
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E
TECNOLOGIAS**

**ANÁLISE DAS VARIÁVEIS HEMODINÂMICAS NA MODULAÇÃO DO
TREINAMENTO DE NATAÇÃO: VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA
CARDÍACA COMO DETERMINANTE DA CARGA DE TREINO**

EMERSON JOSÉ ZECHIN

**Rio Claro – SP
2023**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO HUMANO E
TECNOLOGIAS**

**ANÁLISE DAS VARIÁVEIS HEMODINÂMICAS NA MODULAÇÃO DO
TREINAMENTO DE NATAÇÃO: VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA
CARDÍACA COMO DETERMINANTE DA CARGA DE TREINO**

EMERSON JOSÉ ZECHIN

ORIENTADOR: CASSIANO MERUSSI NEIVA

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento Humano e Tecnologias.

Z42a Zechin, Emerson José
Análise das variáveis hemodinâmicas na modulação do
treinamento de natação: variabilidade da frequência
cardíaca como determinante da carga de treino / Emerson
José Zechin. -- Rio Claro, 2023
101 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista
(Unesp), Instituto de Biociências, Rio Claro
Orientador: Cassiano Merussi Neiva

1. Variabilidade da Frequência Cardíaca. 2. Carga de
Treino. 3. Natação. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do
Instituto de Biociências, Rio Claro. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

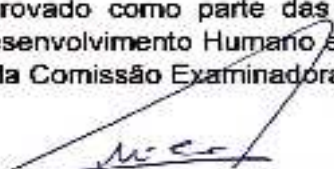
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: ANÁLISE DAS VARIÁVEIS HEMODINÂMICAS NA MODULAÇÃO DO TREINAMENTO DE NATAÇÃO: VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA COMO DETERMINANTE DA CARGA DE TREINO

AUTOR: EMERSON JOSÉ ZECHIN

ORIENTADOR: CASSIANO MERUSSI NEIVA

Aprovado como parte das exigências para a obtenção do Título de Doutor em Desenvolvimento Humano e Tecnologias, área: Tecnologia nas Dinâmicas Corporais pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. CASSIANO MERUSSI NEIVA

Departamento de Educação Física / UNESP – Faculdade de Ciências de Bauru - SP.



Prof. Dr. DALTON MULLER PESSÔA FILHO

Departamento de Educação Física / UNESP – Faculdade de Ciências de Bauru - SP.



Prof. Dr. CLODOALDO JOSÉ DECHECHI

Departamento de Educação Física / UNAERP – Universidade de Ribeirão Preto – SP.



Prof. Dr. CASSIO MASCARENHAS ROBERT PIRES

Departamento de Educação Física / UNIARA – Centro Universitário de Araraquara – SP.



Prof. Dr. MILTON FARIA JUNIOR

Departamento de Exatas / UNAERP – Universidade de Ribeirão Preto – SP.

Rio Claro, 17 de agosto de 2023

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu pai João, a minha mãe Lúcia, a minha esposa Márcia e ao meu filho João Pedro.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Cassiano Merussi Neiva pela oportunidade, pelos ensinamentos e orientações.

Ao Prof. Milton Faria Júnior pelo apoio e contribuições.

Ao Prof. Me. Arthur Rizzi Soares pela disponibilização da equipe de natação da Universidade de Ribeirão Preto.

A Profa. Me. Lisiane Cristina Destro pelo apoio e contribuições.

Aos atletas da equipe de natação da Universidade de Ribeirão Preto pela participação e comprometimento.

A Lucia Helena Zechin Telles Ferreira pelas contribuições.

RESUMO

A variabilidade da frequência cardíaca é atualmente investigada em sua eficiência como meio de controle de carga de treino por refletir a retomada do tônus parassimpático após sessões agudas ou períodos de treinamento e sobrecarga de esforço. Pode ser obtida de modo não invasivo com custo relativamente baixo e de forma prática. Embora tenham a seu favor os adjetivos listados acima, estudos apresentando resultados controversos entre si, impedem até certo modo um consenso sobre sua efetividade no controle de cargas de trabalho e na avaliação do estado de sobre-treinamento físico. Além disso, na área de desportos e atividades aquáticas, estudos envolvendo essa ferramenta são ainda escassos. Assim, o objetivo do presente estudo foi analisar a resposta da VFC frente às variações de intensidade de carga de treino de atletas de natação. A amostra foi composta por 20 atletas de natação da equipe principal da Universidade de Ribeirão Preto, de ambos os sexos, com idade entre 17 a 25 anos. Foram coletados dados gerais relativos: a idade; ao tempo de experiência na natação competitiva; a frequência de treinamento; ao estilo do nado e as provas realizadas em competições; índice de massa corpórea, composição corporal; período de treinamento; duração e intensidade das sessões de treino e variabilidade da frequência cardíaca coletada por meio do sistema First Beat, para análise no domínio de frequência (LF e HF) e no domínio do tempo (SDNN, RMSSD, PNN50, SD1 e SD2). Os dados coletados foram submetidos ao tratamento estatístico específico de acordo com os valores de tendência amostral para a verificação de diferenças pareadas entre os momentos pré e pós e medidas correlacionais não pareadas. Os índices *SDNN*, *RMSSD*, *PNN50*, *SD1*, *SD2*, *LF* e *HF* apresentaram reduções agudas significativas frente aos esforços realizados com intensidades entre 85% a 105% da velocidade de nado do T30, bem como, 24 horas pós esforço foi um período de tempo suficiente para o restabelecimento do tônus parassimpático autonômico e, ainda, observou-se que não foram estabelecidas correlações entre CIT-CR10 e os índices CIT-VFC. Concluiu-se que os índices de VFC podem ser aplicados como meio de controle da carga de treino, especialmente para a identificação do restabelecimento do tônus parassimpático autonômico pós esforço em natação.

Palavras Chave: Variabilidade da Frequência Cardíaca; Carga de Treino; Natação

ABSTRACT

Heart rate variability is a variable that is currently being investigated for its efficiency as a means of controlling training load, as it reflects the resumption of parasympathetic tone after acute sessions or periods of training and effort overload. It can be obtained in a non-invasive way, with relatively low cost and in a practical way. Although it has in its favour the adjectives listed above, studies showing controversial results between them, prevent to some extent, a consensus on its effectiveness in the control of workloads and in the evaluation of the state of physical overtraining. Moreover, in the area of sports and aquatic activities, studies involving this tool are still scarce. Thus, the objective of the present was to analyze the HRV response to changes in training load intensity of swimming athletes. The sample was composed by 20 swimmers of the main team of the University of Ribeirão Preto, of both sexes, with age between 17 and 25 years. General data regarding: age; time of experience in competitive swimming; training frequency; swimming style and tests performed in competitions; body mass index, body composition; visceral mass, fat mass and fat-free mass (skeletal muscle mass and bone mass); training period, duration and intensity of training sessions; heart rate variability. The latter was performed using the First Beat hemodynamic collection system for analysis in the frequency domain (LF and HF) as well as in the time domain (SDNN, RMSSD, PNN50, SD1 and SD2). At the end of data collection, they were submitted to the specific statistical treatment according to the sample trend values, for the verification of paired differences between the pre and post moments and non-paired correlational measures. The SDNN, RMSSD, PNN50, SD1, SD2, LF and HF indices showed significant acute reductions in the face of efforts performed with intensities between 85% and 105% of T30 swimming speed, as well as, 24 hours after exertion was a period of time sufficient for the reestablishment of autonomic parasympathetic tonus and yet, it was observed that no correlations were established between CIT-CR10 and indices CIT-VFC. It was concluded that the HRV indices can be applied as a means of controlling the training load, especially for the identification of the reestablishment of the autonomic parasympathetic tonus after effort in swimming.

Keywords: Heart Rate Variability; Training Load; Swimming

RESUMEN

La variabilidad de la frecuencia cardiaca es una variable actualmente investigada en su eficacia como medio de control de la carga de entrenamiento, que puede obtenerse de forma no invasiva, con bajo coste y alta practicidad. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue analizar la respuesta de la VFC a los cambios en la intensidad de la carga de entrenamiento de atletas de natación. La muestra fue compuesta por 20 nadadores del equipo principal de la Universidad de Ribeirão Preto, de ambos sexos, con edad entre 17 y 25 años. Se recogieron datos generales relativos a edad, tiempo de experiencia en natación competitiva, frecuencia de entrenamiento, estilo de natación y pruebas realizadas en competiciones. Datos antropométricos: IMC y composición corporal: masa visceral, masa grasa y masa libre de grasa (masa muscular esquelética y masa ósea). Datos hemodinámicos: Los datos de VFC se recopilaban utilizando el sistema de recopilación hemodinámica First Beat® para su análisis en el dominio de la frecuencia (*LF* y *HF*) y en el dominio del tiempo (*SDNN*, *RMSSD*, *PNN50*, *SD1* y *SD2*). Datos relativos a la carga de entrenamiento: período de entrenamiento, duración e intensidad de las sesiones de entrenamiento. Al final de la recogida de datos, se sometieron al tratamiento estadístico específico según los valores de tendencia de la muestra, para la verificación de diferencias pareadas entre los momentos pre y post y medidas correlacionales no pareadas. Los índices *SDNN*, *RMSSD*, *PNN50*, *SD1*, *SD2*, *LF* y *HF* mostraron reducciones agudas significativas ante esfuerzos realizados con intensidades entre 85% y 105% de la velocidad de nado T30, así como, 24 horas después del esfuerzo hubo un período de tiempo suficiente para el restablecimiento del tono autonómico parasimpático y, sin embargo, se observó que no se establecieron correlaciones entre CIT-CR10 con los índices CIT-VFC. Se concluyó que los índices HRV pueden ser aplicados como medio de control de la carga de entrenamiento, especialmente para la identificación del restablecimiento del tono autonómico parasimpático después del esfuerzo en natación.

