



UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DO DESPORTO E EDUCAÇÃO FÍSICA

**ANÁLISE DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM
NADADORES DE ELEVADO RENDIMENTO COMPETITIVO NUMA
ÉPOCA DESPORTIVA**

FERNANDO ROSÁRIO
COIMBRA, 2007

UNIVERSIDADE DE COIMBRA
FACULDADE DE CIÊNCIAS DO DESPORTO E EDUCAÇÃO FÍSICA

Monografia apresentada com vista à obtenção do grau de Licenciado em Ciências do Desporto e Educação Física pela Faculdade de Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra, sob coordenação da Prof. Doutora Ana Teixeira e orientação do Mestre Luís Rama.

FERNANDO ROSÁRIO
COIMBRA, 2007

AGRADECIMENTOS

Após a elaboração do presente estudo e findo este longo percurso académico, que tanto trabalho, responsabilidade e ensinamentos me proporcionou, surge o momento ideal de demonstrar o meu “Muito Obrigado” a todos aqueles que tornaram este percurso possível. De uma forma geral, agradeço à minha família, amigos e colegas. Em especial:

Ao Mestre Luís Rama pela preciosa orientação, ajuda e permanente disponibilidade, bem como nos aconselhamentos não só para a realização deste trabalho, mas também para o meu futuro.

Aos clubes e respectivos treinadores que colaboraram na recolha de dados e, principalmente, consentiram a realização dos testes, antes do processo de treino.

A todas as pessoas envolvidas no estudo, pelo empenho, rigor e dedicação demonstradas ao longo da sua realização.

Aos meus pais, pela compreensão, afecto e importante apoio durante a minha formação académica.

À minha irmã que sempre me deu força e apoio nos momentos difíceis.

Aos meus colegas de Seminário, Carlos, Célia, Isabel e Pedro, por toda a ajuda que me prestaram ao longo deste trabalho.

Por tudo, OBRIGADO!

RESUMO

A Variabilidade da frequência cardíaca tem vindo a crescer de interesse enquanto parâmetro caracterizador da eventual adaptação dos indivíduos à carga de treino.

Neste estudo pretendeu-se analisar a variabilidade da frequência cardíaca em nadadores de elevado rendimento desportivo numa época.

A amostra deste estudo foi constituída por 19 atletas praticantes de Natação Pura Desportiva, sendo que, 6 atletas eram do género feminino e 13 do masculino, com uma média de idades de 16,5 anos ($\pm 1,35$). Todos os atletas participaram em programas de treino idênticos, pertencendo aos escalões Juniores e seniores da Federação Portuguesa de Natação.

A análise da variabilidade da frequência cardíaca foi realizada em determinados momentos do período de preparação para a competição. Em cada momento da recolha de dados, esta era realizada no início da semana, antes do treino, em ambiente controlado.

Diversos estudos realizados nesta área apontam para que a variabilidade da frequência cardíaca diminua com o aumento da intensidade e carga de treino, e que aumente associada à redução da carga o que acontecerá à medida que os atletas se aproximam de competições principais, podendo constituir um bom indicador da disponibilidade dos atletas para a competição.

As principais conclusões deste estudos apontam uma vez mais para a indefinição comportamento das variáveis do domínio tempo, uma vez que não se comportam sempre de uma forma regular e estável, se bem que no segundo Macro ciclo exista uma tendência geral de subida destas, o que pode reportar para uma subida da variabilidade da frequência cardíaca. Relativamente ao domínio frequência, concluiu-se que apesar de haver algumas variáveis em que o seu comportamento varia ao longo do período de preparação, de todas a razão entre as baixas e as altas frequências parece ser um bom indicador da forma física do atleta.

ÍNDICE

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO II – REVISÃO DA LITERATURA	2
1. Caracterização da Natação.....	2
1.1. Caracterização Fisiológica da Natação Pura Desportiva.....	2
1.2. Carga de Treino em Natação Pura Desportiva.....	4
1.3. Zonas de Intensidade de Treino.....	4
1.3.1. Treino Aeróbio.....	5
1.3.2. Treino Anaeróbio Láctico.....	6
1.3.3. Treino Anaeróbio Aláctico.....	7
1.4. Quantificação da Carga de Treino.....	7
1.5. Quantificação da Magnitude da Carga de Treino.....	8
1.6. Planeamento e Periodização do Treino em Natação Pura Desportiva...	10
2. A Utilização da Frequência Cardíaca Enquanto Mecanismo de Controlo de Treino.....	12
2.1. Frequência Cardíaca de Repouso.....	13
2.2. Frequência Cardíaca Máxima.....	13
2.3. Frequência Cardíaca Submáxima.....	14
2.4. Frequência Cardíaca de Recuperação.....	16
3. Variabilidade da Frequência Cardíaca.....	18
3.1. Electrocardiograma / Complexo QRS.....	18
3.2. O Funcionamento / Forma do Sistema Nervoso Autónomo.....	19
3.3. Sistema Nervoso Simpático e Parassimpático.....	20
3.4. A Influência do Sistema Nervoso Autónomo na Frequência Cardíaca...	21
3.5. Descrição da Variabilidade da Frequência Cardíaca.....	22
3.6. Parâmetros a Utilizar na Análise dos Dados da Variabilidade da Frequência Cardíaca.....	23
3.6.1. Domínio Tempo.....	23
3.6.2. Domínio Frequência.....	23
3.7. A Variabilidade da Frequência Cardíaca e o Exercício.....	25
3.8. A Variabilidade da Frequência Cardíaca em Nadadores.....	27
4. Apresentação do Problema.....	28

CAPÍTULO III – METODOLOGIA.....	30
1. Caracterização da Amostra.....	30
2. Cronograma.....	31
3. Procedimentos.....	32
3.1. Procedimentos no Terreno.....	32
3.2. Procedimentos no Laboratório.....	32
3.3. Procedimentos Estatísticos.....	33
CAPÍTULO IV – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS....	34
1. Apresentação da Carga de Treino.....	34
2. Parâmetros do Domínio Tempo e do Domínio Frequência	35
2.1. Domínio Tempo.....	35
2.1.1. Média da Frequência Cardíaca.....	35
2.1.2. Média dos Intervalos R-R.....	37
2.1.3. Raiz Quadrada das Diferenças entre a Média dos Intervalos R-R.....	39
2.1.4. Número Sucessivo de Intervalos R-R que Diferem mais do que 50ms.....	41
2.1.5. Percentagem do Número Sucessivo de Intervalos R-R que Diferem mais do que 50ms.....	43
2.2. Domínio Frequência.....	45
2.2.1. Baixas Frequências em Valores Absolutos.....	45
2.2.2. Baixas Frequências em Valores Normalizados.....	47
2.2.3. Altas Frequências em Valores Absolutos.....	49
2.2.4. Altas Frequências em Valores Normalizados.....	51
2.2.5. Razão entre as Baixas Frequências e as Altas Frequências....	53
3. Análise Global dos Parâmetros da Variabilidade da Frequência Cardíaca.....	55
3.1. Domínio Tempo.....	55
3.2. Domínio Frequência.....	56
CAPÍTULO V – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	58
1. Conclusões.....	58
2. Sugestões.....	59

CAPÍTULO VI – BIBLIOGRAFIA..... 60

ANEXOS..... 67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1 Colocação dos Eléctrodos.....	19
Figura II.2 Electrocardiograma.....	19
Figura III.1 Momentos da Recolha de Dados.....	31

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela II.1 Participação dos processos aeróbios e anaeróbios em diferentes distâncias, no estilo livre, em nadadores masculinos.....	3
Tabela II.2 Distribuição aproximada da solicitação metabólica para as diferentes distâncias de competição em natação pura desportiva.....	3
Tabela II.3 Classificação das zonas de intensidade.....	4
Tabela II.4 Distância semanal referente a cada forma de treino.....	7
Tabela II.5 Sugestão da distância e da percentagem semanal de treino em cada um dos níveis de treino, para nadadores de 200 e 400 m.....	8
Tabela II.6 Zonas de Intensidade, objectivos, velocidade média das tarefas, provável acumulação de lactato e os índices de dificuldade para o treino da natação.....	9
Tabela II.7 Métodos simples de prescrição da intensidade de treino através da divisão da frequência cardíaca por diferentes escalas.....	15
Tabela II.8 Método da prescrição da intensidade de treino através da percentagem da frequência cardíaca máxima.....	16
Tabela II.9 Fórmula de Karvonen.....	16
Tabela II.10 Comparação dos Sistemas Simpático e Parassimpático.....	20
Tabela II.11 Fórmula de cálculo das altas e baixas frequências em valores normalizados.....	24
Tabela III.1 Caracterização da Amostra.....	30
Tabela IV.1 Momentos da análise da variabilidade da frequência cardíaca.....	34
Tabela IV.2 Estatística descritiva da média da frequência cardíaca nos 8 momentos analisados.....	35

Tabela IV.3 Estatística descritiva da média dos intervalos R-R nos 8 momentos analisados.....	37
Tabela IV.4 Estatística descritiva da raiz quadrada das diferenças entre a média dos intervalos R-R nos 8 momentos analisados.....	39
Tabela IV.5 Estatística descritiva do número sucessivo de intervalos R-R que diferem mais que 50ms nos 8 momentos analisados.....	41
Tabela IV.6 Estatística descritiva da percentagem do número sucessivo de intervalos R-R que diferem mais que 50ms nos 8 momentos analisados.....	43
Tabela IV.7 Estatística descritiva das baixas frequências em valores absolutos nos 8 momentos analisados.....	45
Tabela IV.8 Estatística descritiva das baixas frequências em valores normalizados nos 8 momentos analisados.....	47
Tabela IV.9 Estatística descritiva das altas frequências em valores absolutos nos 8 momentos analisados.....	49
Tabela IV.10 Estatística descritiva das altas frequências em valores normalizados nos 8 momentos analisados.....	51
Tabela IV.11 Estatística descritiva da razão entre as baixas frequências e as altas frequências nos 8 momentos analisados.....	53
Tabela IV.12 Análise global das oscilações das variáveis do domínio tempo durante o 1º Macroциclo.....	55
Tabela IV.13 Análise global das oscilações das variáveis do domínio tempo durante o 2º Macroциclo.....	55
Tabela IV.14 Análise global das oscilações das variáveis do domínio frequência durante o 1º Macroциclo.....	56
Tabela IV.15 Análise global das oscilações das variáveis do domínio frequência durante o 2º Macroциclo.....	56

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico IV.1 Média da Frequência Cardíaca nos 4 momentos do 1º Macroциclo....	35
Gráfico IV.2 – Média da Frequência Cardíaca nos 4 momentos do 2º Macroциclo.	36
Gráfico IV.3 – Média dos Intervalos R-R nos 4 momentos do 1º Macroциclo.....	37
Gráfico IV.4 – Média dos Intervalos R-R nos 4 momentos do 2º Macroциclo.....	38
Gráfico IV.5 – Média da Raiz Quadrada das Diferenças entre a Média dos Intervalos R-R nos 4 momentos do 1º Macroциclo.....	39
Gráfico IV.6 – Média da Raiz Quadrada das Diferenças entre a Média dos Intervalos R-R nos 4 momentos do 2º Macroциclo.....	40
Gráfico IV.7 – Média do Número Sucessivo de Intervalos R-R que Diferem mais de 50ms nos 4 momentos do 1º Macroциclo.....	41
Gráfico IV.8 – Média do Número Sucessivo de Intervalos R-R que Diferem mais de 50ms nos 4 momentos do 2º Macroциclo.....	42
Gráfico IV.9 – Média da Percentagem do Número Sucessivo de Intervalos R-R que Diferem mais de 50ms nos 4 momentos do 1º Macroциclo.....	43
Gráfico IV.10 – Média da Percentagem do Número Sucessivo de Intervalos R-R que Diferem mais de 50ms nos 4 momentos do 2º Macroциclo.....	44
Gráfico IV.11 – Média das Baixas Frequências em Valores Absolutos nos 4 momentos do 1º Macroциclo.....	45
Gráfico IV.12 – Média das Baixas Frequências em Valores Absolutos nos 4 momentos do 2º Macroциclo.....	46
Gráfico IV.13 – Média das Baixas Frequências em Valores Normalizados nos 4 momentos do 1º Macroциclo.....	47
Gráfico IV.14 – Média das Baixas Frequências em Valores Normalizados nos 4 momentos do 2º Macroциclo.....	48
Gráfico IV.15 – Média das Altas Frequências em Valores Absolutos nos 4 momentos do 1º Macroциclo.....	49
Gráfico IV.16 – Média das Altas Frequências em Valores Absolutos nos 4 momentos do 2º Macroциclo.....	50
Gráfico IV.17 – Média das Altas Frequências em Valores Normalizados nos 4 momentos do 1º Macroциclo.....	51
Gráfico IV.18 – Média das Altas Frequências em Valores Normalizados nos 4 momentos do 2º Macroциclo.....	52

Gráfico IV.19 – Média da Razão entre as Baixas Frequências e as Altas Frequências nos 4 momentos do 1º Macroциclo.....	53
Gráfico IV.20 – Média da Razão entre as Baixas Frequências e as Altas Frequências nos 4 momentos do 2º Macroциclo.....	54

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 – Estatística Descritiva das Variáveis do Domínio Tempo	
ANEXO 2 – Estatística Descritiva das Variáveis do Domínio Frequência	
ANEXO 3 – Teste – T das Variáveis do Domínio Tempo	
ANEXO 4 – Teste – T das Variáveis do Domínio Frequência	

Capítulo I – Introdução

O presente estudo surge no âmbito da disciplina de Seminário, integrada no 4º ano da Licenciatura em Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra, no ano lectivo de 2006/2007.

O presente estudo pretende analisar a variabilidade da frequência cardíaca em nadadores de elevado rendimento competitivo numa época desportiva. Sendo este um tema entre a literatura algo controverso, ou seja, não há uma opinião generalizada entre todos os investigadores, pretendemos com este estudo contribuir um pouco mais para o esclarecimento deste tema.

A principal dúvida entre a literatura prende-se com o facto de saber de que forma o treino da resistência tem efeito sobre o Sistema Nervoso Autónomo, e de que forma a variabilidade da frequência cardíaca é um método não invasivo capaz de transmitir essa alteração o mais pormenorizada possível, ou seja, discriminando a actividade do Sistema Nervoso Simpático e Parassimpático.

Este trabalho incluirá numa primeira parte uma breve revisão da literatura sobre o treino da natação pura desportiva e sobre a monitorização do treino, tendo especial atenção à variabilidade da frequência cardíaca. De seguida será apresentado o desenho experimental deste estudo, ou seja, a forma com o estudo se vai desenrolar ao longo do tempo e a quem será aplicado (19 nadadores, 6 do sexo feminino e 13 do sexo masculino, de nível competitivo nacional e internacional). Após a recolha dos dados ao longo de 8 momentos, estes serão apresentados e discutidos.

Por último, serão referidas as principais conclusões a que foi possível chegar com a realização do estudo, bem como, sugestões e recomendações para futuros estudos nesta área.

Capítulo II – Revisão da Literatura

1- CARACTERIZAÇÃO DA NATAÇÃO

A Nataação, como tantos outros desportos, beneficiaram com a evolução Técnica e Científica, e com a investigação no campo das diversas ciências.

Dado ser é um desporto que se pratica num meio específico, a água, é necessário conhecer todos os condicionalismos que este meio coloca ao movimento humano. Torna-se necessário desenvolver alterações na qualidade da execução das técnicas de nado, que conduzam a uma melhor adaptação ao meio aquático por parte do homem, e como tal, uma maior “economia” e “rentabilidade” energética, que depois se traduza numa melhoria dos resultados desportivos.

No conceito de Nataação Desportiva estão incluídas cinco disciplinas, o Pólo Aquático, os Saltos para a Água, a Nataação Sincronizada, Águas Abertas e a Nataação Pura Desportiva. É sobre esta última disciplina que o meu estudo se relaciona.

A Nataação Pura Desportiva é uma modalidade desportiva individual, apesar de existirem provas colectivas, e pode-se dividir em várias “categorias” dependendo da distância a percorrer e do estilo em que cada prova é nadada. Esta modalidade tem como objectivo principal nadar cada distância, em determinado estilo ou estilos, no menos tempo possível.

1.1- Caracterização Fisiológica da Nataação Pura Desportiva

A Nataação Pura Desportiva pode ser considerada uma modalidade de “Resistência” devido a vários factores que a caracterizam como, a competições reconhecidas oficialmente, as formas de treino implementadas e as particularidades fisiológicas do nadador de alto rendimento (Pereira, 1994; Alves, 2004).

Dado que existem tantos tipos de “resistência” quantos os processos de produção de energia e as condições em que se opera, no caso específico da Nataação Pura Desportiva, a definição de “resistência” passa pela qualidade que permite ao atleta suportar por um longo período de tempo uma actividade física generalizada, sem quebra significativa de rendimento, resistindo aos mecanismos desencadeadores da fadiga (Pereira, 1994).

Como um dos factores que caracteriza a Natação Pura Desportiva como uma modalidade de “resistência” são as competições reconhecidas oficialmente, ao analisarmos as mesmas, identificamos que qualquer uma das provas solicita com maior ou menor grau os três sistemas de produção de energia (Aeróbio, Anaeróbio Láctico e Anaeróbio Aláctico), dependendo a sua utilização da duração de cada prova, uma vez que em termos de intensidade, parte-se do pressuposto que estas são sempre nadadas na máxima intensidade, porque o objectivo é percorrer o percurso definido no menor tempo possível, mas mesmo a prova mais curta supõe uma participação uma participação bioenergética aeróbia importante.

Tabela II.1- Participação dos processos aeróbio e anaeróbio em diferentes distâncias competitivas, no estilo livre, em nadadores masculinos (Troup, 1990 Cit por Gomes Pereira, 1994).

Distância (m)	% ANAERÓBIA	% AERÓBIA
50	69	31
100	55	45
200	39	61
400	19	81
800	13	87
1500	9	91

Tabela II.2- Distribuição aproximada da solicitação metabólica para as diferentes distâncias de competição em Natação Pura Desportiva (Troup, 1990; Navarro, 1990; Maglischo, 1993; e al. Cit por Alves, 2000).

