurácia indica o quão corretas foram as respostas. Essa variável é constituída pela soma dos erros na tarefa de Atenção Seletiva e Memória de Trabalho do nível 2. Dessa forma, quanto maior o número de erros menor a acurácia. Ter uma acurácia abaixo da média indica que o sujeito errou bastante nas tarefas. Para classificar o desempenho do sujeito quanto a sua acurácia foram utilizados, como referência, para os pontos de corte, os percentis:

- <5% de acerto = prejudicado
- 5% – 25% de acerto = abaixo do esperado
- 25% – 75% de acerto = normal
- 75% – 95% de acerto = acima do esperado
- >95% de acerto = muito acima do esperado

A estabilidade indica o quanto variou a velocidade de resposta entre as tentativas. A estabilidade é dada pela média do coeficiente de variação no nível 2 das tarefas de Atenção Seletiva e Memória de Trabalho. A referência na tabela é o Escore-Z calculado com a média do coeficiente de variação. Em relação à estabilidade, quando a classificação é “abaixo do esperado” ou “prejudicado” significa que o sujeito apresentou velocidades de respostas sem nenhum padrão, com muita variação ao longo da realização da tarefa, apresentando momentos com respostas rápidas e momentos com respostas lentas. A tabela 18 apresenta a análise quanto as tendências cognitivas da amostra.

**Tabela 18** – Análise das tendências cognitivas da amostra

	Muito Abaixo do esperado	Abaixo do esperado	Normal	Acima do esperado	Muito acima do esperado
VELOCIDADE	0	0	7 (87,5%)	1 (12,5%)	0
ACURÁRIA	0	2 (25,0%)	2 (25,0%)	3 (37,5%)	1 (12,5%)
ESTABILIDADE	0	0	7 (87,5%)	1 (12,5%)	0
<b>f<sub>i</sub></b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>5</b>	<b>1</b>
<b>f<sub>r</sub> %</b>	<b>0</b>	<b>8,33</b>	<b>66,67</b>	<b>20,83</b>	<b>4,17</b>

A Tabela 199 mostra os indicadores de velocidade, acurácia e estabilidade. A unidade de medida utilizada para expressar a velocidade é o milissegundo (ms).

**Tabela 19** – Indicadores das tendências cognitivas gerais

VELOCIDADE			ACURÁCIA		ESTABILIDADE	
Sujeitos	Valores	Classificação	Valores	Classificação	Valores	Classificação
1	-0,218	Normal	0	Muito acima do esperado	-0,925	Normal
2	-0,477	Normal	2	Normal	-1,236	Acima do esperado
3	0,963	Normal	5	Abaixo do esperado	0,136	Normal
4	-0,934	Normal	4	Abaixo do esperado	-0,903	Normal
5	-0,498	Normal	2	Normal	-0,378	Normal
6	0,125	Normal	1	Acima do esperado	-0,623	Normal
7	-1,141	Acima do esperado	1	Acima do esperado	-0,754	Normal
8	-0,950	Normal	1	Acima do esperado	-0,270	Normal

O **sujeito 1** manteve velocidade e estabilidade normais, e acurácia muito acima do esperado em relação à sua faixa etária. Este comportamento pode estar relacionado à tendência do sujeito em não cometer erros, mesmo que ele demore a efetuar suas respostas.

O **sujeito 2** apresentou velocidade e acurácia normais para a faixa etária, e estabilidade acima do normal. Isto indica de que o sujeito manteve um padrão no seu comportamento de efetuar respostas, não oscilando entre respostas rápidas e lentas.

O **sujeito 3** sustentou sua velocidade de resposta dentro do normal para sua faixa etária, mantendo estável esse comportamento. Contudo, sua acurácia foi abaixo do esperado tendo certamente cometido mais erros que a média da população de mesma idade.

O **sujeito 4** de forma semelhante ao **sujeito 3**, manteve velocidade e estabilidade dentro dos padrões para a idade, mas seu número de erros foi acima da média, ficando portanto abaixo do esperado.

O **sujeito 5** alcançou índices dentro da normalidade para a velocidade, a acurácia e a estabilidade.

O **sujeito 6** mostrou velocidade e estabilidade dentro do normal para sua idade e acurácia acima da média.

O **sujeito 7** obteve para velocidade e acurácia classificação acima do esperado e estabilidade dentro da normalidade. Este sujeito foi rápido e respondeu certo, conseguindo manter esse comportamento ao longo do teste. Esse comportamento é esperado para sujeitos de aptidão esportiva para o alto nível.

O **sujeito 8** manteve velocidade e estabilidade normais, e acurácia acima do esperado em relação à sua faixa etária. Assim como o sujeito 1, o **sujeito 8** tem a tendência de em não cometer erros, mesmo que suas respostas sejam mais lentas.

### 4.2.3 Desempenho cognitivo sob pressão

Este tópico apresenta o desempenho cognitivo do sujeito quando ele é submetido a uma situação de pressão. A presença visual de uma bomba prestes a explodir e o efeito sonoro do pavio queimando, sugere uma contagem regressiva. Esta situação impõe uma pressão de tempo para a realização da tarefa e espera-se que o sujeito experimente algum estresse que altere seu desempenho. Isso ocorre invariavelmente no nível 3. Desse modo, os dados analisados a seguir, estão relacionados apenas ao nível 3 de cada uma das tarefas cognitivas.

Os níveis 2 e 3 são exatamente iguais, a não ser pela presença, no nível 3, do sinal sono e visual de uma bomba prestes a explodir. Desse modo, os sujeitos, a princípio, sofrem aumento dos seus níveis de ansiedade com tendência a diminuir seu tempo de resposta, sendo mais rápidos em relação ao nível 2.

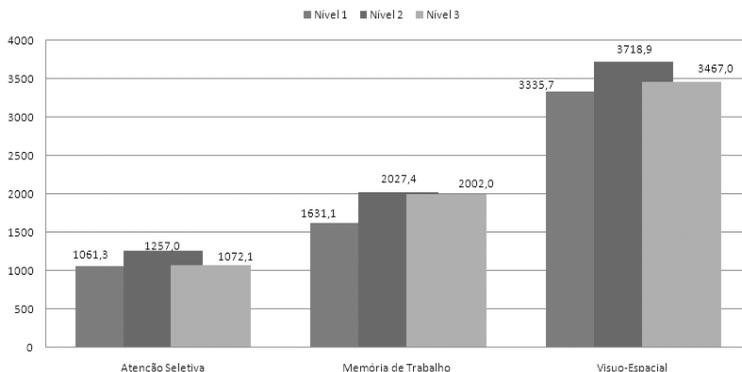
A tabela 20 ilustra os tempos médios de resposta, em milissegundos (ms), em cada tentativa nos três níveis de cada tarefa.

**Tabela 20** – Tempo médio de reposta

	Atenção Seletiva	Memória de Trabalho	Visuo-Espacial
Nível 1	1061,3	1631,1	3335,7
Nível 2	1257,0	2027,4	3718,9
Nível 3	1072,1	2002,0	3467,0

Legenda: ms= milissegundos

O gráfico 7 ilustra os tempos médios de resposta das tentativas em cada nível de cada tarefa.

**Gráfico 7** – Tempos médios de resposta

A análise do Gráfico 7 demonstra um comportamento semelhante nos tempos médios de resposta em cada uma das tarefas realizadas. As tarefas do ProA são diferentes e envolvem diferentes procedimentos cognitivos e operacionais. Desse modo é esperado que o tempo de resposta varie de acordo com a tarefa. Também é esperado que o tempo de resposta no nível 1 de cada tarefa seja menor em relação aos níveis 2 e 3. O primeiro nível da tarefa de Atenção Seletiva não possui o Efeito Stroop, o número de elementos na tarefa de Memória de Trabalho é menor e a identificação dos objetos na tarefa Visuo-Espacial é mais simples.

Nas três tarefas o tempo médio de resposta no nível 3 é menor do que o tempo médio de resposta no nível 2. O nível 2 possui o objetivo de medir a habilidade do sujeito na função cognitiva à qual ele é realizado. A diferença entre o nível 3 e 2 é a pressão de tempo existente no nível 3. Sendo assim, as diferenças ocorridas entre esses dois níveis são atribuídas à influência da pressão. Desse modo, os dados apresentados no Gráfico 7 indicam que a pressão exerceu influência na velocidade de resposta do sujeito, induzindo-o a ser mais rápido.

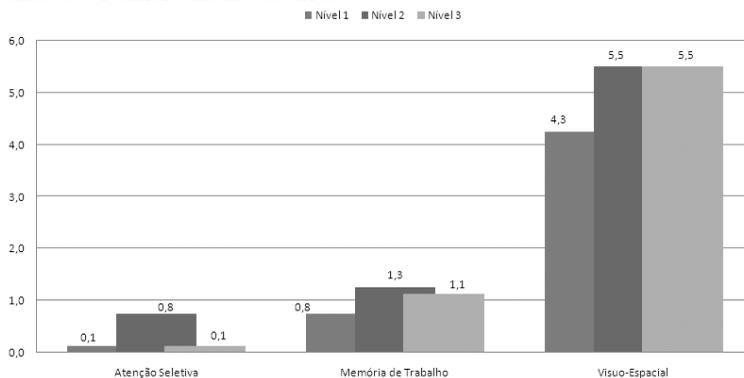
A Tabela 211 ilustra o número de erros em cada tentativa nos três níveis de cada tarefa.

**Tabela 21** – Número médio de erros

Tarefa	Atenção Seletiva	Memória de Trabalho	Visuo-Espacial
Nível 1	0,1	0,8	0,1
Nível 2	0,8	1,3	1,1
Nível 3	4,3	5,5	5,5

O Gráfico 8 ilustra o número de erros em cada tentativa nos três níveis de cada tarefa.

**Gráfico 8** – Número médio de erros



A análise do Gráfico 8 e da Tabela 21 mostra que o número médio de erros cometidos no nível 3 não é superior ao número médio de erros cometidos nos níveis 1 e 2. Também é esperado que o número de erros seja diferente em cada tarefa. Na tarefa de Atenção Seletiva o número médio de erros cometidos no nível 3 é igual ao número médio de erros cometidos no nível 1 e menor do que o número médio de erros cometidos no nível 2. Ao nível de significância de 5% houve diferença significativa ( $Z = -2,236$ ;  $p = 0,025$ ) apenas no número de erros entre os níveis 1 e 2, e entre os níveis 2 e 3 da tarefa de Atenção Seletiva.

A Tabela 22 apresenta os resultados do Escore-Z referente ao desempenho cognitivo de cada sujeito no nível 3 de cada tarefa. Valores negativos indicam que o desempenho do sujeito no nível 3, em relação aos seus resultados no nível 2 de cada tarefa piorou sob pressão. Valores positivos indicam que o desempenho melhorou. Para chegar aos valores indicados, cada sujeito é comparado a ele mesmo, tomando-se o Escore-Z do AET do nível 3 e dividindo-o pelo Escore-Z do AET do nível 2 de cada tarefa.

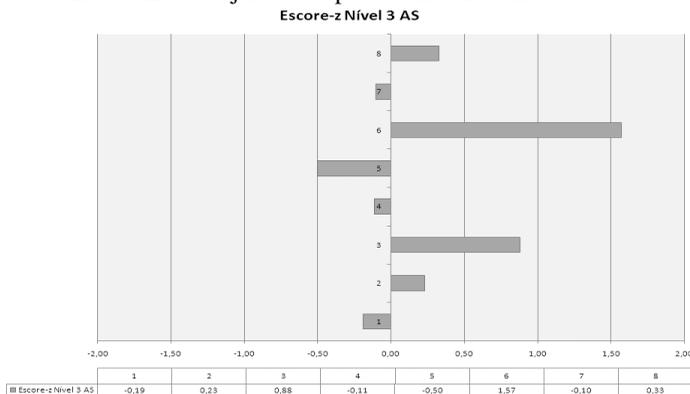
**Tabela 22** – Escore-Z dos sujeitos sob pressão

Sujeitos	Tarefas		
	AS	MT	VE
1	-0,19	-0,09	-0,06
2	0,23	-0,56	0,74
3	0,88	0,02	0,88
4	-0,11	0,11	-0,08
5	-0,50	0,29	-0,06
6	1,57	-0,78	-0,20
7	-0,10	-0,21	0,17
8	0,33	-0,34	-0,31

Legenda – **AS**= Atenção Seletiva; **MT**= Memória de Trabalho; **VE**= Visuo-Espacial

Os resultados apresentados na Tabela 22 são analisados separadamente por tarefa e depois o desempenho de cada sujeito nas diferentes tarefas.

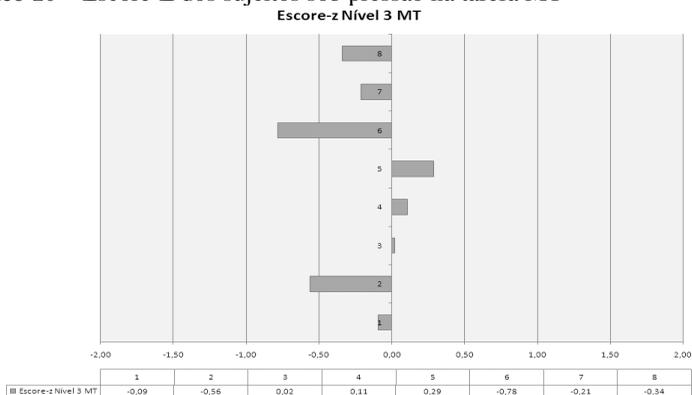
O Gráfico 9 apresenta o Escore-Z dos sujeitos no nível 3 da tarefa de Atenção Seletiva.

**Gráfico 9** – Escore-Z dos sujeitos sob pressão na tarefa AS

O **sujeito 6** elevou seu desempenho em 1,57 desvios-padrões na tarefa de Atenção Seletiva quando submetido à pressão, sendo considerado significativo esse aumento. Os **sujeitos 2** (0,23 desvios-padrão), **3** (0,88 desvios-padrão) e **8** (0,33 desvios-padrão) apresentaram aumento em seu rendimento nessa tarefa quando submetido a pressão. Os **sujeitos 1, 4, 5 e 7** sofreram redução em seu desempenho, não sendo essa redução significativa.

O Gráfico 10 apresenta o Escore-Z de cada sujeito no nível 3 da tarefa de Memória de Trabalho.

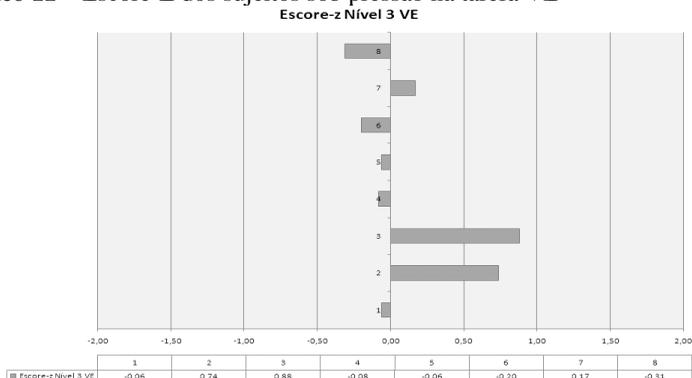
**Gráfico 10** – Escore-Z dos sujeitos sob pressão na tarefa MT



Os **sujeitos 3, 4 e 5** apresentaram pequeno aumento no rendimento quando submetido a pressão na tarefa de Memória de Trabalho. Os **sujeitos 1, 2, 6, 7 e 8** apresentaram redução no desempenho no nível 3 dessa tarefa, sendo que o **sujeito 6** apresentou a maior redução,  $-0,78$  desvios-padrão.

O Gráfico 11 apresenta o Escore-Z de cada sujeito no nível 3 da tarefa de Habilidade Visuo-Espacial.

**Gráfico 11** – Escore-Z dos sujeitos sob pressão na tarefa VE



Os **sujeitos 2, 3, e 7** apresentaram interferência positiva da pressão em seu desempenho na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial. Por

outro lado, os **sujeitos 1, 4, 5, 6 e 7** sofreram efeito negativo da pressão, alcançando índices menores de rendimento no nível 3 em relação ao nível 2.

A tabela 23 aponta a frequência relativa e absoluta da amostra quanto seu desempenho sob pressão, considerando seu resultado em relação à média e em relação ao esperado.

**Tabela 23** – Análise do desempenho da amostra sob pressão

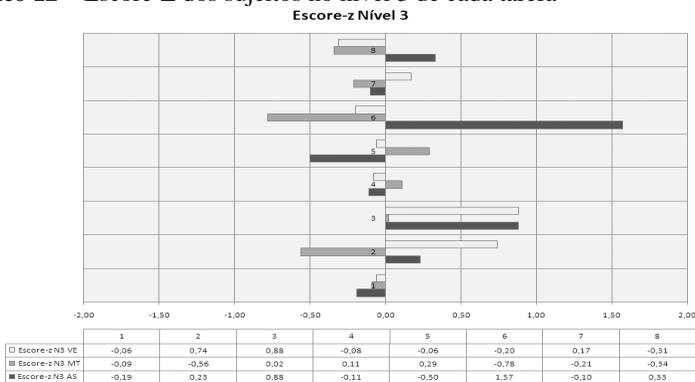
	Em relação ao Esperado					$f_i$	$f_r \%$
	Muito abaixo	Abaixo	Dentro	Acima	Muito acima		
Acima da média	0	0	9	1	0	<b>10</b>	<b>41,67</b>
Abaixo da média	0	0	14	0	0	<b>14</b>	<b>58,33</b>
$f_i$	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>23</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		
$f_r \%$	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>95,83</b>	<b>4,17</b>	<b>0</b>		

Legenda –  $f_i$ = frequência absoluta;  $f_r\%$ = frequência relativa

A tabela 23 considera o desempenho dos oito sujeitos nas três tarefas cognitivas. Desse modo temos 24 (vinte e quatro) como o número total de casos ilustrados na tabela. Assim, 41,67% dos sujeitos obtiveram desempenho acima da média, enquanto 14 (quatorze) sujeitos (58,33%) obtiveram desempenho abaixo da média. Em relação ao esperado, 23 sujeitos (95,83%) obtiveram resultado dentro do esperado e apenas 1 (um) sujeito (4,17%) alcançou resultado acima do esperado.

O Gráfico 12 ilustra o Escore-Z de todas as tarefas de cada sujeito, apontando as diferenças existentes em cada uma das situações.

**Gráfico 12** – Escore-Z dos sujeitos no nível 3 de cada tarefa



O **sujeito 1**, quando submetido à pressão piorou seu desempenho em todas as tarefas, mas tais quedas não foram significativas.

O desempenho do **sujeito 2** quando submetido à pressão melhorou nas tarefas de Atenção Seletiva (0,23 desvios-padrão) e Habilidade Visuo-Espacial (0,74 desvios-padrão), mas piorou -0,56 desvios-padrão na tarefa de Memória de Trabalho.

O **sujeito 3** mostrou aumento 0,88 desvios-padrão no seu desempenho sob pressão nas tarefas de Atenção Seletiva e Habilidade Visuo-Espacial, e praticamente não apresentou mudança em seu desempenho na tarefa de Memória de Trabalho.

O **sujeito 4** quando submetido a pressão apresentou pequeno aumento de desempenho na tarefa de Memória de Trabalho com acréscimo de 0,11 desvios-padrão, pequena queda de -0,08 desvios-padrão no desempenho na Habilidade Visuo-Espacial e de -0,11 desvios-padrão na tarefa de Atenção Seletiva.

O **sujeito 5** apresenta uma pequena queda de -0,50 desvios-padrão no desempenho na tarefa de Atenção Seletiva e de -0,06 desvios-padrão na Habilidade Visuo-Espacial, enquanto na tarefa de Memória de Trabalho houve um pequeno aumento de 0,29 desvios-padrão quando submetido à pressão.

O **sujeito 6** apresenta queda de -0,20 desvios-padrão no seu desempenho quando submetido à pressão nas tarefas Visuo-Espacial e de -0,78 desvios-padrão na Memória de Trabalho, porém aumento importante de 1,57 desvios-padrão na tarefa de Atenção Seletiva.

O **sujeito 7** mostra pequeno aumento de 0,17 desvios-padrão no seu desempenho na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial quando submetido à pressão. Nas outras tarefas ele apresentou ligeira redução de -0,21 na tarefa de Memória de Trabalho e -0,10 na Atenção Seletiva.

O **sujeito 8** apresenta redução não significativa de 0,34 desvios-padrão na tarefa de Memória de Trabalho e 0,31 desvios-padrão na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial. Na tarefa de Atenção Seletiva houve um pequeno aumento de 0,33 desvios-padrão em seu desempenho o que representa uma alteração não significativa quando submetido a pressão.

#### 4.2.4 Comparação do Desempenho Cognitivo Geral

A análise do Desempenho entre os sujeitos foi feita pela comparação do AET de cada participante em cada nível de cada tarefa determinando sua posição em relação à média amostral em unidades de desvio-padrão. Para isso o Escore-Z foi determinado pela fórmula:

$$Z = \frac{x - u}{\mu}$$

Sendo:

Z= distância em relação à média;

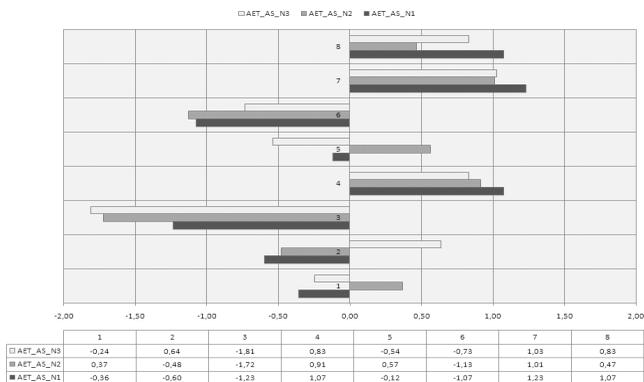
x= resultado individual;

u= média amostral, e;

$\mu$ = desvio-padrão amostral.