Palabras clave: Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca; Carga de Entrenamiento; Natación

LISTA DE ABREVIATURAS

Sigla	Descrição
CK	Creatina Quinase
CR10	<i>Category Ratio Scale</i>
ECG	Eletrocardiograma
FC	Frequência Cardíaca
FCmáx	Frequência Cardíaca Máxima
FCr	Frequência Cardíaca de Repouso
FCres	Frequência Cardíaca de Reserva
GPS	<i>Global Position System</i>
HF	High Frequency
HRV	<i>Heart Rate Variability</i>
IMC	Índice de Massa Corporal
LDH	Lactato Desidrogenase
LF	Low Frequency
LnRMSSD	<i>Natural Logarithm - Square Root of Mean Square of Differences</i>
mmol/l	Milimol por litro – unidade de medida de concentração
Ms	millessegundos
mV	milivolt
NN50	Número de intervalos RR normais adjacentes > 50ms entre si
R1	Sessão Regenerativa 1
R2	Sessão Regenerativa 2
RESTq	Questionário de Estresse e Recuperação de Atletas
RMSSD	<i>Square Root of Mean Square of Differences</i>
RPE	<i>Rate of Perceived Exertion</i>
RR	Intervalo entre as ondas R
SD1	<i>Standard Deviation RR instantaneous variability</i>
SD2	<i>Standard Deviation RR long-term variability</i>
SDNN	<i>Standard Deviation of Normal Intervals</i>
SNA	Sistema Nervoso Autônomo
T1	Sessão Técnica 1

T2	Sessão Técnica 2
T3	Sessão Técnica 3
T30	Teste de 30 minutos de nado em ritmo constante
TINN	<i>NN Triangular Interpolation</i>
TLHRV	<i>Training Load Heart Rate Variability</i>
TQR	Escala de Qualidade Total de Recuperação
TRIMP	<i>Training Impulse</i>
ULF	Ultra Low Frequency
VFC	Variabilidade da Frequência Cardíaca
VLF	Very Low Frequency
VO₂ máx	Consumo Máximo de Oxigênio

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema cardiovascular	20
Figura 2. Corte anatômico do coração	21
Figura 3. Parede cardíaca	22
Figura 4. Tecido muscular cardíaco	22
Figura 5. Sistema de condução cardíaca	23
Figura 6. Cadeia simpática e nervo vago	24
Figura 7. Nervo vago e simpático.....	25
Figura 8. Inervação cardíaca.....	25
Figura 9. Registro Eletrocardiográfico	27
Figura 10. Intervalo <i>RR</i>	29
Figura 11. Representação Gráfica do Histograma	33
Figura 12. Plot de Poincaré	33
Figura 13. Decomposição do Registro da VFC em VLF, LF e HF.....	34
Figura 14. Escala de Borg Cr10	42
Figura 15. Zonas de Intensidade do Exercício	47
Figura 16. Representação gráfica da intensidade das sessões	57
Figura 17. Representação gráfica da distribuição dos atletas / estilos de nado.....	60
Figura 18. Representação gráfica da distribuição de provas realizadas	60
Figura 19. Representação gráfica das velocidades médias das sessões de treino ..	61
Figura 20. Representação gráfica do tempo de duração das sessões.....	61
Figura 21. Representação gráfica do índice SDNN em pré-pós.....	62
Figura 22. Representação gráfica da redução percentual do índice SDNN em pré-pós.	63
Figura 23. Representação gráfica de SDNN pós-pré.	63
Figura 24. Representação gráfica de LnRMSSD em pré-pós.	64
Figura 25. Representação gráfica da redução percentual do índice LnRMSSD em pré- pós	65
Figura 26. Representação gráfica de LnRMSSD em pós-pré.	65
Figura 27. Representação gráfica de PNN50 em pré-pós.....	66
Figura 28. Representação gráfica da redução percentual do índice <i>PNN50</i> em pré- pós.	67

Figura 29. Representação gráfica de PNN50 em pós-pré.....	67
Figura 30. Representação gráfica do índice SD1 em pré-pós.....	68
Figura 31. Representação gráfica da redução percentual do índice <i>SD1</i> em pré-pós	69
Figura 32. Representação gráfica do índice SD1 em pós-pré.....	69
Figura 33. Representação gráfica do índice SD2 em pré-pós.....	70
Figura 34. Representação gráfica da redução percentual do índice <i>SD2</i> em pré-pós	71
Figura 35. Representação gráfica do índice SD2 em pós-pré.....	71
Figura 36. Representação gráfica do índice HF-log em pré-pós.....	72
Figura 37. Representação gráfica da redução percentual do índice <i>HF-log</i> em pré-pós	73
Figura 38. Representação gráfica do índice <i>HF-log</i> em pós-pré.....	73
Figura 39. Representação gráfica do índice LF-log em pré-pós.....	74
Figura 40. Representação gráfica da redução percentual do índice <i>LF-log</i> em pré-pós	75
Figura 41. Representação gráfica de LF-log em pós-pré.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Escala de Borg CR10 Modificada por Maglisho	43
Tabela 2. Descrição das características e intensidades das sessões.....	57
Tabela 3. Valores referentes as características da amostra	59
Tabela 4. Valores referentes ao índice SDNN em pré-pós.	62
Tabela 5. Valores referentes ao índice SDNN em pós-pré.	63
Tabela 6. Valores referentes ao índice LnRMSSD em pré-pós.....	64
Tabela 7. Valores referentes a LnRMSSD em pós-pré	65
Tabela 8. Dados referentes a PNN50 em pré-pós	66
Tabela 9. Valores referentes a PNN50 em pós-pré.....	67
Tabela 10. Valores referentes ao índice SD1 em pré-pós.....	68
Tabela 11. Valores referentes ao índice SD1 em pós-pré.....	69
Tabela 12. Valores referentes ao índice SD2 em pré-pós.....	70
Tabela 13. Valores referentes a SD2 em pós-pré	71
Tabela 14. Valores referentes a HF- log em pré-pós	72
Tabela 15. Valores referentes ao índice HF log em pós-pré	73
Tabela 16. Valores referentes ao índice LF-log em pré-pós	74
Tabela 17. Valores referentes ao índice LF-log em pós-pré	75
Tabela 18. Resumo das diferenças significativas dos índices da VFC em pré-pós. .	76
Tabela 19. Resumo das diferenças significativas dos índices da VFC em pós-pré ..	76
Tabela 20. Valores referentes a Escala CR10, CIT-CR10 e os índices CIT-VFC	77
Tabela 21. Correlação de Pearson entre a CIT-CR10 e os índices CIT-VFC.	77

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
1.1 Objetivo Geral	18
1.2 Objetivos Específicos	18
1.3 Justificativa.....	18
1.4 Hipóteses	19
2 REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 Conceitos Morfofisiológicos da Atividade Cardíaca	20
2.1.1 Sistema Cardiovascular	20
2.1.2 Sistema Nervoso Autônomo	24
2.2 Variabilidade da Frequência Cardíaca.....	29
2.2.1 Fatores Intervenientes	30
2.2.2 Métodos de Análise	31
2.2.3 Aplicabilidade no Desempenho Desportivo	35
2.3 Treinamento Desportivo.....	39
2.4 Carga de Treino	41
2.4.1 Meios de Monitoramento da Carga Interna de Treino	42
2.4.2 Meios de Monitoramento da Carga Externa de Treino	49
2.5 Natação.....	50
3 MATERIAL E MÉTODOS	55
3.1 Amostra	55
3.2 Procedimentos	55
3.3 Análise Estatística	58
4 RESULTADOS	59
4.1 Perfil Amostral.....	59
4.2 Valores referentes ao teste T-30.....	60

4.3	Valores referentes as sessões de treino	61
4.4	Valores referentes a VFC.....	62
4.4.1	Valores referentes ao índice <i>SDNN</i>	62
4.4.2	Valores referentes ao índice <i>LnRMSSD</i>	64
4.4.3	Valores referentes ao índice <i>PNN50</i>	66
4.4.4	Valores referentes ao índice <i>SD1</i>	68
4.4.5	Valores referentes ao índice <i>SD2</i>	70
4.4.6	Valores referentes ao índice <i>HF-log</i>	72
4.4.7	Valores referentes ao índice <i>LF-log</i>	74
4.5	Valores referentes a CR10, a CIT-CR10 e os índices CIT-VFC	77
5	DISCUSSÃO	78
5.1	Efeito agudo das variações das cargas de treino de natação sobre a VFC.....	78
5.2	Restabelecimento do tônus parassimpático autonômico após 24 horas de esforços distintos em natação.	79
5.3	Padrão de modulação diário da VFC frente a uma rotina de treino de natação..	80
5.4	A correlação entre CIT-CR10 e os índices CIT-VFC.	81
6	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
	REFERÊNCIAS	83
	ANEXOS	94

1 INTRODUÇÃO

A Confederação Brasileira de Desportos Aquáticos (2021) destaca que a natação competitiva no Brasil conta com mais de 5000 atletas federados que participam de competições regionais, estaduais, nacionais e internacionais, os quais dependem de metodologias de treinamentos com controles individuais de intensidade e volume de cargas para a melhoria dos seus desempenhos perante um cenário mundial da modalidade cada vez mais competitivo.