Distância (m)	Solicitação Metabólica		
	% Aeróbia	% Anaeróbia Láctica	% Anaeróbia Aláctica
50	10-20	10-30	20-50
100	20-30	20-40	30-60
200	35-55	35-45	15-30
400	60-75	15-25	8-15
800	80-90	6-12	5-8
1500	88-94	5-10	1-3

1.2- Carga de Treino em Natação Pura Desportiva

A carga como elemento central do sistema de treino, compreende em sentido amplo o processo de confrontação do desportista com as exigências que são apresentadas durante o treino, com o objectivo de otimizar o rendimento desportivo (Navarro, 1991).

A carga de treino segundo Navarro (1991) é definida por quatro vertentes fundamentais, a natureza, a magnitude, a orientação e a organização.

A magnitude da carga é a característica quantitativa do estímulo utilizado no treino e está determinada pela importância do volume, duração e intensidade do treino que é exigido aos atletas (Verjoshanskij, 1990; citado por Navarro, 1991).

1.3- Zonas de Intensidade de Treino

É através do treino que se pode melhorar e aperfeiçoar as capacidades fundamentais para o esforço requerido durante uma competição.

De acordo com os objectivos de cada treino, assim existem zonas de intensidade diferentes que são determinadas pela carga de treino.

Segundo Rama (2004), as zonas de intensidade de treino, derivam de vários factores como a velocidade de nado (externo), a lactatemia (interno), a frequência cardíaca (interno) e processo de fornecimento de energia requerida pelo esforço (interno).

Tabela II.3- Classificação das zona de intensidade (Adaptado de Navarro, s.d., e Maglisco, 1993).

Zonas de Intensidade		Frequência Cardíaca	Lactatémia	% VO2 máx.	Velocidade
Aeróbio	Aeróbio ligeiro – A1	120 – 150	2-3 mmol. l-1	50-80	Baixa
	Aeróbio moderado – A2	150 – 180	3,5-4,5 mmol. l-1	80-90	Média
	Aeróbio intenso – A3	>180	4,5-10 mmol. l-1	>90	Média alta

Anaeróbio láctico	Tolerância láctica – TL	Máxima	>6 mmol. 1-1	+/- 90	Alta submáxima
	Máxima produção láctica – MPL	Máxima	>10 mmol. 1-1	+/- 90	Alta submáxima
Anaeróbio aláctico	Velocidade	Sub - máxima	2-3 mmol. 1-1	+/- 90	Máxima

1.3.1- Treino Aeróbio

O treino de resistência assume uma grande influência na preparação de atletas de desportos em que esta capacidade condicional está muito presente, justificando que muitos autores designem estes desportos por desportos de resistência, onde se inclui a Natação Pura Desportiva (Mader, Heck, and Hollmann 1976, cit por Maglischo, 2003).

Na Natação Pura Desportiva o treino aeróbio tem um volume semanal de cerca de 50% a 60% do total semanal, sendo que 15% a 25% deste volume é realizado na intensidade de limiar aeróbio ou acima deste (Maglischo, 1993).

Segundo Maglischo (1993) os principais objectivos do treino aeróbio são a melhoria da capacidade aeróbia, que permite aos atletas nadar mais rápido, com menor participação do metabolismo anaeróbio, de forma a que haja uma acumulação mais lenta do ácido láctico e um retardamento da acidose.

Maglischo (2003) defende a classificação de três níveis de treino aeróbio, de modo a que os atletas melhorem a sua capacidade aeróbia. Estes níveis são: aeróbio ligeiro (A1), aeróbio médio (A2) e aeróbio intenso (A3).

Relativamente à zona de treino aeróbio ligeiro (A1), esta caracteriza-se por esforços de treino que implicam uma lactatémia de 2 a 3 mmol. 1-1, uma velocidade de nado abaixo do limiar anaeróbio, que em termos específicos de treino significam nadar longas distâncias com uma velocidade moderada (Maglischo, 2003).

A zona de treino aeróbio médio (A2) caracteriza-se por esforços que suscitam uma lactatémia entre 3,5 e 4,5 mmol. 1-1, o que significa nadar a uma velocidade aproximada do nível individual do limiar anaeróbio (Maglischo, 2003).

Por último, a zona de treino aeróbio intenso (A3) caracteriza-se em termos de lactatemia por valores aproximados de 4,5 a 10 mmol. l⁻¹, o que significa uma velocidade de nado acima do limiar anaeróbio, que provoca a produção de elevados níveis de acidose (Maglischo, 2003).

1.3.2- Treino Anaeróbio Láctico

O treino do sistema anaeróbio láctico é importante para todas as provas de natação, especialmente para as distâncias de 50, 100 e 200 metros, uma vez que, nestas provas a fonte energética mais solicitada é a via glicolítica.

O grande objectivo deste treino é o aumento da velocidade de nado e a melhoria dos sistemas tampão. Este aumento da velocidade de nado está associado à dinâmica do metabolismo da energia que permite a um nadador nadar durante mais tempo com uma intensidade elevada, que por sua vez vai levar à produção de ácido láctico, conduzindo assim à redução da velocidade de nado, à medida que este se for acumulando, o que nos leva de encontro a outro objectivo do treino anaeróbio láctico, que é a melhoria dos sistemas de remoção do ácido láctico.

Nesta zona de treino estão incluídas três formas de treino: o treino de tolerância láctica, o treino da produção de lactato e por último o “power training”.

Relativamente ao treino de tolerância láctica, este tem como principais objectivos a melhoria da capacidade de actuação dos sistemas de tampão e da tolerância à dor, o aumento das concentrações de ATP e Pc e o aumento da taxa de remoção/oxidação de ácido láctico derivado do aumento da actividade enzimática. Esta forma de treino tem como tarefas específicas a realização de longos sprints como um elevado tempo de repouso, ou curtos “sprints” com um curtos períodos de repouso.

No que diz respeito ao treino da produção de lactato, este tem como principal objectivo a melhoria da taxa de glicose anaeróbia, ou seja, a melhoria da potência anaeróbia. Esta forma de treino apresenta como tarefas características a realização de “sprints” curtos com uma velocidade perto da velocidade máxima.

A terceira forma de treino é o “power training”, que tem como objectivo o aumento da força e potência muscular que depois se vai reflectir na braçada, ou seja,

na força que cada atleta executa em cada braçada. O treino do “power training” é realizado na sua maioria fora de água. (Maglischo, 2003 e Maglischo, 1993)

1.3.3- Treino Anaeróbio Aláctico

Esta forma de treino, também designada por treino de velocidade, tem como principais objectivos a melhoria da eficiência da libertação de energia por intermédio do ATP-PC, bem como, o aumento da velocidade nas provas, em especial nas provas de 50 metros (Navarro, 1990).

1.4- Quantificação da Carga de treino

A constante investigação sobre o processo de treino nomeadamente em termos de duração e frequência, aponta que os nadadores de resistência devem treinar no mínimo duas horas por dia, cinco a seis vezes por semana (Maglischo, 1993). Contudo, os nadadores de elite treinam em regimes mais rigorosos dos acima referidos, ou seja, os nadadores treinam duas vezes por dia a maior parte dos dias da semana, com uma duração de treino de cerca de quatro a cinco horas de treino diário. Em termos de distância de nado, os nadadores de elite nadam cerca de 20km por dia e cerca de 70 a 80km por semana. Este treino é sempre complementado pelo treino fora de água, de forma a desenvolver a força muscular e a flexibilidade (Thomas Reilly, 1990).

Segundo Maglischo (2003), as distâncias de treino presentemente situam-se entre os 50 e os 70km semanais, no entanto alguns atletas de elite continuam a realizar períodos de treino em que o valor ultrapassa os 100km semanais. Dentro desta distância temos as diferentes formas de trabalhos e a distância que corresponde a cada uma em particular.

Tabela II.4 – Distância semanal referente a cada forma de treino (Adaptada de Maglischo, 1993).

Forma de Treino	Metros por Semana
Resistência	25,000 a 60,000
Velocidade	3,500 a 9,000
Aquecimento/Recuperação	12,000 a 24,000
Distância Total Semanal	45,000 a 93,000

Uma das razões das variações presentes na tabela II.4 diz respeito, ao facto de haver nadadores velocistas e fundistas, e como há aspectos fisiológicos que caracterizam cada nadador, velocista ou fundista, as necessidades das diferentes formas de treino não são idênticas.

Quando comparados os dois planos de treino de cada um dos nadadores, velocistas e fundistas, os velocistas realizam cerca de metade ou um terço da distância total semanal de um fundista, levando a que o treino de resistência seja muito menor para os velocistas (Maglischo, 1993).

A tabela seguinte (II.5) demonstra um proposta de Maglischo (1993) mais específica que a tabela II.4, uma vez que, para além de representar a distância nadada em cada forma de treino, também representa a distância em cada sub nível.

Tabela II.5 – Sugestão da distância e da percentagem semanal de treino em cada um dos níveis de treino, para nadadores de 200 e 400 metros (Maglischo, 1993).

Categoria do Treino	Metros por Semana	Percentagem Semanal de cada Categoria (%)
Aquecimento/Recuperação	6,000 – 12,000	12 – 15
“Kicking” (trabalho de Pernas)?	6,000 – 12,000	12 – 15
Treino de Resistência	22,000 – 58,000	50 - 60
A3	4,000 – 6,000	5 – 10
A2	6,000 – 10,000	10 – 15
A1	12,000 – 40,000	30 – 40
Treino Anaeróbio Lático	4,000 – 8,000	8 – 12
Tolerância Láctica	1,500 – 3,000	3 – 5
Produção de Lactato	1,500 – 3,000	3 – 5
“Power Training”	1,000 – 2,000	2 – 3

1.5- Quantificação da Magnitude da Carga de Treino

A magnitude da carga de treino, segundo Verjoshanskij (1990), citado por Navarro (2001), é o aspecto quantitativo do estímulo utilizado no treino e está

determinando pela importância do volume, intensidade, duração e frequência do mesmo.

OS diferentes parâmetros do treino só por si não reflectem objectivamente o stress fisiológico induzido ao atleta, isto é, a distância de nado realizada a diferentes intensidades induz diferentes estímulos, o que pressupõem diferentes reacções do organismo.

Segundo Mujika (2005), Navarro (2001), Chatarde e Mujika (1999), citados por Rama e Teixeira (2004), a magnitude da carga de treino é calculada com base na relação do total de metros cumpridos durante sessão de treino, e pela ponderação da distância completada em cada zona de intensidade.

O uso de índices de dificuldade foi estabelecido com base na referência nos prováveis valores de acumulação de lactato a que normalmente são associados as diferentes tarefas realizados no treino de natação. Assim os factores de intensidade 1, 2, 3, 4, 6, 8, e 10 serão associados com o volume realizado em cada zona de intensidade (I;II;III;IV;V;VI e VII) (Rama, L. e Teixeira, A. 2004).

Segundo Rama e Teixeira (2004), a magnitude da carga será então expressa em unidades carga dimensionáveis ou em unidades de carga arbitrárias (AUL - arbitrary units of load), que são quantificadas a partir da obtenção do rácio do somatório dos volumes nadados em cada zona de intensidade multiplicado por o respectivo índice de dificuldade e o total do volume cumprido.

Tabela II.6 - Zonas de intensidade, objectivos, a velocidade média das tarefas, provável acumulação de lactato, e os índices de dificuldade para o treino de natação (Rama, L. e Teixeira, A. 2004).

Zonas de Intensidade	Zonas de Treino	Velocidade	Lactatémia (mmol.l ⁻¹)	Índice Dificuldade
I	Aquecimento/Recuperação	Até 60%	< 2	1
II	Aeróbio	Aeróbio Ligeiro(A1)	Até 70%	2 – 3
III		Aeróbio Moderado(A2)	80%	3 – 4
IV		Aeróbio Intenso (A3)	85%	6 – 9
V	Anaeróbio Láctico	Tolerância Láctica (TL)	90%	> 8
VI		Máxima Produção de Lactato(MPL)	95%	> 8
VII	Anaeróbio Aláctico	Velocidade	Máxima	-

Assim a magnitude do Microciclo ou a carga de treino semanal é quantificada em dois factores, o volume, que representa o total de metros nadados e a intensidade dos nados realizados determinada pelo somatório do resultados das unidades dimensionáveis de carga de cada sessão de treino.

1.6- Planeamento e Periodização do Treino em Natação Pura Desportiva

O planeamento do treino para uma temporada de sucesso envolve um trabalho árduo, visto que, tem que se ter em conta todos os factores que directamente ou indirectamente afectam os nadadores, bem como, as características individuais de cada um.

O planeamento de uma época desportiva de natação requer a divisão da mesma em unidades de treino específicas, como os Macroциclos, os Mesociclos e os Microциclos, de modo a que o treino seja mais específico e potencialize o desenvolvimento das características pretendidas, de modo a que o nadador esteja no máximo da sua forma aquando as competições mais importantes (Maglisco, 1993).

Os Macroциclos são unidades de treino que tem maior duração de treino, entre 6 a 12 semanas, logo só existem normalmente dois por época desportiva. No fim de um Macroциclo, o nadador deve-se encontrar no máximo da sua performance, sendo que esta performance tem uma duração de cerca de duas a três semanas.

Os Mesociclos são sub-fases do Macroциclo, logo tem uma duração menor que os Macroциclos. A duração de um Mesociclo varia entre as duas e as seis semanas, onde se processa a organização e sucessão óptimas de microциclos (entre 2 e 8) de características diferenciadas, definindo as etapas próprias de cada período da época de treino. Os Mesociclos representam etapas relativamente acabadas no processo global de treino, tendo como finalidade o desenvolvimento de uma determinada qualidade ou objectivo parcial do processo de treino.

O Microциclo é uma estrutura que organiza e assegura alguma coerência das cargas ao longo de uma sequência determinada de sessões de treino. Os Microциclos têm uma duração que varia entre as 3 e as 14 sessões de treino, sendo que o mais normal é a duração de uma semana.

Segundo Maglischo (1993), uma época de treino divide-se em várias fases, fases essas que permitem observar as alterações do volume, da intensidade e da forma de trabalho realizado ao longo da época de treino. As fases da época de treino são as seguintes: Período preparatório geral, período preparatório específico, período competitivo e período de Taper.

O Período preparatório geral tem normalmente uma duração que varia entre as seis e as dez semanas. Neste período dá-se especial atenção à melhoria da capacidade aeróbia, da força geral, da técnica e da resistência psicológica ao stress. O trabalho realizado é feito a baixas velocidades mas com grandes volumes, de forma a melhorar a resistência geral.

No período preparatório específico, o trabalho realizado tem como principais objectivos o desenvolvimento da resistência específica, bem como permite a conclusão da capacidade aeróbia juntamente com o período preparatório geral. Este período tem uma duração de oito a doze semanas. Neste período há um incremento das intensidades de treino e os exercícios são de desenvolvimento geral com componentes de elevada semelhança à actividade competitiva principal, ou seja, dá-se uma “especialização” da forma geral.

O terceiro período corresponde ao período competitivo, em que os objectivos passam pelo desenvolvimento contínuo das capacidades motoras e psicológicas determinantes do sucesso em competição, pelo aperfeiçoamento e consolidação da técnica, pelo aperfeiçoamento da condução da prova e ganho de experiência competitiva, pela manutenção das adaptações orgânicas básicas e pelo controlo da ansiedade pré-competitiva e competitiva. A duração deste período varia entre as quatro e as oito semanas, e as alterações relativamente ao período anterior caracterizam-se pelo aumento do treino anaeróbio e a redução do volume de treino em cerca de 25%, quando comparado com o período anterior.

Dentro deste último período podemos considerar um momento especial, o de “Taper”, que corresponde a uma preparação terminal ou uma preparação directa para a competição, que tem uma duração de cerca de duas a cinco semanas. Neste período dá-se como que uma “afinação” de todas as componentes da forma desportiva do atleta para um momento determinado, bem como uma redução acentuada da carga de treino para que o atleta possa mobilizar todos os recursos para a competição permitindo deste modo o aumento da velocidade em competição, uma vez que os

atletas vão recuperar de todo os esforço dispendido nas outras fases da época de treino.

2- A UTILIZAÇÃO DA FREQUÊNCIA CARDÍACA ENQUANTO MECANISMO DE CONTROLO DO TREINO

A frequência cardíaca é um dos mecanismos de controlo de treino de entre vários, tais como as escalas de percepção de esforço, a lactatemia, o VO_2 máx e as análises sanguíneas. Estes mecanismos têm como principal objectivo aceder á resposta fisiológica do indivíduo á carga de treino, sendo que, os resultados poderão ser mais fiáveis de acordo com o mecanismo utilizado.

Os mecanismos referidos podem-se dividir em métodos invasivos e não invasivos. Os não invasivos são os mais utilizados, pois são os de mais fácil acesso e os que não se tornam muito dispendiosos. É dentro destes métodos não invasivos que se encontra a frequência cardíaca, pois é um método de fácil acesso e de baixo custo, muito utilizado no controlo da intensidade do exercício.

Na natação, a frequência cardíaca é o principal método que os treinadores utilizam para monitorizar o treino. O valor da frequência cardíaca pode ser utilizado quer na monitorização da resposta do atleta à carga de treino e avaliar as alterações na condição física, quer na prescrição das intensidades de treino (Maglischo, 2003).

A frequência cardíaca é um mecanismo simples, mas muito informativo sobre os parâmetros cardiovasculares. Uma das suas vantagens é o seu fácil acesso, através de uma simples contagem dos batimentos cardíacos pela palpação da artéria radial ou da carótida, no entanto, a frequência cardíaca pode ser influenciada por diversos factores que levam a que se cometam erros na sua medição (Wilmore e Costill, 1994).

Vários autores como Maglischo (2003) e Willmore e Costill (1994), fazem referência a quatro categorias da frequência cardíaca que são utilizadas para a monitorização do treino, sendo elas a frequência cardíaca de repouso, a frequência cardíaca máxima, a frequência cardíaca sub máxima e a frequência cardíaca de repouso.