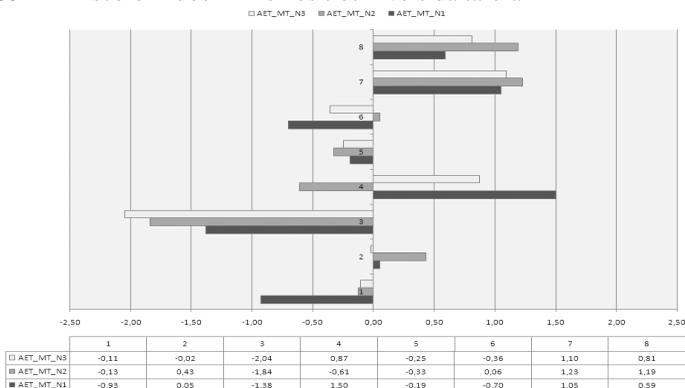
O Gráfico 13 ilustra o Escore-Z dos AETs nos três níveis da tarefa de Atenção Seletiva.

**Gráfico 13** – Escore-Z dos AETs nos três níveis da tarefa de AS



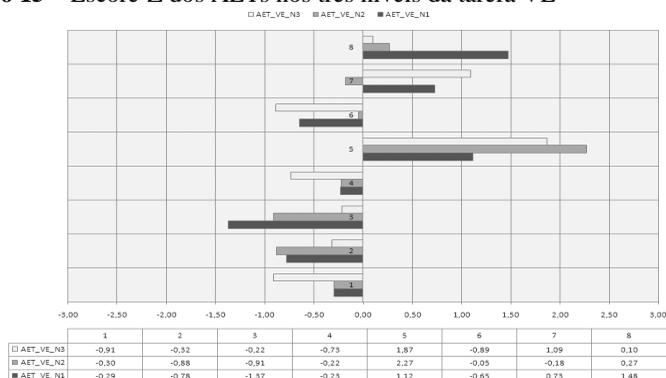
O Escore-Z apresentado no Gráfico 13 indica que o **sujeito 7** obteve o maior Escore-Z amostral nos três níveis de cada tarefa, podendo ser considerado o sujeito com melhor rendimento na tarefa de Atenção Seletiva. O **sujeito 3** obteve Escore-Z com mais de 1 desvio-padrão abaixo da média nos três níveis de todas as tarefas realizadas, demonstrando ter sido o sujeito com o menor desempenho na tarefa de Atenção Seletiva.

O Gráfico 14 ilustra o Escore-Z dos AETs nos três níveis da tarefa de Memória de Trabalho.

**Gráfico 14** – Escore-Z dos AETs nos três níveis da tarefa MT

O Escore-Z apresentado no Gráfico 14 indica que o **sujeito 3** esteve abaixo da média nos três níveis das três tarefas realizadas. Por outro lado, o **sujeito 7** alcançou Escore-Z com mais de 1 desvio-padrão acima da média em todos os níveis de cada uma das tarefas cognitivas.

O Gráfico 15 ilustra o Escore-Z dos AETs nos três níveis da tarefa de Habilidade Visuo-Espacial.

**Gráfico 15** – Escore-Z dos AETs nos três níveis da tarefa VE

O Escore-Z apresentado no Gráfico 15 indica que os **sujeitos 5 e 8** obtiveram desempenho com mais de 1 desvio-padrão da média nos três níveis da tarefa de Habilidade Visuo-Espacial, sendo que os resultados do **sujeito 5** foram mais expressivos. O **sujeito 3** possui Escore-Z negativo em todos os níveis das três tarefas, sendo, em relação aos demais sujeitos, o participante com os menores valores.

### 4.3 Resultados da FC e dos índices da VFC

A primeira parte desta sessão apresenta a análise da FC e dos índices da VFC obtidos durante a Linha de Base e durante a realização das tarefas do ProA. Em seguida é feito um estudo da influência da pressão existente no nível 3 de cada tarefa no comportamento dessas variáveis.

#### 4.3.1 Análise da FC e dos índices da VFC durante a LB e o ProA

A Tabela 244 apresenta a média, desvio-padrão (dp) e a mediana ( $m_d$ ) dos índices da VFC no domínio do tempo, do RR e da frequência cardíaca (FC) durante os 5 minutos de duração da Linha de Base e durante a duração total da avaliação cognitiva.

**Tabela 24** – FC e índices da VFC no domínio do tempo

Sujeitos	RR		FC		SDNN		RMSSD	
	LB	ProA	LB	ProA	LB	ProA	LB	ProA
1	1174,6	984,2	51,2	61,79	55,5	110,9	34	47,2
2	894,6	861,8	67,46	70,01	69,0	63,4	36,3	31,2
3	927,6	896,9	64,98	67,24	60,1	62,7	29,5	28,5
4	674,4	705,6	89,24	85,41	37,4	47,4	22,8	32,7
5	749,1	773,8	80,20	77,75	26,9	40,5	13,8	21,9
6	620,4	654,5	96,79	91,88	18,1	30,8	10,7	16,8
7	821,1	768,0	73,59	78,46	69,5	49,5	48,4	24,5
8	795,6	777,1	75,98	77,61	70,2	55,7	40,0	27,7
Média	832,2	802,7	74,9	76,3	50,8	57,6	29,4	28,8
DP	172,50	106,50	14,30	9,80	20,70	24,20	13,00	9,00
Md	808,4	775,5	74,8	77,7	57,8	52,6	31,8	28,1
Menor	620,4	654,5	51,2	61,79	18,1	30,8	10,7	16,8
Maior	1174,6	984,2	96,79	91,88	70,2	110,9	48,4	47,2
Wilconxon	z= -0,84 p= 0,401		z= -0,42 p= 0,674		z= -0,42 p= 0,674		z= -0,14 p= 0,889	

\*\* diferença estatisticamente significativa ao nível  $p \leq 0,05$

A Tabela 245 apresenta a média, desvio-padrão (dp) e a mediana ( $m_d$ ) dos índices da VFC no método não-linear durante os 5 minutos de

duração da Linha de Base e durante a duração total da avaliação cognitiva.

**Tabela 25** – Índices da VFC no método não-linear

Sujeitos	SD1		SD2		D2	
	LB	ProA	LB	ProA	LB	ProA
1	24,1	33,4	73,6	153,2	3,621	3,913
2	25,7	22	94,3	86,9	3,263	3,600
3	20,9	20,2	82	86,3	2,547	3,079
4	16,1	23,1	50,4	62,9	2,504	3,816
5	9,8	15,5	36,8	55,2	0,485	1,581
6	7,6	11,8	24,2	41,9	0,079	0,717
7	34,3	17,3	92,1	67,9	3,433	3,192
8	28,3	19,6	95,2	76,4	3,041	4,072
Média	20,9	20,4	68,6	78,8	2,372	2,996
DP	9,20	6,40	27,90	33,70	1,35	1,21
Md	22,5	19,9	77,8	72,2	2,794	3,396
Menor	7,6	11,8	24,2	41,9	0,079	0,717
Maior	34,3	33,4	95,2	153,2	3,621	4,072
Wilconxon	z= -0,14 p= 0,889		z= -0,42 p= 0,674		z= -2,38 p= 0,017**	

\*\* diferença estatisticamente significativa ao nível  $p \leq 0,05$

Para verificar o comportamento individual da frequência cardíaca e do RR na LB e no ProA a tabela 26 apresenta a análise dos ranks de sinal de Wilcoxon dos valores apresentados nas Tabelas 24 e 25 e a análise dos valores individuais de cada variável para cada sujeito.

**Tabela 26** – Teste de Wilcoxon para o RR e a FC

		<b>n</b>
RR_t - Média _RR_r	Rank Negativo	5 <sup>(a)</sup>
	Rank Positivo	3 <sup>(b)</sup>
	Empate	0 <sup>(c)</sup>
FC_t - Média _FC_r	Rank Negativo	3 <sup>(d)</sup>
	Rank Positivo	5 <sup>(e)</sup>
	Empate	0 <sup>(f)</sup>

Legenda: r= valor obtida durante a LB; t= valor obtida durante o ProA

a= RR\_t < RR\_r

b= RR\_t > RR\_r

c= RR\_t = RR\_r

d= FC\_t < FC\_r

e= FC\_t > FC\_r

f= FC\_t = FC\_r

Para verificar o comportamento individual dos índices da VFC na LB e no ProA a tabela 27 apresenta a análise dos ranks de sinal de

Wilcoxon dos valores apresentados nas Tabelas 24 e 25 e a análise dos valores individuais de cada variável para cada sujeito.

**Tabela 27** – Teste de Wilcoxon para os índices da VFC

		<b>n</b>
SDNN_t - SDNN_r	Rank Negativo	3 <sup>(a)</sup>
	Rank Positivo	5 <sup>(b)</sup>
	Empate	0 <sup>(c)</sup>
rMSSD_t - rMSSD_r	Rank Negativo	4 <sup>(d)</sup>
	Rank Positivo	4 <sup>(e)</sup>
	Empate	0 <sup>(f)</sup>
SD1_t - SD1_r	Rank Negativo	4 <sup>(g)</sup>
	Rank Positivo	4 <sup>(h)</sup>
	Empate	0 <sup>(i)</sup>
SD2_t - SD2_r	Rank Negativo	3 <sup>(j)</sup>
	Rank Positivo	5 <sup>(k)</sup>
	Empate	0 <sup>(l)</sup>
D2_t - D2_r	Rank Negativo	1 <sup>(m)</sup>
	Rank Positivo	7 <sup>(n)</sup>
	Empate	0 <sup>(o)</sup>

Legenda: r= valor obtido durante a LB; t= valor obtido durante o ProA

**a=** SDNN\_t < SDNN\_r

**b=** SDNN\_t > SDNN\_r

**c=** SDNN\_t = SDNN\_r

**d=** rMSSD\_t < rMSSD\_r

**e=** rMSSD\_t > rMSSD\_r

**f=** rMSSD\_t = rMSSD\_r

**g=** SD1\_t < SD1\_r

**h=** SD1\_t > SD1\_r

**i=** SD1\_t = SD1\_r

**j=** SD2\_t < SD2\_r

**k=** SD2\_t > SD2\_r

**l=** SD2\_t = SD2\_r

**m=** D2\_t < D2\_r

**n=** D2\_t > D2\_r

**o=** D2\_t = D2\_r

Não há diferença significativa ( $p=0,401$ ) entre o RR na LB com o RR no ProA. Da mesma forma não houve diferença significativa ( $p=0,674$ ) entre a FC na LB em relação ao a FC no ProA. Contudo, a análise dos ranks (número de indivíduos cujos valores das variáveis analisadas aumentaram ou diminuíram na comparação entre LB com ProA) apresentada na Tabela 24, demonstra que cinco sujeitos sofreram diminuição no valor de RR durante o teste cognitivo e estes mesmos sujeitos sofreram aumento no valor da FC durante o teste cognitivo.

Mesmo não havendo diferença estatisticamente significativa, a dinâmica observada nos valores de RR e FC durante a LB e o teste cognitivo, apresentada na Tabela 244 apresenta-se como informação relevante. Espera-se que o sujeito vivencie certo grau de estresse ao ser submetido ao ProA. Parte-se do princípio que o participante engajado em resolver adequada e eficientemente as tarefas cognitivas eleva seus níveis de ativação e ansiedade, se comparado ao seu estado de repouso.

Diante dessa demanda, surge a necessidade de ajustes fisiológicos dependentes do aumento da frequência cardíaca e conseqüente diminuição dos valores de RR.

A Tabela 244 demonstra que os **sujeitos 4,5 e 6**, tiveram um comportamento diferente do esperado no que diz respeito à comparação do RR e da FC durante a LB com os dados dessas variáveis durante o ProA. Nesses três sujeitos o valor do RR aumentou e da FC diminuiu, enquanto se esperava o contrário. Uma explicação viável para esse comportamento é o fato da FC durante a LB está muito acima do esperado para atletas. Esses sujeitos apresentaram maior FC de repouso em relação aos demais sujeitos, e sendo seus valores acima do esperado para atletas em situação de repouso, possivelmente em função de alguma fadiga. No momento em que eles foram convidados a relaxar durante a LB, a FC pode se ter iniciado um processo de recuperação, mas insuficiente para diminuir a FC e elevar o RR antes do início do ProA. Como a avaliação cognitiva é uma atividade no qual o sujeito permanece sentado, mesmo havendo uma demanda fisiológica em função do teste cognitivo, a inexistência de esforço fez com que a FC ao longo do ProA apresentasse um decréscimo contínuo. Os demais sujeitos, no entanto, começaram o ProA com a frequência cardíaca mais próxima de uma condição considerada adequada a um esportista, tornando evidente a ascensão da FC devido aos ajustes fisiológicos frente a demanda do teste cognitivo.

Os dados revelam que apenas o D2, índice da VFC no método não-linear, apresentou diferença significativa quando comparado a média de D2 na LB com a média de D2 no ProA ( $z=-2,380$ ;  $p=0,017$ ). Os outros índices da VFC durante a Linha de Base em comparação com os seus valores médios durante o ProA não apresentaram diferença estatística significativa.

Os **sujeitos 1, 4, 5 e 6** apresentaram valores maiores nos índices rMSSD e SD1 no ProA em relação aos valores de LB. Os **sujeitos 2, 3, 7 e 8** os valores de rMSSD e SD1 são menores no ProA em relação aos valores de LB. Os índices rMSSD e SD1 relacionam-se com a ação vagal. Por isso possuem comportamento semelhante. Por estarem relacionados à ação do parassimpático, espera-se que em repouso estes índices sejam maiores se comparados aos seus valores obtidos em situações de desafio. A segunda situação requer maiores níveis de ativação psicofisiológica e conseqüente queda da ação vagal com provável aumento da ação simpático. O fato de terem apresentados índices maiores de rMSSD e SD1 em repouso comparado aos seus

valores durante o ProA, os **sujeitos 2, 3, 7 e 8** demonstraram maior ativação vagal na LB do que durante o teste cognitivo.

Os **sujeitos 1, 4, 5 e 6** apresentam valores de rMSSD e SD1 menores na LB do que durante o ProA, indicando menor ativação parassimpática na LB do que durante o teste cognitivo.

### 4.3.2 Análise da FC e dos índices da VFC sob pressão

No intuito de verificar se a pressão também exerce interferência nas variáveis psicofisiológicas dos sujeitos os valores da FC, do RR e dos índices da VFC no domínio do tempo SDNN e rMSSD nos níveis 2 e 3 foram comparadas. Para o estudo da diferença entre os dados foi utilizado o teste não-paramétrico de Wilcoxon com um nível de significância de 5%. As tabelas a seguir trazem os resultados nas diferentes tarefas.

A tabela 28 apresenta os dados da FC e índices da VFC nos níveis 2 e 3 da tarefa de Atenção Seletiva.

**Tabela 28** – FC e índices da VFC nos níveis 2 e 3 da tarefa de AS

Sujeitos	RR		FC		SDNN		RMSSD	
	N.2	N.3	N.2	N.3	N.2	N.3	N.2	N.3
1	1021,9	853,6	58,86	70,97	52,8	85,2	73,6	51,0
2	904,1	909,4	66,51	66,09	41,9	37,2	34,7	30,4
3	933,5	922,8	64,43	65,31	45,6	60,5	32,1	29,6
4	731,3	696,2	82,19	86,31	30,8	27,5	36,8	26,3
5	762,9	749	78,91	80,22	43,6	28	17,7	17,3
6	663,7	648,9	90,52	92,56	25	20,9	18,3	16,0
7	771,2	760,6	77,94	79,09	32,8	38,5	21,1	21,2
8	796,8	781,8	75,63	77,03	51,5	48,5	32,6	26,0
Média	823,2	790,3	74,4	77,2	40,5	43,3	33,4	27,2
DP	119,0	98,0	10,4	9,5	10,0	21,1	18,0	11,0
Md	784,0	771,2	76,8	78,1	42,8	37,9	32,4	26,2
Menor	1021,9	922,8	90,5	92,6	52,8	85,2	73,6	51,0
Maior	663,7	648,9	58,9	65,3	25,0	20,9	17,7	16,0
Wilcoxon	z= -2,380 p= 0,017**		z= -2,380 p= 0,017**		z= -0,140 p= 0,889		z= -2,380 p= 0,017**	

Legenda – N.2= Nível 2; N.3= Nível 3

\*\* diferença estatisticamente significativa ao nível  $p \leq 0,05$



A seguir a Tabela 3030, traz o comportamento da FC, do RR e dos índices da VFC nos níveis 2 e 3 da tarefa de Memória de Trabalho, a fim de verificar a influência da pressão no desempenho dos sujeitos nessa função cognitiva.

**Tabela 30** – FC e índices da VFC nos níveis 2 e 3 da tarefa de MT

Sujeitos	RR		FC		SDNN		RMSSD	
	N.2	N.3	N.2	N.3	N.2	N.3	N.2	N.3
1	886,3	875,8	68,87	68,87	113,6	64,4	38,5	58,1
2	888,1	830,8	67,61	72,31	26,2	30,3	24,3	21,1
3	924,2	831,9	65,08	72,56	45,1	63,8	29,1	24,5
4	683,6	666,6	88,02	90,30	36,9	38,2	23,8	24,7
5	763,7	766,1	78,69	78,40	30,3	25,1	19,7	17,6
6	650,9	655,0	92,27	91,79	20,0	29,2	14,8	15,5
7	778,2	758,3	77,20	79,30	27,9	36,4	24,6	22,8
8	792,7	766,4	75,85	78,43	37,3	33,3	27,2	24,1
Média	796,0	768,9	76,70	79,00	42,2	40,1	25,3	26,1
DP	98,7	78,2	9,70	8,30	29,9	15,4	6,9	13,4
Menor	924,2	875,8	92,30	91,80	113,6	64,4	38,5	58,1
Maior	650,9	655,0	65,10	68,90	20,0	25,1	14,8	15,5
Wilconxon	z= -2,100 p= 0,036**		z= -1,960 p= 0,050**		z= -0,980 p= 0,327		z= -2,100 p= 0,036**	

Legenda – N.2= nível 2; N.3=nível 3 \*\* diferença significativa ao nível  $p \leq 0,05$

A Tabela 3030 demonstra que houve diferença significativa ao nível de  $p \leq 0,05$ , entre RR, FC e rMSSD obtidos durante a realização do nível 2 da tarefa de Memória de Trabalho quando comparados aos seus valores obtidos durante a realização do nível 3 dessa tarefa. O valor médio do SDNN comparando-se os índices obtidos nos dois níveis, não apresentou diferença significativa ( $p=0,327$ ).

A Tabela 31 traz o estudo dos sinais de Wilcoxon, comparando o RR, a FC e os índices da VFC no nível 2 com o nível 3.

**Tabela 31** – Teste de Wilcoxon da FC e da VFC na tarefa de MT

		<b>n</b>
RR_MT_N3 - RR_MT_N2	Rank Negativo	6 <sup>(a)</sup>
	Rank Positivo	2 <sup>(b)</sup>
	Empate	0 <sup>(c)</sup>
FC_MT_N3 - FC_MT_N2	Rank Negativo	2 <sup>(d)</sup>
	Rank Positivo	6 <sup>(e)</sup>
	Empate	0 <sup>(f)</sup>
SDNN_MT_N3 - SDNN_MT_N2	Rank Negativo	3 <sup>(g)</sup>
	Rank Positivo	5 <sup>(h)</sup>
	Empate	0 <sup>(i)</sup>

rMSSD_MT_N3 - rMSSD_MT_N2	Rank Negativo	6 <sup>(l)</sup>
	Rank Positivo	2 <sup>(k)</sup>
	Empate	0 <sup>(l)</sup>

Legenda: MT= Tarefa de Memória de Trabalho; N2= Nível 2; N3= Nível 3

**a**= RR\_MT\_N3 < RR\_MT\_N2

**b**= RR\_MT\_N3 > RR\_MT\_N2

**c**= RR\_MT\_N3 = RR\_MT\_N2

**d**= FC\_MT\_N3 < FC\_MT\_N2

**e**= FC\_MT\_N3 > FC\_MT\_N2

**f**= FC\_MT\_N3 = FC\_MT\_N2

**g**= SDNN\_MT\_N3 < SDNN\_MT\_N2

**h**= SDNN\_MT\_N3 > SDNN\_MT\_N2

**i**= SDNN\_MT\_N3 = SDNN\_MT\_N2

**j**= rMSSD\_MT\_N3 < rMSSD\_MT\_N2

**k**= rMSSD\_MT\_N3 > rMSSD\_MT\_N2

**l**= rMSSD\_MT\_N3 = rMSSD\_MT\_N2

Na tarefa de Memória de Trabalho os valores médios do SDNN nos níveis 2 e 3 não são estatisticamente diferentes, porém a maioria dos sujeitos apresentou valores maiores no nível 3 em relação ao nível 2, comportando-se de maneira contrário à tarefa de Atenção Seletiva.

Especular sobre qual o comportamento mais adequado de SDNN torna-se tarefa difícil, uma vez que esse índice da VFC representa a variabilidade global, refletindo a atividade dos dois ramos do SNA, parassimpático e simpático. O SDNN é o desvio padrão da média de todos os intervalos RR normais. Alterações na VFC podem ser sinalizadas por alterações na média do RR. Contudo, essa média pode se elevar, mas a variação em torno dela pode ser pequena, acarretando, conseqüentemente um SDNN pequeno. Por outro lado, a média do comprimento RR pode não modificar tanto, mas a variação em torno dela, no caso o SDNN, pode se elevar. Diante disso, a análise do comportamento do SDNN requer uma análise em conjunto de outras variáveis que fogem ao escopo desse estudo.