Nakamura, Moreira e Aoki (2010) relatam que os métodos do treinamento esportivo têm o objetivo de promover adaptações no metabolismo, na morfologia e na funcionalidade dos atletas e para isto a carga de treino deve ser atribuída de maneira crescente durante cada fase do treinamento e pode ser controlada por meio de variáveis hormonais, metabólicas, cardíacas e da intensidade subjetiva de esforço. A carga de treino de atletas de alto rendimento é um fator determinante para os resultados competitivos, uma vez que a sua aplicação de maneira adequada eleva as condições físicas exigidas na competição e, por outro lado, uma carga de treino inadequada poderá promover sobre-treinamento físico ou ainda não promover as melhoras físicas necessárias.

Para Nieto Jimenez *et al.*(2020), um meio de analisar as intensidades e volumes de treino em atletas de longa distância é a variabilidade da frequência cardíaca(VFC). Javaloyes *et al.*(2019) indicam que a VFC é uma opção eficiente para a controle das cargas de treino de ciclistas de alto rendimento quando comparada aos modelos de treinamentos com cargas pré-estabelecidas. Hernández-Cruz *et al* (2017) relatam que a observação da VFC pode contribuir com técnicos e atletas de voleibol por oferecer dados sobre as cargas de treinos evitando sobrecargas inadequadas e principalmente, extrair o máximo rendimento do atleta.

A VFC foi utilizada como ferramenta de monitoramento da carga de treino em atletas de natação nos estudos de Flatt, Hornikel e Esco (2017), Lima-Borges *et al* (2018), Kamandulis *et al* (2020) e Flatt *et.al.* (2021) e, portanto, diante da escassez de estudos sobre o comportamento da VFC frente às variações da carga de treino da natação evidencia-se a necessidade de esclarecimentos deste comportamento que possam oferecer subsídios técnicos para treinadores, preparadores físicos e atletas de natação.

1.1 Objetivo Geral

Analisar a resposta da VFC frente às variações de intensidade de carga de treino de atletas de natação.

1.2 Objetivos Específicos

Verificar o efeito agudo das variações das cargas de treino de natação na VFC.

Verificar o restabelecimento do tônus parassimpático autonômico após 24 horas de esforços distintos em natação.

Verificar o padrão de modulação diário da VFC frente a uma rotina de treino de natação.

Identificar a correlação entre os índices da VFC e a carga interna de treino.

1.3 Justificativa

Estão disponíveis muitos meios de monitoramento da carga de treino, contudo, Halson (2014) relata que nem todos apresentam fortes evidências científicas para as suas aplicações e, deste modo, sugere que a análise das ferramentas de monitoramento da carga de treino por meio de protocolos de investigação científica contribuem com o estado da arte, o que valida cientificamente estas ferramentas, as quais devem ser compreendidas por meio de informações simples e eficazes para as suas utilizações por treinadores e atletas.

Freitas, Miranda e Bara Filho (2011) destacam a necessidade da concepção de uma metodologia de monitoramento da carga de treino que seja acessível e de aplicação simples, uma vez que não está totalmente elucidado o emprego dos marcadores bioquímicos, psicológicos e fisiológicos no monitoramento dos efeitos deletérios da carga de treino em atletas. Indicam a elaboração de um método que correlacione estes marcadores entre si com as variações da carga de treino durante um macrociclo de treinamento visando o melhor dimensionamento para o rendimento desportivo e ao mesmo tempo, a redução das ocorrências de sobre-treinamento físico.

De acordo com Lima e Kiss (1999) e Karapetian *et al.*(2008), a VFC pode ser aplicada como uma ferramenta de monitoramento da carga de treino devido a sua

correlação com o limiar de lactato sanguíneo. Ribas *et al.* (2018) utilizaram a VFC para a identificação do restabelecimento fisiológico de atletas de futebol e indicam ser uma ferramenta válida para esta finalidade. Contudo, Messias *et al.* (2013) em seu estudo objetivando a identificação da melhora de desempenho de atletas de canoagem não observaram alterações significativas da VFC após sete semanas de treinamento com monitoramento de cargas de treino. Kaikkonen *et al.* (2012) indicam que a carga interna de treino pode ser identificada por meio dos índices de VFC pós-treino. Saboul *et al.* (2016) indicam que o índice *TLHRV (Training Load Heart Rate Variability)* pode ser um meio acessível e prático para a quantificação da carga de treino de corredores de longa distância. Jin *et al.* (2022) observaram alta correlação entre *TLHRV*, *TRIMP Banister's (Impulse Training)* e a RPE (Escala de Percepção de Esforço) e indicam que o *TLHRV* pode ser aplicado como ferramenta de monitoramento da carga de treino em atletas de basquete. Na natação, Lima-Borges *et al.* (2018) observaram correlação entre maior incidência de lesões e parâmetros de VFC. Flatt *et al.* (2021) identificaram valores significativamente maiores de LnRMSSD em condição de repouso de atletas de elite quando comparados aos valores de LnRMSSD de atletas de sub-elite.

Assim, na natação competitiva, são poucos os trabalhos que analisam a VFC como uma ferramenta de monitoramento das cargas de treino em diferentes intensidades de nado. Esta ferramenta seria muito importante para o meio desportivo, ao estabelecer um método de monitoramento de cargas de treino para atletas de natação que seja eficaz, não invasiva, de custo relativamente baixo e alta praticidade, o que justifica a execução do presente estudo.

1.4 Hipóteses

H0= A VFC não é afetada pelas cargas de treino em natação.

H1= Há efeito das cargas de treino de natação na VFC.

H2 = É possível o controle das cargas de treino de natação por meio da VFC.

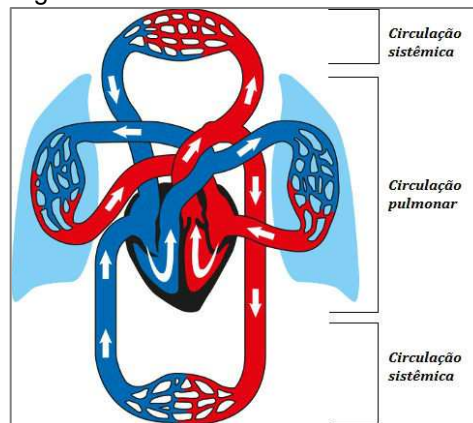
2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Conceitos Morfofisiológicos da Atividade Cardíaca

2.1.1 Sistema Cardiovascular

O sistema cardiovascular é um circuito fechado por onde ocorrem as circulações sanguíneas sistêmica e pulmonar. Segundo Duarte (2009), este sistema é constituído pelo coração e pelos vasos sanguíneos como as artérias, arteríolas, capilares, vênulas e veias. A circulação sistêmica é a que ocorre entre coração/tecidos/coração e a circulação pulmonar é a que ocorre entre coração/pulmão/coração. Segundo McArdle; Katch; Katch (2016), o sistema cardiovascular é constituído por uma bomba, um circuito de distribuição de alta pressão que distribui sangue arterial aos tecidos, canais de permuta e um circuito de baixa pressão que coleta e retorna o sangue venoso ao coração (Figura 1).

Figura 1. Sistema cardiovascular

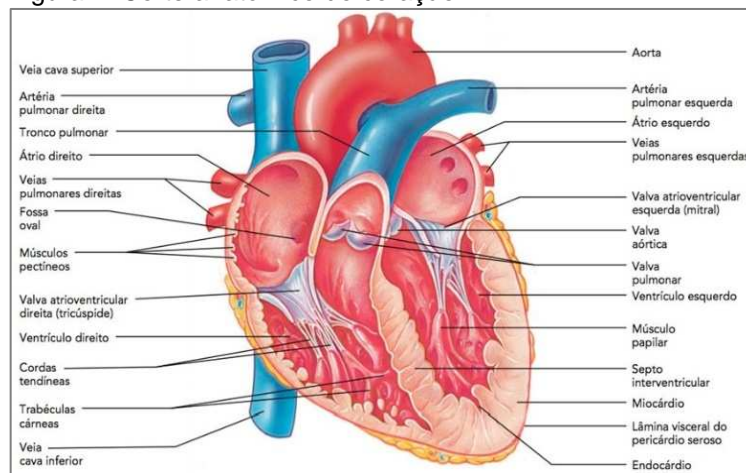


Fonte: <https://static.biologianet.com/conteudo/images/2015/05/circulacao.jpg>

Cada componente do sistema cardiovascular apresenta funções e estruturas específicas. Segundo Guyton e Hall (2019), as artérias apresentam paredes vasculares fortes uma vez que distribuem sangue aos tecidos em alta velocidade e sob alta pressão. Os ramos finais deste circuito de alta pressão são compostos pelas arteríolas que apresentam parede muscular forte capaz de ocluir ou dilatar os vasos controlando a liberação de sangue para os capilares, os quais apresentam paredes muito finas com a função de troca entre o sangue e o líquido intersticial de acordo com a necessidade de cada tecido. O circuito de baixa pressão é composto pelas vênulas que coletam gradualmente o sangue dos capilares e se aglutinam progressivamente formando as veias e, assim estabelecem as vias de retorno do sangue ao coração.