2.1- Frequência Cardíaca de Repouso

A frequência cardíaca de repouso para atletas situa-se entre os 28 e os 40 batimentos por minuto (bpm), no caso dos indivíduos não treinados esta situa-se normalmente entre os 60 e os 80 bpm (Wilmore e Costill, 1994).

O treino causa a redução da frequência cardíaca de repouso, sendo mais evidente nas primeiras semanas de treino, em que se pode reduzir um batimento por semana. Esta redução em esforços sub máximos significa uma melhoria do volume sistólico (Rama, 1997).

Como o coração passa a bombear um maior volume de sangue por batimento, isto leva a que a frequência cardíaca diminua, pois são necessários menos batimentos para levar a quantidade de sangue necessária para o organismo. No entanto como já referi anteriormente isto só acontece nas primeiras semanas de treino, depois a frequência cardíaca de repouso estabiliza e não sofre alterações (Uusitalo and Rusko, 1998).

Como existem diversos factores que podem influenciar a frequência cardíaca, uma das formas de conseguirmos manter sempre a informação desta fiável é através da sua medição em situações semelhantes todos os dias, ou seja, os atletas devem medir a sua frequência cardíaca de repouso todos os dias sempre na mesma situação, de preferência de manhã ao levantar, evitando assim que a frequência cardíaca de repouso seja alterada por factores relativos ao dia a dia (Maglischo, 2003 e Wilmore e Costill, 1994).

2.2- Frequência Cardíaca Máxima

A frequência cardíaca máxima para a maioria dos atletas varia entre os 175 e os 220 bpm (Maglischo, 2003). Esta categoria da frequência cardíaca não varia consideravelmente com o treino, no entanto existem autores que defendem que esta tem uma ligeira descida após um período intensivo de treino aeróbio (Wilmore and Costill, 1994).

A frequência cardíaca máxima tende a baixar com a idade, sendo mais visível na adolescência e na fase adulta.

Em nadadores experimentados, a frequência cardíaca máxima frequentemente está abaixo dos 180 bpm.

Um dos métodos mais tradicionais para determinar a frequência cardíaca máxima é através da seguinte fórmula: 220-idade. No entanto Wilmore e Costill (1994) referem que esta fórmula tem um forte potencial de erro, uma vez que, em muitos casos o valor obtido pela fórmula não vai de encontro ao constatado na realidade.

Normalmente a frequência cardíaca máxima atingida na água é inferior á atingida nos exercícios realizados em “terra”. Um estudo feito por diz que, A frequência cardíaca atingida durante o nado é cerca de 10 a 15 batimentos inferiores à que normalmente se atingiria na realização dos exercícios em “terra” (Di Carlo, L.J., P.B. Sparling, M.L. Millard-Stafford, e J.C. Rupp, 1991 e McArdle, W.D., I.R. Magel, D.J. Delio, M. Toner, e J.M.Chase, 1978).

Maglischo (2003) apresenta duas explicações para este facto, uma refere-se ao facto da posição de nado ser horizontal, o que vai reduzir a força com que o coração deve bater para fazer chegar o sangue a todas as partes do corpo. A segunda explicação está relacionada com o facto de, normalmente a temperatura da água é baixa o que provoca uma diminuição da temperatura corporal, reduzindo deste modo a desidratação, que por sua vez vai reduzir o stress no sistema circulatório.

2.3- Frequência Cardíaca Submáxima

A frequência cardíaca retirada após um esforço submáximo é um bom método para determinar a intensidade de treino (Maglischo, 2003).

A frequência cardíaca registada quando os nadadores nadam a velocidades submáximas tende a baixar cerca de 10 a 20 bpm após as primeiras semanas de treino, sendo um bom indicador da melhoria da capacidade aeróbia, no entanto há que ter muito cuidado na medição normal da frequência cardíaca durante e após os exercícios, pois podem-se cometer erros facilmente (Maglischo, 2003).

Através de um estudo realizado por Peyrebrune e Hardy (1992) e citado por Maglischo (2003), os autores concluíram que quando os atletas realizam exercícios com uma baixa intensidade, não conseguem estabilizar a frequência cardíaca, ao contrário do que acontece quando realizam exercícios a uma grande intensidade, com

a frequência cardíaca perto da máxima, aí é mais fácil atingir mais estabilidade no valor de frequência cardíaca na realização dos exercícios.

Existem diversas propostas de utilização da frequência cardíaca na prescrição da intensidade do exercício. Um dos exemplos é o que demonstra a tabela II.7, proposta por Maglischo (2003).

Tabela II.7 – Método simples de prescrição da intensidade de treino através da divisão da frequência cardíaca por diferentes escalas (Maglischo, 2003).

Patamares da Frequência Cardíaca	Prescrição do Treino
120 – 140 bpm	Baixa intensidade, abaixo do limiar anaeróbio.
140 – 160 bpm	Intensidade moderada, abaixo do limiar anaeróbio.
160 – 180 bpm	Alta intensidade, situando-se no limiar anaeróbio.
180 - Máximo	Muito alta intensidade, acima do limiar anaeróbio.

Uma das limitações desta proposta reside no facto de cada patamar ter um intervalo de 20 bpm, e os efeitos que o treino provoca nos atletas não serem idênticos quando se trabalha a 140 ou 160 bpm, ou seja, as repercussões do treino não são as mesmas. Outra limitação deste método está no facto de que a frequência cardíaca máxima que não é igual para todos os atletas, mas os patamares serem sempre iguais, quer para um atleta com uma frequência cardíaca máxima de 190 bpm, quer para um atleta com uma frequência cardíaca máxima de 210 bpm.

O segundo método da prescrição da intensidade de treino através da frequência cardíaca, baseia-se na utilização da frequência cardíaca máxima como base para se estabelecer as diferentes intensidades de treino. Neste método, a frequência cardíaca submáxima para cada intensidade de treino é calculada através da percentagem da frequência cardíaca máxima atribuída a cada “patamar” de intensidade.

Tabela II.8 – Método de prescrição da intensidade de treino através da percentagem da frequência cardíaca máxima (Maglischo, 2003 adaptado de McArdle, Katch and Katch, 1996).

Frequência Cardíaca Máxima (%)	Intensidade de Treino
65% - 80%	Intensidade de treino baixa ou moderada, abaixo do limiar anaeróbio.
85% - 95%	Alta intensidade, localizando-se no limiar anaeróbio.
100%	Muito alta intensidade, acima do limiar anaeróbio.

Por ultimo, o terceiro método de determinação da intensidade de treino recorrendo à frequência cardíaca, é feito através do cálculo da frequência cardíaca de reserva, como Karvonen, M.J., E. Kentals, e O. Mutala (1975) citado por ACSM'S (2006) sugere. Este método baseia-se no cálculo da frequência cardíaca de reserva através da análise da frequência cardíaca máxima, da frequência cardíaca de repouso e da intensidade de treino, como podemos observar na fórmula seguinte.

Tabela II.9 – Fórmula de Karvonen (ACSM'S, 2006)

$F. C. Reserva = F. C. Máxima - F. C. Repouso$
--

Esta fórmula torna a prescrição do treino mais individualizada no que diz respeito à utilização da frequência cardíaca, pois tem em conta dois factores pessoais de cada atleta que são a sua frequência cardíaca máxima e a sua frequência cardíaca de repouso.

2.4- Frequência Cardíaca de Recuperação

O tempo que a frequência cardíaca dos atletas demora a regressar a valores normais de frequência cardíaca de repouso, após o exercício é um excelente método de medida da adaptação dos indivíduos ao treino. Um rápido tempo de recuperação e estabilização da frequência cardíaca após o exercício, indica um bom incremento da condição física, nomeadamente da sua capacidade aeróbia, caso contrário, ou seja, num elevado tempo de recuperação e estabilização da frequência cardíaca de

repouso, pode supor que existam falhas na adaptação ao treino ou a existência de doenças (Maglischo, 2003).

Segundo Maglischo (2003), quando se usa a frequência cardíaca de recuperação para a monitorização dos efeitos do treino, há que ter em conta alguns aspectos importantes que são:

- Garantir que a carga de treino é suficiente para que se produza uma quantidade razoável de fadiga;
- Garantir que a carga de treino é sempre a mesma em cada teste de análise da frequência cardíaca de recuperação;
- Garantir que a análise da frequência cardíaca de recuperação é feita sempre no mesmo intervalo de tempo após cada exercício;
- Garantir que a frequência cardíaca de recuperação é analisada da mesma maneira em todos os testes;
- Garantir que o período de recuperação seja passivo.

No início deste ponto, não se faz referência à análise da frequência cardíaca de recuperação até esta chegar à frequência cardíaca de repouso, uma vez que, após o exercício os valores de frequência cardíaca demoram muito tempo a voltarem ao valor da frequência cardíaca de repouso. Após o exercício, nos primeiros dois minutos, a frequência cardíaca reduz cerca de 40 a 60 bpm, depois dos dois minutos o decréscimo é muito menor, levando muito tempo até se atingir a frequência cardíaca de repouso (Maglischo, 2003).

No que diz respeito à recuperação passiva, esta provoca uma diminuição rápida da frequência cardíaca, mas no entanto provoca a acumulação do ácido láctico, uma vez que este é removido muito lentamente nas recuperações passivas.

Segundo Maglischo (2003), a investigação ainda não estabeleceu um porquê do treino causar uma rápida recuperação da frequência cardíaca para valores desta em repouso após os exercícios, somente são apresentadas algumas razões não inteiramente comprovadas.

3- A VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

O termo variabilidade da frequência cardíaca significa a representação das modificações no intervalo do batimento cardíaco, estando assim associada à frequência cardíaca (Mika P. Tarvainen e Juha – Pekka Niskanen, 2005).

O ponto de partida para o estudo da variabilidade da frequência cardíaca foi através da análise dos electrocardiogramas, no entanto com o aparecimento dos cardio-frequencímetros nos anos 80 e devido à sua grande procura por parte dos atletas, levou a que estes tivessem uma grande evolução tecnológica ao longo do tempo, conseguindo actualmente estes aparelhos registarem a variabilidade da frequência cardíaca, substituindo desta forma a utilização dos electrocardiogramas, uma vez que, a utilização dos cardio-frequencímetros é mais prática (Juul Achten and Asker E. Jeunkendrup, 2003).

A variabilidade da frequência cardíaca foi estudada extensivamente durante as últimas décadas, levando à publicação de numerosos artigos que reportam investigação realizada. Com a publicação destes estudos, foi possível concluir que a variabilidade da frequência cardíaca pode ser usada para prever o risco de enfarte de miocárdio (Huikuri H., Makikallio T., Raatikainen P., Perkiomakis J., Castellanos A., & Myeburg R., 2003) e a detecção da diabetes (Braune H., & Geisernerfer U., 1995).

3.1- O Electrocardiograma / Complexo QRS

A condução dos potenciais de acção, através do miocárdio durante o ciclo cardíaco produz correntes eléctricas que podem ser medidas à superfície do corpo.

O registo dos potenciais de acção referidos anteriormente corresponde ao electrocardiograma. Este registo é efectuado através da colocação de eléctrodos no corpo (Fig.II.1) que detectam os potenciais de acção do músculo cardíaco e transferem essa informação para um equipamento apropriado onde é registada a informação. Essa informação representa-se por intermédio de ondas P e T e pelo complexo QRS (Fig.II.2). A onda P corresponde à despolarização das aurículas e ao início da contracção auricular. O complexo QRS é composto por três ondas individuais e corresponde à despolarização dos ventrículos ocorrendo no início da contracção ventricular (Rod Seeley, Trent Stephens e Philip Tate, 1997). No entanto

cada onda do complexo QRS tem características específicas: a onda Q representa a primeira deflexão negativa a seguir à onda P, e reflecte a activação do septo ventricular; a onda R corresponde à primeira deflexão positiva e representa a despolarização da maioria do ventrículo; a onda S apresenta novamente uma deflexão negativa e corresponde à despolarização da última parte do ventrículo (Foss M., & Keteyian S., 1998).

Por último, a onda T representa a repolarização dos ventrículos e precede o relaxamento ventricular.

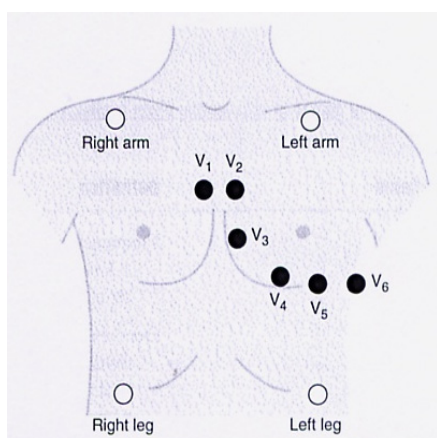


Fig.II.1 – Colocação dos eléctrodos

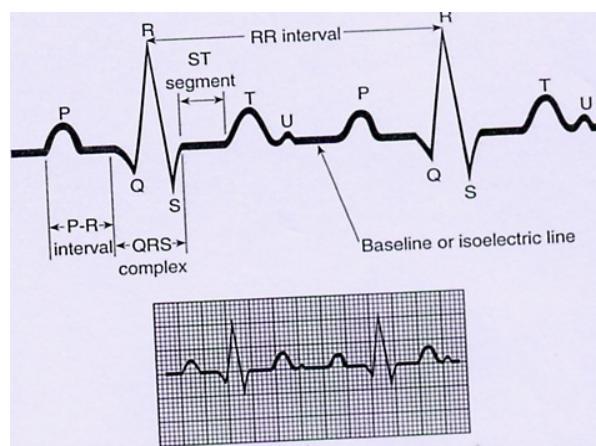


Fig.II.2 – Electrocardiograma

3.2- O Funcionamento / Forma do Sistema Nervoso Autónomo

Tanto o Sistema Nervoso Autónomo, como o Sistema Nervoso Somatomotor são constituídos por neurónios aferentes e eferentes.

Os neurónios aferentes transportam a informação do Sistema Nervoso Periférico para o Sistema Nervoso Central, ou seja, propagam potenciais de acção dos receptores sensoriais para o Sistema Nervoso Central e transmitem a informação dos reflexos mediados pelo Sistema Nervoso Somatomotor e pelo Sistema Nervoso Autónomo (Rod Seeley, Trent Stephens e Philip Tate, 1997).

Os neurónios eferentes, que transportam a informação do Sistema Nervoso Central para a periferia, diferem estruturalmente e funcionalmente entre o Sistema Nervoso Somatomotor e o Autónomo.

No Sistema Nervoso Autónomo existem duas séries de neurónios que se estendem entre o Sistema Nervoso Central e os órgãos enervados. Os primeiros neurónios de cada série designam-se por neurónios pré – ganglionares enquanto que

os segundos de cada série se designam por neurónios pós – ganglionares. Os pré – ganglionares localizam-se no tronco cerebral ou na medula espinhal, enquanto que os pós – ganglionares localizam-se entre os gânglios autonómicos, onde se efectua a sinapse entre os pré – ganglionares e os pós – ganglionares, e estendem-se para os órgãos alvo, onde sinapsam com estes (Rod Seeley, Trent Stephens e Philip Tate, 1997).

No Sistema Nervoso Autónomo os neurónios eferentes enervam o músculo liso, o cardíaco e as glândulas, sendo as funções deste Sistema controladas de forma inconsciente. O efeito do Sistema Nervoso Autónomo nos órgãos pode ser excitatório ou inibitório (Rod Seeley, Trent Stephens e Philip Tate, 1997).

No que diz respeito às bainhas axonais do Sistema Nervoso Autónomo, os axónios pré – ganglionares são mialinizados, enquanto que os pós – ganglionares não são mialinizados.

3.3- Sistema Nervoso Simpático e Parassimpático

O Sistema Nervoso Autónomo é constituído por duas partes: o Sistema Nervoso Simpático e o Sistema Nervoso Parassimpático, tendo cada um destes, características estruturais e funcionais próprias, como podemos constatar na tabela seguinte.

Tabela II.10 – Comparação dos Sistemas Simpático e Parassimpático (Rod Seeley, Trent Stephens e Philip Tate, 1997).

Característica	Simpático	Parassimpático
Localização do corpo celular pré – ganglionar	Cornos laterais da substância cinzenta da medula espinhal (T1 – L2)	Tronco cerebral e cornos laterais da substância cinzenta da medula espinhal (S2 – S4)
Percurso a partir do Sistema Nervoso Central	Nervos raquidianos Nervos simpáticos Nervos esplâncnicos	Nervos cranianos Nervos pélvicos
Gânglios	Gânglios da cadeia simpática latero –	Gânglios terminais perto de um órgão efector

	vertebral (ao longo da coluna vertebral), para os nervos raquidianos e simpáticos; gânglios pré – viscerais para os nervos esplâncnicos	
Número de neurónios pós – ganglionares para cada neurónio pré – ganglionar	Muitos	Poucos
Comprimento relativo dos neurónios	Pré – ganglionares curtos Pós – ganglionares longos	Pré – ganglionares longos Pós – ganglionares curtos

3.4- A Influência do Sistema Nervoso Autónomo na Frequência Cardíaca

O sistema cardiovascular, nomeadamente a frequência cardíaca e a circulação, são normalmente controladas pelos centros mais elevados do cérebro e pelas áreas de controlo cardiovascular localizadas no tronco cerebral, através da actividade do Sistema Nervoso Simpático e Parassimpático (Hainsworth R., 1998).

O controlo da tensão arterial é regulado pelos baroreceptores, pelos quimiorreceptores, pela permeabilidade capilar e pela circulação das hormonas (Levy M., Martin P., 1979).