A seguir a Tabela 32, traz os dados dos valores médios da FC, do RR e dos índices da VFC nos níveis 2 e 3 da tarefa de Habilidade Visuo-Espacial.

**Tabela 32** – FC e índices da VFC nos níveis 2 e 3 da tarefa de VE

Sujeitos	RR		FC		SDNN		rMSSD	
	N.2	N.3	N.2	N.3	N.2	N.3	N.2	N.3
1	1033,5	1118,6	58,3	53,8	68,0	54,1	67,4	31,5
2	823,4	803,5	73,2	74,8	56,7	31,2	30,2	22,2
3	863,2	867,1	69,7	69,3	43,0	28,4	24,0	22,2
4	728,1	709,0	82,8	85,0	53,5	44,9	40,5	31,0
5	762,9	756,3	78,8	79,5	37,0	33,6	15,2	17,5
6	673,5	646,5	89,2	93,0	20,2	27,9	17,0	17,0
7	779,5	771,6	77,1	77,9	27,3	27,2	23,4	17,2
8	828,8	821,3	72,6	73,3	43,2	44,1	32,6	27,2
Média	811,6	811,7	75,2	75,8	43,6	36,4	31,3	23,2
DP	108,1	141,4	9,2	11,5	15,7	10,0	16,8	6,0
Md	801,5	787,6	75,2	76,3	43,1	32,4	27,1	22,2
Menor	1033,5	1118,6	89,2	93,0	68,0	54,1	67,4	31,5
Maior	673,5	646,5	58,3	53,8	20,2	27,2	15,2	17,0
Wilconxon	z= -1,260 p= 0,208		z= -1,260 p= 0,208		z= -1,680 p= 0,093		z= -2,028 p= 0,043**	

Legenda – N.2= nível 2; N.3=nível 3;

\*\* diferença estatisticamente significativa ao nível  $p \leq 0,05$

Os valores do RR, da FC e do SDNN obtidos durante a realização do nível 2 da tarefa de Habilidade Visuo-Espacial quando comparados aos seus valores obtidos durante a realização do nível 3 da mesma tarefa não apresentaram diferença significativa. Contudo, o valor médio do rMSSD no nível 2 comparado ao valor médio obtido no nível 3, apresentou diferença significativa ( $p= 0,043$ ).

A Tabela 33 traz o estudo dos sinais de Wilcoxon, comparando o RR, a FC e os índices da VFC no nível 2 com o nível 3 da tarefa de Habilidade Visuo-Espacial.

**Tabela 33** – Teste de Wilcoxon da FC e da VFC da tarefa de VE

		n
RR_VE_N3 - RR_VE_N2	Rank Negativo	6 <sup>(a)</sup>
	Rank Positivo	2 <sup>(b)</sup>
	Empate	0 <sup>(c)</sup>
FC_VE_N3 - FC_VE_N2	Rank Negativo	2 <sup>(d)</sup>
	Rank Positivo	6 <sup>(e)</sup>
	Empate	0 <sup>(f)</sup>
SDNN_VE_N3 - SDNN_VE_NE	Rank Negativo	6 <sup>(g)</sup>
	Rank Positivo	2 <sup>(h)</sup>
	Empate	0 <sup>(i)</sup>
rMSSD_VE_N3 - rMSSD_VE_N2	Rank Negativo	6 <sup>(j)</sup>
	Rank Positivo	1 <sup>(k)</sup>
	Empate	1 <sup>(l)</sup>

Legenda: VE= Tarefa de Habilidade Visuo-Espacial; N2= Nível 2; N3= Nível 3  
**a**= RR\_VE\_N3 < RR\_VE\_N2      **b**= RR\_VE\_N3 > RR\_VE\_N2  
**c**= RR\_VE\_N3 = RR\_VE\_N2      **d**= FC\_VE\_N3 < FC\_VE\_N2  
**e**= FC\_VE\_N3 > FC\_VE\_N2 **f**= FC\_VE\_N3 = FC\_VE\_N2  
**g**= SDNN\_VE\_N3 < SDNN\_VE\_NE **h**= SDNN\_VE\_N3 > SDNN\_VE\_NE  
**i**= SDNN\_VE\_N3 = SDNN\_VE\_NE **j**= rMSSD\_VE\_N3 < rMSSD\_VE\_N2  
**k**= rMSSD\_VE\_N3 > rMSSD\_VE\_N2 **l**= rMSSD\_VE\_N3 = rMSSD\_VE\_N2

A partir da análise contida nas tabelas acima, percebe-se que o valor do RR de seis sujeitos foi menor no nível 3 quando comparado ao nível 2. A FC de seis sujeitos apresentou aumento no nível 3 em relação ao nível 2. Comparando-se o valor do SDNN entre os níveis 2 e 3, houve decréscimo em seis sujeitos no nível 3. No que diz respeito ao rMSSD ele foi menor no nível 3 em relação ao nível 2 para seis sujeitos, enquanto um sujeito apresentou valor de rMSSD maior no nível 2 e um sujeito apresentou o mesmo valor nos dois níveis.

O estudo dos ranks dos sinais de Wilcoxon permite inferir que apesar de não haver diferença significativa nos valores do RR, FC e SDNN, houve uma tendência dessas variáveis assumirem comportamento similar entre os sujeitos, sendo este comportamento compatível com a diminuição da atividade parassimpática durante o nível 3.

## 4.4 Correlação entre desempenho cognitivo e VFC

### 4.4.1 Índices da VFC na LB nos níveis 2 e 3 de cada tarefa

Para verificar a correlação entre a FC e os índices da VFC em repouso com o Escore-Z dos sujeitos nos níveis 2 e 3 de cada tarefa foi utilizado o teste não-paramétrico de Spearman.

A Tabela 34 apresenta os coeficientes de correlação obtidos a partir da utilização do teste não-paramétrico de Spearman.

**Tabela 34** – Correlações do Escore-Z dos AET com a FC e a VFC durante a LB

		RR	FC	SDNN	rMSSD	SD1	SD2	D2
EscZ_AS_N2	r <sub>s</sub>	-0,26	0,26	0,19	0,33	0,33	0,07	0,19
	p	0,53	0,53	0,65	0,42	0,42	0,87	0,65
EscZ_AS_N3	r <sub>s</sub>	-0,07	0,07	0,59	<b>0,69</b>	<b>0,69</b>	0,51	0,48
	p	0,87	0,87	0,13	<b>0,06</b>	<b>0,06</b>	0,19	0,23
EscZ_MT_N2	r <sub>s</sub>	-0,02	0,02	0,57	<b>0,67</b>	<b>0,67</b>	0,52	0,43
	p	0,96	0,96	0,14	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	0,18	0,29
EscZ_MT_N3	r <sub>s</sub>	-0,10	0,10	0,52	<b>0,64</b>	<b>0,64</b>	0,45	0,45
	p	0,82	0,82	0,18	<b>0,09</b>	<b>0,09</b>	0,26	0,26
EscZ_VE_N2	r <sub>s</sub>	<b>-0,67</b>	<b>0,67</b>	-0,19	-0,19	-0,19	-0,26	-0,43
	p	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	0,65	0,65	0,65	0,53	0,29
EscZ_VE_N3	r <sub>s</sub>	-0,10	0,10	0,36	0,29	0,29	0,29	-0,10
	p	0,82	0,82	0,39	0,49	0,49	0,49	0,82

Legenda: **EscZ**= Escore-Z; **AS**= Atenção Seletiva; **MT**= Memória de Trabalho; **VE**= Habilidade Visuo-Espacial; **N2**= nível 2; **N3**= nível 3; p= nível de significância; r<sub>s</sub>= coeficiente de Spearman

\* Correlação significativa ao nível de 5%

A Tabela 34 permite verificar que ao nível de 5% de significância, não foi encontrada correlação significativa entre a FC e os índices da VFC na LB com o Escore-Z nos três níveis das tarefas cognitivas. No entanto, oito correlações se mostraram próximo do desejado: Escore-Z do nível 3 da tarefa de Atenção Seletiva com o rMSSD e do SD1 na LB ( $r_s = 0,69$ ;  $p = 0,06$ ); Escore-Z do nível 2 ( $r_s = 0,67$ ;  $p = 0,07$ ), do nível 3 ( $r_s = 0,64$ ;  $p = 0,09$ ) da tarefa de Memória de Trabalho com o rMSSD e do SD1 na LB; e Escore-Z do nível 3 da tarefa de Habilidade Visuo-Espacial ( $r_s = -0,67$ ;  $p = 0,07$ ) com o RR e com a FC ( $r_s = 0,67$ ;  $p = 0,07$ ) na LB.

#### 4.4.2 Ação vagal na LB em relação ao desempenho cognitivo

Considerando que o rMSSD é um indicador da VFC relacionado à ação parassimpática, os sujeitos foram divididos em dois grupos. O Grupo 1 foi composto pelos quatro sujeitos cujos valores de rMSSD foram maior na LB, de acordo com os dados apresentados na Tabela 24. O Grupo 2 foi constituído pelos demais sujeitos, que apresentaram menor rMSSD na LB.

Para análise dos dados procedeu-se a estatística descritiva, incluindo medidas de tendência central (média e mediana) e variabilidade (desvio-padrão, máximo e mínimo). As informações são

apresentadas por meio de tabelas e gráficos, histogramas e Box-plot. Foi utilizado o teste de Mann-Whitney com um nível de significância de 5% para comparar os dois grupos.

A Tabela 35 indica os valores de FC, dos índices de VFC, da somatória do Escore-Z do Desempenho Geral nos níveis 2 e 3,  $\Sigma$  dos AETs e Tempos Médios de Resposta em cada tarefa dos Grupos 1 e 2

**Tabela 35** – FC, índices de VFC,  $\Sigma$  do Escore-Z do DG nos níveis 2 e 3,  $\Sigma$  dos AETs e Tempos Médios de Resposta em cada tarefa dos Grupos 1 e 2

	GRUPO 1		GRUPO 2		Mann-Whitney	
	MÉDIA (dp)	M <sub>d</sub>	MÉDIA	M <sub>d</sub>	U	p
rMSSD	39,68 (6,32)	38,15	19,20 (8,57)	18,3	0,00	<b>0,010*</b>
RR	921,48 (173,89)	857,85	742,88 (133,98)	711,75	3,00	0,149
FC	67,06 (11,16)	70,53	82,80 (13,68)	84,72	3,00	0,149
SDNN	66,05 (7,05)	69,25	35,63 (18,12)	32,15	1,00	<b>0,043*</b>
$\Sigma$ EZG AS N2	0,68 (0,54)	0,74	0,08 (1,12)	0,13	6,00	0,564
$\Sigma$ EZG AS N3	0,93 (0,25)	1,00	0,45 (0,44)	0,39	2,50	0,110
$\Sigma$ EZG MT N2	1,07 (0,59)	1,19	-0,17 (0,74)	0,02	1,00	<b>0,043*</b>
$\Sigma$ EZG MT N3	0,73 (0,47)	0,70	0,32 (0,52)	0,16	3,00	0,149
$\Sigma$ EZG VE N2	-0,01 (0,26)	-0,11	0,13 (1,14)	-0,03	7,00	0,773
$\Sigma$ EZG VE N3	-0,10 (1,08)	-0,01	-0,25 (1,32)	-0,58	8,00	1,000
$\Sigma$ AET AS	0,0412 (0,003)	0,0411	0,0378 (0,005)	0,0375	5,00	0,386
$\Sigma$ AET MT	0,1687 (0,029)	0,1714	0,1305 (0,042)	0,1372	4,00	0,248
$\Sigma$ AET VE	15,120 (5,86)	15,270	14,452 (9,48)	10,703	7,00	0,773
TM AS N1	1003,23 (125,24)	1002,61	1053,12 (73,75)	1058,94	6,00	0,564
TM AS N2	1170,76 (125,27)	1175,58	1353,31 (271,22)	1323,37	5,00	0,386
TM AS N3	1004,75 (74,73)	989,56	1071,37 (64,67)	1052,91	4,00	0,248
TM MT N1	1450,70 (326,16)	1298,94	1572,62 (463,84)	1675,51	6,00	0,564
TM MT N2	1759,62 (406,34)	1604,82	2234,72 (505,40)	2252,77	4,00	0,248
TM MT N3	1683,85 (361,66)	1563,41	2110,92 (740,56)	2248,01	5,00	0,386
TM VE N1	2690,83 (1163,90)	2271,38	3980,54 (2774,35)	3431,08	5,00	0,386
TM VE N2	3421,85 (1188,30)	3098,75	4015,85 (2142,32)	4146,96	6,00	0,564
TM VE N3	3380,98 (1068,82)	2868,67	3553,02 (1822,19)	4079,38	7,00	0,773

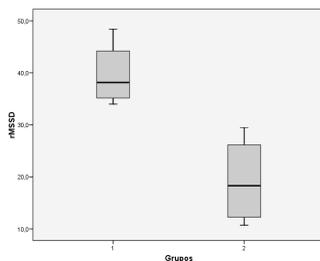
Legenda: EZ= Escore-Z; AS= Atenção Seletiva; MT= Memória de Trabalho; VE= Visuo-Espacial; dp= desvio-padrão; M<sub>d</sub>= Mediana

\* Diferença significativa ao nível de 5%

Na análise dos dados expressos na Tabela 35, o Grupo 1 obteve uma média de 39,68 no rMSSD durante a LB com desvio padrão de 6,32, enquanto o Grupo 2 apresentou média de 19,20 e desvio-padrão de 8,57 no rMSSD durante a LB.

O Gráfico 16 apresenta os valores máximos, mínimos e a mediana de cada Grupo para o índice de rMSSD durante a LB.

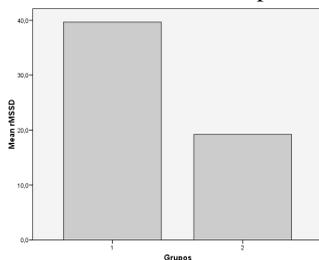
**Gráfico 16** – Valores máximos, mínimos e a mediana do rMSSD de cada Grupo durante a LB



No Gráfico 16 é possível comparar a mediana, os valores mínimos, máximos e a dispersão dos dados do Grupo 1 em relação ao Grupo 2. O Grupo 1 possui maior mediana, valores mínimos e máximos também maiores e menor dispersão quando comparado aos valores do Grupo 2. Desse modo, pode-se inferir que o Grupo 1 obteve maiores valores de rMSSD durante a LB quando comparado ao Grupo 2.

O Gráfico 17 apresenta as médias do rMSSD de cada Grupo durante a LB.

**Gráfico 17** – Valores médios do rMSSD dos Grupos 1 e 2 durante a LB

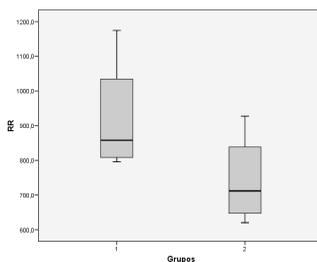


A análise do gráfico, permite concluir que a média do rMSSD durante a LB é maior para o Grupo 1 em relação ao Grupo 2. Os resultados do teste Mann-Whitney indicaram que houve diferença estatisticamente significativa entre as médias dos dois Grupos ( $U = -2.309$  e  $p = 0.0104$ ).

O comprimento médio do RR, em ms, para o Grupo 1 na LB foi  $x = 921,48$  ( $dp = 173,89$ ), e para o Grupo 2  $x = 742,88$  ( $dp = 133,98$ ).

O Gráfico 18 apresenta os valores máximos, mínimos e a mediana de cada Grupo para o índice de RR durante a LB.

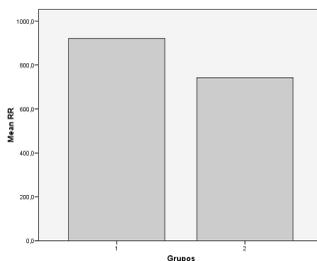
**Gráfico 18** – Valores máximos, mínimos e a mediana do RR de cada Grupo durante a LB



A observação do Gráfico 18 demonstra que o Grupo 1 possui maior mediana, valores mínimos e máximos maiores e maior dispersão quando comparado aos valores do Grupo 2. Desse modo, pode-se inferir que o Grupo 1 obteve maiores valores de RR durante a LB quando comparado ao Grupo 2.

O Gráfico 19 apresenta as médias do RR de cada Grupo durante a LB.

**Gráfico 19** – Valores médios do RR dos Grupos 1 e 2 durante a LB

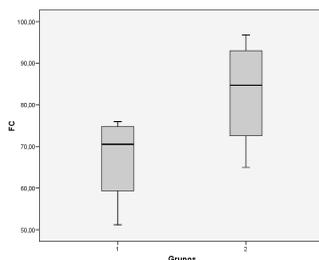


A análise do Gráfico 19 ilustra a diferença entre a média do RR durante a LB dos Grupos 1 e 2. Apesar da média do Grupo 1 ser maior que a média do Grupo 2, os resultados do teste Mann-Whitney indicaram que não houve diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) entre os dois Grupos.

A FC média do Grupo 1 na LB foi  $x = 67,06$  ( $dp = 11,16$ ), enquanto a FC média do Grupo 2 na LB foi  $x = 82,80$  ( $dp = 13,68$ ).

O Gráfico 20 apresenta os valores máximos, mínimos e a mediana da FC de cada Grupo durante a LB.

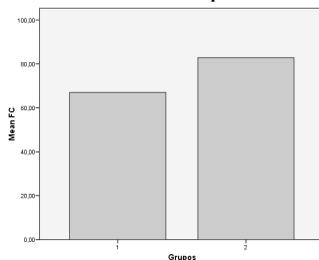
**Gráfico 20** – Valores máximos, mínimos e a mediana da FC de cada Grupo durante a LB



A observação do Gráfico 20 demonstra que o Grupo 1 possui menor mediana, valores mínimos e máximos menores e menor dispersão quando comparado aos valores do Grupo 2. Desse modo, pode-se inferir que o Grupo 1 obteve valores menores de FC durante a LB quando comparado ao Grupo 2.

O Gráfico 21 compara os valores médios da FC dos Grupos 1 e 2 durante a LB.

**Gráfico 21** – Valores médios da FC dos Grupos 1 e 2 durante a LB

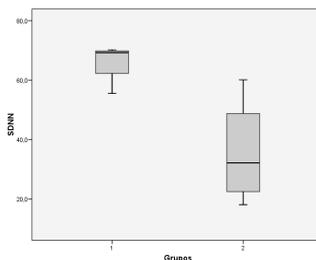


A análise do Gráfico 21 demonstra a diferença entre a média da FC durante a LB dos Grupos 1 e 2. A média de FC do Grupo 2 na LB é maior que a média do Grupo 1, porém não houve diferença estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ) entre os dois Grupos.

A média do SDNN na LB do Grupo 1 foi  $x = 66,05$  ( $dp = 7,05$ ), enquanto o Grupo 2 apresentou valor médio do SDNN durante a LB  $x = 35,63$  ( $dp = 18,12$ ).

O Gráfico 22 apresenta os valores máximos, mínimos e a mediana do SDNN de cada Grupo durante a LB.

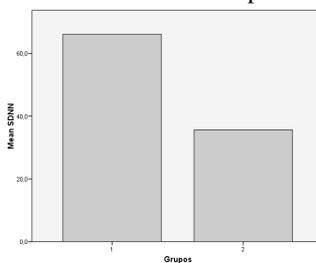
**Gráfico 22** – Valores máximos, mínimos e a mediana do SDNN de cada Grupo durante a LB



O Gráfico 22 indica que o Grupo 1 possui maior mediana, valores mínimos e máximos maiores e menor dispersão quando se compara os valores dessas variáveis do Grupo 2. Desse modo, o Grupo 1 apresentou valores maiores de SDNN durante a LB em relação ao Grupo 2.

O Gráfico 23 compara os valores médios do SDNN dos Grupos 1 e 2 durante a LB.

**Gráfico 23** – Valores médios do SDNN dos Grupos 1 e 2 durante a LB

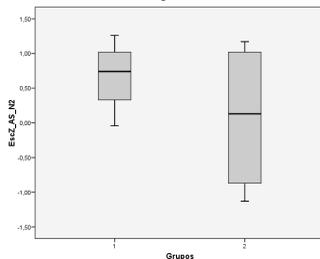


O Gráfico 23 representa a diferença entre a média do SDNN dos Grupos 1 e 2 durante a LB. Apesar de não haver diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os dois Grupos a média do Grupo 1 é maior do que a média do Grupo 2.

Em relação ao Escore-Z na tarefa de Atenção Seletiva no nível 2, o Grupo 1 apresentou média  $x = 0,68$  ( $dp = 0,54$ ), a média do Grupo 2 foi  $x = 0,08$  ( $dp = 1,12$ ).

O Gráfico 24 apresenta os valores máximos, mínimos e a mediana do Escore-Z do nível 2 nas tarefas de Atenção Seletiva dos Grupos 1 e 2.

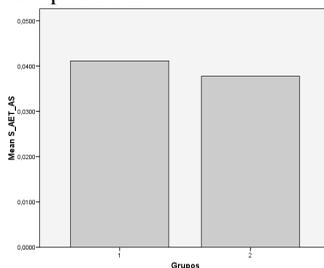
**Gráfico 24** – Valores máximos, mínimos e a mediana do Escore-Z do nível 2 nas tarefas de Atenção Seletiva dos Grupos 1 e 2



O Gráfico 24 indica que o Grupo 1 possui maior mediana, valores mínimos e máximos maiores e menor dispersão quando se compara os valores dessas variáveis do Grupo 2. Desse modo, o Grupo 1 apresentou valores mais altos no Escore-Z do nível 2 na tarefa de Atenção Seletiva em relação ao Grupo 2.