A estrutura anatômica do coração. De acordo com Duarte (2009), o coração é dividido em 4 câmaras, sendo duas para a entrada de sangue, o átrio direito e o átrio esquerdo, e duas para a ejeção de sangue, o ventrículo direito e o ventrículo esquerdo. Estas câmaras são separadas por septos de tecido fibromuscular, sendo que os átrios e os ventrículos são separados pelo septo atrioventricular, os átrios pelo septo interatrial e os ventrículos pelo septo interventricular. Ainda estão presentes aberturas que comunicam os átrios aos respectivos ventrículos que são os óstios atrioventriculares direito e esquerdo. No óstio atrioventricular direito encontra-se a valva atrioventricular direita ou tricúspide e no óstio atrioventricular esquerdo encontra-se a valva atrioventricular esquerda, bicúspide ou mitral. Na origem do tronco pulmonar encontra-se a valva pulmonar e na base da aorta encontra-se a valva aórtica. As valvas são unidirecionais para o controle do fluxo sanguíneo (Figura 2).

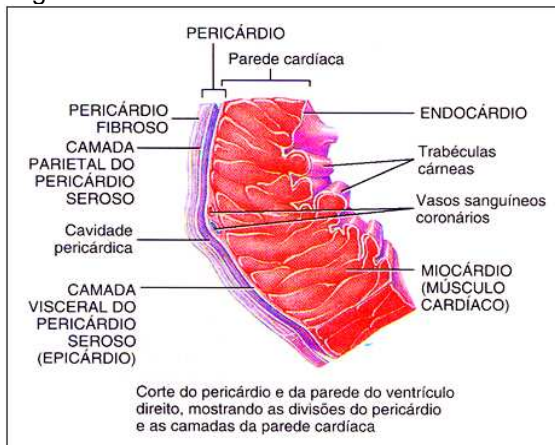
Figura 2. Corte anatômico do coração



Fonte: <https://i.pinimg.com/originals/aa/8b/62/aa8b627175dcd0741b2c0701e7ee5859.jpg>

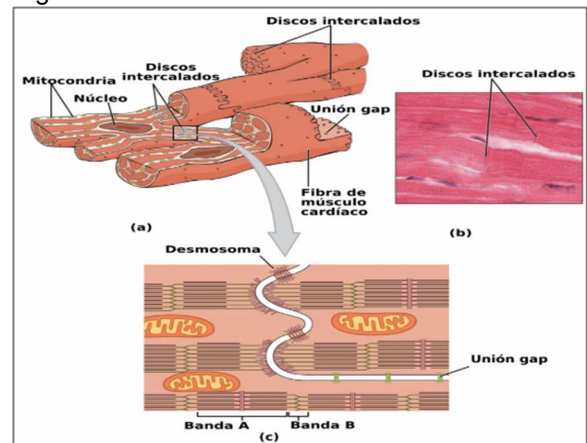
A parede cardíaca é constituída por três camadas. De acordo com Dangelo e Fattini (2011), a camada externa da parede cardíaca é o epicárdio formada pelo folheto visceral do pericárdio seroso, a camada média é o miocárdio formada pelo tecido muscular estriado cardíaco e a camada interna é o endocárdio uma membrana delgada que reveste o miocárdio internamente. Assim sendo, o miocárdio é composto por células musculares cardíacas denominadas miócitos e segundo Guyton e Hall (2019), as fibras do miocárdio estão estruturadas em formato de malha ou treliça com miofibrilas típicas de filamentos de actina e miosina que dão origem a muitas células individuais posicionadas em série e em paralelo entre si, separadas umas das outras por discos intercalados, onde as membranas celulares se fundem, formando junções permeáveis comunicantes (*gap junctions*) (Figura 3 e Figura 4).

Figura 3. Parede cardíaca



Fonte: <https://i.pinimg.com/originals/c6/32/b1/c632b17c084a8a621e28f748b3147387.jpg>

Figura 4. Tecido muscular cardíaco



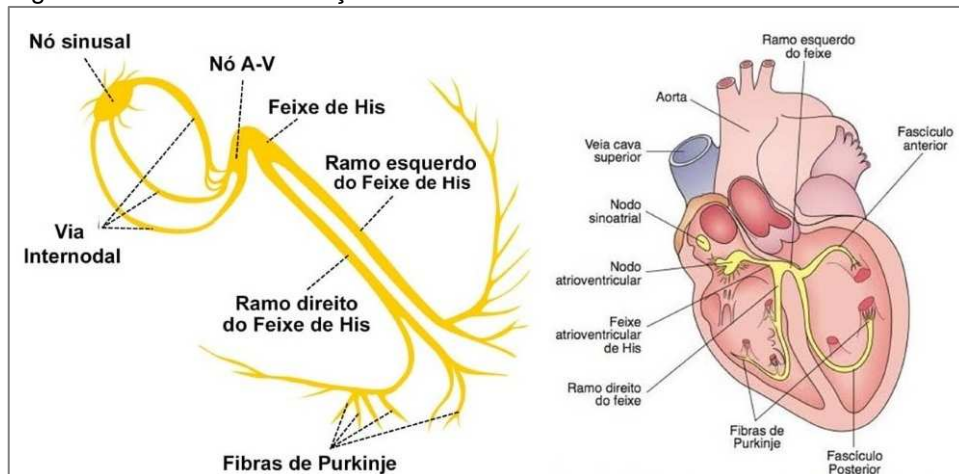
Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/da/2017abc_Cardiac_Muscle-es.png/1200px-2017abc_Cardiac_Muscle-es.png

Funcionalmente o coração é a bomba que executa as circulações sistêmica e pulmonar. Segundo Katch; McArdle; Katch (2011), para o desempenho das suas funções, o coração é composto por duas bombas separadas por uma parede muscular espessa (septo). Uma bomba é formada pelas câmaras cardíacas direitas e a outra formada pelas câmaras cardíacas esquerdas. A bomba cardíaca direita tem a função de receber o sangue venoso que retorna de todo o corpo por meio do átrio direito e bombear este sangue para os pulmões por meio do ventrículo direito, constituindo a circulação pulmonar. A bomba cardíaca esquerda tem a função de receber o sangue oxigenado que retorna dos pulmões por meio do átrio esquerdo e de bombear este sangue para a distribuição ao corpo todo por meio do ventrículo esquerdo constituindo a circulação sistêmica.

O mecanismo cardíaco para o bombeamento de sangue apresenta duas fases. De acordo com Fox; Bowers; Foss (1989), o ciclo cardíaco ocorre a partir do relaxamento do miocárdio, fase denominada diástole, seguida da contração do miocárdio, fase denominada sístole. Durante a diástole as câmaras se enchem de sangue e durante a sístole ocorre a ejeção sanguínea. As fases de relaxamento e contração para os átrios e ventrículos ocorrem em momentos opostos, ou seja, durante a diástole atrial ocorre a sístole ventricular e vice-versa. Em relação ao tempo de duração total do ciclo cardíaco, Guyton e Hall (2019) destacam que está relacionado a frequência cardíaca, ou seja, o aumento da frequência cardíaca promove a redução do tempo de duração do ciclo cardíaco e, deste modo, quanto maior for a frequência cardíaca menor a possibilidade para que as câmaras cardíacas se encham completamente antes da subsequente sístole.

O controle intrínseco das contrações cardíacas é obtido por um sistema especializado. De acordo com Duarte (2009), o coração apresenta um sistema próprio de controle denominado excito condutor, o qual permite a manutenção da frequência cardíaca no indivíduo adulto entre 60 e 80 batimentos por minuto. Guyton e Hall (2019) descrevem este sistema condutor e excitatório do coração a partir do nodo sinusal (nodo sinoatrial ou nodo S-A) onde são produzidos os impulsos rítmicos normais, os quais são conduzidos aos átrios e, ainda, pelas vias internodais ao nodo atrioventricular (nodo A-V) onde por sua vez, retarda os estímulos antes de conduzi-los ao feixe atrioventricular de Hiss (feixe A-V), o qual por meio dos seus ramos direito e esquerdo, conduzem os estímulos até as fibras de Purkinje e finalmente, para todo o ventrículo que produz a contração (Figura 5).