Segundo André E. Aubert, Bert Seps e Frank Beckers (2003), o estudo da variação da frequência cardíaca permite principalmente o acesso à actividade nervosa e à actividade dos baroreceptores. A estimulação nervosa parassimpática do coração faz com que se liberte acetilcolina nas terminações vagais, tendo esta hormona como principais efeitos sobre o coração, o de diminuir a velocidade do ritmo do nódulo sino auricular e em segundo diminuir a excitabilidade das fibras da união aurículo-ventricular, levando a uma diminuição da transmissão do impulso cardíaco. Por outro lado, a estimulação Simpática, tem o efeito completamente oposto, uma vez que, esta provoca o aumento da intensidade da descarga do nódulo sino-auricular, aumentando

a excitabilidade de todos os processos do coração e aumenta consideravelmente a força de contração de toda a musculatura cardíaca (Jerez, 1992).

No caso dos baroreceptores, como estes se localizam nas paredes das grandes artérias, próximo do coração, detectam alterações na tensão arterial, levando a que os reflexos autonómicos alterem a frequência cardíaca, provocando um retorno da tensão arterial a valores normais. Consoante a alteração da tensão arterial, subida ou descida assim actua o Sistema Simpático e Parassimpático, sendo que, quando a tensão soube há um reflexo parassimpático, que leva à diminuição da frequência cardíaca, enquanto que quando há uma descida acentuada da tensão, dá-se um reflexo simpático, para que frequência cardíaca suba para valores normais (Rod Seeley, Trent Stephens e Philip Tate, 1997).

3.5- Descrição da Variabilidade da Frequência Cardíaca

A variabilidade da frequência cardíaca é reconhecida como um instrumento poderoso na estimação da modulação cardíaca autónoma (Saul JP, 1990).

A variabilidade da frequência cardíaca descreve a variação entre consecutivos batimentos cardíacos (Mika P. Tarvainen e Juha – Pekka Niskanen, 2005), sendo uniforme que quando a frequência cardíaca está relativamente estabilizada, o tempo entre dois batimentos (R – R) pode variar substancialmente. A variação do tempo entre os batimentos define a variabilidade da frequência cardíaca (Juul Achten and Asker E. Jeunkendrup, 2003).

O ritmo cardíaco é controlado pelo nódulo sino – arterial, que é modulado pelo sistema simpático e parassimpático, pertencentes ao sistema nervoso autónomo (Mika P. Tarvainen e Juha – Pekka Niskanen, 2005).

Parte da variabilidade da frequência é causada pelo ciclo natural de arritmia que ocorre com a influência da respiração no fluxo de impulsos simpáticos e do vago ao nódulo sino – arterial (Juul Achten and Asker E. Jeunkendrup, 2003).

A actividade do Sistema Simpático tende a aumentar a frequência cardíaca, e a sua resposta é lenta, enquanto que a actividade do Sistema Parassimpático tende a diminuir a frequência cardíaca, e a sua actuação é rápida (Berntson G., Bigger J., Eckberg D., Grossman P., Kaufmann P., Malik M., Nagaraja H., Porges S., Saul J., Stone P., e Van Der Molen M. 1997).

No que diz respeito a variabilidade da frequência cardíaca, a idade e o género são importantes características para determinar a variabilidade da frequência cardíaca em indivíduos saudáveis (Juul Achten and Asker E. Jeunkendrup, 2003). Num estudo de Jensen – Urstad K., Storck N., Bouvier F. e colaboradores (1997), concluíram que a variação da frequência cardíaca diminui com o aumento da idade. Ainda no mesmo estudo, os autores concluíram que as mulheres têm uma variação da frequência cardíaca mais baixa que os homens.

3.6- Parâmetros a Utilizar na Análise dos Dados da Variabilidade da Frequência Cardíaca

No que diz respeito aos dados a analisar para a análise da variabilidade da frequência cardíaca, estes vão dividir-se em dois domínios, o tempo e a frequência.

3.6.1 – Domínio Tempo

Os parâmetros pertencentes ao domínio tempo são facilmente calculados, através do uso de métodos estatísticos. A sua maior limitação é a falta de discriminação entre a actividade de cada um dos sistemas Simpático e Parassimpático dentro do Sistema Nervoso Autónomo (André E. Aubert, Bert Seps e Frank Beckers, 2003).

Os parâmetros pertencentes ao domínio tempo são: a média dos intervalos RR (RR), o desvio padrão dos intervalos RR (SDNN), a média da frequência cardíaca (HR), o desvio padrão dos valores instantâneos da frequência cardíaca (STD HR), a raiz quadrada das diferenças entre a média dos intervalos RR (RMSSD), o número sucessivo de intervalos RR que diferem mais de 50 ms (NN50) e a sua respectiva percentagem (pNN50).

3.6.2 – Domínio da Frequência

Pela definição, análises espectrais decompõem qualquer sinal dependente do tempo, seja ele constante, estacionário ou flutuante em componentes sinusoidais. Estas componentes concedem um traçado do poder de cada componente com a função da sua frequência e a computação do poder em regiões de frequência definida (André E. Aubert, Bert Seps e Frank Beckers, 2003). Segundo André E. Aubert, Bert

Seps e Frank Beckers (2003) as análises do poder espectral podem ser executadas pela rápida transformação de Fourier (FFT) (Akscirod S., 1988, citado por André E. Aubert, Bert Seps e Frank Beckers, 2003) e pelo modelo auto regressivo (AR) (Bartoli F., Baselli G., Cerutti S., 1985).

O método de rápida transformação de Fourier é um método objectivo porque nenhuma informação é perdida. As unidades das componentes espectrais são a ms^2 e Hz. A vantagem deste método consiste na sua computação eficiente e na sua simples implementação. No entanto este método tem algumas limitações, que estão relacionadas com o limite da resolução da frequência, que está relacionado com o tempo de gravação da frequência cardíaca (André E. Aubert, Bert Seps e Frank Beckers, 2003).

O modelo auto regressivo considera as séries de tempo como uma equação diferente, já que todos os sinais são expressos como uma função linear (André E. Aubert, Bert Seps e Frank Beckers, 2003). Visualmente o espectro auto regressivo apresenta iguais componentes espectrais que podem ser distinguidas independentemente das bandas de frequência pré seleccionadas (Bartoli F., colaboradores, 1985).

Os principais parâmetros utilizados no domínio da frequência são: o poder das muito baixas frequências (VLFP), o poder das baixas frequências (LFP), o poder das altas-frequências (HFP) e a razão entre os poderes das baixas e altas frequências (LFP/HFP) (Juul Achten and Asker E. Jeunkendrup, 2003).

A medida das diferentes frequências é geralmente expressa em valores absolutos (ms^2) ou unidades normalizadas (nu) (Juul Achten and Asker E. Jeunkendrup, 2003), sendo que esta última unidade se calcula com base nos valores absolutos, como podemos observar na tabela II.11.

Tabela II.11 – Fórmula de cálculo das altas e baixas frequências em valores normalizados.

$LF \text{ ou } HF \text{ (nu)} = \frac{LF \text{ ou } HF \text{ (ms}^2\text{)}}{LF+HF \text{ (ms}^2\text{)}}$
--

O poder espectral do sinal da variação da frequência cardíaca, obtido pela análise espectral, tem o objectivo de poder ser usado como uma prova quantitativa do

acesso ao controlo do mecanismo cardiovascular (Akselrod S, Gordon D., Ubel F., 1981).

Ao contrário do domínio tempo, no domínio frequência, alguns autores propõem que os picos das diferentes frequências reflectam as diferentes influências do Sistema Simpático e Parassimpático (Pomeranz B., Macaulay R., e Caudill M. 1985).

Análises espectrais, utilização de bloqueadoras farmacológicas e estimulações neurais, indicam que as oscilações da frequência cardíaca estão concentradas em pelo menos duas regiões espectrais distintas. O resultado destes estudos concluem que a região de potência das altas-frequências é entre 0,15Hz e 0,50Hz e é mediada lentamente pelo Sistema Parassimpático. A região de potência das baixas frequências cardíacas localiza-se entre 0,04Hz e 0,15Hz e é mediada pelo Sistema Simpático e Parassimpático (Arai Y., Saul J., & Albrecht P. 2000).

Esta partilha de mediação de potência das baixas frequências por parte do Sistema Simpático e Parassimpático gera controvérsia entre alguns autores, uma vez que, uns defendem que a potência das baixas frequências é modulado pela actividade do Sistema Simpático (Kamath M., e Fallen E., 1993) e outros que é modulado pelo Sistema Parassimpático (Hayano J., Sakakibara Y., Yamada A. 1991). É difícil a estimação da actividade do Sistema Simpático e Parassimpático através da potência das baixas frequências, uma vez que, este está relacionado com a actividade dos baroreceptores, com a regulação da temperatura e com o stress cardiovascular (Arai Y., Saul J., & Albrecht P. 2000).

3.7- A Variabilidade da Frequência Cardíaca e o Exercício

Vários estudos que utilizaram as análises espectrais para investigar o efeito do exercício físico na actividade do Sistema Nervoso Autónomo têm tido resultados inconclusivos (Dixon E., Kamath M., McCartney N., 1992).

No entanto muitos estudos sobre as análises espectrais, suportam a teoria que o treino de resistência aumenta a Variabilidade da Frequência Cardíaca, a actividade do Sistema Parassimpático, contribui para a bradicardia (Gregoire J., Tuck S., Yamamoto Y., 1996) e provoca mudanças no controlo da resposta cardiovascular (Butler G., Yamamoto Y., Hughson R., 1994).

Tem-se mostrado ao longo do tempo que durante o exercício físico a frequência cardíaca aumenta devido à retirada parcial do Sistema Parassimpático e ao aumento da actividade do Sistema Simpático (Iellamo F., 2001).

Como forma de relacionar o aumento da frequência cardíaca durante o exercício com a alteração ou não dos parâmetros da variabilidade da frequência cardíaca, foram realizados vários estudos, onde se chegaram a diversas conclusões.

Algumas conclusões possíveis reportam que na transição de repouso para exercício, há um decréscimo no desvio padrão dos intervalos RR (SDNN) (Casadei B., Cochrane S., Johnston J., 1995), o poder das altas-frequências decresce (Gregoire J., Tuck S., Yamamoto Y., 1996), enquanto que o das baixas frequências não se altera (Dixon E., Kamath M., McCartney N., 1992) e não há mudanças na razão entre as baixas e as altas frequências (Yamamoto Y., Hughson R., Peterson J., 1991).

Estudos realizados por Melason E. (2000), Bonaduce D., Petretta M., Cavallaro V. (1998) e Sacknoff D., Gleim G., Stachenfeld N. (1994) verificaram que atletas treinados apresentam valores significativamente altos para as variáveis do domínio tempo, nomeadamente na média dos intervalos R-R, na percentagem de intervalos que diferem mais de 50ms (pNN50) e na raiz quadrada das diferenças entre a média dos intervalos R-R (RMSSD).

No entanto, Pichot V., Roche F., Gaspoz J-M., Enjolras F., Antoniadis A., Minini R., Costes F., Busso T., Lacour J-R., Barthélémy, C. (2000) acompanhou um grupo de atletas de meio-fundo em que analisou a variação da frequência cardíaca ao longo de 3 semanas de treino intensivo e depois de uma semana de recuperação. Este constatou que no domínio do tempo, a raiz quadrada das diferenças entre a média dos intervalos R-R e a percentagem de intervalos que diferem mais de 50ms, diminuem com o treino, mas após um tempo de recuperação estes valores voltam a subir, ultrapassando os valores iniciais.

Posto isto, Juul Achten and Asker E. Jeunkendrup (2003), referem que são necessários mais estudos para investigar o efeito directo do treino nos indicies da Variabilidade da Frequência Cardíaca, uma vez que os estudos realizados até ao momento ainda levantam muitas questões.

Essas questões devem-se a inúmeros factos. O primeiro facto diz respeito á utilização das unidades do domínio da frequência, uma vez que, há autores que reportam os dados em termos absolutos e outros em termos de unidades normalizadas. O facto de se utilizar diferentes unidades leva a obtenção de resultados

diferentes, já que, nos estudos em que foram utilizados os dados em termos de poder absolutos, o poder das altas e das baixas frequências são idênticos (Melanson E., 2000), ou significativamente altos (Davy K., Miniclier N., Taylor J., 1996) quando comparados com indivíduos sedentários (Sacknoff D., e colaboradores, 1994). Isto pressupõe que a variabilidade da frequência cardíaca é mais elevada nos indivíduos treinados (Juul Achten and Asker E. Jeunkendrup, 2003).

Outro aspecto que levanta questões é a duração dos programas de treino nos estudos, sendo que os estudos que acompanham programas de treino de longa duração, mostram resultados mais favoráveis do que os programas de treino de curta duração (Juul Achten and Asker E. Jeunkendrup, 2003). Os estudos com 12 a 16 semanas mostram aumentos nas componentes de poder das altas-frequências (Amano M., Kanda T., Eu H., 2001).

Por último, Warren J., Jaffe R., Wraa C., (1997) e Cottin F., Papelica Y., Escomon P., (1999) concluíram que a variabilidade da frequência cardíaca é uma técnica não invasiva válida de medida da actividade parassimpática durante o exercício, mas no caso da actividade do simpático já levanta algumas questões.

3.8- A Variabilidade da Frequência Cardíaca em Nadadores

A maioria dos estudos que relacionaram a variabilidade da frequência cardíaca com a carga de treino, ou com a performance dos resultados obtidos pelos nadadores, concluíram que a variação da actividade do sistema nervoso autónomo em relação à carga de treino é altamente individualizada (Garet M., Tournaire N., Roche F., Laurent R., Lacour J., Barthelemy J., Pichot V., 2004; Hedelin R., Wiklund U., Bjerle P., Henriksson-Larsen K., 2000; Hedelin R., Bjerle P., Henriksson-Larsen K., 2001; Uusitalo A., Uusitalo A., Rusko H., 1998).

No entanto há estudos que demonstram o contrário, ou seja, que há relações entre a variabilidade da frequência cardíaca com a carga de treino e com o resultado desportivo dos atletas, nomeadamente nadadores.

Um desses estudos foi feito por Paul Hellard e colaboradores (2006), em que analisou 21 nadadores franceses de nível nacional e internacional, e monitorizou a variabilidade da frequência cardíaca durante 1 a 3 anos, duas vezes por mês, durante o período de treino. As conclusões retiradas deste estudo referem que a variabilidade

da frequência cardíaca é superior nos atletas de nível internacional, bem como, os efeitos do treino na variabilidade da frequência cardíaca provocam um aumento significativo desta da primeira para a segunda metade da época.

Outro estudo que demonstra que há relação entre a variabilidade da frequência cardíaca com a carga de treino e com o resultado desportivo dos atletas, foi realizado por Atlaoui D., Pichot V., Lacoste L., Barale F., Lacour J-R., Chatard J-C., (2006), em que se analisaram 13 nadadores franceses de nível nacional e internacional durante 34 semanas. Estes autores verificaram que os nadadores obtiveram resultados desportivos elevados quando a actividade autónoma e parassimpática era elevada, e em contra partida, os resultados desportivos pioravam, quando a actividade autónoma e parassimpática diminuía, levando à conclusão que, uma elevada actividade parassimpática durante o período de “Tapper”, pode ser um factor determinante na performance dos nadadores. Neste estudo, os autores não encontraram diferenças significativamente estatísticas na comparação das variáveis do domínio da frequência em termos absolutos (ms^2), mas quando comparados os valores em valores normalizados (nu), estes encontraram diferenças significativamente estatísticas nas variáveis do domínio da frequência.

4- APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Um problema que está subjacente a este estudo, é saber de que forma o treino de natação, dadas as suas particularidades, influencia a actividade do Sistema Nervoso Autónomo, nomeadamente do Sistema Nervoso Simpático e Parassimpático, através do recurso à análise da variabilidade da frequência cardíaca, e de que forma esta oscila ao longo da época desportiva.

Como forma de responder ao problema referido no parágrafo anterior, traçamos como hipóteses para este estudo as seguintes:

- De que forma oscila o domínio do Sistema Nervoso autónomo, mais precisamente o Sistema Nervoso Simpático e Parassimpático, ao longo do processo de treino de uma época desportiva em natação;
- Dado que a utilização da variabilidade da frequência cardíaca como forma de acesso à actividade do Sistema Nervoso Autónomo, não consegue ainda unanimidade generalizada na literatura científica de referência, ou seja, mantêm-se a controvérsia,

pretende-se com este estudo contribuir para ajudar ao esclarecimento desta problemática.

- Será que os parâmetros da variabilidade da frequência cardíaca traduzem as alterações da carga de treino na resposta dos atletas.

Capítulo III – Metodologia

Neste capítulo será apresentado o desenho experimental, bem como, todos os procedimentos que foram utilizados na realização deste estudo, nomeadamente a caracterização da amostra, o cronograma, os procedimentos do estudo e os instrumentos utilizados para a análise dos resultados.

1- CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

Para a realização deste estudo foi pedida a participação e colaboração de 19 atletas de Natação Pura Desportiva de elevado rendimento desportivo. A amostra foi constituída por 6 atletas do género feminino e 13 do género masculino, em que o mais novo apresenta 14 e o mais velho 20 anos de idade, pertencentes ao mesmo nível de exigência de treino.

Para caracterizar a amostra, foram recolhidas e registadas algumas medidas antropométricas, como a estatura e massa corporal. Para a caracterização da composição corporal, foram igualmente recolhidas 6 pregas subcutâneas tal como propõem Ross e Marfell-Jones (1991), seguindo os procedimentos de recolha propostos por Sobral. F. e Silva, M. (1997).

Tabela III.1 – Caracterização da Amostra. N, Mínimo, Máximo, Média, Desvio Padrão (Estatura, Envergadura, Massa Corporal, Somatório das Pregas de Gordura, % de Massa Gorda).

Variáveis		N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
Estatura (cm)	Mas	13	165,1	184,6	174,9	5,8
	Fem	6	154,3	180,1	163,0	9,4
Envergadura (cm)	Mas	13	171,0	197,0	180,1	7,5
	Fem	6	158,0	186,5	169,2	10,3
Massa Corporal (kg)	Mas	13	57,4	78,0	65,8	6,8
	Fem	6	47,5	60,2	54,6	5,0
S (6) SK	Mas	13	31,0	73,0	50,1	13,5
	Fem	6	62,0	114,0	78,0	18,3

Estes dados revelam-nos que os nadadores da nossa amostra apresentam médias mais baixas do que os nadadores internacionais de elite (Carter L., e Ackland

T., 1994), no entanto apresentam valores semelhantes aos nadadores portugueses de elite (Fernando R., e colaboradores, 2006).