O Gráfico 25 compara os valores médios da somatória dos AETs dos níveis 1, 2 e na tarefa de Atenção Seletiva dos Grupos 1 e 2.

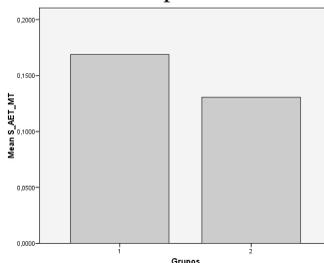
**Gráfico 25** – Valores médios da somatória dos AETs dos níveis 1, 2 e na tarefa de Atenção Seletiva dos Grupos 1 e 2



O Gráfico 25 representa a diferença entre a média a soma dos AETs dos três níveis da tarefa de Atenção Seletiva dos Grupos 1 e 2. Apesar de não haver diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os dois Grupos a média do Grupo 1 é maior do que a média do Grupo 2.

O Gráfico 26 compara os valores médios da somatória dos AETs dos níveis 1, 2 e na tarefa de Memória de Trabalho dos Grupos 1 e 2.

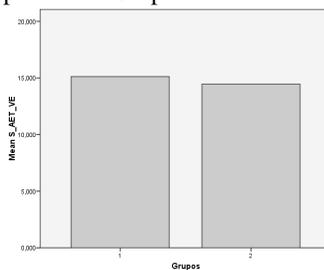
**Gráfico 26** – Valores médios da somatória dos AETs dos níveis 1, 2 e 3 na tarefa de Memória de Trabalho dos Grupos 1 e 2



O Gráfico 26 representa a diferença entre a média a soma dos AETs dos três níveis da tarefa de Memória de Trabalho dos Grupos 1 e 2. Apesar de não haver diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os dois Grupos a média do Grupo 1 é maior do que a média do Grupo 2.

O Gráfico 27 compara os valores médios da somatória dos AETs dos níveis 1, 2 e na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial dos Grupos 1 e 2.

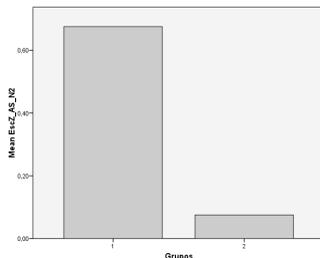
**Gráfico 27** – Valores médios da somatória dos AETs dos níveis 1, 2 e na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial dos Grupos 1 e 2



O Gráfico 27 representa a diferença entre a média a soma dos AETs dos três níveis da tarefa de Habilidade Visuo-Espacial dos Grupos 1 e 2. Apesar de não haver diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os dois Grupos a média do Grupo 1 é maior do que a média do Grupo 2.

O Gráfico 28 compara os valores médios do Escore-Z do nível 2 nas tarefas de Atenção Seletiva dos Grupos 1 e 2.

**Gráfico 28** – Valores médios do Escore-Z do nível 2 nas tarefas de Atenção Seletiva dos Grupos 1 e 2

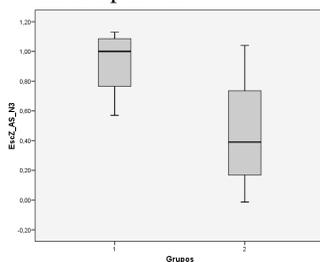


O Gráfico 28 representa a diferença entre a média do Escore-Z no nível 2 da tarefa de Atenção Seletiva dos Grupos 1 e 2. Apesar de não haver diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os dois Grupos a média do Grupo 1 é maior do que a média do Grupo 2.

Escore-Z na tarefa de Atenção Seletiva no nível 3 o Grupo 1 apresentou média  $x = 0,93$  ( $dp = 0,25$ ), a média do Grupo 2 foi  $x = 0,45$  ( $dp = 0,44$ ).

O Gráfico 29 apresenta os valores máximos, mínimos e a mediana do Escore-Z do nível 3 na tarefa de Atenção Seletiva dos Grupos 1 e 2.

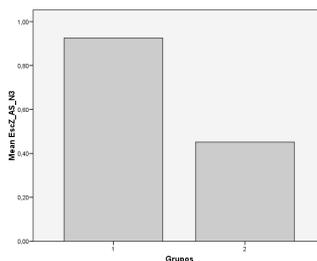
**Gráfico 29** – Valores máximos, mínimos e a mediana do Escore-Z do nível 3 na tarefa de Atenção Seletiva dos Grupos 1 e 2



A análise do Gráfico 29 demonstra que o Grupo 1 possui maior mediana, valores mínimos e máximos maiores e menor dispersão do que o Grupo 2. Desse modo, os valores do Escore-Z do nível 3 na tarefa de Atenção Seletiva do Grupo 1 são mais altos em relação ao Grupo 2.

O Gráfico 30 compara os valores médios do Escore-Z do nível 3 na tarefa de Atenção Seletiva dos Grupos 1 e 2.

**Gráfico 30** – Valores médios do Escore-Z do nível 3 na tarefa de Atenção Seletiva dos Grupos 1 e 2

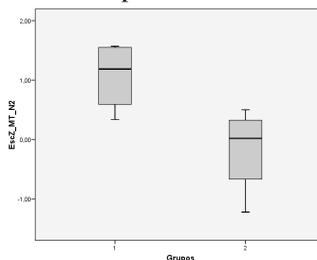


O Gráfico 30 representa a diferença entre a média do Escore-Z no nível 3 da tarefa de Atenção Seletiva dos Grupos 1 e 2. O Grupo 1 obteve média maior do que o Grupo 2, contudo não houve diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os dois Grupos.

Escore-Z na tarefa de Memória de Trabalho no nível 2 o Grupo 1 apresentou média  $x = 1,07$  ( $dp = 0,59$ ), a média do Grupo 2 foi  $x = -0,17$  ( $dp = 0,74$ ).

O Gráfico 31 apresenta os valores máximos, mínimos e a mediana do Escore-Z do nível 2 na tarefa de Memória de Trabalho dos Grupos 1 e 2.

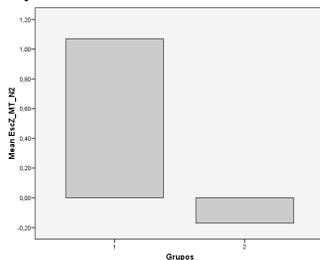
**Gráfico 31** – Valores máximos, mínimos e a mediana do Escore-Z do nível 2 na tarefa de Memória de Trabalho dos Grupos 1 e 2



A análise do Gráfico 31 demonstra que o Grupo 1 possui maior mediana, valores mínimos e máximos maiores e menor dispersão do que o Grupo 2. Desse modo, os valores do Escore-Z do nível 2 na tarefa de Memória de Trabalho do Grupo 1 são mais altos em relação ao Grupo 2.

O Gráfico 32 compara os valores médios do Escore-Z do nível 2 na tarefa de Memória de Trabalho Seletiva dos Grupos 1 e 2

**Gráfico 32** – Valores médios do Escore-Z do nível 2 na tarefa de Memória de Trabalho Seletiva dos Grupos 1 e 2

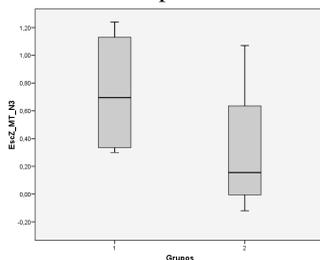


A análise do gráfico anterior, permite concluir que a média do Escore-Z do nível 2 na tarefas de Memória de Trabalho é maior para o Grupo 1 em relação ao Grupo 2. Os resultados do teste Mann-Whitney indicaram que essa diferença é estatisticamente significativa ( $U = 2,0207$  e  $p = 0,0216$ ).

Escore-Z na tarefa de Memória de Trabalho no nível 3 o Grupo 1 apresentou média  $x = 0,73$  ( $dp = 0,47$ ), a média do Grupo 2 foi  $x = 0,32$  ( $dp = 0,52$ ).

O Gráfico 33 apresenta os valores máximos, mínimos e a mediana do Escore-Z do nível 3 na tarefa de Memória de Trabalho dos Grupos 1 e 2.

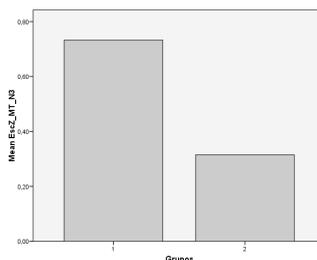
**Gráfico 33** – Valores máximos, mínimos e a mediana do Escore-Z do nível 3 na tarefa de Memória de Trabalho dos Grupos 1 e 2



O Gráfico 33 demonstra que os valores da mediana, os valores mínimos e máximos são maiores no Grupo 1 em relação ao Grupo 2, sendo a dispersão menor também no Grupo 1. Desse modo, o Grupo 1 obteve Escore-Z maior no nível 3 da tarefa de Memória de Trabalho quando comparado ao Grupo 2.

O Gráfico 34 comparação dos valores médios do Escore-Z do nível 3 na tarefa de Memória de Trabalho dos Grupos 1 e 2

**Gráfico 34** – Valores médios do Escore-Z do nível 3 na tarefa de Memória de Trabalho dos Grupos 1 e 2

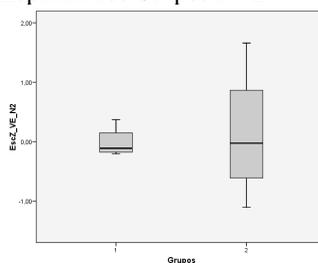


O Gráfico 34 ilustra a diferença entre a média do Escore-Z do nível 3 na tarefa de Memória de Trabalho, demonstrando que a média do Grupo 1 é maior em relação ao Grupo 2, sendo que, os resultados do teste Mann-Whitney indicaram que essa diferença não é estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ).

O Escore-Z na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial no nível 2 o Grupo 1 apresentou média  $x = -0,01$  ( $dp = 0,26$ ), a média do Grupo 2 foi  $x = 0,13$  ( $dp = 1,14$ ).

O Gráfico 35 apresenta os valores máximos, mínimos e a mediana do Escore-Z do nível 2 na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial dos Grupos 1 e 2

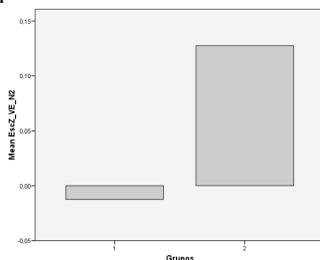
**Gráfico 35** – Valores máximos, mínimos e a mediana do Escore-Z do nível 2 na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial dos Grupos 1 e 2



O Gráfico 35 demonstra que o valor da mediana, o valor máximo e a dispersão dos dados apresentados pelo Grupo 1 são menores do que aqueles apresentados pelo Grupo 2. Apenas o valor mínimo do Grupo 1 é maior do que o valor mínimo obtido pelo Grupo 2. Diante desses dados, infere-se que o Grupo 1 obteve Escore-Z no nível 2 da tarefa de Habilidade Visuo-Espacial menor do que o Grupo 2.

O Gráfico 36 compara os valores médios do Escore-Z do nível 2 na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial dos Grupos 1 e 2.

**Gráfico 36** – Valores médios do Escore-Z do nível 2 na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial dos Grupos 1 e 2

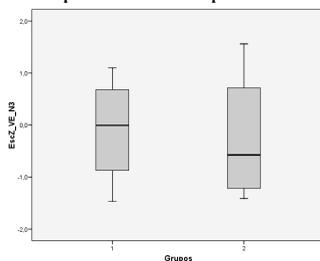


O Gráfico 36 ilustra a diferença entre a média do Escore-Z do nível 2 na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial, demonstrando que a média do Grupo 1 é menor em relação ao Grupo 2. Contudo, o resultado da análise estatística indica que essa diferença não é significativa ( $p > 0,05$ ).

O Escore-Z na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial no nível 3 o Grupo 1 apresentou média  $x = -0,10$  ( $1,08$ ), a média do Grupo 2 foi  $x = -0,25$  ( $dp = 1,32$ ).

O Gráfico 37 apresenta os valores máximos, mínimos e a mediana do Escore-Z do nível 3 na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial dos Grupos 1 e 2

**Gráfico 37** – Valores máximos, mínimos e a mediana do Escore-Z do nível 3 na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial dos Grupos 1 e 2

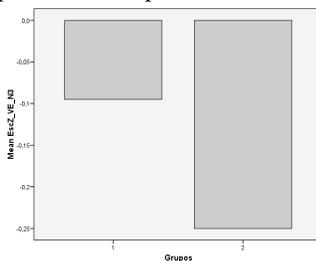


O Gráfico 37 demonstra que a mediana do Grupo 1 é maior do que a mediana do Grupo 2. O valor máximo e o valor mínimo apresentados no Grupo 1 são menores em relação dos pertencentes ao Grupo 2, sendo a dispersão menor também no Grupo 1. A análise de todos os dados permite considerar o Escore-Z no nível 3 da tarefa de

Habilidade Visuo-Espacial maior no Grupo 1 quando comparado ao Grupo 2.

O Gráfico 38 compara os valores médios do Escore-Z do nível 3 na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial dos Grupos 1 e 2.

**Gráfico 38** – Comparação dos valores médios do Escore-Z do nível 3 na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial dos Grupos 1 e 2



O Gráfico 38 evidencia a diferença entre a média do Escore-Z do nível 3 na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial. A média do Grupo 1 é maior do que a média do Grupo 2, essa diferença não é estatisticamente significativa ( $p > 0,05$ ).

## DISCUSSÃO

O objetivo desse estudo foi avaliar e descrever o desempenho de tenistas profissionais na realização de três tarefas cognitivas e sua relação com os indicadores desse desempenho com os índices da variabilidade da frequência cardíaca.

A opção por investigar o desempenho cognitivo e a variabilidade da frequência cardíaca em tenistas deve-se fundamentalmente pela relação desses componentes com o rendimento esportivo. Ademais, além da questão de interesse pessoal e científica, está a provável aplicação prática que estes aspectos podem assumir para tenistas e treinadores que visam o alto nível de desempenho competitivo.

A discussão apresentada abrange questões inerentes a este estudo começando pelas características da amostra. Em seguida é feito uma análise do desempenho dos participantes nas tarefas cognitivas. Na outra parte são realizadas considerações sobre o comportamento da FC e da VFC em situação de repouso e durante a bateria de teste cognitivo de acordo com os achados desse trabalho. E por último, é feita a interpretação das relações entre desempenho cognitivo com índices da VFC obtidos nessa investigação.

### Características da amostra

Este trabalho apresenta os resultados obtidos com oito tenistas profissionais avaliados durante o torneio “Correios Brasil Master CUP 2010”, realizado em Mogi das Cruzes/SP.

Em relação ao nível de desempenho esportivo dos sujeitos, pode-se considerar que este grupo, de acordo com critérios adotados pela ATP (Association of Tennis Professional), possui expressiva representatividade nacional e importante destaque no cenário internacional da modalidade. Sete dos oito sujeitos já estiveram classificados entre os 200 melhores jogadores profissionais de simples do mundo, sendo que quatro deles já configuraram entre os 100 melhores e três já estiveram entre os 50 melhores jogadores de simples do mundo. Todos eles já estiveram entre os 200 melhores jogadores profissionais nos torneios de dupla com dois deles entre os 20 melhores duplistas internacionais. O único sujeito que não apresentou ranking de simples abaixo de 200 obteve ranking de número 18 da ATP na

classificação de dupla. Seu ranking em dupla sugere grande especialização nesse tipo de jogo, tornando-o um dos melhores tenistas, em nível mundial, nos torneios dessa natureza.

Esta tipificação dos sujeitos torna-se extremamente importante pelo fato das dificuldades que se tem em levantar dados junto aos esportistas de alto nível. Algumas dessas dificuldades são os compromissos com torneios, treinamentos, a descrença e falta de conhecimento dos esportistas e treinadores da importância de sua participação como sujeitos nos trabalhos científicos e mesmo o receio de serem avaliados. Com isso, grande parte das inferências nas pesquisas na área do treinamento esportivo, advém de uma amostra composta por sujeitos ativos, mas não necessariamente esportistas de rendimento e de referência em sua modalidade. Por vezes, essa situação torna os achados questionáveis do ponto de vista de sua aplicabilidade prática do treinamento de alto nível, e na estruturação de perfil normativos para a população de alto desempenho.

Sendo assim, este trabalho se propôs a inserir no âmbito do tênis brasileiro, conceitos e práticas que possam despertar em treinadores, gestores e esportistas a importância de sua participação junto ao meio acadêmico na busca pelo conhecimento e aperfeiçoamento dos métodos e processos aplicados à formação esportiva de alto nível.

A idade com a qual os sujeitos começaram a praticar o tênis foi de 5,4 anos em média ( $dp=0,5$ ), sendo que a idade média de início em eventos de competição foi de 9,5 anos ( $dp=1,4$ ), enquanto a idade de participação no primeiro torneio profissional é de 16,1 anos ( $dp=0,6$ ). Estes dados se tornam importantes na medida em que se questiona a idade ideal para o início da prática esportiva e a inclusão da criança em um contexto competitivo. Sobre esse tema emergem inúmeras hipóteses, dentre elas que o esporte praticado na infância, de forma sistematizada visando a formação de futuros atletas para a modalidade, na verdade pode atuar como fator limitante para o desempenho dos esportistas enquanto adultos. Essa discussão permeia a idéia de especialização precoce e inúmeras questões tais como genética, estágios do crescimento e desenvolvimento, sistemas de predição do desempenho, métodos de treinamento, alimentação, predisposição a lesões, estrutura psicológica e social, etc.

Não cabe ao escopo desse trabalho explorar, e muito menos ainda esgotar esta problemática. Contudo, técnicos, preparadores físicos e pais, muitas vezes desamparados por outras informações, podem se defrontar com os dados desse trabalho e concluir em apressada e

equivocadamente o seu significado. Por isso, pode-se contribuir, com uma pequena reflexão sobre o assunto.

Tenistas de alto nível demonstram claramente, dentre outras qualidades, elevada capacidade de ordenamento tempo-espacial (timing da ação), flexibilidade estratégica e amplo repertório de soluções diante diferentes situações. Esse diferencial é resultado da interação de três aspectos psico-cognitivos: capacidade de recepção, elaboração e armazenamento das informações. Ao examinar os componentes dessas capacidades, identificam-se as capacidades coordenativas como responsáveis, segundo Greco (1999), pela qualidade das ações motoras e pela capacidade de solucionar situações-problema em um jogo.

Greco (1998) afirma que o desenvolvimento das capacidades táticas serve de base ao atleta na busca de soluções para as tarefas-problemas que a situação de jogo exige, desse modo, quanto mais recursos um esportista tiver, maiores serão suas chances de sucesso. Um bom exemplo disso demonstra-se na prática quando se pretende melhorar a capacidade de devolução de um saque. De acordo com o nível de rendimento, em razão da grande velocidade da bola, torna-se mais importante treinar as capacidades de percepção, antecipação e diferenciação do tenista do que o gesto técnico do forehand, por exemplo.

Um esportista cujo repertório de soluções é desenvolvido desde a infância pela vivência motora e pela intensidade com que as capacidades coordenativas foram desenvolvidas, possui maiores probabilidades de êxito. Desse modo, aqueles jogadores com baixa capacidade de adaptação, percepção e antecipação, por exemplo, mesmo tendo sido excelentes tenistas no infante-juvenil, terão maiores possibilidades de sofrerem redução em sua eficiência quando chegam à categoria profissional, em virtude das maiores variações no jogo nessa categoria.

Contudo, uma única modalidade não pode sozinha desenvolver todas as capacidades coordenativas. A formação esportiva é um fenômeno muito complexo, que não pode ser reduzido a um pensamento reducionista, apoiado em um modelo ideal de atleta. É a diversidade de práticas corporais que irá assegurar o desenvolvimento básico e amplo da criança. Por esta razão deve-se adotar na infância uma formação plurigestual (SCHMIDT e WRISBERG, 2001).

No que diz respeito à formação escolar dos sujeitos, três informaram que possuem o segundo grau incompleto, enquanto os outros cinco informaram terem completado todo o ensino médio. De acordo com Brito-Marques (2004) existem evidências de que a escolaridade pode influenciar o desempenho em testes de avaliação

cognitiva. Em virtude do tamanho da amostra e pela homogeneidade na formação escolar dos sujeitos, não foi possível evidenciar a influência do grau de escolaridade com os resultados no teste cognitivo. Também, sobre este assunto buscamos trabalhos que tivessem investigado a relação entre nível de escolaridade e desempenho esportivo, uma vez que dois aspectos são importantes a se considerar: 1- o tempo de dedicação aos estudos muitas vezes é fator de conflito naqueles indivíduos que possuem a pretensão de seguir a carreira de esportista profissional; e 2- tendo as funções cognitivas importância no desempenho humano como um todo, saber o nível de relação entre o tempo dedicado ao estudo formal e o desempenho esportivo poderia trazer importantes informações a pais e profissionais da área da educação responsáveis por crianças e adolescentes interessados no esporte enquanto profissão. Porém nenhum trabalho que tenha investigado essas relações foi encontrado.

Outra questão importante sobre o tema pode ser encontrado em Ardila, Ostrosky-Solis, Rosselli et al (2000) que afirmam que a reserva cognitiva e o desempenho cognitivo são fortemente determinados pela escolaridade e as características sócio-econômicas. De acordo com Allegri, Taragano, Krupitzki et al (2010) reserva cognitiva é a habilidade em otimizar o desempenho através do recrutamento de redes neurais, que talvez reflitam o uso de estratégias cognitivas alternativas. Voss, Erickson, Prakash et al (2010), apontam que a reserva cognitiva pode estar relacionada com: 1. nível sócio-econômico e escolaridade; 2. exposição fetal, desenvolvimento infanto-juvenil, status sócio-econômico da família (ou origem); e, 3. hábitos (exercício físico, atividade aeróbia, leitura, cuidados alimentares). Estes autores sugerem que, apesar da possível correlação entre todos esses fatores, a escolaridade e as características sócio-econômicas possuem predominância na determinação da reserva cognitiva e do desempenho cognitivo.