Figura 5. Sistema de condução cardíaca



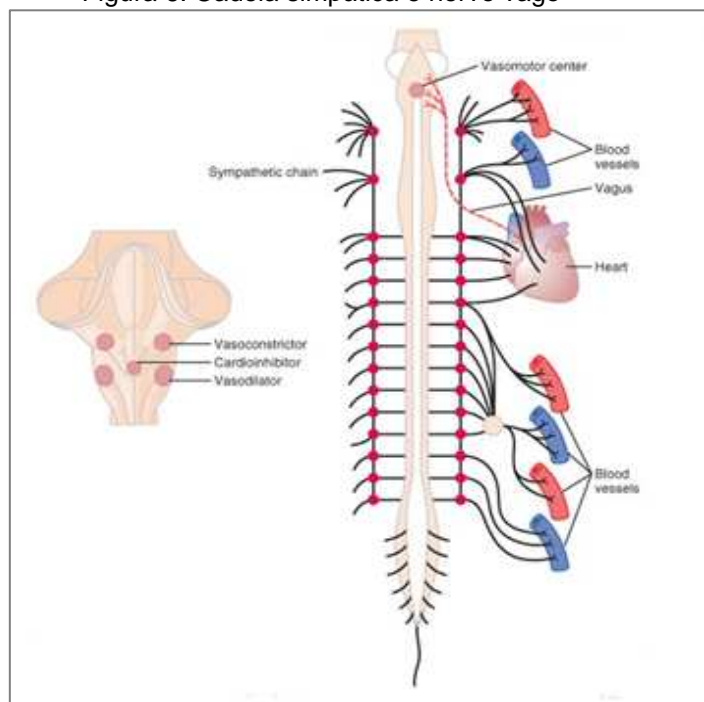
Fonte: <https://img.passeidireto.com/material/3565181/a7883261-3749-4aae-8bfc-ed2c344e08ae.jpg>

A atividade cardíaca como sincício funcional. Segundo Katch; McArdle; Katch (2011), a estimulação de uma célula do miocárdio propaga um potencial de ação para todas as demais fibras por estarem interconectadas entre si pelas *gap junctions* dos discos intercalares e, assim sendo, ocorre o funcionamento cardíaco como uma unidade, configurando um sincício funcional. Para Guyton e Hall (2019), a fácil movimentação dos íons pelo fluido intracelular por meio dos discos intercalares, permite a propagação dos potenciais de ação entre as células do miocárdio constituindo sincício funcional atrial ou ventricular uma vez que estas estruturas estão separadas pelo septo atrioventricular que atua como uma barreira para que os potenciais de ação a partir do sincício funcional atrial, não atinjam os ventrículos. Esta barreira torna possível a função do bombeamento cardíaco.

2.1.2 Sistema Nervoso Autônomo

A atividade cardíaca é controlada extrinsecamente pelo sistema nervoso autônomo. De acordo com McArdle; Katch; Katch (2016), o ritmo inerente do coração sofre constante interferência do controle extrínseco cardíaco desenvolvido por meio das atividades neurais do sistema nervoso autônomo, as quais se sobrepõem ao controle intrínseco do coração. Duarte (2009) descreve a anatomia do sistema nervoso autônomo a partir da sua divisão em sistema nervoso simpático e parassimpático. O sistema nervoso simpático deriva dos segmentos da medula espinal de T1 a L2 e é formado por dois cordões de tecido nervoso posicionados bilateralmente e anteriormente a coluna vertebral, configurando o tronco simpático que é formado pelos gânglios paravertebrais e pré-vertebrais de onde partem os nervos simpáticos para a inervação dos vasos e do coração. O sistema nervoso parassimpático deriva do tronco encefálico e dos segmentos sacrais, sendo que o décimo par de nervos cranianos, o nervo vago, inerva o coração (Figura 6).

Figura 6. Cadeia simpática e nervo vago

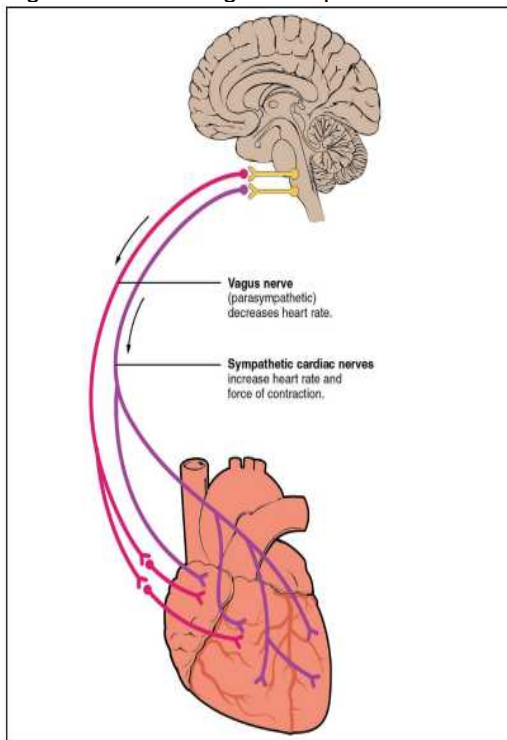


Fonte: https://images.slideplayer.com.br/1/53457/slides/slide_4.jpg

Os ajustes da atividade cardíaca para atender as demandas teciduais são realizados pelas ações do sistema nervoso autônomo. De acordo com Guyton e Hall (2019), o coração recebe inervações de fibras pós-ganglionares do sistema nervoso simpático nos nodos sinusal e atrioventricular, nos átrios, ventrículos e nas artérias

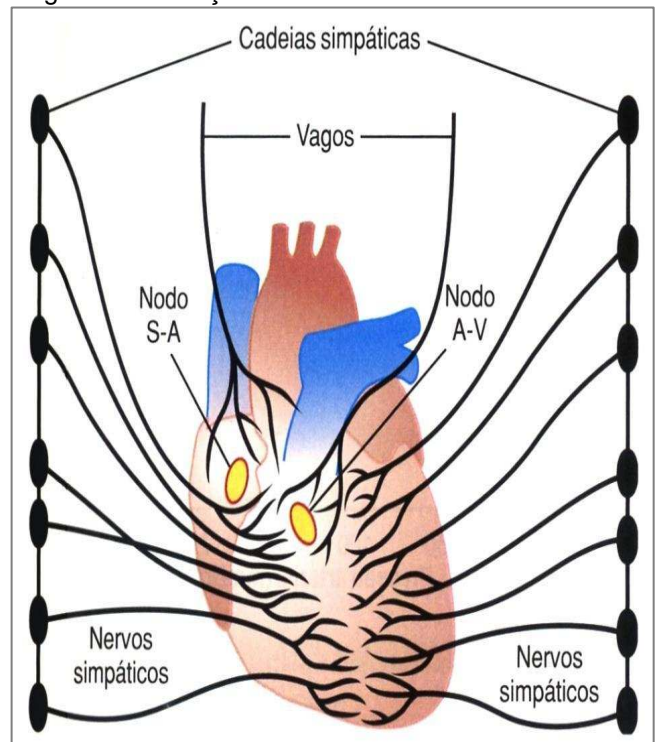
coronárias. O sistema nervoso simpático libera o neurotransmissor norepinefrina de ação adrenérgica que estimula os receptores β -adrenérgicos β_1 , promovendo o aumento da frequência cardíaca (cronotropismo positivo), da força de contração cardíaca (inotropismo positivo), da velocidade de condução (dromotropismo positivo) e da capacidade de relaxamento (lusitropismo positivo). Por sua vez, o sistema nervoso parassimpático inerva o coração com suas fibras nervosas decorrentes do nervo vago posicionadas em sua maioria nos átrios e pouquíssimas nos ventrículos. O neurotransmissor acetilcolina secretado pelo sistema nervoso parassimpático tem ação colinérgica que age nos receptores muscarínicos tipo M2 promovendo a redução da frequência cardíaca (cronotropismo negativo) da força de contração cardíaca (inotropismo negativo) e da velocidade de condução (dromotropismo negativo) (Figura 7 e Figura 8).

Figura 7. Nervo vago e simpático



Fonte: https://jaleko-files.s3-sa-east-1.amazonaws.com/apostila-web/1566851198-inervacao_das_fibras_cardiacas.pdf

Figura 8. Inervação cardíaca



Fonte: <https://docplayer.com.br/docs-images/92/108678105/images/82-0.jpg>

Muitos fatores interferem na modulação do sistema cardiovascular. Para Aubert *et al.*(2003), fatores ambientais, mentais, entre outros, provocam alterações na frequência cardíaca, na pressão arterial e no estado de constrição dos vasos sanguíneos. Estas ações do sistema cardiovascular são moduladas por ações do

sistema nervoso autônomo desencadeadas por meio da inervação simpática e parassimpática. De acordo com Levy e Martin (1984), cada estrutura cardíaca é controlada por uma inervação e geralmente de forma recíproca, ou seja, quando ocorre aumento da atividade simpática há uma redução da atividade parassimpática. Contudo, pode ocorrer a ativação simultânea das atividades simpáticas e parassimpáticas que acontecem de maneira não linear e, portanto, não devem ser expressas por uma simples soma matemática.