2- CRONOGRAMA

O estudo teve a duração de 29 semanas, tendo este período correspondido a um processo de treino que incluiu duas provas importantes do calendário desportivo da presente época desportiva (2006/2007), cada uma das competições concluiu dois Macro ciclos de preparação.

Apesar de o estudo ter sido realizado ao longo de 29 semanas, a recolha de dados permitiu analisar a variabilidade da frequência cardíaca em 8 momentos, correspondendo a cada momento um ponto característico do período de preparação. Cada um dos momentos como podemos verificar na figura I corresponde a um período específico de preparação para a competição.

Na figura III.1 estão representados todos os 8 momentos da análise da variabilidade da frequência cardíaca nos dois Macro ciclos analisados, bem como, o período de preparação para a competição correspondente.

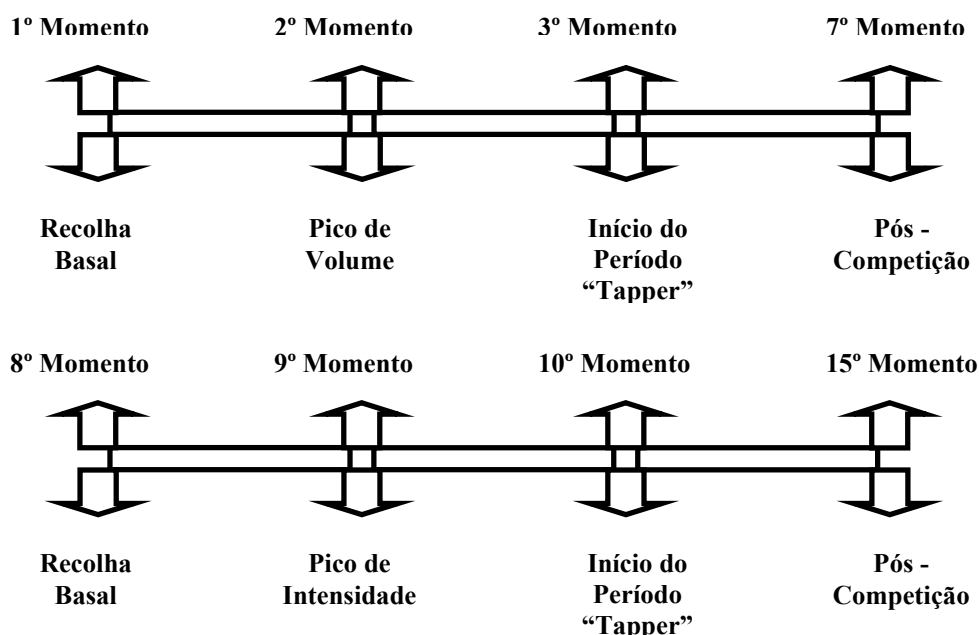


Fig.III.1 – Momentos da recolha de dados

3- PROCEDIMENTOS

3.1- Procedimentos no Terreno

A realização do teste da variabilidade da frequência cardíaca (HRV), aquando a sua aplicação no terreno, requeria o seguimento de um determinado número de passos antes, durante e depois do teste. Antes do teste, a memória dos monitores de frequência cardíaca (Polar S810) era limpa, bem com, estes eram colocados na função R-R, que permite a gravação por parte do monitor de frequência cardíaca de todos os batimentos cardíacos. Em seguida era colocado um monitor de frequência cardíaca a cada atleta, e após a colocação destes, os atletas deitavam-se sobre uns colchões e era accionado um ficheiro de som, que permitia a regulação dos ciclos respiratório, sendo a frequência de 12 ciclos por minutos. O controlo da frequência respiratória é muito importante, pois como já vimos na revisão da literatura, a frequência respiratória é um dos factores que influencia o ritmo cardíaco. Após silêncio absoluto na sala, o teste era iniciado sendo a frequência cardíaca gravada num período de 10 minutos, no entanto nos 8 primeiros minutos os atletas estavam deitados numa posição de decúbito dorsal, e depois de se atingir o oitavo minuto era dito aos atletas para se levantarem suavemente e num acto continuo, mantendo-se de pé mais 2 minutos. Após o término dos 10 minutos os polares eram desligados e retirados dos atletas.

3.2- Procedimentos no Laboratório

Após a recolha dos dados no terreno, os receptores eram descarregados, e os ficheiros passavam para suporte informático, para posteriormente serem analisados. Os ficheiros eram descarregados com recurso ao programa informático *Polar Precision Performance*, onde os ficheiros eram sujeitos a uma correcção moderada, de forma a eliminar as interferências, sendo os ficheiros posteriormente guardados em ficheiro de texto (txt). Depois estes ficheiros foram analisados recorrendo ao programa *Kubios HRV Analysis* versão 2.0, desenvolvido pelo Departamento of Applied Physics, da Universidade de Kuopio, Finlândia (Mika P. Tarvainen e Juha – Pekka Niskanen), tendo autorização por parte dos seus autores para o seu uso. Os

dados fornecidos por este programa, foram divididos em, dois domínios, o domínio tempo e frequência. Para o domínio tempo, as variáveis em análise foram a média da frequência cardíaca (MHR), a média dos intervalos RR (MRR), a raiz quadrada das diferenças entre a média dos intervalos RR (RMSSD), o número sucessivo de intervalos RR que diferem mais de 50 ms (NN50) e a sua respectiva percentagem (pNN50), no que diz respeito ao domínio da frequência as variáveis em estudos foram as baixas frequências em valores absolutos (HFms²) e em valores normalizados (HFnu), as baixas frequências em valores absolutos (LFms²) e em valores normalizados (LFnu) e a relação entre as baixas frequências e as altas frequências (LF\HF). Todas estas variáveis já foram utilizadas em estudos anteriores como o de Vicent Pichot, e colaboradores em 2000 (NN50, RMSSD, pNN50, LFms², HFms², LF/HF, LFnu e HFnu). Este conjunto de variáveis é proposto por vários estudos referenciados.

Apesar de o teste no terreno ter uma duração de 10 minutos, a análise das variáveis referidas anteriormente centrou-se no intervalo de tempo entre os 120 segundos e os 300 segundos. A opção por esta amostra reduzida justifica-se por neste estudo só nos interessar o valor da Variabilidade da Frequência Cardíaca obtido em período de decúbito dorsal. A selecção do segundo ao quinto minuto pretendeu obter um período temporal que exclua possíveis alterações da frequência cardíaca associadas ao início do teste e á mudança de posição a operar no oitavo minuto.

3.3- Procedimentos Estatísticos

Para a análise e tratamento estatístico dos dados foram usados os programas informáticos *Microsoft Office Exel* e *Statistical Package for Social Sciences* – SPSS versão 15.0, para *Windows*.

Na caracterização da amostra e da carga de treino foi usada a Estatística Descritiva recorrendo à média, como medida de tendência central, e ao desvio padrão e mínimos e máximos como medidas de dispersão. Na análise inferencial e depois de testada a normalidade da distribuição, recorreu-se ao Teste T' pares para comparar os valores médios das variáveis estudadas tendo assumido um nível de significância de $p < 0,05$.

Capítulo IV – Apresentação e Discussão dos Resultados

Neste capítulo serão apresentados os dados da carga de treino e da sua intensidade nos momentos analisados, bem como, as variáveis do domínio tempo (média RR, média HR, RMSSD, NN50 e pNN50) e frequência (LFms², HFms², LFnu, HFnu e LF\HF) nos momentos referidos na tabela XII e no cronograma presente na metodologia. Numa primeira fase serão apresentados os dados de cada uma das variáveis de cada domínio, sendo que depois serão apresentados os resultados das comparações dos momentos.

1- APRESENTAÇÃO DA CARGA DE TREINO

Tabela IV.1 – Momentos da análise da variabilidade da frequência cardíaca.

Momento	Semana	Período de Preparação para a Competição	Volume da Carga (m)	Intensidade (UAC)
1º	0	Basal	0	0
2º	7	Pico de Volume	42025	13
3º	9	“Tapper”	31595	15
7º	13	Pós – Competição	23400	9
8º	16	Basal	34421	11
9º	22	Pico de Intensidade	40818	13
10º	25	“Tapper”	38595	13
15º	29	Pós – Competição	20513	13

Como podemos observar na Tabela IV.1, a carga de treino sofre alterações ao longo do período de treino, tendo momentos específicos em que aumenta o volume e diminui a intensidade ou vice-versa.

Durante o 1º Macroциclo há um incremento do volume de treino que atinge o seu auge na semana 7, em que se obtém um volume de carga de 42025 metros semanais, após esta semana há uma redução acentuada do volume da carga mas em contra partida aumenta a intensidade. Após a competição há uma redução acentuada da intensidade e do volume de carga.

No 2º Macroциclo, tal como no 1º, após o período basal há um incremento acentuado do volume da carga até á 22ª semana, que culmina com o “pico de intensidade”, no entanto a partir deste momento, há uma redução do volume da carga até ao período pós-competição, mas a intensidade mantêm-se (13).

2- PARÂMETROS DO DOMÍNIO TEMPO E DO DOMÍNIO FREQUÊNCIA

2.1 – Domínio Tempo

2.1.1- Média da Frequência Cardíaca (MHR)

Tabela IV.2 – Estatística descritiva da média da frequência cardíaca nos 8 momentos analisados.

	Momentos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
1º Macroциclo	MeanHR_1	55	83	66	8
	MeanHR_2	54	84	65	9
	MeanHR_3	52	78	66	9
	MeanHR_7	50	88	66	11
2º Macroциclo	MeanHR_8	50	89	68	9
	MeanHR_9	53	86	67	11
	MeanHR_10	51	89	65	10
	MeanHR_15	52	82	63	8

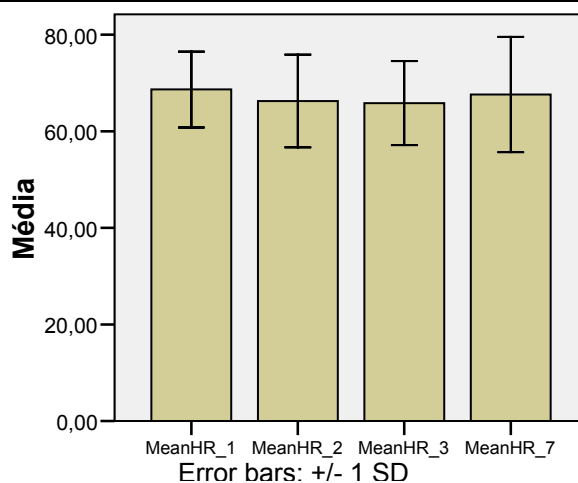


Gráfico IV.1 – Média da Frequência Cardíaca nos 4 momentos do 1º Macroциclo.

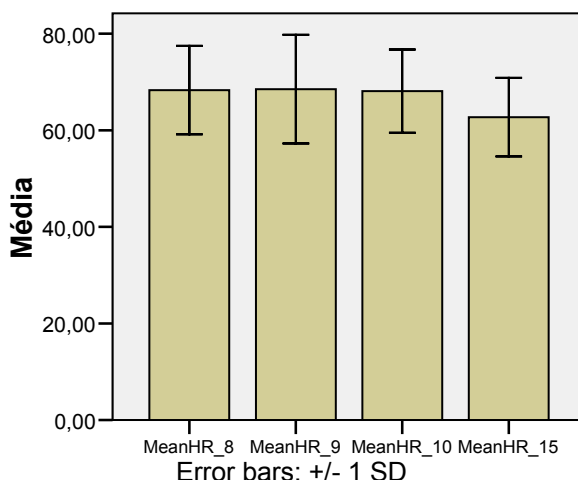


Gráfico IV.2 – Média da Frequência Cardíaca nos 4 momentos do 2º Macroциclo.

Como podemos observar na tabela IV.2, a média da frequência cardíaca no primeiro Macroциclo inicia-se com um valor médio de 66 ± 8 , o que corresponde também ao valor mais alto obtido durante este Macroциclo. Em contra partida, o valor médio mais baixo é obtido no segundo momento (65 ± 9), que corresponde ao momento de “pico de volume”, em termos de carga de treino. No entanto, a partir deste momento (“pico de Volume”) a média volta a subir, embora nunca ultrapassado o valor inicial / Basal.

No segundo Macroциclo, os dados apontam para um valor médio da frequência cardíaca inicial de 68 ± 9 , que corresponde ao valor mais alto obtido neste Macroциclo, tal como aconteceu no 1º Macroциclo. Ao contrário do que se passou no primeiro Macroциclo, no segundo, o valor médio mais baixo da média da frequência cardíaca (63 ± 8) situa-se no 15º momento, que corresponde em termos de treino ao final do Macroциclo, após competição.

Neste segundo Macroциclo é de salientar um decréscimo da média da frequência cardíaca do momento inicial (período basal) até ao momento final (período após competição).

Quando comparados os momentos do primeiro Macroциclo, nomeadamente o primeiro com os restantes três, não se encontram diferenças estatisticamente significativas.

No segundo Macroциclo, quando comparamos os momentos em análise, também tendo como referencia o primeiro momento do Macroциclo (8º momento), só

se encontra diferenças estatisticamente significativas ($t=2,554$; $df=15$; $p=0,022$) para o 15º momento (pós competição), apresentando-se este último, como o valor mais baixo da frequência cardíaca média (63 ± 8).

2.1.2- Média dos Intervalos R-R (MRR)

Tabela IV.3 – Estatística descritiva da média dos intervalos RR nos 8 momentos analisados.

	Momentos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
1º Macroциclo	MeanRR_1	0,728	1,112	0,925	0,113
	MeanRR_2	0,717	1,140	0,958	0,135
	MeanRR_3	0,771	1,149	0,933	0,126
	MeanRR_7	0,685	1,216	0,939	0,148
2º Macroциclo	MeanRR_8	0,685	1,199	0,909	0,120
	MeanRR_9	0,645	1,151	0,910	0,170
	MeanRR_10	0,681	1,168	0,958	0,135
	MeanRR_15	0,732	1,161	0,980	0,112

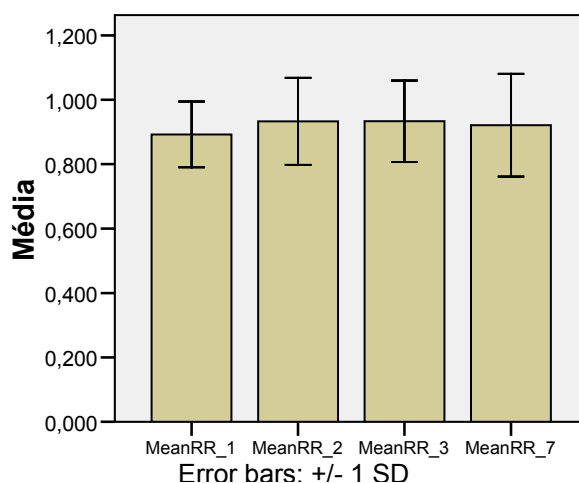


Gráfico IV.3 – Média dos Intervalos R-R nos 4 momentos do 1º Macroциclo.

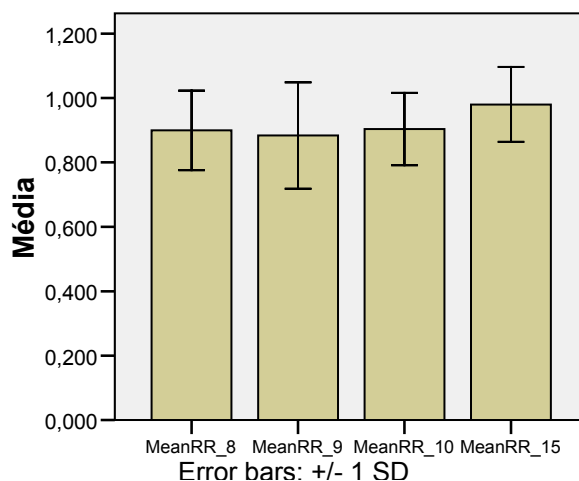


Gráfico IV.4 – Média dos Intervalos R-R nos 4 momentos do 2º Macroциclo.

A média dos intervalos R-R no primeiro Macroциclo inicia-se com um valor médio de $0,925 \pm 0,113$ ms, que corresponde também ao valor mais baixo obtido durante este Macroциclo. Em contra partida, o valor médio mais alto é obtido no segundo momento ($0,958 \pm 0,135$ ms), que corresponde ao fim do momento de “pico de volume”, da carga de treino. No entanto, a partir deste momento o valor médio deste parâmetro volta a diminuir, s nunca ultrapassando o valor inicial.

No segundo Macroциclo, os dados demonstram que a média dos intervalos R-R apresentam um valor médio inicial de $0,909 \pm 0,120$ ms, que corresponde ao valor mais baixo obtido neste Macroциclo, tal como aconteceu no 1º Macroциclo. No entanto, neste segundo Macroциclo, o valor médio mais alto da média dos intervalos R-R ($0,980 \pm 0,112$) situa-se no 15º momento, que corresponde em termos de treino ao final do Macroциclo, após competição.

Merece ser referenciado que neste segundo Macroциclo observa-se um aumento do valor médio dos intervalos R-R desde o momento inicial (período basal) até ao momento final (período após competição).

Quando comparados os momentos do primeiro Macroциclo, nomeadamente o primeiro com os restantes três, não se verifica diferenças estatisticamente significativas.

Já no segundo Macroциclo, quando comparamos os momentos em análise, também tendo como referencia o primeiro momento do Macroциclo (8º momento), só se encontram diferenças estatisticamente significativas quando comparado o

momento basal (8º) como o momento pós competição (15º) ($t=-2,647$; $df=15$; $p=0,018$), apresentando-se este valor como o mais alto da média dos intervalos R-R ($0,980 \pm 0,112$).