## **Análise do Desempenho Cognitivo**

O ProA é uma bateria de monitoramento cognitivo computadorizado que quantifica o desempenho em quatro domínios cognitivos: 1) Atenção Seletiva; 2) Memória de Trabalho; 3) Habilidade Visuo-Espacial; e, 4) Habilidade Aritmética. Para efeito desse estudo foi utilizado as três primeiras funções cognitivas.

A discussão em torno dos resultados obtidos nessa bateria de testes e seu diálogo com a literatura é limitada quando se tem a especificidade da amostra como parâmetro. Até a conclusão desse trabalho não foi encontrado por meio de buscas com indicações dos “Descritores em Ciências da Saúde” (DECS) e adotando os uni-termos “tennis player and cognitive performance”, “tennis and cognitive”, “tennis and cognitive function and hrv”, trabalhos que tenham investigado o perfil cognitivo de tenistas no que diz respeito à Atenção Seletiva e Memória de Trabalho entre os anos de 2000 e 2010 a fim de determiná-lo ou diferenciá-lo de outro grupo.

Essa situação impõe a necessidade de considerarmos que diferentemente de outras áreas do treinamento esportivo, como a preparação física, para as quais existem desenvolvidos e validados um grande número de instrumentos de avaliação, a Neuropsicologia do Esporte ainda carece de referencial e conhecimento específico para investigação nessa área. Dentre os problemas que essa situação acarreta podem ser enumerados três fundamentalmente importantes. O primeiro vai de encontro ao posicionamento de Takase (2005), que diz respeito ao fato de que grande parte das pesquisas na área da psicologia do esporte está focada em temas clássicos, como ansiedade, motivação e concentração. Tais trabalhos se utilizam de instrumentos como questionários e inventários que são análises de conteúdo e descrições do comportamento do indivíduo relacionado aos aspectos emocionais deixando-se de lado aspectos cognitivos significativamente importantes ao desempenho esportivo. O segundo deles relaciona-se a apontamentos de Barbosa (2008) que menciona a utilização de instrumentos advindos da avaliação em psicologia clínica ou da área educacional com finalidades específica e não necessariamente aplicáveis ao contexto esportivo. Assim, os instrumentos usualmente empregados na avaliação psicológica no esporte foram desenvolvidos com outros objetivos e apresentam evidências de validade para outros contextos, não havendo, no entanto, suporte para sua adequação ao uso na área do esporte. O terceiro problema, praticamente conseqüência do aspecto anterior, é a importação de instrumentos de psicometria esportiva desenvolvidos em outros países e sua aplicação direta aos esportistas brasileiros, sem qualquer estudo sobre a validade da tradução e, geralmente, com a aplicação de normas estrangeiras que apresentam condições físicas e culturais distintas à outras populações. Diante disso, faz-se necessário registrar a lacuna existente no âmbito científico sobre o uso de instrumentos de avaliação neuropsicológica no esporte brasileiro.

Devemos, no entanto, fazer jus ao esforço de pesquisadores brasileiros como Luft e colaboradores (2010), Cozza (2008) dentre outros, em validar e evidenciar validade de instrumentos para a avaliação neuropsicológica das funções executivas de esportistas de rendimento.

Desse modo, nossa discussão em torno da importância das funções cognitivas avaliadas para o desempenho esportivo dos tenistas, baseia-se na comparação dos resultados entre os sujeitos deste trabalho com a base de dados do ProA que se compõem de informações da população brasileira em geral. Diante disso, o ProA pode ser uma ferramenta na área da Neuropsicologia do Esporte que traga maturidade ao campo da psicometria aplicada aos esportistas brasileiros.

Antes da análise dos dados, torna-se importante apontar duas questões relacionadas diretamente com o desempenho dos sujeitos na avaliação cognitiva.

Silvério (2003), afirma que as flutuações no desempenho mental têm sido estudadas há mais de cem anos, tendo sido encontradas evidências que apontam para a sua variação ao longo do dia. Tal variação é individual e em função do ritmo biológico, dentre outras variáveis, havendo diferentes possibilidades a serem consideradas:

1 – ritmos que atingem seu máximo durante a manhã e que depois decrescem ao longo do dia;

2 – ritmos que vão aumentando progressivamente ao longo do dia atingindo seu ponto máximo ao entardecer;

3 – e que, a seguir ao início da tarde há uma depressão em quase todos os ritmos, efeito que é designado como diminuição pós-prandial do almoço.

A duração média da avaliação cognitiva foi de  $21 \pm 0,5$  minutos, tendo sido os sujeitos avaliados entre as 9h e 13h. Apesar do intervalo entre um sujeito e outro ter sido curto, não pode ser descartado alguma possível influência no resultado das tarefas em virtude da ordem de avaliação e em consequência do horário no qual cada sujeito foi avaliado.

Outro fator interveniente aos resultados é o fato da coleta dos dados ter acontecido no final da temporada, mais precisamente na primeira semana do mês de dezembro de 2010. A justificativa para o levantamento de dados ter acontecido nessa época é a dificuldade de reunir sujeitos com essa característica em um mesmo local, no mesmo período do ano. Por ser o tênis uma modalidade individual, cada esportista possui sua rotina de treino e competição, além do mais,

tenistas com o nível dos participantes passam a maior parte do ano fora do país.

O torneio realizado no final do ano tem o caráter de envolver apenas os oito melhores jogadores da temporada. Naquele momento, os sujeitos haviam participado em média de  $27 \pm 3,63$  torneios no ano. Todos alegaram que as duas semanas seguintes seriam de descanso antes do início da pré-temporada de 2011. Apesar de todos haverem afirmado estarem em boas condições físicas e de saúde, não se pode descartar certo nível de fadiga, física e mental.

Demais fatores individuais como idade, nível de prática, mudança de estratégia, personalidade, forma física, motivação, nível de ativação, dentro outros, influenciam o desempenho em determinada tarefa. Como não é objetivo desse trabalho traçar perfil normativo dos sujeitos em relação ao desempenho das funções cognitivas avaliadas, tais considerações valem como apontamentos para futuras investigações.

O desempenho cognitivo funcionalmente operante e preservado é requisito para orientação sobre possibilidade e limites de uma ação, adaptada à situação (EBERSPÄCHER, 1987, apud GRECO, 2002). Magill (1984) considera que na interpretação da informação sensorial se destacam os primeiros sinais captados pelos analisadores ou canais sensoriais, a saber: ótico, acústico, tátil, cinestésico e vestibular, que em conjunto dimensionam internamente o posicionamento do adversário, a velocidade e efeito da bola, o posicionamento do próprio corpo, a posição da raquete, dentre outras. A partir da apresentação dessas informações, vários estágios de seu processamento geram uma série de operações sobre elas que por fim resulta no movimento técnico como resposta à problemática estabelecida instantes antes. Diante disso, torna-se importante compreender o conceito de funções cognitivas, sobretudo as de ordem executivas.

De acordo com Andreasen (2005), a Atenção proporciona a habilidade de identificar e selecionar estímulos em um contexto de tempo e espaço, suprimindo conteúdos irrelevantes, sendo ainda um pré-requisito fundamental para o processo de memorização. Para Schmidt (1993), o conceito de Atenção está relacionada à ativação, relacionando-a à capacidade de processamento da informação e ao esforço de estar atento. Gazzaniga, Irvy e Mangun (2002) classificam dois tipos de Atenção, sendo que nesse universo este trabalho abordou a Atenção Seletiva. Segundo os autores, este tipo de Atenção está relacionada à capacidade de dirigir o foco à um ponto específico do ambiente, sendo pré-requisito para a codificação de informações.

O tênis de campo se caracteriza, também, pela velocidade com a qual o tenista precisa elaborar e efetuar suas respostas durante um período de tempo imprevisível, mas certamente longo. A análise das grandezas físicas do jogo, tais como, velocidade, direção, efeito e profundidade da bola, somado à manipulação da raquete, posicionamento do adversário, movimentação nas arquibancadas, e demais fatores envolvidos no confronto exigem do competidor elevada capacidade de inibir e selecionar aspectos que de fato interessam ao seu desempenho naquele momento.

Samulski (2002) entende a Atenção como um estado seletivo, intensivo e dirigido da percepção, sendo esta o processo de apreciar a realidade, como também da vivência dos sentidos ao receber e transmitir as informações sobre si e determinado meio ambiente.

Importante destacar nesse momento que as análises a seguir se referem aos resultados alcançados pelos sujeitos no nível 2 de cada tarefa. A arquitetura geral do ProA estabelece que este nível mede de fato o desempenho do sujeito na função cognitiva avaliada.

A tarefa apresentada no ProA foi originalmente desenvolvida por Stroop, e serviu de base para a tarefa de Atenção Seletiva do ProA. Os dados relativos ao desempenho dos sujeitos nessa tarefa indicam que cinco sujeitos estão acima da média, enquanto três estão abaixo dela. Quando analisado o desempenho dos sujeitos sob as unidades de desvio-padrão em torno da média, cinco deles estão dentro do esperado para a sua faixa etária, dois estão acima do esperado e um sujeito está abaixo do esperado para sua idade.

De modo geral, os resultados na tarefa de Atenção Seletiva indicam satisfatório desempenho do grupo como um todo, havendo apenas um sujeito com desempenho ruim. Importante ressaltar que os dois sujeitos que obtiveram melhor desempenho nessa tarefa são atualmente os melhores tenistas brasileiros em simples e dupla, em nível mundial.

A condição mental, frequentemente sugerida como determinante ao sucesso do tenista, possui implicações e relações estreitas com processos cognitivos, como Memória de Trabalho e Atenção. Para Miranda, Nunes, Silveira et al (2006), a Memória não se constitui apenas em um reservatório temporário de informações, mas cumpre um papel ativo, executivo e de processamento, sendo considerada como um local de estocagem das representações e dos conhecimentos. Ela representa uma faculdade cognitiva de extrema importância, pois forma a base da aprendizagem, sendo, ainda um sistema combinado de armazenamento e processamento de informações que auxilia o

gerenciamento de inúmeras tarefas diárias. A Atenção, por sua vez, e de acordo com Andreasen (2005), relaciona-se também com a habilidade de identificar e selecionar estímulos em um contexto de tempo e espaço, suprimindo conteúdos irrelevantes, proporcionando o bom funcionamento de diversos comportamentos. Desse modo, a Atenção é uma função cognitiva complexa, sendo, ainda pré-requisito fundamental para o processo de memorização.

No tocante à Memória de Trabalho, Izquierdo (2002), afirma que esta função cognitiva possui a possibilidade de manipulação da informação adquirida, havendo de acordo com Kantowitz, Roediger e Elmes (2006), uma relação entre Memória de Curto Prazo e Memória de Trabalho. Para eles estes dois processos são os mesmos sistemas, pelo fato de que toda informação armazenada e evocada em um curto período necessita de organização e manipulação do conteúdo. Indo mais além, Capovilla et al (2007), menciona a relação do sistema de Memória de Trabalho com o córtex pré-frontal lateral, que apresentam conexões com a Memória de Longo Prazo, tornando disponível a representação transitória da informação para a execução de determinada tarefa com experiências passadas ou atuais.

De acordo com os idealizadores do sistema ProA, a tarefa utilizada para a avaliação da Memória de Trabalho visuo-espacial é adequado para avaliar o desempenho cognitivo de atletas no ambiente esportivo. A atividade consiste na memorização e resgate da posição de figuras geométricas distribuídas pelo espaço apresentado, sem a necessidade de que detalhes sobre as figuras sejam codificadas ou armazenadas, mas somente a posição em que elas se encontram no painel.

Sobre o desempenho dos sujeitos na tarefa de Memória de Trabalho é possível destacar que seis sujeitos estão acima da média populacional, enquanto dois estão abaixo dela. Quando analisado o desempenho dos sujeitos sob as unidades de desvio-padrão em torno da média, cinco deles estão dentro do esperado para a sua faixa etária, dois estão acima do esperado e um sujeito está abaixo do esperado para sua idade.

Os resultados encontrados nessa tarefa podem ser considerados melhores do que aqueles obtidos na tarefa de Atenção Seletiva, indicando maior desempenho do grupo como um todo em Memória de Trabalho. Interessante enfatizar que o mesmo sujeito considerado com desempenho ruim na tarefa anterior, também obteve desempenho ruim aqui. Merece destaque também o fato de que os dois sujeitos que obtiveram melhor desempenho em Memória de Trabalho são os mesmos

que alcançaram os melhores resultados na Atenção Seletiva, sendo eles, atualmente, os melhores tenistas brasileiros em simples e dupla, e de expressão mundial.

A terceira tarefa cognitiva avaliada foi a Habilidade Visuo-Espacial. O termo visuo-espacial engloba diferentes categorias de processamento, como a capacidade de rotação mental, de percepção espacial e de visualização espacial. Dentre as diferentes percepções associadas aos sentidos, a visual, é o resultado final da visão como um todo. Ela depende da capacidade de detectar a luz e interpretar o estímulo luminoso, de forma estética e coerente, sendo que déficits na integração perceptual aparecem como desordens de reconhecimento (MATLIN, 2004). O tênis de campo é uma modalidade na qual a percepção visual é altamente exigida. Esse fato torna a avaliação da Habilidade Visuo-Espacial extremamente interessante.

Curiosamente, o desempenho dos sujeitos nessa tarefa foi de modo geral baixo, contrariando o fato de ser uma habilidade altamente exigida e supostamente trabalhada de forma natural no contexto da prática do tênis de campo.

Apesar da análise das unidades de desvio-padrão em torno da média indicar que seis sujeitos estão dentro do esperado para sua faixa etária, um sujeito está muito acima do esperado e outro abaixo, a análise a partir da média indica que cinco sujeitos estão abaixo da média e três estão acima dela.

De fato, os resultados em Visuo-Espacial foram surpreendentes, e a inexistência de parâmetros de outras amostras de tenistas e mesmo de outras modalidades, torna complexa a tarefa de inferir sobre os resultados na expectativa de compreendê-los. De qualquer maneira, vale registrar que o sujeito com desempenho ruim nas outras duas tarefas, novamente alcança um desempenho fraco. Os sujeitos que apresentaram melhor desempenho nessa tarefa são duplistas, sendo que um deles é o mesmo que se destacou nas tarefas anteriores.

O fato dos tenistas com melhor ranking terem alcançado melhores desempenhos nas tarefas cognitivas, pode indicar evidências semelhantes as encontradas por Cozza (2008) que avaliou funções executivas em atletas de voleibol e verificou correlação entre o desempenho cognitivo com o desempenho em situações reais de jogo. Segundo ele entende que as funções cognitivas podem exercer papel significativo também durante o embate competitivo. Os resultados indicaram correlações significativas entre o *scout de jogo* e o desempenho cognitivo dos atletas identificando relações entre funções na equipe e funções cognitivas específicas. Tomando ainda os

ensinamentos de Funahashi (2001), fica claro que, o conhecimento sobre funções cognitivas, como Memória de Trabalho e Atenção Seletiva torna-se importante na busca pela maximização do desempenho de tenistas. Segundo este estudo, uma operação motora envolve vários processos cognitivos, direcionados à realização de uma tarefa particular, mostrando que as ações motoras no esporte não são simplesmente reações mecânicas do movimento, como ocorre em respostas a estímulos externos sem planejamento prévio. Ao contrário, a ação motora no esporte envolve planejamento cognitivo, dentre outros aspectos.

Tal observação se torna extremamente pertinentes ao tênis de alto nível uma vez que ele envolve demandas de velocidade e precisão nas respostas. Tal exigência requer habilidades de funções executivas, como, por exemplo, controle inibitório e memória de trabalho, com manipulação das representações mentais necessárias para cumprir a resposta motora correta. As evidências de Pie, Pitcher e Hay (1999) mostraram que crianças com déficit de atenção apresentam dificuldades e até mesmo alterações na coordenação motora.

O presente trabalho, portanto, tende a corroborar com estes achados ao revelar que tenistas com melhor desempenho na quadra, considerando seu ranking na modalidade, possuem estreita relação com seu desempenho em tarefas cognitivas relacionadas às funções executivas. Certamente que tais achados devem ser tomados com cautela, visto que o número de sujeitos foi pequeno e não houve correlação homogênea entre o ranking de cada sujeito e seu desempenho cognitivo. Mais estudos deverão ser conduzidos a fim de verificar tal relação.

De qualquer maneira este estudo pretendeu ser uma contribuição modesta ao tênis nacional, trazendo achados de outros estudos que evidenciam a importância das funções cognitivas para tarefas esportivas específicas. Retomando o diálogo de Takase (2005), tais achados podem auxiliar treinadores e especialistas do esporte a elaborar intervenções com maior qualidade, promovendo até mesmo redução no tempo de treinamento para desenvolvimento de habilidades técnicas, minimizando assim riscos de lesão, overtraining e outros ganhos aos tenistas.

## **Análise da FC e da VFC**

O primeiro aspecto a ser considerado sobre a FC e os índices da VFC trata dos valores dessas variáveis durante a Linha de Base.

Quanto à FC em repouso, a média foi de  $74,9 \pm 14,3$  bpm. Tal valor pode ser considerado alta para esportistas profissionais. Analisando os dados individuais de alguns sujeitos temos o **sujeito 6** com FC em repouso de  $96,79 \pm 2,81$  bpm, o **sujeito 4** com FC de repouso de  $89,24 \pm 4,90$  bpm e o **sujeito 5** com FC de  $80,20 \pm 2,93$  bpm. Estes valores elevados para a FC em repouso chamam atenção, sugerindo que estes participantes pudessem estar sob fadiga ou que seus níveis de condicionamento aeróbio sejam reduzidos. Pode-se considerar também, que o nível de ativação na condição pré-teste estava elevado em função de alguma perturbação ansiogênica relacionada à atividade a ser desenvolvida, fenômeno bem conhecido dos estudiosos da ansiedade pré-competitiva (ROSE JÚNIOR, 1998).

Porém, está última consideração torna-se pouco provável, haja vista que os sujeitos desse estudo fazem parte da elite do tênis nacional, com expressiva representatividade internacional e média de  $17 \pm 4,2$  anos de experiência em torneios ao redor do mundo. Maiores reflexões sobre a aptidão aeróbia dos sujeitos podem suscitar possibilidades factíveis para explicar a frequência cardíaca elevada em repouso.

O tênis é considerado uma modalidade de característica intermitente na qual se alternam períodos de esforço com períodos de recuperação. A duração média do rally para disputas na categoria profissional masculina é de  $5,2 \pm 1,8$ s, com tempo efetivo de jogo em torno de 25% nas partidas com duração de 1 a 4 horas. Por essas e outras particularidades o tênis tem sido descrito como sendo uma modalidade intermitente, anaeróbia acíclica com fases de recuperação aeróbia (REID e SCHNEIKER, 2008).

No entanto, alguns autores, ao longo das primeiras publicações sobre as demandas metabólicas do tênis, sugeriam que esta é uma modalidade aeróbia em virtude da duração das partidas (SELIGER, 1973). Porém, nos dias de hoje o senso traz que a natureza explosiva dos gestos técnicos, como o saque e os golpes de fundo, sobretudo, e as inúmeras corridas curtas com rápidas mudanças de direção requerem do tenista elevada capacidade aneróbia. Diante disso, sugere-se que a melhor classificação para a modalidade é tratá-la como uma atividade com predominância de ações dependentes de fontes energéticas de origem anaeróbia que requer significativos níveis de condicionamento aeróbio para a rápida recuperação entre os estímulos de modo a evitar a fadiga (KOVACS, 2006).

Inúmeros trabalhos investigaram a aptidão aeróbia de tenistas. Ferrauti, Schulz, Strüder et al (1998) obtiveram valor médio de  $VO_{2máx.}$  na ordem de  $41,6 \pm 6,0$   $mlO_2/kg/min$  em 12 jogadores nacionais do sexo masculino, enquanto Fernandez, Fernandez-Garcia, Mendez-Villanueva et al (2005) apresentaram em seus resultados um  $VO_{2máx.}$  médio de  $58,2 \pm 2,2$   $ml/kg/min$  em seis jogadores masculino de nível internacional. Estes valores de  $VO_{2máx.}$  são considerados baixos quando comparados a atletas praticantes de modalidade de caráter tipicamente aeróbio. A título de ilustração, Jensen-Urstad, Saltin, Ericson et al (1997) investigando a bradicardia em corredores masculinos, encontraram consumo máximo de oxigênio em corredores com  $25 \pm 3$  anos de idade na magnitude  $73,1 \pm 3,9$   $mlO_2/kg/min$ . Para elucidar diversos aspectos relacionados ao tema, teríamos que explorar questões como o Princípio da Especificidade, da Individualidade Biológica, dentre outros. Mas esta discussão foge do nosso objetivo. Mesmo porque este presente estudo não considerou as características aeróbias dos sujeitos como variável de controle. A questão levantada gira em torno do fato da frequência cardíaca dos sujeitos estarem elevada em situação de repouso.

A grande maioria dos trabalhos sob componentes fisiológicos dos tenistas buscam investigar a demanda energética imposta ao jogador durante os confrontos (FERNANDEZ-FERNANDEZ; SANZ-RIVAS; FERNANDEZ-GARCIA et al, 2008; KÖNIG; HOUNKER; SCHMID et al, 2000; BERGERON; MARESH; KRAEMER et al, 1991). Nesse sentido, apenas um dos trabalhos revisados para esta pesquisa traz a descrição da frequência cardíaca de tenistas em estado de repouso. A amostra utilizada por Terminarias, Dansu, Chirpaz-Oddou et al (1990), foi composta por tenistas jovens, com idade entre 15 e 30, que apresentaram frequência cardíaca de repouso de  $63 \pm 3,3$  em média. No entanto, esses autores não descreveram o nível de rendimento dos sujeitos em questão, nem o nível de envolvimento deles com o tênis competitivo.