A atividade cardiovascular é modulada por meio da interação de vários mecanismos. De acordo com Cooke *et al.* (1998), o ritmo cardiovascular é modulado por mecanismos centrais e aferentes dos barorreceptores, quimiorreceptores, receptores cardíacos e receptores de estiramento torácico. Para Paschoal e Petrelluzzi (2002), a atividade cardiovascular é modulada sobretudo pelo Sistema Nervoso Autônomo (SNA) o qual é dependente de informações centrais e periféricas dos sistemas respiratório, vasomotor, renina-angiotensina-aldosterona, barorreceptor, termorregulador, entre outros. A modulação cardiovascular visa preservar a homeostasia orgânica por meio de uma constante adaptação à demanda tecidual.

De acordo com Guyton e Hall (2019), a modulação cardiovascular desencadeada pelo reflexo barorreceptor ocorre a partir de estiramento dos barorreceptores localizados nas paredes das grandes artérias sistêmicas, especialmente na parede interna das artérias carótidas e do arco aórtico resultando em vasodilatação das arteríolas e das veias, redução da força de contração do miocárdio e redução da frequência cardíaca. Ainda, os quimiorreceptores situados nos corpos carotídeos e aórticos promovem ajustes circulatórios a partir das variações de oxigênio sanguíneo, bem como das concentrações de dióxido de carbono e de íons hidrogênio. Os receptores de baixa pressão localizados nos átrios e nas artérias pulmonares detectam alterações de volume sanguíneo e desencadeiam reflexos paralelos aos quimiorreceptores para o controle circulatório, os quais diminuem a secreção do hormônio antidiurético, resultando em redução do volume sanguíneo a partir do aumento de perda de líquido pelos rins.

A estimulação cardíaca gera potenciais elétricos que podem ser registrados e identificados. De acordo com McArdle, Katch, Katch (2016), o interior das células do miocárdio tem menor positividade elétrica que a sua superfície externa e imediatamente antes da contração ocorre a inversão desta polaridade sendo que o

De acordo com Laukkanen e Virtanen (1998), o monitoramento cardíaco realizado por meio do eletrocardiograma (ECG) ou do Holter embora sejam precisos, apresentam baixa praticidade ao serem utilizados em ambientes de campo, devido ao tamanho e custos dos equipamentos. Deste modo, o monitoramento da frequência cardíaca em ambientes de campo pode ser realizado por meio de monitores de frequência cardíaca que utilizam telemetria em seus registros, os quais são considerados leves, práticos e precisos. Esta tecnologia sem fio está disponível e validada desde 1983. Para Leger e Thivierge (1988), estes fatores contribuíram para a disseminação do uso destes equipamentos no meio esportivo.

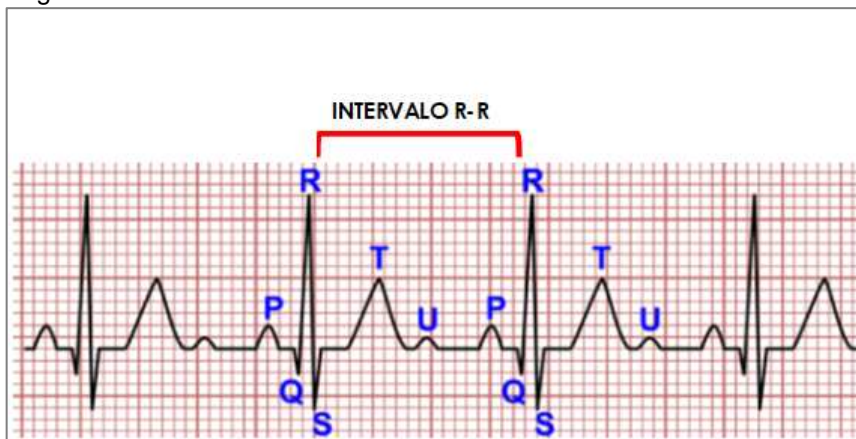
O monitoramento cardíaco durante a prática esportiva, segundo Mcinnes *et al.* (1995), permite conhecer as respostas internas frente às cargas externas de treino ou de competições, contudo, de acordo com Coyle, Gonzáles e Alonso (2001), durante a prática de atividades moderadas a intensas pode ocorrer a derivada cardiovascular com aumento da FC simultaneamente à redução do volume de ejeção sanguínea. Para Rowel (1974), a desidratação e a vasodilatação periférica podem contribuir com a ocorrência da derivada cardiovascular. Deste modo, Achten e Jeukendrup (2003), relatam que a FC pode ser utilizada como parâmetro de controle de carga de treino, ainda que possa apresentar imprecisão em condições extremas.

Caminal *et al.* (2018) relatam que os cardiófrequencímetros diante da sua praticidade e do seu baixo custo comparado ao ECG podem ser uma alternativa para a mensuração de parâmetros cardíacos, tais como os índices da variabilidade da frequência cardíaca. Castro *et al.* (2021) observaram que os diferentes modelos de cardiófrequencímetros apresentam boa correlação com o ECG e podem ser utilizados para a mensuração do controle autonômico cardíaco tanto na prática clínica como na área científica e de acordo com Singh e Bharti (2015), atualmente estão disponíveis diversos *softwares* para o processamento de dados obtidos por meio dos cardiófrequencímetros relacionados com a variabilidade da frequência cardíaca, como ARTiiFACT, Kubios, KARDIA, gHRV, sendo que o Kubios é um dos mais utilizados por ser compatível com os sistemas operacionais Linux e Windows e ainda, os seus dados podem ser salvos em arquivos de texto ASCII, Matlab e formato PDF. Os arquivos de texto ASCII podem ser exportados para o Microsoft Excel ou *Statistical Package for Social Science* (SPSS) permitindo assim, os tratamentos estatísticos em pesquisas científicas.

2.2 Variabilidade da Frequência Cardíaca

A variação de ritmo cardíaco entre os intervalos *RR* (Figura 10) é denominada variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e, segundo Vanderlei *et al.*(2009) é possível verificar, por meio da avaliação da VFC, os ajustes do sistema nervoso autônomo perante distintas demandas fisiológicas dentre as quais, o treinamento físico. Deste modo, a alta VFC indica a eficiência do sistema autônomo para adaptar-se as demandas fisiológicas apresentadas, enquanto a baixa VFC é um indicativo da ineficiência do sistema permitindo assim a classificação do desempenho atlético, das condições de saúde e de patologias. Ainda, os autores observam que, por ser uma avaliação descomplicada, considera-se uma conveniente técnica de avaliação das oscilações autonômicas.

Figura 10. Intervalo *RR*



Fonte: https://static.wixstatic.com/media/ced353_50d40732505f4523bfbed5ee378e38ff~mv2.png/v1/fit/w_570%2Ch_289%2Cal_c/file.png

Entre as várias aplicações e interpretações das informações obtidas por meio da análise da VFC, Kleiger *et al.*(2005) destacam que as oscilações cíclicas dos intervalos *RR* estão relacionadas com aspectos ambientais, genéticos, ventilatórios e com o reflexo barorreceptor controlados pelo sistema nervoso autônomo e quando combinado com outras avaliações podem prever arritmias ou mesmo a possibilidade de óbito por evento cardiovascular. Sobre a aplicabilidade da VFC como biomarcador clínico que contribua em prognósticos de mortalidade cardíaca, Sen e McGill (2018) destacam os índices fractal α_1 e o convencional *SDNN* obtidos por meio da avaliação da VFC, como potencialmente preditivos desta mortalidade, contudo, consideram a necessidade de uma investigação mais ampla destes parâmetros para estabelecer os critérios adequados que os evidenciem como biomarcadores clínicos.

2.2.1 Fatores Intervenientes

Fatores que podem intervir na VFC são constantemente investigados entre os quais, a redução ponderal súbita comumente observada em atletas de lutas, foi o alvo de estudo de Nascimento-Carvalho *et al.*(2018) que buscaram identificar a repercussão desta práxis na saúde cardiovascular destes atletas e observaram por meio da avaliação da VFC um aumento da frequência cardíaca e uma maior modulação simpática posteriormente ao processo de redução ponderal súbita, sugerindo um aumento do risco cardiovascular destes atletas. Zhang (2007) investigou a implicação de outros fatores como a idade e o sexo na VFC e observou que a idade teve maior interferência na VFC que o sexo, uma vez que indivíduos de faixas etárias menores apresentaram maior VFC que os indivíduos de faixas etárias maiores. A variável sexo apresentou diferenças significativas na frequência cardíaca.

A qualidade do sono é fator indispensável para o restabelecimento fisiológico uma vez que o sono é predominantemente vagal e, deste modo as investigações de Oliveira, Navarro e Chahini (2021) objetivaram contribuir com o entendimento da relação sono e VFC quando compararam os índices VFC no domínio da frequência e no do tempo entre atletas de alto rendimento da modalidade *ironman* e não atletas saudáveis. Os dados foram coletados durante o sono dos indivíduos, embora os autores apontam a limitação do estudo por não descreverem as fases do sono dos avaliados e, apesar disso os atletas de *ironman* apresentaram maior VFC que os não atletas no domínio do tempo indicando que as modalidades de alto volume provocam alterações na VFC no decorrer do sono. Os dados sobre a VFC no domínio da frequência foram semelhantes entre os indivíduos.