Este resultado de certa forma concorda com os estudos de Melason (2000), Bonaduce e colaboradores (1998) e Sacknoff e colaboradores (1994) que concluíram que a média dos intervalos R-R, em indivíduos treinados tende a aumentar, tornando-se significativamente alta, quando comparada com indivíduos sedentários, o que poderíamos aplicar a atletas destreinados.

2.1.3- Raiz Quadrada das Diferenças entre a Média dos Intervalos R-R (RMSSD)

Tabela IV.4 – Estatística descritiva da raiz quadrada das diferenças entre a média dos intervalos R-R nos 8 momentos analisados.

	Momentos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
1º Macroциclo	RMSSD_1	16,8	214,9	78,2	50,3
	RMSSD_2	10,2	220,4	86,9	56,4
	RMSSD_3	26,9	155,7	70,4	38,1
	RMSSD_7	17,8	137,4	69,2	36,8
2º Macroциclo	RMSSD_8	16,2	150,6	62,5	34,4
	RMSSD_9	20,4	169,7	65,7	43,2
	RMSSD_10	38,2	214,8	78,8	48,7
	RMSSD_15	12,2	193,8	84,5	50,0

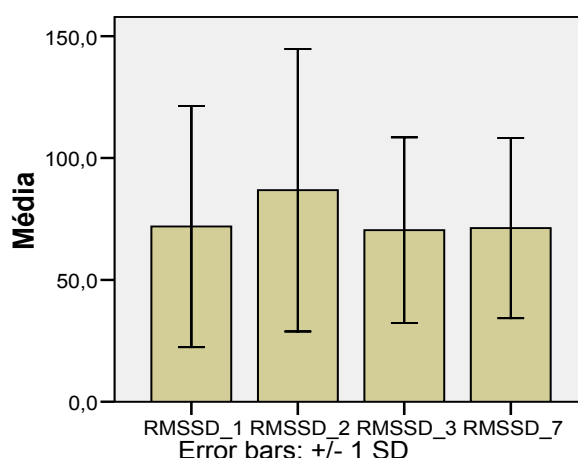


Gráfico IV.5 – Média da Raiz Quadrada das Diferenças entre a Média dos Intervalos R-R nos 4 momentos do 1º Macroциclo.

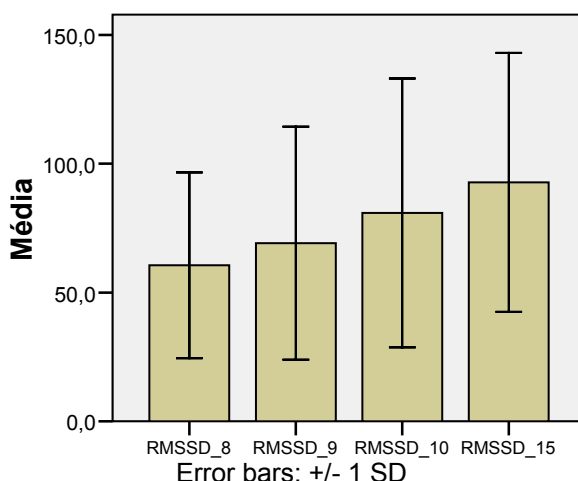


Gráfico IV.6 – Média da Raiz Quadrada das Diferenças entre a Média dos Intervalos R-R nos 4 momentos do 2º Macroциclo.

Na tabela IV.4, a raiz quadrada da média dos intervalos R-R no primeiro Macroциclo evidencia um valor médio de $78,2 \pm 50,3$. Neste Macroциclo o valor mais baixo ($69,2 \pm 36,8$) foi obtido no 7º momento (Período após competição), enquanto que o valor médio mais alto ($86,9 \pm 56,4$) foi obtido no 2º momento (“pico do volume”).

No segundo Macroциclo, a raiz quadrada da média dos intervalos R-R tem um valor basal de $62,5 \pm 34,4$, que corresponde também ao valor médio mais baixo desta variável neste Macroциclo. Em contra partida, o valor médio mais alto ($84,5 \pm 50,0$) foi obtido no último momento (15º - Período pós - competição).

Quando comparados os valores médios do primeiro Microциclo, tendo sempre como referência o primeiro momento (período basal) não se encontram diferenças estatisticamente significativas.

No segundo Macroциclo, quando comparado o período basal com o período correspondente ao “pico de intensidade” (9º), não se verificam diferenças estatisticamente significativas, no entanto quando comparado o 8º momento com o 10º e com o 15º há diferenças estatisticamente significativas ($t=-2,686$; $df=15$; $p=0,017$; $t=-3,813$; $df=15$; $p=0,02$), correspondendo estes momentos aos valores mais elevados da raiz quadrada da média dos intervalos R-R.

Este resultados estão de acordo com os estudos de Melason (2000), Bonaduce e colaboradores (1998) e Sacknoff e colaboradores (1994) que referem, que a raiz quadrada das diferenças entre a média dos intervalos R-R, em indivíduos treinados tende a aumentar, tornando-se significativamente alta, quando comparada com indivíduos sedentários. Em contrapartida, o facto da raiz quadrada das diferenças entre a média dos intervalos R-R ter aumentado ao longo do segundo Macro ciclo, vai contra o observado por Vicent Pichot (2000), em que este observou o contrário, ou seja, que durante o período de treino, esta variável baixou, só voltando a subir após um período de recuperação.

2.1.4- Número Sucessivo de Intervalos R-R que Diferem mais que 50ms (NN50)

Tabela IV.5 – Estatística descritiva do número sucessivo de intervalos R-R que diferem mais que 50ms nos 8 momentos analisados.

	Momentos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
1º Macro ciclo	NN50_1	5	147	80	38
	NN50_2	0	139	72	39
	NN50_3	10	130	72	41
	NN50_7	7	141	73	41
2º Macro ciclo	NN50_8	3	125	67	37
	NN50_9	4	133	65	41
	NN50_10	18	131	78	34
	NN50_15	0	137	83	44

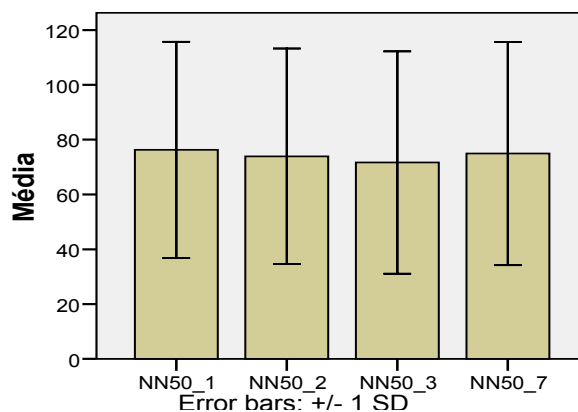


Gráfico IV.7 – Média do Número Sucessivo de Intervalos R-R que Diferem mais de 50ms nos 4 momentos do 1º Macro ciclo.

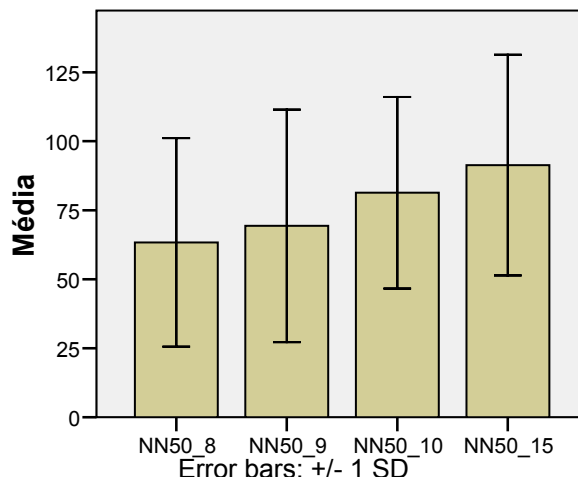


Gráfico IV.8 – Média do Número Sucessivo de Intervalos R-R que Diferem mais de 50ms nos 4 momentos do 2º Macroциclo.

Partindo com um valor médio basal de 80 ± 38 no primeiro Macroциclo, o que corresponde também ao valor médio mais elevado, há um constante decréscimo do valor médio do número sucessivo de intervalos R-R que diferem mais que 50ms, tendo o seu valor médio mais baixo (72 ± 41) no 3º momento, ou seja, no início do período de “Tapper”.

No segundo Macroциclo o valor médio basal do número sucessivo de intervalos R-R que diferem mais que 50ms foi de 67 ± 37 . O valor médio mais baixo (65 ± 41) localizou-se no 9º momento (“pico de intensidade”) e o mais alto (83 ± 44) no 15º momento (pós – competição).

Quando comparados os momentos do primeiro Macroциclo, nomeadamente o primeiro com os restantes três, as diferenças não são estatisticamente significativas.

No que diz respeito ao segundo Macroциclo, quando comparado o registo basal com o período correspondente ao “pico de intensidade” (9º), não há diferenças estatisticamente significativas, no entanto quando comparado o 8º momento com o 10º e com o 15º, há diferenças estatisticamente significativas ($t=-2,855$; $df=15$; $p=0,012$; $t=-3,105$; $df=15$; $p=0,007$), apresentando-se estes valores como os valores médios mais altos do número sucessivo de intervalos R-R que diferem mas que 50ms.

2.1.5- Percentagem do Número Sucessivo de Intervalos R-R que Diferem mais que 50ms (pNN50)

Tabela IV.6 – Estatística descritiva da percentagem do número sucessivo de intervalos R-R que diferem mais que 50ms nos 8 momentos analisados.

	Momentos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
1º Macroциclo	pNN50_1	2,3	77,0	42,6	22,0
	pNN50_2	0	78,1	40,1	24,0
	pNN50_3	4,3	79,3	39,4	24,3
	pNN50_7	4,1	71,8	39,6	23,5
2º Macroциclo	pNN50_8	1,5	603,0	69,0	143,9
	pNN50_9	1,6	76,8	35,7	25,3
	pNN50_10	6,8	75,0	42,8	21,4
	pNN50_15	0	83,0	46,3	26,0

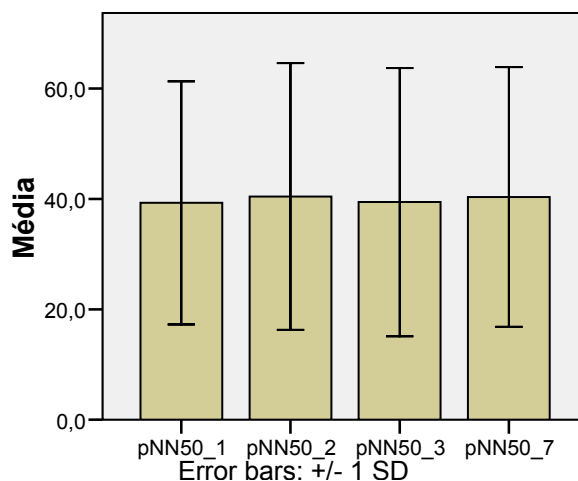


Gráfico IV.9 – Média da Percentagem do Número Sucessivo de Intervalos R-R que Diferem mais de 50ms nos 4 momentos do 1º Macroциclo.

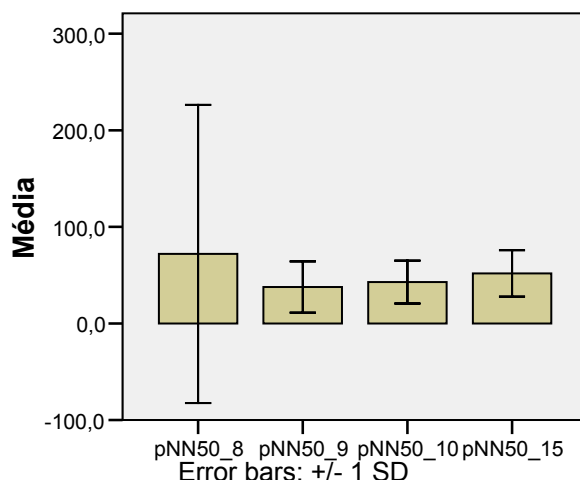


Gráfico IV.10 – Média da Percentagem do Número Sucessivo de Intervalos R-R que Diferem mais de 50ms nos 4 momentos do 2º Macroциclo.

Ao analisarmos a tabela IV.6, a percentagem do número sucessivo de intervalos R-R que diferem mais de 50ms no primeiro Macroциclo inicia-se com um valor médio de $42,6 \pm 22$, que corresponde também ao valor mais alto obtido durante este Macroциclo. Em contrapartida, o valor médio mais baixo é obtido no 3º momento ($39,4 \pm 24,3$), que corresponde ao período de “pós-competição”.

No que diz respeito ao segundo Macroциclo, os dados demonstram que a percentagem do número sucessivo de intervalos R-R que diferem mais de 50ms, tem um valor médio inicial de $69 \pm 143,9$, que corresponde ao valor médio mais alto obtido neste Macroциclo, tal como aconteceu no 1º Macroциclo. No entanto, neste segundo Macroциclo, o valor médio mais baixo da percentagem do número sucessivo de intervalos R-R que diferem mais de 50ms ($35,8 \pm 25,3$) situa-se no 9º momento, que corresponde em termos de treino ao “pico de intensidade”.

Ao compararmos em qualquer um dos Macroциclos os restantes momentos com o momento basal, não se encontram diferenças estatisticamente significativas em nenhum dos casos.

O facto da percentagem do número sucessivo de intervalos R-R que diferem mais que 50ms não ter um constante aumento ao longo do 2º Macroциclo, uma vez que baixa ao longo de ambos os Macroциclos, concordando com o que Vicent Pichot (2000) observou, mas contrariando Melason (2000), Bonaduce e colaboradores (1998) e Sacknoff e colaboradores (1994), ou seja, que a percentagem do número

sucessivo de intervalos R-R que diferem mais que 50ms, em indivíduos treinados tende a aumentar, tornando-se significativamente alta, quando comparada com indivíduos sedentários.

2.2- Domínio Frequência

2.2.1- Baixas Frequências em Valores Absolutos (LFms²)

Tabela IV.7 – Estatística descritiva das baixas frequências em valores absolutos nos 8 momentos analisados.

	Momentos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
1º Macroциclo	LFms2_1	9	1054	138	233
	LFms2_2	1	859	234	258
	LFms2_3	8	564	120	134
	LFms2_7	0	419	106	109
2º Macroциclo	LFms2_8	17	395	94	89
	LFms2_9	2	370	105	93
	LFms2_10	15	412	138	128
	LFms2_15	2	493	134	137

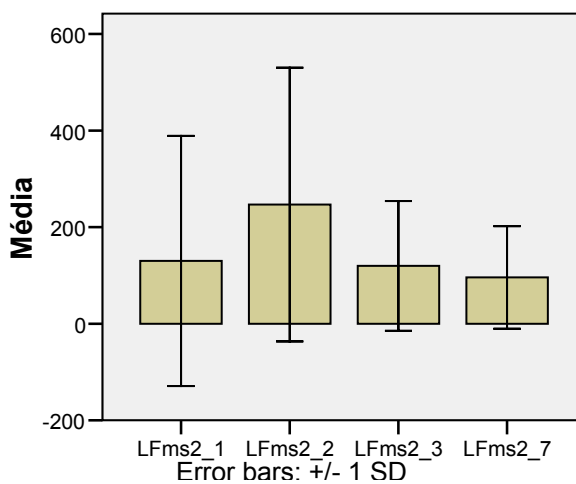


Gráfico IV.11 – Média das Baixas Frequências em Valores Absolutos nos 4 momentos do 1º Macroциclo.

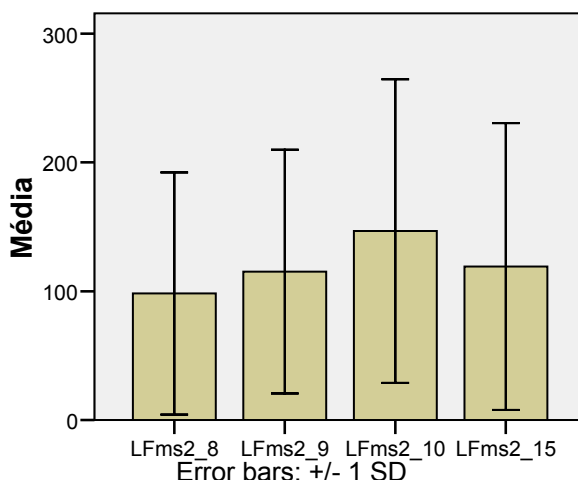


Gráfico IV.12 – Média das Baixas Frequências em Valores Absolutos nos 4 momentos do 2º Macroциclo.

Ao analisarmos a tabela IV.7, as baixas frequências em valores absolutos no primeiro Macroциclo iniciam-se com um valor médio de 138 ± 233 . Neste Microциclo o valor mais baixo (106 ± 109) foi obtido no 7º momento (Período após competição), enquanto que o valor médio mais alto (234 ± 258) foi obtido no 2º momento (“pico do volume”).

No segundo Microциclo, as baixas frequências em valores absolutos têm um valor basal de 94 ± 89 , que corresponde também ao valor médio mais baixo desta variável neste Macroциclo. Em contra partida, o valor médio mais alto (138 ± 128) foi obtido no 10º momento, no início do período “Tapper”.

Ao compararmos em qualquer um dos Macroциclos os restantes momentos com o momento basal, não se encontram diferenças estatisticamente significativas em nenhum dos casos, facto que vai de encontro ao concluído por Djamila Atlaoui e colaboradores (2006), uma vez que estes, constataram que apesar de as baixas frequências em termos absolutos ($LFms^2$) aumentarem do período basal para o período de intensidade e depois diminuírem na passagem para o período de “tapper”, esta variável não apresentava diferenças significativamente estatísticas.

2.2.2- Baixas Frequências em Valores Normalizados (LFnu)

Tabela IV.8 – Estatística descritiva das baixas frequências em valores normalizados nos 8 momentos analisados.