A dificuldade de encontrar parâmetros em trabalhos publicados e realizados especificamente com tenistas com nível de rendimento similar aos sujeitos desse trabalho impossibilita uma comparação das informações obtidas neste trabalho.

Em nossa experiência profissional, percebemos que de fato os tenistas, normalmente, não participam de atividades que visam o desenvolvimento das qualidades físicas relacionadas à aptidão aeróbia. Desse modo, uma baixa condição aeróbia poderia explicar a elevada frequência de repouso de alguns sujeitos. No entanto, apesar de tal possibilidade, o momento da coleta de dados, como citado

anteriormente, pode ter contribuído significativamente para a magnitude da frequência cardíaca, nos remetendo ao tema do overtraining.

Além da condição aeróbia influenciar a FC de repouso, Bosquet, Merkari, Arvisais et al (2008), afirmam que um dos primeiros sintomas da síndrome do overtraining é o aumento da frequência cardíaca durante o repouso, mesmo em atletas bem treinados. Esta síndrome é usualmente definida como um acúmulo de cargas, de treinamento ou competições, que resulta em uma queda no desempenho geral.

Apesar do tema ser amplamente discutido na literatura, percebe-se que a grande maioria dos trabalhos possui uma amostra muito pequena, sendo seus resultados passíveis de considerações. A maior complexidade é encontrar sujeitos que de fato estejam na condição de overtraining e inseri-los de imediato em estudos sob o rigor imposto pela investigação científica.

Mesmo assim, a revisão de Armstrong e VanHeest (2002) sobre os mecanismos da síndrome de overtraining fortalece a possibilidade de que estes tenistas estivessem, naquele momento, em overreaching ou em processo de overtraining, ou apenas em fadiga aguda, é verídica. Porém, nenhum dos tenistas manifestou quadros de infecção, depressão ou queda significativa de rendimento. Segundo Budgett (1998), estes sintomas estão fortemente relacionados ao estado de overtraining.

O trabalho de Colcombe e Kramer (2003) constatou que as intervenções de exercício melhorou significativamente as medidas de velocidade de processamento, processamento visuo-espaciais, o processamento controlado, e controle de processos executivos. Maior nível de condicionamento físico aeróbio foi associada com aumento de volume no hipocampo direito e esquerdo em adultos mais velhos, e essa relação, em parte, a relação mediada entre aptidão aeróbia e desempenho de memória espacial (ERICKSON et al., 2009). Além disso, uma intervenção com exercícios aeróbicos de três meses de aumento do volume sanguíneo cerebral, considerado uma correlação in vivo da neurogênese, no hipocampo humano adulto e foi correlacionado com o desempenho cognitivo melhor (PEREIRA et al., 2007).

Mas a análise dos indicadores da VFC na LB evidencia que estes sujeitos também apresentam baixa VFC, sob a ótica dos índices no domínio do tempo e dos métodos não-lineares. É esperado que indivíduos com maior FC na LB também apresentem menores valores nos indicadores da VFC. Kellmann (2002) distingue overtraing simpático e overtraining parassimpático, como duas possíveis situações de overtraining. No overtraining simpático, uma predominância da atividade simpática é sugerida, com FC e PA de repouso aumentadas,

apetite diminuído, perda de massa corporal, distúrbio do sono e irritabilidade. Enquanto no overtraining parassimpático, é sugerida uma forte predominância da atividade parassimpática caracterizada pela queda da FC e PA de repouso, longos períodos de sono e depressão. Bosquet et al (2008) considerarem que existem poucas evidências científicas que coadunem com essa classificação, elucidam a relação entre overtraining e os ramos do Sistema Nervoso Autônomo e sua conseqüente manifestação na VFC.

A análise da VFC em repouso em comparação ao período da avaliação cognitiva apresentou diferenças, apesar destas não terem sido estatisticamente significativa. A VFC é maior e a FC é menor durante a LB. Esta condição sugere predomínio da ação vagal no momento de repouso. Moreira (2006) aponta que o SNA contribui para a regulação do débito cardíaco durante o repouso. Afirma que o tônus parassimpático controla o estado de repouso, enquanto que no momento no qual o sujeito realiza alguma atividade haverá queda da ação vagal e subseqüente ativação simpática. Diante disso, pode ser inferir que as diferenças na FC e nos índices da VFC entre o repouso e a realização do ProA pode ter ocorrido em decorrência da alternância de estados dos sujeitos que de alguma forma perceberam efeitos estressores por conta da atividade. O que é condizente com a concepção de estresse apresentado neste trabalho, cujo entendimento de estresse é se trata de um estado que exige respostas adaptativas do indivíduo para formular comportamentos que possam enfrentar uma dada situação (JONES, 1990).

O RR e o rMSSD são tipicamente utilizados para avaliar o funcionamento cardíaco do ponto de vista da modulação do SNA. Indicadores da VFC em repouso com valores reduzidos podem sinalizar disfunção do sistema autônomo, muito frequentemente associado a condições de fadiga crônica, doenças coronárias, diabetes e outras condições patológicas (Task Force, 1996). No entanto, todos os sujeitos alegaram bom estado de saúde e o não uso de qualquer tipo de medicamento controlado.

Outras questões a serem consideradas durante o estudo dos índices da VFC advém de Pinna (2007). Este autor argumenta que apesar da ampla utilização da VFC em pesquisas e exames clínicos, valores de referência para os indicadores da VFC ainda possuem pouco suporte em estudos rigorosos e de confiabilidade inquestionável. Segundo este autor, algumas variáveis interferem na construção de perfil normativo para os índices da VFC, a saber: (i) diferença nos protocolos,

sobretudo em função dos equipamentos utilizados; (ii) tamanho da amostra; (iii) duração dos registros do RR muito curto ou muito longo.

Na expectativa de comparar a VFC em repouso dos sujeitos desta pesquisa com outros trabalhos, não foi encontrado na literatura revisada informações sobre o perfil normativo dos indicadores da VFC de tenistas de alto nível ou de outros esportistas em repouso. Há sim, uma enormidade de trabalhos sobre a VFC em diferentes tipos de população, trazendo seus achados e mostrando grande diversidade de valores para cada um dos indicadores da VFC.

Ferreira et al (2010), coletou por meio do monitor de frequência cardíaca modelo Polar S810i, valores dos índices não-lineares da VFC em sujeitos jovens com idade entre 18 e 22 anos, média de  $20,2 \pm 1,31$  anos de idade, afim de caracterizar o comportamento caótico nas séries RR desses indivíduos. Em seu protocolo os voluntários foram colocados deitados em posição supina e permaneceram em repouso em respiração espontânea por 20 minutos. Ao apresentar os resultados da sua coleta de dados, os autores descreveram os seguintes valores para os índices investigados:  $FC_{rep} = 83,4 \pm 7,58$  bpm;  $SD1 = 16,36 \pm 8,62$  ms e  $SD2 = 26,64 \pm 11,93$  ms. Após a discussão dos dados os autores concluíram que foi possível caracterizar o comportamento esperado. A frequência cardíaca em repouso ( $FC_{rep}$ ) foi maior nos sujeitos avaliados no estudo de Ferreira e colaboradores que a média da  $FC_{rep}$  em nosso trabalho ( $74,9 \pm 14,3$ ). Os valores médios dos índices não-lineares da VFC em nossa investigação foram maiores do que aqueles encontrados por Ferreira. A média do SD1, que indica a ação do parassimpático, em nosso trabalho é  $20,9 \pm 9,20$  ms contra  $16,36 \pm 8,62$  ms. A média do SD2, que indica a variabilidade global e por isso seu valor é sempre maior do que SD1, é  $68,8 \pm 27,90$  ms contra  $26,64 \pm 11,93$  ms no trabalho de Ferreira et al (2010).

No trabalho de Gamelin et al (2006) o objetivo foi comparar os intervalos RR e os índices da VFC, obtidos a partir do monitor de frequência cardíaca Polar S810 com os valores dos mesmos parâmetros obtidos por um eletrocardiograma (ECG) durante um teste ortostático. Para tanto avaliaram 18 homens saudáveis e estilo de vida ativa com idade média de  $27,1 \pm 1,9$  anos de idade. Em uma das conclusões desses autores eles asseguram que a magnitude muito pequena de diferença, ao lado de forte correlação encontrada entre os dados obtidos pelo Polar e os dados do ECG ( $r > 0,99$ ,  $p < 0,001$ ), credencia o Polar como um instrumento válido para medir os intervalos RR. Além disso, nos resultados dessa investigação os autores apresentam os seguintes valores para os índices obtidos por meio do Polar com os sujeitos deitados na

posição supina: SDNN= 50,1±18,8; rMSSD= 46,5±23,7; SD1= 33,2 ±16,8 e SD2= 70,8±22,1, e os valores com os sujeitos na posição em pé: SDNN= 41,4±13,0; rMSSD= 20,7±8,6; SD1= 14,8 ±6,1 e SD2= 67,2±21,0. A diferença dos valores entre a posição deitada e a posição em pé foi significativa, indicando que os índices da VFC são dependentes do posicionamento do sujeito. Uma das explicações para isso está no fato do retorno venoso ser favorecido quando o indivíduo está deitado.

Vale assinalar a diferença dos valores entre o estudo de Gamelin e o estudo de Ferreira. Nos dois trabalhos os sujeitos tiveram sua VFC avaliada a partir de dados obtidos em posições idênticas. Havendo entanto, valores mais expressivos no estudo de Gamelin, se comparad aos valores obtidos por Ferreira.

Também no trabalho de Aubert et al (2001) é apresentado valores discrepantes entre os índices da VFC com os sujeitos deitados e com os sujeitos em pé. Nessa investigação os pesquisadores compararam os índices de sujeitos sedentários com índices de sujeitos treinados aerobiamente. Os indivíduos treinados obtiveram valores mais expressivos do que os sujeitos sedentários sendo que na posição deitado o RR dos indivíduos treinados foi 1100,3±158,5 x 880,7 ±263,8 dos inativos. O rMSSD dos ativos aerobiamente foi 73,5 ±23,7 contra 45,5 ±26,8 dos inativos.

Fronchetti et al (2006), buscaram verificar em uma amostra composta por vinte homens, idade média de 21,3±2,6 anos, não-atletas e não praticantes de exercícios físicos, o grau de associação entre a frequência cardíaca de repouso ( $FC_{Rep}$ ) e diferentes índices de variabilidade da frequência cardíaca (FC) em repouso com a intensidade de esforço referente ao limiar de variabilidade da FC. As relações encontradas pelos autores permitiram-lhes concluir que a maior atividade vagal de repouso pode postergar o aumento da predominância simpática em exercício progressivo. Para a obtenção dos dados em repouso os sujeitos permaneceram por três minutos, sentados em bicicleta estacionária na qual fariam o trabalho físico previsto. Foi utilizado um monitor de frequência cardíaca modelo Polar S810i para a coleta das informações relativas à VFC. Na descrição dos seus resultados eles encontraram os seguintes valores para suas variáveis com os sujeitos em condição de repouso:  $FC_{Rep}$ = 80±13; rMSSD= 47,4±24,0; SD1= 49,4±18,7; SD2= 110,5±34,5. A frequência cardíaca de repouso dos sujeitos do trabalho de Fronchetti e colegas foi mais alta que a média encontrada em nosso trabalho ( $FC_{Rep}$ = 74,9±14,3). Contudo, as

outras variáveis, indicadoras da VFC, possuem valores mais expressivos no primeiro trabalho.

As diferenças entre os dados relatados em outros trabalhos e os encontrados nessa pesquisa estão relacionadas, sobretudo nos protocolos utilizados, nas particularidades fisiológicas dos sujeitos e certamente nos meios utilizados para análise os sinais elétricos do coração. Tal situação evidencia a importância por uma padronização de protocolos e instrumentos a serem utilizados em estudos futuros.

### **Relações entre Desempenho Cognitivo, FC e índices da VFC**

Entende-se que a neuropsicologia tem relação direta com o esporte já que é o campo do conhecimento que trata da relação entre cognição, comportamento e atividade do sistema nervoso, sendo uma tentativa deste trabalho transpor tal aplicação ao tênis de campo. Além de descrever os resultados de uma avaliação cognitiva, este estudo também investigou as possíveis relações entre os indicadores de desempenho cognitivo com a FC e os índices da VFC, principalmente no domínio do tempo e não-lineares.

Nos últimos anos, os estudos da VFC ganharam interesse e aplicabilidade nas ciências do esporte. A VFC durante o exercício físico permite uma análise adicional e não-invasiva do controle neural da FC durante o exercício, serve como método de avaliação das alterações de curto e longo prazo no SNA associadas ao treinamento, como preditora de aptidão física, como método de identificação dos limiares metabólicos aplicados ao esforço e marcadora no diagnóstico do overtraining (KATONA; MCLEAN; DIGHTON et al, 1982; ALONSO et al, 1998; ALONSO; FORJAZ; REZENDE et al, 1998; NAKAMURA; AGUIAR; FRONCHETTI et al, 2005; BRUNETTO; SILVA; ROSEGUINI et al, 2005; BRUNETTO; ROSEGUINI; SILVA et al 2008; ABAD, 2006; FRONCHETTI; NAKAMURA; AGUIAR et al, 2006; KAWAGUCHI; NASCIMTO; LIMA et al, 2007). A aplicação da VFC enquanto (HEDELIN; WIKLUND; BJERLE et al, 2000; BAUMERT; LOCK; BRECHTEL et al 2006; BOSQUET; MERKARI; ARVISAIS et al, 2008).

Contudo, é crescente também o número de estudos que investigam a relação da VFC com o desempenho cognitivo. Tal relação se torna interessante e pertinente à área do treinamento, uma vez que é consenso entre treinadores, esportistas e estudiosos do tênis, que um dos fatores determinantes para o sucesso de um tenista no alto nível é a sua condição mental (WEINBERG, 1988; PONTES, 2010; CLETO, 2010; KUERTEN, 2010). Essa condição mental, dentre outros aspectos, incorpora justamente o funcionamento adequado de funções executivas, como Atenção e Memória de Trabalho.

O interesse dessa relação recai nas evidências de que uma condição mental favorecida pode estar relacionada à grandeza dos índices VFC com o desempenho cognitivo. Mas apesar do grande número de investigações sobre a VFC e sua aplicabilidade na área do treinamento esportivo, e de sua relação com o desempenho cognitivo, não encontramos em nossa revisão bibliográfica trabalhos que investigassem esta possibilidade em tenistas de alto rendimento.

Um dos mecanismos que tem sido relacionado às funções executivas, é a atividade no sistema cardiovascular. Na última década, uma maior atenção tem sido dirigida para a flutuação dos intervalos entre os batimentos cardíacos normais. Esta flutuação vem sendo referida como variabilidade da frequência cardíaca (VFC). De acordo com algumas evidências, uma condição cognitiva favorecida pode estar relacionada à modulação do SNA traduzida pelos índices da VFC (THAYER; HANSEN, 2009; LUFT; TAKASE; DARBY, 2009; TEIXEIRA, 2008; MATTHEWS; PAULUS; SIMMONS et al, 2004; HANSEN; JOHNSEN, 2004; AUBERT; SEPS; BECKERS, 2003; HANSEN; JOHNSEN; THAYER, 2003; BOORAS, 2001).

Alguns trabalhos com esportistas dessa modalidade foram encontrados, mas a investigação de Booras (2001) merece destaque pelo fato que foi o único que buscou evidenciar a relação entre habilidades mentais e desempenho esportivo. Em sua pesquisa o autor procurou determinar se tenistas com maior habilidade mental poderiam realizar tarefas específicas do tênis com maior precisão do que atletas com menor habilidades mentais sob duas condições, fadiga e sem fadiga. Como instrumento para determinar o nível de habilidade mental dos tenistas o autor utilizou o *Athletics Coping Skills Inventory-28/ACSI-28*. Os sujeitos foram divididos em dois grupos – Grupo de baixo desempenho mental e Grupo de alto desempenho mental, de acordo com os resultados obtidos no ACSI-28.

A tarefa específica do tênis consistia em uma série de bolas lançadas por uma máquina de lançamento, imitando uma situação real de

“*rally*”. O jogador deveria rebater as bolas buscando devolvê-la em áreas determinadas do outro lado da quadra, marcando o número de pontos atribuídos a cada área. Na expectativa de alcançar seus objetivos, o autor submetia os sujeitos a uma atividade prévia conduzindo-os ao estado de fadiga e depois realizava a tarefa específica de precisão. Enquanto um grupo realizava a tarefa em condições de não-fadiga, o outro grupo realizava a mesma tarefa sob condições de fadiga. Em outro dia, a situação se inverteu. A análise de variância para medida repetidas determinou que não houve interação significativa entre nível de habilidade mental e escores na tarefa de precisão, mas ficou registrado o fato do grupo de baixo desempenho mental ter sofrido um decréscimo de 19% durante a condição de fadiga em comparação a 9% para o grupo de alta habilidade mental, deixam claro a possível relação entre desempenho cognitivo e desempenho motor.

Apesar da VFC não ter sido investigada no estudo de Booras (2001), seus resultados sugerem a possibilidade do rendimento de alto nível estar sujeito a questões pouco investigadas e aplicadas na prática. Uma delas é a importância do desempenho cognitivo em situação de fadiga e estresse, situação notoriamente relacionada ao ambiente de competições dos tenistas.

Diante do exposto, o objetivo dessa investigação foi avaliar e descrever o desempenho cognitivo de tenistas profissionais e juvenis e investigar as relações entre este desempenho com o comportamento dos índices da VFC obtidos antes e durante a realização das tarefas cognitivas.

O confronto de nossos achados com a literatura, indica que eles estão de acordo com as afirmações de Thayer e Ruiz-Padial (2006). Estes autores estabelecem que o nível de VFC em repouso possui correlação com desempenho cognitivo, esclarecendo que aqueles indivíduos com maior VFC possuem respostas mais adequadas quando comparados com aqueles com baixa VFC. Em nosso trabalho, realizamos a comparação do Grupo de sujeitos com maior rMSSD em repouso com o Grupo de sujeitos com menor rMSSD. O primeiro grupo obteve médias maiores nos resultados nas tarefas cognitivas (diferença não-significativa a nível de 95% entre os grupos).

O presente trabalho também está de acordo com os achados de Hansen, Johnsen e Thayer (2003) que investigaram os efeitos da ativação do nervo vagal durante a realização de tarefas executivas e não-executivas, em 53 marinheiros da Marinha Real Norueguesa. A propriedade de reagir às tarefas cognitivas foi investigada por meio da VFC. Os sujeitos foram divididos em dois grupos, Alta-VFC e Baixa-

VFC. O referencial para essa divisão também foi o índice rMSSD, obtido durante 5 minutos de Linha de Base.

Os resultados indicaram que os indivíduos do grupo Alta-VFC alcançaram melhores desempenhos no teste cognitivo. Assim como os tenistas que compunham o Grupo 1 com maiores valores de rMSSD na LB, o grupo de sujeitos do trabalho de Hansen et al (2003) foi mais rápido nas respostas, com maior número de acertos e menor erro, quando comparado ao outro grupo. Os autores concluíram que ação do parassimpático, avaliada pela magnitude do rMSSD em situação de repouso, associa-se especialmente com o desempenho de funções executivas.

Para elucidar essa questão, trazendo a VFC para seu interior, Teixeira (2008) investigou a correlação entre FC e VFC com tomadas de decisões boas ou ruins executadas por um enxadrista durante a partida. Para tanto o sujeito desse estudo foi submetido a condições de jogo que reuniu intensa atividade mental, ansiedade e pouca atividade física, de modo a assegurar que alterações psicofisiológicas, registradas pela modulação do SNA na FC, tenham sido eliciadas por fatores psicofisiológicos e cognitivos. O autor afirma que o modo como o jogador percebe a partida, o quanto ele se mantém concentrado, sente-se ameaçado, motivado e esperançoso, influenciam a atividade do SNA em uma constante regulação entre o jogador (meio interno) e o ambiente (meio externo). Os resultados obtidos indicam que a VFC mais elevada sinaliza uma melhor condição para o rendimento nos jogos e eficiente tomada de decisão. O fato dos sujeitos do Grupo 1 desse presente trabalho terem alcançado melhores resultados no nível 3 das três tarefas, aponta melhor adaptação desses sujeitos à situação de estresse imposta pela pressão de tempo existente nesse nível do teste cognitivo.

Outra preocupação deste trabalho pesquisa foi buscar identificar alterações nas condições psicofisiológicas ao longo da avaliação, e não simplesmente na comparação com o nível de base.

Uma justificativa para essa busca está na hipótese de que nos instantes que sucedem a execução do saque por exemplo, a maneira como o jogador está interpretando a partida, o placar, seu nível ativação e cansaço, irão refletir na modulação autonômica interferindo de alguma maneira seu desempenho naquele momento. A literatura aponta a existência de um nível ideal de ativação ou zonas individuais de desempenho ideal, dessa maneira. No entanto, são escassas pesquisas que se utilizam do conceito da VFC como marcador dessa zona ideal de ativação. Hipoteticamente, a ação do parassimpático e do simpático em resposta às demandas do processo de avaliação cognitiva, sobretudo no

ProA que possui níveis diferentes, incluindo no nível 3 fatores estressores, poderia indicar o comportamento do sujeito diante dessas diferentes e demandas sugerindo seu nível de preparo para enfrentá-las.