Outro fator a ser considerado na avaliação da VFC é a prática regular de exercícios ou atividades físicas. Nista-Piccolo *et al.*(2019) avaliaram um grupo de ex-atletas de tênis, embora praticantes da modalidade de forma não profissional na ocasião do estudo, com volume e intensidade de atividades maiores que os demais indivíduos participantes do estudo e quando comparados com o grupo de tenistas recreativos e o grupo de sedentários, os ex-tenistas apresentaram resultados semelhantes para os parâmetros de pressão arterial, IMC e circunferência da cintura, contudo observou-se bradicardia de repouso associada a uma maior VFC para os ex-tenistas, sugerindo assim, que a modalidade de tênis com maior volume e intensidade foram os fatores que promoveram melhoras no controle autonômico cardiovascular.

2.2.2 Métodos de Análise

Vários métodos podem ser aplicados para a análise da VFC. De acordo com Ferreira e Zanesco (2016), os métodos aplicados para a análise da VFC são divididos em lineares e não lineares. Os métodos lineares, por sua vez, dividem-se em análises no domínio do tempo e no domínio da frequência. No domínio do tempo é medido cada intervalo RR normal em milissegundos por um período de tempo, os quais são submetidos a métodos estatísticos e geométricos para a identificação dos índices da VFC. No domínio da frequência, o método mais utilizado é a densidade de potência espectral, o qual decompõe a VFC em componentes de alta, baixa, muito baixa e ultra baixa frequência.

Deste modo, a partir da obtenção dos valores de intervalos RR normais, os métodos estatísticos no domínio do tempo mais comumente aplicados segundo Vanderlei *et al.* (2009), são o *SDNN*, o *RMSSD*, o *NN50* e o *PNN50*. Os métodos que apresentam os intervalos RR em padrões geométricos mais aplicados são o Índice Triangular, a Plotagem de Lorenz (Plot de Poincaré)(não linear) e o *TINN*. Em relação ao domínio da frequência a partir da densidade de potência espectral, observa-se o componente de alta frequência (*High Frequency – HF*), o componente de baixa frequência (*Low Frequency – LF*), o componente de muito baixa frequência (*Very Low Frequency – VLF*) e o componente de ultra baixa frequência (*Ultra Low Frequency – ULF*).

Os métodos para a avaliação da VFC foram desenvolvidos a partir de fundamentações teóricas aplicadas aos dados registrados em milissegundos (ms) dos intervalos RR em um determinado período de tempo. Portanto, cada método é descrito por um índice fundamentado teoricamente, o que gera vários índices que podem ser aplicados para as análises da VFC. Stein *et al.* (1994), Task Force (1996), Teich *et al.* (2000), Aubert *et al.* (2003), Acharya *et al.* (2007), Vanderlei *et al.* (2009) e Shaffer e Ginsberg (2017) apresentam os métodos estatísticos no domínio do tempo, da seguinte maneira:

✓ *SDNN* - É o desvio padrão de todos os intervalos *RR* normais, sendo que este índice, representa a VFC global. O termo “normais” está relacionado a exclusão das extrassístoles supraventriculares e ventriculares e, deste modo os batimentos cardíacos ectópicos não são registrados. O *SDNN* é calculado a partir da seguinte fórmula matemática:

$$SDNN = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (RR_i - \overline{RR})^2}$$

✓ *RMSSD* é a raiz quadrada da média do quadrado das diferenças entre intervalos RR normais adjacentes e, portanto representa o componente parassimpático da VFC por identificar a variação entre cada batimento da frequência cardíaca. No sentido de simplificação da análise, os dados de *RMSSD*, segundo Nakamura *et al.*(2015) podem ser transformados em logaritmo natural ($\ln RMSSD$). O *RMSSD* é calculado a partir da seguinte fórmula matemática:

$$RMSSD = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (RR_{i+1} - RR_i)^2}$$

✓ *NN50* é o número de *NN* adjacentes que diferem em mais de 50ms entre si, o qual representa o componente parassimpático da VFC. Matematicamente é a soma destes intervalos:

$$\sum NN50$$

✓ *PNN50* é o percentual de *NN* adjacentes que diferem em mais de 50ms entre si, o qual representa o componente parassimpático da VFC. Matematicamente é o percentual destes intervalos:

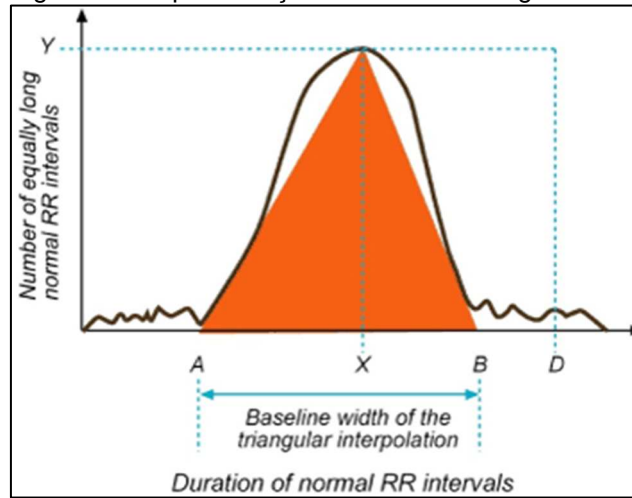
$$pNN50 = \frac{NN50}{N-1} \cdot 100\%$$

Em relação aos métodos geométricos:

O Índice Triangular representa o desvio padrão de todos os intervalos RR e é calculado a partir do histograma de densidade dos intervalos RR normais sendo indicador da VFC global.

O *TINN* é a largura da linha de base da interpolação triangular mínima da diferença quadrada do pico mais alto do histograma de todos os intervalos NN e expressa a VFC global. Estes métodos são pouco utilizados e necessitam de tempos de registros entre 20 minutos a 24 horas (Figura 11).

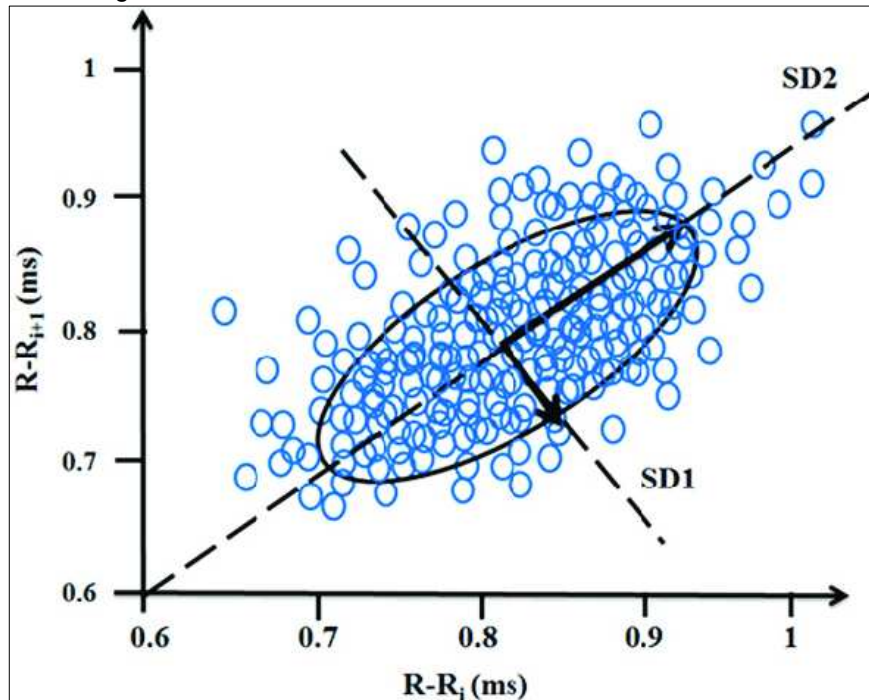
Figura 11. Representação Gráfica do Histograma



<https://images.app.goo.gl/X6o6omWrCZAM8WfW7>

A plotagem de Lorenz (*Plot de Poincaré*) (Figura 12) representa a correlação de cada intervalo RR com o intervalo antecedente distribuídos em um plano cartesiano por meio do componente *SD1* que é o desvio padrão da variabilidade instantânea de RR, indicador da atividade parassimpática, e o *SD2* que é a variabilidade a longo prazo do RR, indicador da atividade simpática e parassimpática.