	Momentos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
1º Macroциclo	LFnu_1	10,8	60,7	32,5	15,5
	LFnu_2	16,8	86,7	46,0	22,4
	LFnu_3	11,1	69,0	36,6	18,6
	LFnu_7	3,9	76,4	38,3	22,4
2º Macroциclo	LFnu_8	14,4	81,8	42,4	20,5
	LFnu_9	13,7	88,2	44,8	20,0
	LFnu_10	13,1	73,6	39,5	18,8
	LFnu_15	2,6	63,1	32,7	17,4

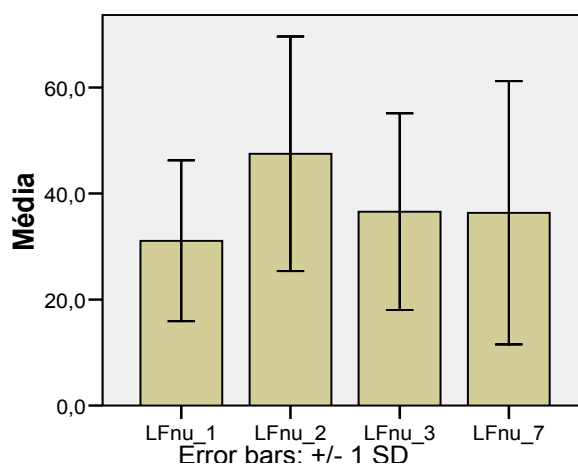


Gráfico IV.13 – Média das Baixas Frequências em Valores Normalizados nos 4 momentos do 1º Macroциclo.

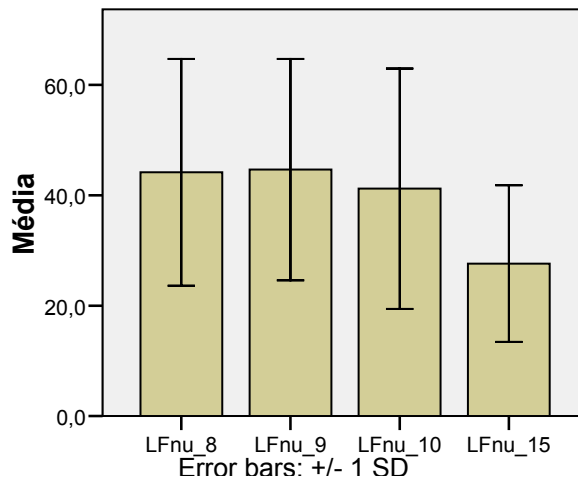


Gráfico IV.14 – Média das Baixas Frequências em Valores Normalizados nos 4 momentos do 2º Macroциclo.

Partindo com um valor médio basal de $32,5 \pm 15,5$ para o primeiro Macroциclo, o que corresponde também ao valor médio mais baixo obtido neste primeiro Macroциclo. O valor médio mais elevado ($46 \pm 22,4$) situa-se no 2º momento, que corresponde em termos de período de treino, ao “pico de volume”.

No segundo Macroциclo, o valor médio basal das baixas frequências em valores normalizados foi de $42,4 \pm 20,5$. O valor médio mais baixo ($32,7 \pm 17,4$) obtido neste segundo Macroциclo foi no 15º momento (pós – competição), enquanto que o mais alto ($44,8 \pm 20,0$) foi obtido no 9º momento (“pico de intensidade”).

Ao comparar-mos em qualquer um dos Macroциclos, os restantes momentos com o momento basal, somente são encontradas diferenças estatisticamente significativas na comparação do 1º momento com o 2º momento ($t = -2,609$; $df = 18$; $p = 0,018$), apresentando-se este como o valor médio mais alto, das baixas frequências em valores normalizados.

Este resultado vai de encontro ao referido por Vicent Pichot e colaboradores (2000) e Djamila Atlaoui e colaboradores (2006), em que estes constataram que á medida que há um incremento na intensidade do treino, os valores das baixas frequências aumentam, facto que vem de encontro ao que acontece no meu estudo, em que ao passarmos de um momento basal para um momento de treino com elevado volume, as baixas frequências em valores normalizados aumentam significativamente.

2.2.3- Altas Frequências em Valores Absolutos (HFms²)

Tabela IV.9 – Estatística descritiva das altas frequências em valores absolutos nos 8 momentos analisados.

	Momentos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
1º Macroциclo	HFms2_1	6	1540	303	379
	HFms2_2	4	953	264	289
	HFms2_3	30	663	217	189
	HFms2_7	1	893	213	232
2º Macroциclo	HFms2_8	10	1003	189	250
	HFms2_9	6	855	195	252
	HFms2_10	29	771	239	258
	HFms2_15	5	1253	368	412

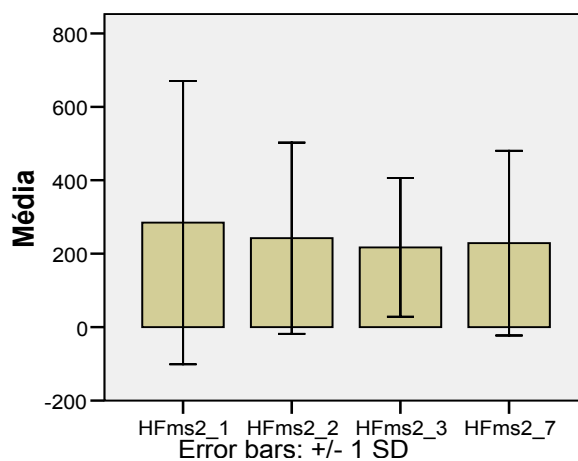


Gráfico IV.15 – Média das Altas Frequências em Valores Absolutos nos 4 momentos do 1º Macroциclo.

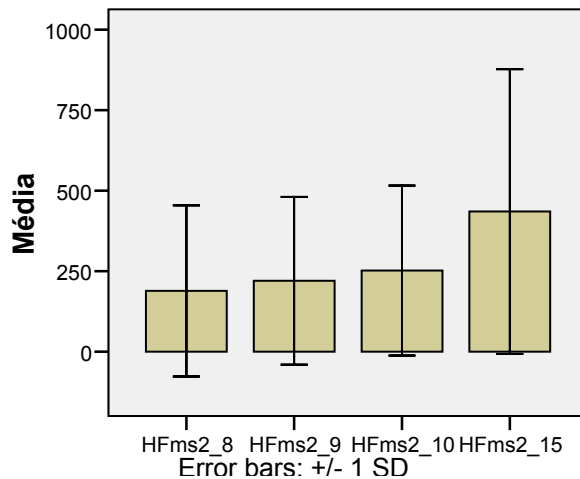


Gráfico IV.16 – Média das Altas Frequências em Valores Absolutos nos 4 momentos do 2º Macroциclo.

Ao analisarmos a tabela IV.9, o valor médio basal das altas frequências em valores absolutos é de 303 ± 379 , que corresponde ao valor mais elevado obtido durante este Macroциclo. O valor mais baixo (213 ± 232) foi obtido no 7º momento (Período após competição), após um decréscimo constante a partir do 1º momento.

No segundo Macroциclo, as altas frequências em valores absolutos têm um valor basal de 189 ± 250 , que corresponde também ao valor médio mais baixo desta variável neste Macroциclo. Em contra partida, ao que se passou no primeiro Macroциclo, neste, os valores médios vão subindo, culminando com o valor médio mais alto (368 ± 412) no final do Macroциclo, ou seja, no 15º momento.

Ao comparar-mos em qualquer um dos Macroциclos os restantes momentos com o momento basal, não se encontram diferenças estatisticamente significativas em nenhum dos casos, á excepção do 8º momento com o 15º momento, que demonstra diferenças estatisticamente significativas ($t = -2,719$; $df = 15$; $p = 0,016$), apresentando-se este como o valor médio mais alto, das altas frequências em valores absolutos.

Mais uma vez, os resultados obtidos vão de encontro ao que Vicent Pichot e colaboradores (2000) constataram, mas vão contra o referido no estudo de Djamilia Atlaoui e colaboradores (2006), ou seja, no primeiro os autores constataram que aquando o aumento da intensidade e volume, o valor das altas frequências em valores absolutos diminui e quando a carga e a intensidade diminui, este valor aumenta

significativamente. No entanto no segundo estudo referido, tal não acontece, uma vez que este valor diminui sempre, independentemente do período da época.

2.2.4- Altas Frequências em Valores Normalizados (HFnu)

Tabela IV.10 – Estatística descritiva das altas frequências em valores normalizados nos 8 momentos analisados.

	Momentos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
1º Macroциclo	HFnu_1	39,3	89,2	67,5	15,5
	HFnu_2	13,3	83,2	54,0	22,4
	HFnu_3	31,0	88,9	63,4	18,6
	HFnu_7	23,6	96,1	61,7	22,5
2º Macroциclo	HFnu_8	18,2	85,6	57,6	20,5
	HFnu_9	11,8	86,3	55,2	20,0
	HFnu_10	26,4	86,9	60,5	18,8
	HFnu_15	36,9	97,4	67,3	17,4

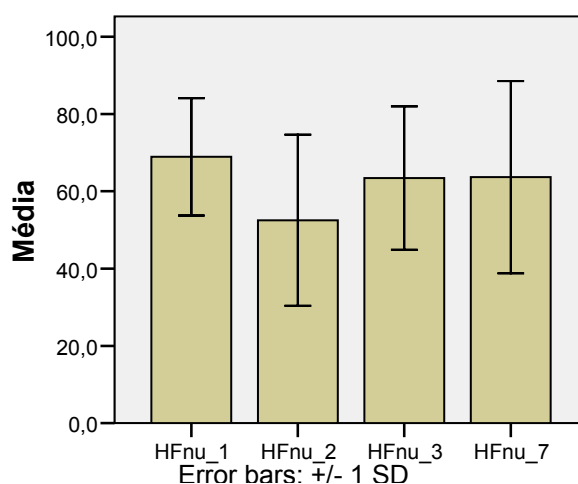


Gráfico IV.17 – Média das Altas Frequências em Valores Normalizados nos 4 momentos do 1º Macroциclo.

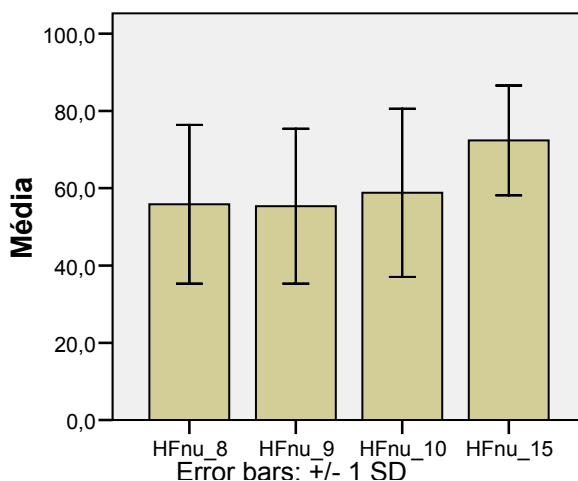


Gráfico IV.18 – Média das Altas Frequências em Valores Normalizados nos 4 momentos do 2º Macroциclo.

Ao analisarmos a tabela IV.10, verificamos que para o primeiro Macroциclo o valor médio mais elevado ($67,5 \pm 15,5$) corresponde ao momento basal, e o valor médio mais baixo ($54 \pm 22,4$) corresponde ao 2º momento (“pico de volume”).

No segundo Macroциclo o valor médio do momento basal é de $57,6 \pm 20,5$, sendo que o valor médio mais alto ($67,3 \pm 17,4$) se encontra no 15º momento (“após competição”), e o valor médio mais baixo ($55,2 \pm 20$) se encontra no 9º momento (“pico de intensidade”).

Quando comparados os momentos do primeiro Macroциclo, nomeadamente o primeiro com os restantes três, somente são encontradas diferenças estatisticamente significativas na comparação do 1º com o 2º momento ($t= 2,609$; $df= 18$; $p= 0,018$), tendo este momento o valor médio mais baixo das altas frequências em valores normalizados.

No segundo Macroциclo, não são encontradas diferenças estatisticamente significativas quando comparados todos os momentos com o período basal.

Os resultados encontrados neste estudo vão de encontro ao referido no ponto anterior, ou seja, são concordantes aos do estudo de Vicent Pichot e colaboradores (2000), mas contraditórios aos de Djamilia Atlaoui e colaboradores (2006), ou seja, no primeiro os autores constataram que aquando o aumento da intensidade e volume, o valor das altas frequências em valores absolutos diminui significativamente e quando a carga e a intensidade diminui, este valor aumenta. No entanto no segundo

estudo referido, tal não acontece, uma vez que este valor diminui sempre, independentemente do período da época.

2.2.5- Razão entre as Baixas Frequências e as Altas Frequências (LF\HF)

Tabela IV.11 – Estatística descritiva da relação entre as baixas frequências e as altas frequências nos 8 momentos analisados.

	Momentos	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão
1º Macroциclo	LFHF_1	0,121	1,546	0,573	0,434
	LFHF_2	0,202	6,542	1,435	1,655
	LFHF_3	0,155	125,000	9,065	32,078
	LFHF_7	0,041	3,242	0,900	0,878
2º Macroциclo	LFHF_8	0,169	4,504	1,102	1,234
	LFHF_9	0,159	7,472	1,297	1,753
	LFHF_10	0,150	2,794	0,876	0,800
	LFHF_15	0,026	1,710	0,600	0,486

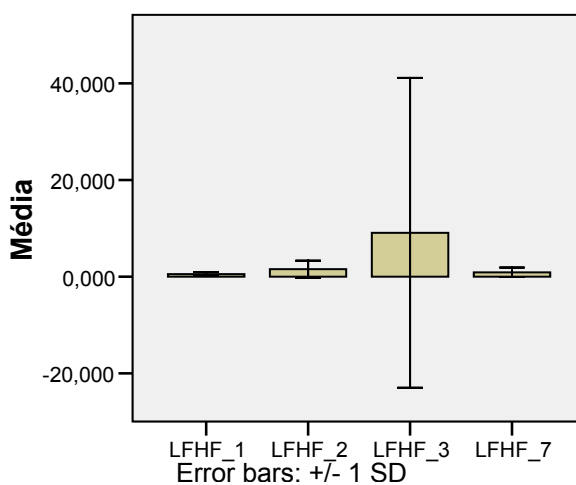


Gráfico IV.19 – Média da Razão entre as Baixas Frequências e as Altas Frequências nos 4 momentos do 1º Macroциclo.

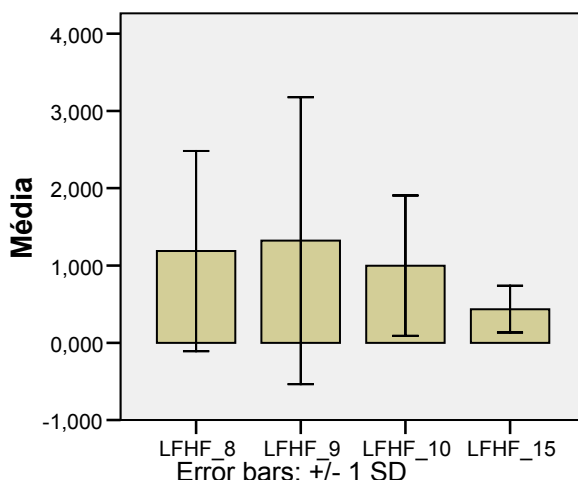


Gráfico IV.20 – Média da Razão entre as Baixas Frequências e as Altas Frequências nos 4 momentos do 2º Macroциclo.

Partindo com um valor médio basal de $0,573 \pm 0,434$ para o primeiro Macroциclo, o que corresponde também ao valor médio mais baixo da relação entre as baixas frequências e as altas frequências, obtido neste primeiro Macroциclo. O momento 3 (início do período de “Tapper”) foi aquele em que se obteve o valor médio mais alto ($9,065 \pm 32,078$) da relação entre as baixas frequências e as altas frequências.

No segundo Macroциclo, o valor médio basal da relação das baixas frequências com as altas frequências foi de $1,102 \pm 1,234$. O valor médio mais baixo ($0,600 \pm 0,486$) localizou-se no 15º momento (após competição) e o mais alto ($1,297 \pm 1,753$) no 9º momento (“pico de intensidade”).

Quando comparados os momentos do primeiro Macroциclo, nomeadamente o primeiro com os restantes três, somente são encontradas diferenças estatisticamente significativas na comparação do 1º com o 2º momento ($t = -2,284$; $df = 18$; $p = 0,035$), apresentando-se este como o segundo valor médio mais alto do 1º Macroциclo da razão entre as baixas e as altas frequências.

No segundo Macroциclo, não são encontradas diferenças estatisticamente significativas quando comparados todos os momentos com o período basal.

Estes resultados são idênticos mais uma vez, aos do estudo de Vicent Pichot e colaboradores (2000), uma vez que estes encontraram também um aumento significativo desta variável no seu estudo, aquando aplicação de carga e após uma

redução da mesma, a relação entre as baixas e as altas frequências volta a diminuir. No estudo de Djamilia Atlaoui e colaboradores (2006), os resultados são idênticos aos do meu estudo na parte de incremento da carga de treino, uma vez que o valor da relação baixas e altas frequências aumenta, mas depois na redução da carga, os resultados são contraditórios, dado que, no estudo destes autores, a relação continua a subir, havendo mesmo uma diferença significativa entre o 1º momento e o último momento.

3- ANÁLISE GLOBAL DOS PARAMENTOS DA VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA

Dada a complexidade e comportamento contraditório dos parâmetros utilizados, optamos por analisar a tendência da variação nos diferentes momentos e representados nas tabelas XXIV, XXV, XXVI e XXVII.

3.1- Domínio Tempo

Tabela IV.12– Análise global das oscilações das variáveis do domínio tempo durante o 1º Macroциclo.

Variáveis	1º Momento	2º Momento	3º Momento	7º Momento
MHR	66,4			
MRR	0,925			
RMSSD	78,2			
NN50	80			
pNN50	42,6			

Tabela IV.13 – Análise global das oscilações das variáveis do domínio tempo durante o 2º Macroциclo.