Porém, não foi possível estabelecer relações e inferências nesse sentido, muito provavelmente em função do reduzido tempo com as quais as tarefas foram realizadas e pela heterogeneidade do tempo de registro entre os sujeitos em cada um dos níveis. Esta condição não permite análises desta natureza tornando qualquer conclusão passível de grandes equívocos. Do modo como o ProA funciona torna-se inviável o controle do tempo de cada tarefa em cada um dos níveis. Além disso o software utilizado para o tratamento dos sinais capturados pelo exige para determinadas análise um período mínimo de 30s e para outro 90s. Mas a dinâmica das tarefas de avaliação por vezes não permite esse aglomerado de dados.

## CONCLUSÃO

A maioria dos sujeitos obteve desempenho cognitivo acima da média, sendo dois sujeitos com desempenho muito acima do esperado em relação à população de mesma faixa etária na tarefa de Atenção Seletiva. Um sujeito obteve desempenho abaixo da média e abaixo do esperado nessa tarefa.

Na tarefa de Memória de Trabalho a maioria dos sujeitos obteve desempenho cognitivo acima da média, sendo dois sujeitos com desempenho muito acima do esperado em relação à população de mesma faixa etária. Um sujeito obteve desempenho abaixo da média e abaixo do esperado.

A maioria dos sujeitos obteve desempenho cognitivo na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial abaixo da média, mas dentro do esperado para a faixa etária. Um sujeito obteve desempenho acima da média e muito acima do esperado, enquanto outro sujeito obteve desempenho abaixo da média e muito abaixo do esperado em relação à população de mesma faixa etária.

Houve diferença significativa entre os valores de RR, FC e rMSSD obtidos durante a realização do nível 2 da tarefa de Atenção Seletiva quando comparado aos valores obtidos durante a realização do nível 3 dessa tarefa. Os valores de RR, FC, e rMSSD foram maiores no nível 2.

O SDNN não apresentou diferença significativa entre os níveis 2 e 3 da tarefa de Atenção Seletiva. Contudo, o estudo dos sinais de Wilcoxon demonstrou que para a maioria dos sujeitos sofreu redução do valor de SDNN no nível 3 em relação ao nível 2.

Foi encontrada diferença significativa entre o RR, FC e rMSSD do nível 2 da tarefa de Memória de Trabalho e os valores do nível 3 dessa tarefa. Os valores desses índices foram maiores no nível 2.

O valor médio do SDNN não apresentou diferença significativa entre estes dois níveis, porém a maioria dos sujeitos apresentou valores maiores no nível 3 em relação ao nível 2 na tarefa Memória de Trabalho.

O valor de rMSSD no nível 2 da tarefa de Habilidade Visuo-Espacial foi maior do que seu valor no nível 3, havendo diferença significativa entre eles. Não houve diferença significativa entre RR, FC e SDNN durante o nível 2 em relação ao nível 3. Contudo, o estudo dos sinais de Wilcoxon demonstrou que houve uma tendência dessas

variáveis assumirem comportamento similar entre os sujeitos, ou seja, serem maiores no nível 2 em relação ao nível 1.

A pressão existente no nível 3 do ProA foi suficiente para induzir redução na ação parassimpática, demonstrado pela queda do rMSSD nas três tarefas avaliadas de forma estatisticamente significativa.

Todos os sujeitos apresentaram melhor desempenho no nível 3, submetidos a pressão, quando comparado ao desempenho no nível 2.

Na comparação entre o Grupo de sujeitos de maior rMSSD na LB com o Grupo de sujeitos de menor rMSSD na mesma situação, o primeiro Grupo apresentou:

1. Maior média de RR na LB;
2. Menor média de FC na LB;
3. Maior média de SDNN na LB;
4. Maior somatória dos Escore-Z de Desempenho Geral nos níveis 2 e 3 das tarefas de Atenção Seletiva e Memória de Trabalho;
5. Maior somatória dos Escore-Z de Desempenho Geral no nível 3 da tarefa de Habilidade Visuo-Espacial;
6. Menor somatória dos Escore-Z de Desempenho Geral no nível 2 da tarefa de Habilidade Visuo-Espacial;
7. Maior somatória dos AETs dos níveis 1, 2 e 3 das três tarefas avaliadas;
8. Menor tempo médio de resposta nas tentativas de cada tarefa;

Não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre RR e FC obtidos na LB com seus valores obtidos no teste cognitivo. Contudo, a análise dos ranks demonstrou que a maioria dos sujeitos sofreu diminuição no valor de RR durante o teste cognitivo e que a maioria dos sujeitos sofreu aumento no valor da FC durante o teste cognitivo.

Conclui-se que:

Os tenistas profissionais deste estudo obtiveram desempenho cognitivo acima da média e dentro do esperado para sua faixa etária nas tarefas de Atenção Seletiva e Memória de Trabalho, enquanto a maioria desses tenistas obteve desempenho abaixo da média e dentro do esperado para sua faixa etária na tarefa de Habilidade Visuo-Espacial.

Em relação aos índices da VFC conclui-se que os tenistas desse trabalho com valores maiores de rMSSD em repouso obtiveram maior desempenho nas tarefas cognitivas.

## **Limitações e considerações finais**

Todo processo investigativo possui suas limitações, em diferentes níveis. Com esse trabalho não seria diferente. Por isso, são registradas aqui algumas considerações que podem ser relevantes para futuras reflexões e questionamentos.

O número de sujeitos é certamente a principal limitação desse estudo.

Muito mais limitante do que o período do ano no qual a coleta foi realizada, é o fato de ter havido apenas uma única coleta das informações. Talvez pudesse trazer maior força às considerações se o trabalho tivesse abarcado várias medidas de cada sujeito, trazendo para o interior da investigação uma segurança maior de que aquelas informações condizem com maior precisão as características reais do sujeito.

A inexistência na literatura de informações que pudessem nortear a compreensão dos dados sobre o desempenho cognitivo de tenistas, sobretudo, de alto rendimento, podem ter limitado o estudo no sentido de seu objetivo de apreender a realidade das variáveis.

Outra limitação diz respeito a falta de controle de variáveis como: qualidade do sono; estado de humor e fatores emocionais.

A investigação de caráter diagnóstica busca identificar funções e capacidades preditivas ou prognósticas ao desempenho do atleta. Para corroborar com as evidências desse trabalho e elevar seu poder de inferência, sugere-se replica-lo com número maior de sujeitos, tendo eles as mesmas características daqueles que participaram desse trabalho.

As informações alcançadas ao longo do desenvolvimento dessa pesquisa fortalecem nossa convicção de que o monitoramento da VFC e do desempenho ao longo da temporada competitiva dos tenistas é ferramenta de grande pertinência para o monitoramento de sua performance.

Também se mostrou de fundamental importância para o contexto da formação e treinamento dos tenistas, a busca pela potencialização das funções cognitivas, sobretudo aquelas executivas.

## REFERÊNCIAS

ABAD, C.C.C. **Pode a variabilidade da frequência cardíaca os limiares metabólicos?** 2006. Dissertação de mestrado. Escola de Educação Física e Esportes, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ACHARYA, U.R.; JOSEPH, K.P.; KANNATHAL, N.; CHOO MIN LIM; SURI, J.S. Heart rate variability: a review. **Medical and Biological Engineering and Computing**, v.44, p.1031–1051, 2006.

ACHTEN, J.; JEUKENDRUP, A.E. Heart rate monitoring: applications and limitations. **Sports Med**, v.33, n.7, p.517-538, 2003.

AGUIAR, C.A.; FRONCHETTI, L.; AGUIAR, A.F.; LIMA, J.R.P. Alteração do limiar de variabilidade da frequência cardíaca após treinamento aeróbio de curto prazo. **Motriz**, v.11, n.1, p.01-09, 2005.

ALCHIERI, J.C. Produção científica brasileira em neuropsicologia: análise de artigos publicados de 1930 a 1999. PSIC: **Revista de Psicologia da Vektor**, v.4, n.1, p.6-13, 2003.

ALLEGRI, R.F.; TARAGANO, F.E.; KRUPITZKI, H.; SERRANO, C.M.; DILLON, C.; SARASOLA, D.; FELDMAN, M.; TUFRÓ, G.; MARTELLI, M.; SANCHEZ, V. Role of cognitive reserve in progression from mild cognitive impairment to dementia. **Dementia Neuropsychologia**. v.4, n.1, p.28-34, 2010.

ALONSO, D.O.; FORJAZ, C.L.M.; REZENDE, L.O.; BRAGA, A.M.F.W.; BARRETTO, A.C.P.; NEGRÃO, C.E.; RONDON, M.U.P.B. Comportamento da frequência cardíaca e da sua variabilidade durante as diferentes fases do exercício físico progressivo máximo. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, v.71, n.6, p.787-792, 1998.

ALVAREZ J.; EMORY, E. Executive function and the frontal lobes: a metaanalysis. **Neuropsychology Review**, v.16, p.17-42, 2006

ANDRADE, V.M; SANTOS, F.H.; BUENO, O.F.A. **Neuropsicologia hoje**. São Paulo: Artes Médicas, 2004.

ANDREASEN, N.C. **Admirável cérebro novo: vencendo a doença mental na era do genoma**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

ARDILA, A. On the evolutionary origins of executive functions. *Brain Cogn*, v.68, n.1, p.92-99, 2008

ARMSTRONG, L.E.; VANHEEST, J.L. The unknown mechanism of the overtraining syndrome: clues from depression and psychoneuroimmunology. **Sports Medicine**, v.32, p.185-209, 2002.

AUBERT, A.E.; SEPS, B.; BECKERS, F. Heart rate variability in athletes. **Sports Medicine**, v.33, n.12, p.889-919, 2003.

BADDELEY, A. Working memory: looking back and looking forward. *Nat Ver Neurosci*, v.4, n.10, p.829-839, 2003.

BANHATO, E.F.C.; NASCIMENTO, E. Função executiva em idosos: um estudo utilizando subtestes da Escala WAIS-III. **Psico-USF**, v.12, n.1, p.65-73, 2007.

BARA FILHO, M.G.; RIBEIRO, L.C.S. Personalidade e esporte: uma revisão. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**. v.13, n.2, p.101-110, 2005.

BAUMERT, M.; BRECHTEL, L.; LOCK, J.; HERMSDORF, M.; WOLFF, R.; BAIER, V.; VOSS, A. Heart rate variability, blood pressure

variability, and baroreflex sensitivity in overtrained athletes. **Clinical Journal of Sport Medicine**, v.16, n.5, p.412–417, 2006

BERGERON, M.F. Heat cramps: Fluid and electrolyte challenges during tennis in the heat. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.6, n.1, p.19-2, 2003.

BERNARDI, M.; DE VITO, G.; FALVO, M.E. Cardiorespiratory adjustment in middle-level tennis players: are long term cardiovascular adjustments possible? In: Lees A, Maynard I, Hughes M, Reilly T, Editors. **Science and Racket sports**. London: E & F Spon. p.20-26, 1998.

BOORAS, M.C. The relationship of mental skills to performance on a tennis accuracy task under fatigued and non-fatigued conditions. (Dissertação de Mestrado). School of Physical Education at West Virginia University: Morgantown, 2001

BOSQUET, L.; MERKARI, S.; ARVISAIS, D.; AUBERT, A.E. Is heart rate a convenient tool to monitor over-reaching? A systematic review of the literature. **British Journal of Sports Medicine**, v.42, p.709-714, 2008.

BRUNETTO, A.F.; ROSEGUINI, B.T.; SILVA, B.M.; HIRAI, D.M.; RONQUE, E.V.; GUEDES, D.P. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes obesos e não-obesos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.14, n.2, p.145-149, 2008.

BRUNETTO, A.F.; SILVA, B.M.; ROSEGUINI, B.T.; HIRAI, D.M.; GUEDES, D.P. Limiar ventilatório e variabilidade da frequência cardíaca em adolescentes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.11, n.1, p.22-27, 2005.

BUDGETT, R. Fatigue and underperformance in athletes: the overtraining syndrome. **British Journal of Sports Medicine**, v.32, p.107-110, 1998.

BURIN, D.I.; DRAKE, M.A.; HARRIS, P. (Org). **Evaluación neuropsicológica en adultos**. (1ed). Buenos Aires: Paidós. 2007.

BUTTERWORTH, B. The development of arithmetical abilities. **Journal of Child Psychology and Psychiatry**, v.46, n.1, p.3-18, 2005.

CAPOVILLA, A.G.S.; ASSEF, E.C.S.; COZZA, H.F.P. Avaliação Neuropsicológica das Funções Executivas e Relação com Desatenção e Hiperatividade. **Avaliação Psicológica**, v.6, n.1, p.51-60, 2007.

CARLSON, N.R. **Fisiologia do Comportamento**. (7ed). São Paulo: Manole. 2002.

CHAN, R.C.; SHUM, D.; TOULOPOULOU, T.; CHEN, E.Y. Assessment of executive functions: review of instruments and identification of critical issues. **Archives of Clinical Neuropsychology**, v.23, n.2, p.201-216, 2008

CHANDLER, T.J. Physiology of racquet sports. Chapter 58, 2000, 905-917. Exercise and Sport Science. Edited William E. Garrett Jr and Donald T. Kirkendall. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia.

CHRISTMASS, M.A.; RICHMOND, S.E.; CABLE, N.T.; ARTHUR, P.G.; HARTMANN, P.E. Exercise intensity and metabolic response in singles tennis. **Journal of Sports Sciences**, v.16, p.739-747, 1998.

CLARKE, C.; SOKOLOFF, L. **Circulation and energy metabolism of the brain**. In: G.J. Siegel, B.W. Agranoff, R.W. Albers & P.B. Molinoff (Eds), "Basic Neurochemistry", New York: Reven Press. 1994.

CLETO, P. Série de textos. **IG Esportes**. Disponível em: <[http://esporte.ig.com.br/colunistas/paulo\\_cleto/](http://esporte.ig.com.br/colunistas/paulo_cleto/)>. Acessado em 01/03/2009. 09:28:00.

COOLICAN, H. **Research Methods and Statistics in Psychology**. (4ed). London: Bookpoint Ltda. 2004.

COWEN, T. Autonomic Neuroplasticity and Aging. *Encyclopedia of Neuroscience*, 1009-1015, 2009.

COZOLINO, L. **The neuroscience of psychotherapy: building and rebuilding the human brain**. New York: W. W. Norton & Company, 2002.

DAMÁSIO, A. R. **O Erro de Descartes**. São Paulo: Cia. das Letras, 1996.

DANCEY, C.P.; REIDY, J. **Statistics without maths for Psychology**. (3ed). Edinburgh: Pearson Education Limited, 2004.

DE VITO, G.; GALLOWAY, S.D.R.; NIMMO, M.A.; MAAS, P.; McMURRAY, J.J.V. Effects of central sympathetic inhibition on heart rate variability during steady state exercise in healthy humans. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v.22, n.1, p.32-8, 2002.

DEHAENE, S.; MOLKO, N.; COHEN, L.; WILSON, A. J. Arithmetic and the brain. **Current Opinion in Neurobiology**, 14(2), 218-224, 2004.

DOUGLAS, C.R. **Tratado de fisiologia aplicada às ciências médicas**. 4.ed. São Paulo, Robe editorial, 2000

ERICKSON, K. I., PRAKASH, R. S., VOSS, M. W., CHADDOCK, L., Hu, L., MORRIS, K. S., et al. Aerobic fitness is associated with hippocampal volume in elderly humans. **Hippocampus**. v. 19, p.1030–1039, 2009.

FAFF, J.; LADYGA, M.; STARCZEWSKA, C.J. Physical fitness of the top polish male and female tennis players aged from twelve years to senior category. **Biology of Sports**, v.17, p.179-192, 2000

FEDERER, R. Para Federer, tênis atual não é para adolescentes. **IG Esportes**. Disponível em: <<http://esporte.ig.com.br/tenis/2010/11/20/para+federer+tenis+atual+na+o+e+para+adolescentes+10196053.html>>. Acessado em 28/12/2010. 10:05:00

FERNANDEZ-FERNANDEZ, J.; MENDEZ-VILLANUEVA, A.; FERNANDEZ-GARCIA, B.; TERRADOS, N. Match activity and physiological responses during a juniro female singles tennis tournament. **British Journal of Sports Medicine**, v.41, p.711-716, 2007.

FERNANDEZ, J.; MENDEZ-VILLANUEVA, A.; PLUIM, B.M. Intensity of tennis match play. **British Journal of Sports Medicine**, v.40, p.387–391, 2006

FERREIRA, M.T.; MESSIAS, M.; VANDERLEI, J.C.M.; PASTRE, C.M. Caracterização do comportamento caótico da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) em jovens saudáveis. **Tendências em Matemática Aplicada e Computacional**, v.11, n.2, p.141-150, 2010.

FONTES, M.A. Você sabe que são as funções executivas? **Plenamente**. Disponível em:<<http://www.plenamente.com.br/artigo.php?FhIdArtigo=110>>. Acessado em 27/02/2011. 09:23:00

FRIEDMAN, B.H. An autonomic flexibility–neurovisceral integration model of anxiety and cardiac vagal tone. **Biological Psychology**, v.74, n.2, p.185-199, 2007.

FRIEDMAN, B.H.; THAYER, J.F. Anxiety and autonomic flexibility: a cardiovascular approach. **Biological Psychology**, v.47, n.3, p.243-263, 1998.

FRONCHETTI, L.; NAKAMURA, F.; AGUIAR, C.; OLIVEIRA, F. Indicadores de regulação autonômica cardíaca em repouso e durante exercício progressivo: aplicação do limiar de variabilidade da frequência cardíaca. **Revista Portuguesa de Ciências do Desporto**, v.6, n.1, p.21-28, 2006.

FUNAHASHI, S. Neuronal mechanisms of executive control by the prefrontal cortex. **Neuroscience Research**, v.39, n.5, 147-165, 2001.

GAMELIN, F.X.; BERTHOIN, S.; BOSQUET, L. Validity of the Polar S810 Heart Rate Monitor to Measure R-R Intervals at Rest. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.38, n.5, p.887-893, 2006.

GAZZANIGA, M.S.; IVRY, R.B.; MANGUN, G.R. **Cognitive neuroscience: The biology of the mind**. New York: Norton & Company. 2002.

GAZZANINGA, M.S.; HEATHERTON, T.F. **Ciência psicológica: mente, cérebro e comportamento**. Artes Médica: Porto Alegre, 2005.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Ed. Atlas, 2002.

GILBERT, S.J.; BURGESS, P.W. Executive function. **Current Biology**, v18, n.3, p.110-114, 2008.

GLEITMAN, H.; FRIDLUND, A. J.; REISBERG, D. **Psicologia** (6ed.). Lisboa: Gulbenkian. 2003.

GRECO, P. J. **Iniciação esportiva universal**. Belo Horizonte: Ed UFMG, 1998. vol 1, 232 p.; v. 2, 306 p.

GRECO, P. J. Cognição e ação. In: . **Novos conceitos em treinamento esportivo**. Distrito Federal: PUBLICAÇÕES INDESP/Ministério de Esporte e Turismo, 1999. cap. 6.

GREEN, E.; GREEN, A.; WALTERS, E. Voluntary control of internal states: psychological and physiological. **Journal of transpersonal psychology**, v.2, p.1-26, 1970.

GREENE, C.M.; BRAET, W.; JOHNSON, K.A.; BELLGROVE, M.A. Imaging the genetics of executive function. **Biological Psychology**, v.79, n.1, p.30-42. 2008.

GUYTON, A.C. **Fisiologia humana e mecanismos das doenças**. Guanabara Koogan. Rio de Janeiro, 1993.

HAGEMANN, D.; WALDSTEIN, S.R.; THAYER, J.F. Central and autonomic nervous system integration in emotion. **Brain and Cognition**, v.52, p.79-87, 2003.

HANSEN, A.L.; JOHNSEN, B.H.; THAYER, J.F. Vagal influence on working memory and attention. **International Journal of Psychophysiology**. v.48, p.263-274, 2003.

HANSEN, A.L.; JOHNSEN, B.H.; SOLLERS, J.J. 3<sup>RD</sup>; STENVIK, K.; THAYER, J.F. Heart rate variability and its relation to prefrontal cognitive function: the effects of training and detraining. **European Journal of Applied Physiology**, v.93, p.263-272, 2004.

HEDELIN, R.; WIKLUND, U.; BJERLE, P.; HENRIKSSON-LARSEN, K. Cardiac autonomic imbalance in an overtrained athlete. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.32, n.9, p.1531-1533, 2000.

HUGHES, M.D.; CLARK, S. Surface effect on elite tennis strategy. in: Reilly T, Hughes M, Lees A, editors. **Science and Racket Sports**. London: E & F Spon. p.272–278, 1995.

ITF. **Official rules of tennis**. Chicago, IL: Triumph Books, 2009.

IZQUIERDO, I. **Memória**. Porto Alegre: ArtMed. 2002.

JOANETTE, Y.; ANSALDO, A.I.; PARENTE, M.A.M.P.; FONSECA, R.P.; KRISTENSEN, C.H.; SCHERER, L.C. Neuroimaging investigation of executive functions: evidence from fNIRS. **Psicologia Reflexão e Crítica**, v.39, n.3, p.267-274, 2008.

JONES, J.G. A cognitive perspective on the processes underlying the relationships between stress and performance in sport. In JONES, J.G.; HARDY, L.(Eds). **Stress and performance in sport**. Chichester, J.Wiley. p. 17-42. 1990

KANTOWITZ, B.H.; ROEDIGER, H.L.; ELMES, D.G. **Psicologia Experimental: psicologia para compreender a pesquisa em Psicologia**. (8ed.) São Paulo: Thomson Learning. 2006.

KATONA, P.G.; MCLEAN, M.; DIGHTON, D.H.; GUZ, A. Sympathetic and parasympathetic cardiac control in athletes and nonathletes at rest. **Journal of applied physiology: respiratory, environmental and exercise physiology**, v.52, n.6, p.1652-1657, 1982.