Variáveis	8º Momento	9º Momento	10º Momento	15º Momento
MHR	67,56			
MRR	0,909			
RMSSD	62,5			
NN50	67			
pNN50	69			

Ao analisarmos o comportamento das variáveis ao longo dos dois Macroциclos, verificamos que no primeiro Macroциclo, há a tendência para um decréscimo de todas as variáveis no 3º momento (pico de volume), há exceção da média da frequência cardíaca, e no momento seguinte, ou seja, no 7º momento (pós competição) os valores voltam a aumentar. Estes resultados são concordantes com os do estudo realizado por Vicent Pichot e colaboradores (2000), em que se obteve os mesmos resultados, ou seja, há um decréscimo dos parâmetros durante o treino intensivo e após uma semana de recuperação há uma subida geral de todas as variáveis.

No segundo Macroциclo, há uma tendência para o aumento de todas as variáveis do domínio tempo, sendo que a exceção é a média da frequência cardíaca, que baixa ao longo do tempo.

3.2- Domínio Frequência

Tabela IV.14 – Análise global das oscilações das variáveis do domínio frequência durante o 1º Macroциclo.

Variáveis	1º Momento	2º Momento	3º Momento	7º Momento
LFms ²	138			
LFnu	32,5			
HFms ²	303			
HFnu	67,5			
LF\HF	0,573			

Tabela IV.15 – Análise global das oscilações das variáveis do domínio frequência durante o 2º Macroциclo.

Variáveis	8º Momento	9º Momento	10º Momento	15º Momento
LFms ²	94			
LFnu	42,4			
HFms ²	189			
HFnu	57,6			
LF\HF	1,102			

No primeiro Macroциclo, as variáveis tendem a subir do 1º para o segundo momento, à exceção das altas frequências que baixam, mas na passagem do 2º para o 3º momento, as altas frequências em valores normalizados aumentam, mas em contra partida as baixas frequências em valores normalizados também aumentam. Apesar dos valores do comportamento das altas e baixas frequências quer em valores normalizados, quer em valores absolutos, poderem leva-nos a apontar que os atletas possam estar fatigados aquando a competição, a razão entre as baixas e altas frequências demonstra o contrário, ou seja, demonstra que os atletas estão bem preparados fisicamente para a competição, pois esta razão diminui no ultimo momento, o que demonstra que as altas frequências são superiores as baixas frequências.

No 2º Macroциclo, tal já não acontece, pois os valores das baixas frequências tendem a baixar ao longo do Macroциclo e em contra partida os valores das altas frequências tendem a subir, o que demonstra a melhoria da condição física dos alunos ao longo do período de treino, ou seja, há uma prevalência domínio do Sistema Nervoso Parassimpático sobre o Simpático, facto também mostrado uma vez mais pela razão das baixas frequências com as altas frequências que diminuem a partir do 10º momento.

Capítulo V – Conclusões e Recomendações

Após a realização do estudo serão apresentadas as suas principais conclusões, tendo em conta os resultados e a respectiva discussão apresentadas no capítulo anterior.

1- CONCLUSÕES

Tal como referido por André E. Aubert, Bert Seps e Frank Beckers (2003) os resultados obtidos no domínio tempo não são conclusivos em termos do funcionamento do Sistema Nervoso Autónomo, nomeadamente na discriminação da actividade do sistema Nervoso Parassimpático e Simpático. Isto observa-se principalmente no primeiro Macroциclo, uma vez que não há uma subida ou descida geral de todas as variáveis deste domínio. Já no segundo Macroциclo, há uma tendência geral para a subida de todas as variáveis, levando a concluir que há um aumento da variabilidade da frequência cardíaca no segundo Macroциclo, podendo afirmar que corresponde a um domínio do sistema Nervoso Parassimpático sobre o Simpático.

No que diz respeito às variáveis do domínio da frequência, estas demonstram que a Variabilidade da Frequência Cardíaca diminui com o período de aumento do volume/intensidade e aumenta com o período de redução da carga (“Tapper”). Esta conclusão resulta do facto de no nosso estudo, as altas frequências diminuírem nos períodos de aumento de volume/intensidade e aumentar durante o período de redução da carga e de acontecer o inverso com as baixas frequências, e no caso da relação entre as altas e as baixas frequências aumentarem durante o período de incremento de volume/intensidade e diminuírem no período de redução da carga. Estas conclusões estão de acordo com o referido por Dixon e colaboradores (1992), Breuer e colaboradores (1993), Norton e colaboradores (1999) e Casadei e colaboradores (1995) relativamente às altas e baixas frequências e de encontro ao que referem Dixon e colaboradores (1992), Gregoire e colaboradores (1996) e Amara e colaboradores (1997) relativamente à relação das baixas frequências com as altas frequências.

Ao conjugar os dois domínios ao longo dos dois Macroциclos, apesar de as variáveis do domínio frequência, nomeadamente as altas e baixas frequências em

valores absolutos e normalizados poderem demonstrar que os atletas estavam melhor preparados fisicamente no segundo Macro ciclo, a razão entre as baixas e altas frequências, demonstra que os atletas estavam bem fisicamente em ambos os períodos competitivos. Por isto, podemos afirmar que a razão entre as baixas e altas frequências é uma das variáveis mais fiáveis, tal como as altas e baixas frequências em valores normalizados

Em resumo, posso concluir que tal como de Djamilia Atlaoui e colaboradores (2006) afirmaram, um alto valor da Variabilidade da Frequência Cardíaca, mais precisamente das altas frequências, no período de “Tapper” é fundamental na obtenção de bons resultados desportivos.

2- SUGESTÕES

No sentido de encontrar respostas para alguns aspectos em trabalhos desenvolvidos nesta área, sugere-se que em futuras investigações sejam adoptados os seguintes procedimentos:

- Analisar a Variabilidade da Frequência Cardíaca dentro do período “Tapper”;
- Comparar a Variabilidade da Frequência Cardíaca entre rapazes e raparigas;
- Comparar a Variabilidade da Frequência Cardíaca entre atletas de nível internacional e de nível nacional;
- Analisar a Variabilidade da Frequência Cardíaca durante uma época desportiva completa, ou seja, durante o período de Inverno e o período de Verão;
- Comparar a Variabilidade da Frequência Cardíaca com os resultados desportivos obtidos pelos atletas;
- Comparar os resultados desportivos de cada atleta com a sua variabilidade da frequência cardíaca.

CAPÍTULO VI – BIBLIOGRAFIA

Achten, J., & Jeukendrup, A. (2003). Heart rate monitoring – applications and limitations. *Sports Medicine*, 33 (7): 517-538.

Akselrod, S, Gordon D., & Ubel F. (1981). Power spectrum analysis of heart rate fluctuations: a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science*, 213 (4504): 220-2.

Akselrod, S. (1988). Spectral analysis of fluctuations in cardiovascular parameters: a quantitative tool for the investigation of autonomic control. *Trends Pharmacology Science*, 9 (1): 6-9.

Alves, F. (2000). O treino da resistência e as zonas de intensidade. Caderno técnico da Natação, 8. Oeiras: Direcção Técnica da Federação Portuguesa da Natação.

Alves, F. (2004) O Treino das qualidades físicas – a resistência. Metodologia do treino. Lisboa – Faculdade de Motricidade Humana.

Amano, M., Kanda, T., & Eu, H. (2001). Exercise training and autonomic nervous system activity in obese individuals. *Medicine Science Sports Exercise*, 33 (8): 1287-91.

Armstrong, L., Balady, G., Berry, M., Davis, S., Davy, K., Franklin, B., Gordon, N., Lee, I., McConnell, T., Myers, J., Pizza, F., Rowland, T., Stewart, K., Thompson, P., & Wallace, J. (2006). American College of Sports Medicine – Guidelines for Exercise Testing and Prescription (7th Ed.). Lippincott Williams & Wilkins.

Arai, Y., Saul, J., & Albrecht, P. (2000). *Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise*. *American Journal Physiology (Heart Circ Physiol)*, 213: H1322-41.

Atlaoui, D., Pichot, V., Lacoste, L., Barale, F., Lacour, J-R., & Chatard, J-C. (2006). Heart rate variability, training variation and performance in elite swimmers. In Proceedings first international symposium sciences and practices in swimming. Ed: Philipe-Hellard, Michael Sidney, Claude Fauquet e Didier Lehénaff. Atlantica, 201-4.

Bartoli, F., Baselli, G., & Cerutti, S. (1985). *Identification and spectral estimate applied to the R-R interval measurements*. International Journal Biomed Comput, 16 (3-4); 201-15.

Berntson, G., Bigger, J., Eckberg, D., Grossman, P., Kaufmann, P., Malik, M., Nagaraja, H., Porges, S., Saul, J., Stone, P., & Van Der Molen, M. (1997). Heart rate variability: Origins, methods and interpretive caveats. *Psychophysiology*, 34: 623-648

Bonaduce, D., Petretta, M., & Cavallaro V. (1998). Intensive training and cardiac autonomic control in high level athletes. *Medicine Science & Sports Exercise*, 30 (5): 691-6.

Braune H.-J., & Geiserofer U. (1995). Measurement of heart rate variations: influencing factors, normal values and diagnostic impact on diabetic autonomic neuropathy. *Diabetes Research Clinical Practice*, 29: 179-187.

Butler G., Yamamoto Y., & Hughson R. (1994). Heart rate variability to monitoring autonomic nervous system activity during orthostatic stress. *Journal Clinical Pharmacology*, 34: 558-62.

Carter, L., & Ackland, T. (1994). *Kinanthropometry, Aquatic Sports*. HK Sport Science Monograph Series. Vol 5 HK.

Casadei B., Cochrane S., & Johnston J. (1995). Pitfalls in the interpretation of spectral analysis of the heart rate variability during exercise in humans. *Acta Physiology Scandinavia*, 153 (2):125-31.

Cottin, F., Papelica, Y., & Escomon, P. (1999). *Effects of exercise load and breathing frequency on heart rate and blood pressure variability during dynamics exercise*. International Journal Sports Medicine, 20: 232-8.

Davy, K., Miniclier, N., & Taylor, J. (1996). *Elevated heart rate variability in physically active postmenopausal women: a cardio protective effect?* American Journal Physiology, 271 (2 Pt 2): H455-60.

Di Carlo, L.J., Sparling, P.B., Millard-Stafford, M.L., & Rupp, J.C. (1991). *Peak heart rates during maximal running and swimming: implications for exercise prescription*. International Journal of Sports Medicine, 12: 309-312.

Dixon, E., Kamath, M., & McCartney N. (1992). *Neural regulation of heart rate variability in endurance athletes and sedentary controls*. Cardiovascular Res, 26 (7): 713-9.

Foss M., & Keteyian S. (1998). *Fox's – Physiological Basis for Exercise and Sport* (6^a Ed). WCB McGraw-Hill.

Garet, M., Tournaire, N., Roche, F., Laurente, R., Lacour, J.R., Barthelemy, J.C., & Pichot, V., (2004). *Individual Interdependence between nocturnal ANS activity and performance in swimmers*. Medicine and Sciences in Sport and Exercise, 36 (12), 2112 – 8.

Gregoire, J., Tuck, S., & Yamamoto, Y. (1996). *Heart rate variability at rest and exercise: influence of age, gender and physical training*. Journal Applied Physiology, 21 (6): 455-70.

Hainsworth, R. (1998). *Physiology of the cardiac autonomic system*. In: Malik M. editor. *Clinical guide to cardiac autonomic tests*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

- # Hayano, J., Sakakibara, Y., & Yamada, A. (1991). *Accuracy of assessment of cardiac vagal tone by heart rate variability in normal subjects*. *American Journal Cardiology*, 67 (2): 199-204.
- # Hedelin, R., Wiklund, U., Bjerle, P., & Henriksson – Larsson, K. (2000). *Pre – and post – season heart rate variability in adolescent cross – country skiers*. *Scandinavian Journal of Medicine Sciences in Sports*, 10 (5), 298 – 303.
- # Hedelin, R., Bjerle, P., & Henriksson – Larsen, K. (2001). *Heart Rate Variability in athletes: relationship with central and peripheral performance*. *Medicine and Sciences in Sports and Exercise*, 33 (8), 1394 – 8.
- # Hellard, P., Cattaneo, S., Houel, N., Schmidt, L., Barale, F., Lacoste, L., & Rey, J.L. (2006). *Mixed – model analysis of the relationship between training loads and heart rate variability in elite swimmers*. *Swimming Physiology and Biochemistry*.
- # Huikuri, H., Makikallio, T., Raatikainen, P., Perkiomakis, J., Castellanos, A., & Myeburg, R. (2003). *Prediction of sudden cardiac death: appraisal of the studies and methods assessing the risk of sudden arrhythmic death*. 108 (1): 110-115.
- # Iellamo, F. (2001). *Neural mechanisms of cardiovascular regulation during exercise*. *Autonomic Neuroscience*, 20: 66-75.
- # Jensen – Urstad. K., Storck. N., & Bouvier. F. (1997). *Heart rate variability in healthy subjects is related to age and gender*. *Acta Physiology Scandinavia*, 160 (3): 235-241.
- # Jerez, A., (1992). *Adaptaciones Cardiovasculares al Ejercicio Físico*. In J. G. Gallego (Ed.), *Fisiología de la actividade física y del deporte*, 175-197.
- # Kamath, M., & Fallen, E. (1993). *Power spectral analysis of heart rate variability: a non-invasive signature of cardiac autonomic function*. *Crit Rev Biomed Eng*, 21 (3): 245-311.

Karvonen, M., Kentals, E., & Mutala, O. (1975). The effects of training heart rate: A longitudinal study. *Annales Medicinae Experimentalis et Biologiae Fenniae*, 35: 307-315.

Levy, M. & Martin, P., (1979). Neural control of the heart. In: Berne R., editor. *Handbook of physiology*. Bethesda (MD): American Physiological Society, 581-620.

Maglisho, E. (1993). *Swimming Even Faster* (2nd Ed.). California: Mayfield Publishing Company.

Maglisho, E. (2003). *Swimming Fasted – The Essential Reference on Technique, Training, and Program Design*. Champaign: Human Kinetics;

McArdle, W.D., Magel, J.R., Delio, D.J., Toner, M., & Chase, J.M. (1978). Specificity of run training on VO₂max and heart rate changes during running and swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 10: 16-20.

McArdle, W., Katch, F., & Katch, V. (1996). *Exercise Physiology – energy, nutrition and human performance* (4th Ed.). Williams & Wilkins

Melason, E. (2000). Resting heart rate variability in men varying in habitual physical activity. *Medicine Science Exercise*, 32 (11): 1894-901.

Navarro F, Arrellano R, Carnero C, & Golsálvez M (1990). *Natación*. Madrid. COE.

Navarro, F. (2001). *Planificación y Control del Entrenamiento en Natación*. Madrid: Gymnos.

Pereira, J.G. (1994) *Caracterização Fisiológica da Natação de Competição*.

Peyrebrune, M.C., & Hardy, C. (1992). Heart rate and lactate response to swimming. In *Biomechanics and Medicine in Swimming, Swimming Science VI*, edited by MacLaren, D., Reilly, T., & Lees, A., 235-241. London: E & FN Spon.

Pichot, V., Roche, F., Gaspoz, J-M., Enjolras, F., Antoniadis, A., Minini, R., Costes, F., Busso, T., Lacour, J-R. & Barthélémy, C. (2000). Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 195:1729 – 36.

Pomeranz, B., Macaulay, R., & Caudill, M. (1985). *Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis*. *American Journal Physiology*, 248 (1 Pt 2): H151-3.

Rama, L. (1997). Estudo comparativo das repercussões fisiológicas e da percepção subjectiva do esforço, como resposta a diferentes estimulações tipo, em treino de Natação Desportiva. Tese de Mestrado em Treino de Alto Rendimento. Lisboa: FMH – UTL.

Rama, L., (2004). Factores determinantes no rendimento de jovens nadadores portugueses. Lisboa, congresso de treinadores de natação APTN. Livro de actas congresso APTN.

Reilly, T. (1990). *Swimming in: Physiology of sports*. Ed. Reilly, T., Secher, N., Snell, P., & Williams, C. E. & F.N. Spon.

Ross, W., & Marfell-Jones (1991). In J. D. MacDougall, H. A. Wenger & H. J. Green (eds). *Physiological testing of the high performance athlete*. Champaign, IL. Human Kinetics.

Sacknoff, D., Gleim, G., & Stachenfeld, N. (1994). Effect of athletic training on heart rate variability. *American Heart Journal*, 127 (5): 1275-8.

Saul, J. (1990). Beat-to-beat variations of heart rate reflect modulation of cardiac autonomic outflow. *News Physiology Science*, 5: 32-37.

Seely, R., Stephens, T. & Tate, P. (1997). *Anatomia & Fisiologia* (3rd Ed.). Lisboa: Lusodidacta;

Sobral, F., & Silva, M. (1997). *Cineantropometria – Curso Básico*. Coimbra: Faculdade das Ciências do Desporto e Educação Física da Universidade de Coimbra.

Tarvainen, M., & Niskanen, J-P. (2005). *Kubios HRV Analysis – User’s Guide*. Biosignal Analysis and Medical Imaging Group, Department of Applied Physics – University of Kuopio, Finland.

Teixeira, A., & Rama, L., (2004). Workload and perception of effort in swim training. *Children and youth in organized sports*, 231-246

Uusitalo, A.L.T., Uusitalo, A.J., & Rusko, H.K. (1998). *Exhaustive endurance training for 6-9 weeks did not induce changes in intrinsic heart rate and cardiac autonomic modulation in female athletes*. *International Journal of Sports Medicine*, 19: 532-540.

Warren, J., Jaffe, R., & Wraa, C. (1997). *Effect of autonomic blockade on power spectrum of heart rate variability during exercise*. *American Journal Physiology*, 273 (2 Pt 2): R495-502.

Wilmore, J., & Costill, D. (1994). *Physiology of sport and exercise*. Human Kinetics.

Yamamoto, Y., Hughson, R., & Peterson, J. (1991). *Autonomic control of heart rate during exercise studied by heart rate variability spectral analysis*. *Journal Applied Physiology*, 71 (3): 1136-42.