KAWAGUCHI, L.Y.A.; NASCIMENTO, A.C.P.; LIMA, M.S.; FRIGO, L.; JÚNIOR, A.R.P.; TIERRA-CRIOLLO, C.J.; LOPES-MARTINS, R.A.B. Caracterização da variabilidade de frequência cardíaca e sensibilidade do barorreflexo em indivíduos sedentários e atletas do sexo masculino. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**. v.13, n.4, p.231-236, 2007.

KINGSLEY, M.; LEWIS, M.J.; MARSON, R.E. Comparison of Polar 810s and an ambulatory ECG system for RR interval measurement during progressive exercise. **International Journal of Sports Medicine**. v.26, p.39-44, 2005.

KOLB, B.; WHISHAW.I.Q. **Neurociência do Comportamento**. São Paulo: Manole. 2002.

KÖNIG, D.; HUONKER, M.; SCHMID, A.; HALLE, M.; BERG, A.; KEUL, J. Cardiovascular, metabolic, and hormonal parameters in professional tennis players. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.33, p.654-658, 2001.

KOVACS, M.S. Tennis physiology: training the competitive athlete. **Sports Medicine**, v.37, n.3, p.189-198, 2007.

KOVACS, M.S. Applied physiology of tennis performance. **British Journal of Sports Medicine**, v.40, p.381-386, 2006.

KOVACS, M.S. Energy system-specific training for tennis. **Strength Conditioning Journal**, v.26, p.10-13, 2004.

KRISTENSEN, C.H.; ALMEIDA, R.M.M.E.; GOMES, W.B. Desenvolvimento histórico e fundamentos metodológicos da neuropsicologia cognitiva. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v.11, n.2, p.259-271, 2001.

KUBOTA, Y.; SATO, W.; TOICHI, M.; MURAI, T.; OKADA, T.; HAYASHI A.; SENGOKU, A. Frontal midline theta rhythm is correlated with cardiac autonomic activities during the performance of an attention demanding meditation procedure. **Cognitive Brain Research**, v.11, p.281–287, 2001.

KUERTEN, G. Guga analisa carreira, vida de ídolo e revela “duelo mental” contra Nadal. **Atletas de Cristo**. Disponível em: <<http://www.atletasdecristo.org/site/?p=822>>. Acesso

KELLMANN, M. Underrecovery and overtraining. In: **Enhancing recovery, preventing underperformance in athletes**. Champaign (IL): Human Kinetics, 2002.

LEHMANN, M., FOSTER, C., DICKHUTH, H.H., et al. Autonomic imbalance hypothesis and overtraining syndrome. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.30, n.7, p.1140–1145, 1998.

LERMA, C.; INFANTE, O.; PÉREZ-GROVAS, H.; JOSÉ, M.V. Poincaré plot indexes of heart rate variability capture dynamic adaptations after haemodialysis in chronic renal failure patients. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v.23, p.72–80, 2003.

LEVY, M.N. Autonomic interactions in cardiac control. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v.601, p.209–221, 1990.

LEZAK, M.D. **Neuropsychological Assessment**. (4. Ed). New York: Oxford University Press. 2004.

LIAO, F.; GARRISON, D. W.; e JAN, Y-K. Relationship between nonlinear properties of sacral skin blood flow oscillations and vasodilatory function in people at risk for pressure ulcers. **Microvascular Research**, 80, 44–53, 2010.

LIMA, J.R.P.; KISS, M.A.P. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca. **Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde**, v.9, p.29-38, 1999.

LUFT, C.D.I.B.; TAKASE, E.; DARBY, D. Heart rate variability and cognitive function: Effects of physical effort. **Biological Psychology**, v.82, p.196–201. 2009.

LUFT, C.D.I.B.; TAKASE, E.; GOMES, J.S.; PRIORI, D. Avaliação neuropsicológica computadorizada: um instrumento para avaliar o desempenho cognitivo de atletas. In: **XIV Congresso Brasileiro de Psicologia do Esporte**, Curitiba. 2010.

MACHADO, A. **Neuroanatomia funcional**. (2ed). São Paulo. Atheneu. 2000.

MÄDER, M.J. Avaliação neuropsicológica nas epilepsias: importância para o conhecimento do cérebro. **Psicologia Ciência e Profissão**, v.21, n.1, 2001.

MARGIS, R., PICON, P., COSNER, A. F., SILVEIRA, R. O. Relação entre estressores, estresse e ansiedade. **Revista de Psiquiatria do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, v.25, p.65-74, 2003.

MATLIN, M.W. **Psicologia Cognitiva**. (5ed). Rio de Janeiro: LTC. 2004.

MATTHEWS, S.C.; PAULUS, M.P.; SIMMONS, A.N.; NELESEN, R.A.; DIMSDALE, J.E. (2004). Functional subdivisions within anterior cingulate cortex and their relationship to autonomic nervous system function. **NeuroImage**, 22(3), 1151-1156.

MCCABE, D.P.; ROEDIGER, H.L.; MCDANIEL, M.A.; BALOTA, D.A.; HAMBRICK, D.Z. The Relationship Between Working Memory Capacity and Executive Functioning: Evidence for a Common Executive Attention Construct. **Neuropsychology**, v.24, n.2, p.222-243, 2010.

MEERSMAN, R.E.; STEIN, P.K. Vagal modulation and aging. **Biological Psychology**, v.74, n.2, p.165-173, 2007.

MIYAKE, A.; FRIEDMAN, N.P.; EMERSON, M.J.; WITZKI, A.H.; HOWERTER, A.; WAGER T.D. The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. **Cognitive Psychology**, v.41, n.1, p.49-100, 2000.

MIRANDA, R.; BARA FILHO, M. **Construindo um atleta vencedor: uma abordagem psicofísica do esporte**. Porto Alegre: Artmed, 2008.

NAKAMURA, F.Y.; AGUIAR, C.A.; FRONCHETTI, L.; AGUIAR, A.F.; LIMA, J.R.P. Alteração do limiar de variabilidade da frequência cardíaca após treinamento aeróbio de curto prazo. **Motriz**, 11(1), 01-09, 2005.

NAPADOW, V.; DHOND, R.; CONTI, G.; MAKRIS, N.; BROWN, E.N.; BARBIERI, R. Brain correlates of autonomic modulation: Combining heart rate variability with fMRI. **NeuroImage**, v.42, n.1, p.169-177, 2008.

NISKANEN, J-P.; TARVAINEN, M.P.; RANTA-AHO, P.O.; KARJALAINEN, R.A. Software for Advanced HRV Analysis. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, v.76, p.73-81, 2004.

O'CONNELL, R.G.; BELLGROVE, M.A.; DOCKREE, P.M.; LAU, A.; FITZGERALD, M.; ROBERTSON, I.H. Self-Alert Training: Volitional modulation of autonomic arousal improves sustained attention. **Neuropsychologia**, v.46, n.5, p.379-1390, 2008.

O'DONOGHUE, P.; INGRAM, B. A notational analysis of elite tennis strategy. **Journal of Sports Sciences**, v.19, p.107-15, 2001.

OHIRA, H.; ICHIKAWA, N.; NOMURA, M.; ISOWA, T.; KIMURA, K.; KANAYAMA, N.; FUKUYAMA, S.; SHINODA, J.; YAMADA, J. Brain and autonomic association accompanying stochastic decision-making. **NeuroImage**, v.49, n.1, p.1024-1037, 2010.

OLIVEIRA, D.J.; GOMES, M.E.D.; GUIMARÃES, H.N.; AGUIRRE, L.A. Síntese de sinais de variabilidade da frequência cardíaca baseada em modelagem não-linear. **Revista Brasileira de Engenharia Biomédica**, v.22, n.1, p.51-62, 2006.

OLIVEIRA, J.M.; AMARAL, J.R. **Princípios da neurociência**. São Paulo. Tecnopress. 1997.

PARDON, M.C. Stress and ageing interactions: A paradox in the context of shared etiological and physiopathological processes. **Brain Research Reviews**, v.54, n.2, p.251-273, 2007.

PASCHOAL, M.; VOLANTI, V.M.; PIRES, C.S.; FERNANDES, F.C. Variabilidade Da Frequência Cardíaca em diferentes faixas etárias. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v.10, n.4, p.413-419, 2006.

PEREIRA, A.C.; HUDDLESTON, D.E.; BRICKMAN, A.M.; SOSUNOV, A.A.; HEN, R.; MCKHANN, G.M.; et al. An in vivo correlate of exercise-induced neurogenesis in the adult dentate gyrus. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v.104, p.5638-5643, 2007

PIJPERS, J.R.; OUDEJANS, R.R.D.; HOLSHEIMER, F.; BAKKER, F.C. Anxiety-performance relationships in climbing: A process-oriented approach. **Psychology of Sport and Exercise**, v.4, p.283-304, 2003

PIEK, J.P.; PITCHER, T. M.; HAY, D.A. Motor coordination and kinaesthesia in boys with attention deficit-hyperactivity disorder. **Developmental Medicine and Child Neurology**, v.41, n.3, pp.159-165, 1999.

POLAR. **S810i: monitor de frequência cardíaca**. Manual do sujeito. 2002.

PONTES, M. Um jogador de tênis mental é um jogador Melhor. **Polo Mercantil**. Artigo. Disponível em: <[http://artigo.polomercantil.com.br/article\\_display/article\\_display.php?article\\_id=um\\_jogador\\_de\\_tenis\\_mental\\_e\\_um\\_jogador\\_melhor\\_\\_191146](http://artigo.polomercantil.com.br/article_display/article_display.php?article_id=um_jogador_de_tenis_mental_e_um_jogador_melhor__191146)>. Acessado em 02/03/2011. 23:00:00

PROA. Sistema de Monitoramento Neuropsicológico Computadorizado. Propriedades psicométricas da bateria ProA, versão junho de 2010

PU, J.; SCHMEICHEL, E.; BRANDON J. Cardiac vagal control predicts spontaneous regulation of negative emotional expression and subsequent cognitive performance. **Biological Psychology**, v.84, n.3, p.531-540, 2010.

PUZANOVVA, M.; ARBOGAST, P. G.; SMITH, C. A.; ANDERSON, J.; DIEDRICH, A. WALKER, L. S. Autonomic activity and somatic symptoms in response to success vs. failure on a cognitive task: A comparison of chronic abdominal pain patients and well children. *Journal of Psychosomatic Research*, v.67, n.3, p.235-243, 2009.

RASSI JR., A. Compreendendo melhor as medidas de análise da variabilidade da frequência cardíaca. In: *Diagnósticos em Cardiologia*. Disponível em: <<http://www.cardios.com.br/Jornais/jornal-20/metodos%20diagnosticos.htm>> Acessado em 20/08/2010. 19:50:00.

RODRIGUES, A.V.S. A influência do condicionamento aeróbico no desempenho cognitivo em oficiais do exército submetidos a estresse mental. Dissertação de mestrado, 2003.

ROHLFS, I.C.P.M.; ROTTA, T.M.; LUFT, C.D.B.; ANDRADE, A.; KREBS, R.J.; CARVALHO, T. A Escala de Humor de Brunel (Brums): Instrumento para Detecção Precoce da Síndrome do Excesso de Treinamento. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v.14, n3, p.176-181, 2008.

SABOYA, E.; FRANCO, C.A.; MATTOS, P. Relações entre processos cognitivos nas funções executivas. **Jornal Brasileiro de Psiquiatria**, v.51, n.2, p.91-100, 2002.

SAMULSKI, D. **Psicologia do Esporte**. São Paulo: Editora Manole. 2002.

SAUL, J.P. Beat-to-beat variations of heart rate reflect modulation of cardiac autonomic outflow. **News in Physiological Sciences**, v.5, p.32–37, 1990.

SCHUBERT, C.; LAMBERTZ, M.; NELESEN, R.A.; BARDWELL, W.; CHOI, J.-B.; DIMSDALE, J.E. Effects of stress on heart rate complexity: A comparison between short-term and chronic stress. **Biological Psychology**, v.80, n.3, p.325-332, 2009.

SERAPIONI, M. Métodos qualitativos e quantitativos na pesquisa social em saúde: algumas estratégias para a integração. **Ciência e Saúde Coletiva**. v.5, n.1, p.187-192, 2000.

STEIN, P.K.; BOSNER, M.S.; KLEIGER, R.E.; Conger, B.M. Heart rate variability: A measure of cardiac autonomic tone. **American Heart Journal**. v.127, n.5, p.1376-1381, 1994.

SZTAJZEL, J. Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system. **Swiss Medical Weekly**, v.134, p.514-522, 2004.

TARVAINEN, M.P.; NISKANEN, J-P. Kubios HRV: version 2.0. **User's Guide**. 2008

TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. **European Heart Journal**, v.17, p.354-381, 1996.

TEIXEIRA, L.B. Freqüência Cardíaca, Variabilidade da Freqüência Cardíaca e o Desempenho em uma Partida de Xadrez. [Dissertação de Mestrado]. Florianópolis/SC: Universidade Federal de Santa Catarina. 2008.

THAYER, J.F.; LANE, R.D. A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. **The Journal of Affective Disorders**, v.61, n.3, p.201–216, 2000.

THAYER, J.F.; LANE, R.D. Claude Bernard and the heart–brain connection: Further elaboration of a model of neurovisceral integration. **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, v.33, n.2, p.81–88, 2009.

THAYER, J. F.; RUIZ-PADIAL, E. Neurovisceral integration, emotions and health: An update. **International Congress Series**, v.1287, p.122-127, 2006.

THAYER, J.F.; BROSSCHOT, J. Psychosomatics and psychopathology: looking up and down from the brain. **Psychoneuroendocrinology**, v.30, n.10, p.1050-1058, 2005.

THAYER, J.F.; HANSEN, A.L.; SAUS-ROSE, E.; JOHNSEN, B.H. Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: the neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health. **Annals of Behavioral Medicine**, v.37, n.2, p.141-153, 2009.

THAYER, J.F.; SOLLERS, J.J.3rd; LABINER, D.M.; WEINAND, M.; HERRING, A.M.; LANE, R.D.; AHERN, G.L. Age-related differences in prefrontal control of heart rate in humans: A pharmacological blockade study. **International Journal of Psychophysiology**, v.72, p.81-88, 2009.

THOMAZ, J.R.; NELSON, J.K. **Métodos de pesquisa em atividade física**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2002

TULPPO, M.P.; MÄKIKALLIO, T.H.; SEPPÄNEN, T.; LAUKKANEN, R.T.; HUIKURI HV. Vagal modulation of heart rate during exercise: effects of age and physical fitness. **American Journal of Physiology**, v.274, n.2, p.424-429, 1998.

UOL. Federer escapa de zebra histórica e vence de virada na estreia em Wimbledon. **UOL Esporte: Tênis**. Disponível em: <<http://esporte.uol.com.br/tenis/ultimas-noticias/2010/06/21/federer-escapa-de-zebra-historica-e-vence-de-virada-na-estrela-em-wimbledon.jhtm>> Acessado em 25/07/2010. 00:01:00.

VAN DEN BROEK, K.N.; VANDERLEI, L.C.M.; MATAYOSHI, A.G.; SANTOS, A.D.; CASTRO, S.R.; GONÇALVES, A.C.C.R. Análise da variabilidade da frequência cardíaca em jovens saudáveis por meio de índices geométricos. **XXI Congresso de Iniciação Científica da Unesp**. Disponível em: <

[http://prope.unesp.br/xxi\\_cic/27\\_36745279878.pdf](http://prope.unesp.br/xxi_cic/27_36745279878.pdf)> Acessado em 01 de abril de 2011. 00:00:00.

VANDERLEI, L.C.M.; PASTRE, C.M.; HOSHI, R.A.; CARVALHO, T.D.; GODOY, M. Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Revista Brasileira Cirurgia Cardiovascular**, v.24, n.2, p.205-207, 2009.

VANDERLEI, L.C.M., SILVA, R.A., PASTRE, C.M., AZEVEDO, F.M., & GODOY, M.F. Comparison of the Polar S810i monitor and the ECG for the analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. Polar S810i RR series for HRV analysis. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.41, p.854-859, 2008.

VOSS, M. W., ERICKSON, K. I., PRAKASH, R. S., CHADDOCK, L., MALKOWSKI, E., ALVES, H. KIM, J. S., MORRIS, K.S., WHITE, S.M., WÓJCICKI, T.R., HU, L., SZABO, A., KLAMM, E., MCAULEY, E. KRAMER, A.F. (2010). Functional connectivity: A source of variance in the association between cardiorespiratory fitness and cognition? *Neuropsychologia*, 48,1394–1406.

WAGER, T.D.; SMITH, E.E. Neuroimaging studies of working memory: a metaanalysis. *Cognitive, Affective and Behavioral Neuroscience*, v.3, n.4, p.255-274, 2003.

WEINBERG, R.S. **The mental advantage: Developing your psychological skills in tennis.** Champaign, Estados Unidos: Leisure Press. 1988.

WEINBERG, R.S.; GOLD, D. **Fundamentos da psicologia do esporte e exercício.** (2ed.) Porto Alegre: Artmed Editora. 2001

WILMORE, J.H.; COSTILL, D.L. **Fisiologia do Esporte e do Exercício.** São Paulo, Manole, 2002.

YAMAMOTO, Y., HUGSON, R.L., NAKAMURA, Y. Autonomic nervous system responses to exercise in relation to ventilatory threshold. **Chest**, v.101, p.206S-210S, 1992.

## GLOSSÁRIO

Ace – Saque indefensável no qual o devolvedor não toca a raquete na bola.

Game – É um conjunto de pontos disputados, estruturada como uma unidade do set. Cada game é disputado por, no mínimo, quatro pontos. Os lances ganhos por cada jogador têm pontuação progressiva de 15, 30, 40 e Game. Em caso de empate no 40/40, os dois jogadores continuarão disputando pontos até que um deles vença dois pontos consecutivos.

Rally – Troca de bolas durante a disputada de um ponto. Um rally tem início a partir do saque e termina com o erro de uma dos jogadores.

Set – Parte do placar do jogo de tênis composto por uma somatória de *games*. Um set pode ser composto de no mínimo 6 games. Um set é vencido quando um dos tenistas ganhar 6 games, desde que haja dois *games* de diferença. Há partidas em melhor de 3 ou 5 sets

Tie-Break – Sistema de desempate quando os dois jogadores vencem 6 games cada um. Vence o tie-break o jogador que vencer sete pontos primeiro com com diferença mínima de 2 pontos do adversário.

## **APÊNDICES**

## Apêndice A – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE DESPORTOS  
Programa de Pós Graduação em Educação Física

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

A Universidade Federal de Santa Catarina, por meio do mestrando em Educação Física *Mark Anderson Caldeira*, sob a orientação do Prof. Dr. Antônio R. P. Moro, está desenvolvendo uma pesquisa intitulada “**Desempenho cognitivo e variabilidade da frequência cardíaca de tenistas profissionais**”. Esta investigação tem como objetivo avaliar e descrever o desempenho de tenistas profissionais na realização de tarefas cognitivas e investigar as relações entre os indicadores de desempenho cognitivo com os índices da variabilidade da frequência cardíaca obtidos antes e durante a realização da avaliação.

Para tanto, os tenistas serão avaliados em uma sala reservada, onde estarão presentes apenas o avaliado e o avaliador. Após as explicações dos procedimentos envolvidos, o avaliado receberá um monitor de frequência cardíaca da marca POLAR, a ser utilizada no tórax e um relógio receptor que registra o funcionamento cardíaco. Durante cinco minutos a frequência cardíaca em repouso será coletada, e em seguida o tenista irá realizar a avaliação cognitiva em um computador. Ao longo da avaliação a frequência cardíaca será monitorada. Todos os procedimentos são não-invasivos e não oferecem nenhum risco à saúde. Este estudo se justifica pela investigação sobre os processos cognitivos de tenistas de alto nível e sua relação com variáveis psicofisiológicas, com alvo em aplicações práticas de professores e treinadores esportivos. Se você estiver de acordo em participar deste estudo, garantimos que as informações fornecidas serão confidenciais. Caso haja alguma dúvida em relação aos objetivos e procedimentos da pesquisa, entre em contato conosco pelos telefones (47) 9959.8992, (48) 3721.9926, ou pelo email: mark@markcaldeiratenis.com. Obrigado!

---

Prof. Dr. Antônio Renato Pereira Moro – (Pesquisador Responsável)

---

Prof. Mark Anderson Caldeira – (Pesquisador Principal)

## Apêndice B – Termo de Consentimento pós-informado



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE DESPORTOS  
Programa de Pós-Graduação em Educação Física

## TERMO DE CONSENTIMENTO PÓS-INFORMADO

Eu \_\_\_\_\_, portador(a) da RG: \_\_\_\_\_ fui informado sobre todos os procedimentos da pesquisa intitulada “**Desempenho cognitivo e variabilidade da frequência cardíaca de tenistas profissionais**”. Eu compreendo que neste estudo a minha participação requer a utilização de um monitor de frequência cardíaca da marca POLAR e que irei realizar uma bateria de testes cognitivos no sistema de monitoramento neuropsicológico computadorizado – PROA. Eu também compreendo que todos os meus dados e informações relacionadas à minha privacidade são confidenciais e, portanto serão mantidas em sigilo. Declaro, também, que fui informado de que:

1. Tenho a liberdade de retirar meu consentimento e, desse modo deixar de participar do estudo a qualquer momento;
2. Tenho a garantia de receber resposta a qualquer pergunta ou esclarecimento de dúvidas sobre procedimentos, riscos, benefícios e outros relacionados à pesquisa;
3. Em caso de desistência da minha parte o pesquisador não terá o compromisso de me fornecer qualquer informação sobre a minha participação no estudo.

Diante disso, declaro ter recebido de forma clara as explicações pertinentes ao projeto e que aceito participar desse estudo.

Florianópolis, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_