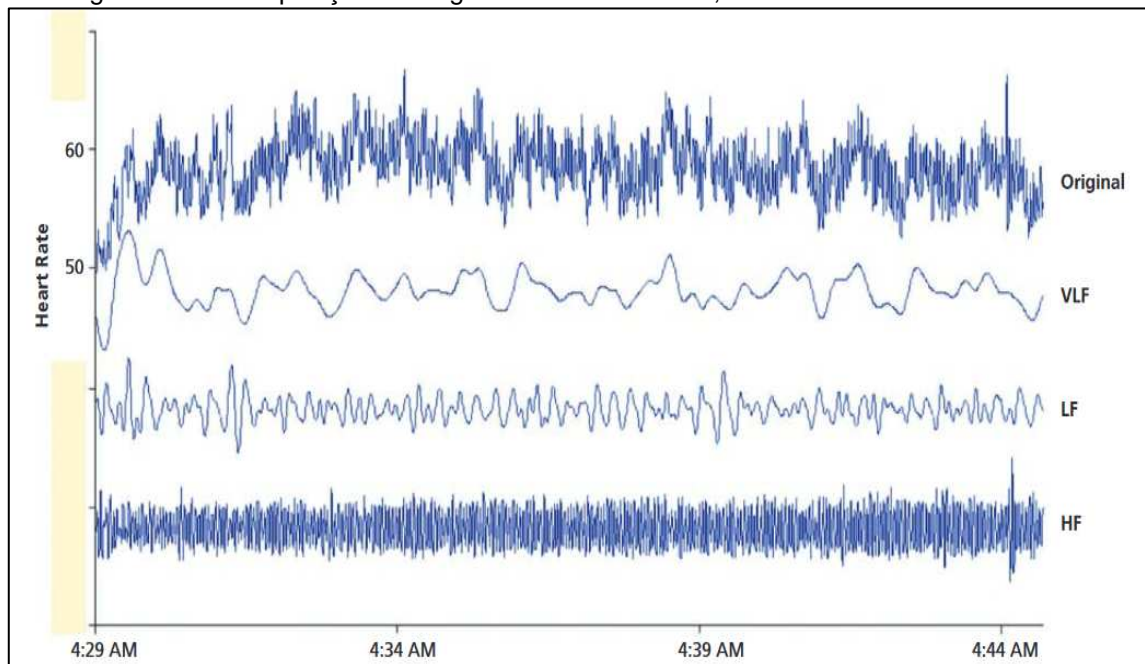
Figura 12. Plot de Poincaré



Fonte: <https://images.app.goo.gl/7uxcGD87sMXUQ97i7>

No domínio da frequência: O componente de alta frequência *HF* corresponde a modulação respiratória e indica a ação do nervo vago na atividade cardíaca. O componente de baixa frequência *LF* decorre da atividade síncrona dos componentes vagal e simpático, com predomínio simpático. *LF/HF* representa o balanço simpato-vagal sobre a atividade cardíaca. Os componentes de muito baixa frequência *VLF* e de ultra baixa frequência *ULF* não apresentam explicações fisiológicas bem estabelecidas, contudo sugere-se correlação com o sistema renina-angiotensina-aldosterona, com o tônus vasomotor periférico e com a termorregulação. Para a identificação destes índices o registro da VFC é decomposto a partir da sua onda original (Figura 13).

Figura 13. Decomposição do Registro da VFC em VLF, LF e HF



Fonte: Mccraty e Shaffer (2015)

A identificação destes métodos torna-se fundamental para as suas aplicações em análises da VFC. Segundo a *Task Force* (1996), a VFC pode ser avaliada por diversos métodos e embora os métodos se correlacionem, não devem ser substituídos entre si quando expressam componentes de longo e curto prazo da VFC e deste modo, o *SDNN* pode ser aplicado para a estimativa dos componentes de longo prazo e o *RMSSD* para estimativa dos componentes de curto prazo, sendo preferível ao *NN50* ou ao *PNN50* devido a sua maior robustez estatística. Para a estimativa da VFC geral o *SDNN* é o método recomendado.

2.2.3 Aplicabilidade no Desempenho Desportivo

Em relação a aplicabilidade da VFC visando o desempenho desportivo, Lima e Kiss (1999) indicam que o limiar da VFC é uma variável que pode presumir o limiar de lactato de maneira descomplicada e eficaz, uma vez que, a alta demanda simpática observada durante a aplicação de testes incrementais, provoca aumento do lactato sanguíneo enquanto reduz continuamente a VFC permitindo assim a observação de um platô, que pode ser identificado como o limiar da VFC. Por meio da correlação de Pearson aplicada em seus dados de VFC e lactato sanguíneo observaram a viabilidade de aplicação do limiar da VFC para a predição do limiar de lactato sendo, portanto, uma possibilidade de identificação de cargas de treinos visando o desempenho desportivo.

Ainda sobre a correlação entre VFC e limiar de lactato Karapetian *et al.*(2008) corroboram com a hipótese do limiar da VFC coincidir com os limiares de lactato e ventilatório em indivíduos saudáveis em idade adulta durante o exercício incremental e Gomes e Molina (2014) relatam a partir de uma revisão sistemática da literatura com objetivo de identificar a correlação entre o limiar da VFC e o limiar anaeróbico, que esta inferência está restrita a indivíduos do sexo masculino, em idade adulta, presumivelmente saudáveis, bem como para os portadores de diabetes tipo II e portadores de insuficiência cardíaca de ambos os sexos, embora indiquem novas pesquisas para a determinação do limiar anaeróbico a partir do limiar da VFC em diferentes amostras e modelos de investigações.

Kawaguchi *et al.*(2007) relatam que a alta VFC simboliza uma relevante função fisiológica no desempenho das atividades cotidianas e Ribas *et al.* (2018) corroboram com esta afirmação quando relatam que alta VFC é um indicativo da eficiência do controle autonômico. Em seu estudo com atletas de futebol, monitoraram a VFC em pré, pós e 48 horas pós jogo e observaram uma diminuição da VFC no pré e pós jogo o que indica predomínio do sistema nervoso simpático devido às demandas fisiológicas do jogo e, após 48 horas observaram um aumento da VFC indicando o restabelecimento fisiológico do atleta. Deste modo, por meio do monitoramento da VFC os autores indicam que 48 horas foram suficientes para a recuperação dos atletas de futebol e que os dados sobre VFC podem contribuir para a individualização das intensidades e volumes de treinamentos de atletas de futebol.

No que se refere ao treinamento resistido, De Oliveira *et al.*(2019) não observaram diferenças significativas nas variáveis de volume total de treino, de ganho de força e de massa muscular em indivíduos jovens submetidos a este modelo de treinamento quando comparados os resultados entre um grupo com intervalos fixos de recuperação e um grupo com intervalos de recuperação controlados por meio da VFC, sugerindo que a aplicação deste parâmetro não apresenta a mesma eficiência para controlar os intervalos de recuperação do treinamento resistido, assim como ocorre no controle de intervalos dos treinamentos de resistência. Corrobora com este estudo Bhati *et al.*(2019), por meio dos resultados de uma meta-análise identificou que o treinamento resistido não promoveu alterações significativas no controle autonômico de indivíduos saudáveis, embora este controle tenha sido observado em estudos com indivíduos doentes.

O controle das cargas de treinamentos baseado na VFC, especialmente o tempo de recuperação entre as sessões é atualmente alvo de pesquisas científicas e, neste sentido, Messias *et al.*(2013) avaliaram atletas da canoagem *slalom* que apresentam em suas provas competitivas altas frequências cardíacas, objetivando observar as repercussões desta atividade na VFC e não observaram modificações neste parâmetro após um período de sete semanas de treinamentos com monitoramento de cargas e, assim sendo, os autores indicam avaliações complementares com períodos de treinamentos de maior duração, considerando que são atletas de alta performance e, portanto com predominância vagal e, ainda destacam o curto período de treinamentos entre as avaliações.

Nuutila *et al.*(2017) compararam o desempenho de atletas de endurance após serem submetidos a um período de treinamento de endurance de baixa e alta intensidade associado ao treinamento resistido. Os indivíduos foram distribuídos em dois grupos com as mesmas demandas físicas, embora com diferentes propostas de recuperações entre as sessões de treinamento. O grupo baseado no teste de recuperação rápida de acordo com a VFC realizado diariamente, apresentou melhores resultados que o grupo com recuperação pré-determinada, nos parâmetros do Vo2máx e no salto contra-movimento, bem como, na VFC e na concentração sérica de testosterona. Deste modo, os autores indicam que o treinamento baseado na VFC por meio dos testes de recuperação rápida do atleta é uma proposta adequada para melhoras dos parâmetros avaliados.

Ainda sobre o treinamento de endurance Bellenger *et al.*(2016) avaliaram por meio de uma meta-análise as adaptações positivas e negativas do treinamento desta capacidade em propostas de treinamentos que promoviam o melhor desempenho e as que promoviam queda de desempenho devido as cargas de treinamento inadequadas. A VFC foi designada como um dos parâmetros de referência das adaptações fisiológicas provocadas pelo treinamento. Os autores evidenciaram que as adaptações positivas promoveram acréscimos no coeficiente vagal da VFC após o exercício, bem como em inatividade, embora isto também possa ser observado após o exercício em adaptações negativas, as quais não alteram a VFC em inatividade. Indicam parâmetros complementares para a identificação das adaptações positivas e negativas promovidas pelos treinamentos de endurance.

Devido a VFC apresentar possibilidades para ser um parâmetro de controle de carga de treino, Kaikkonen *et al.* (2012) indicam os índices VFC pós treino como meio de identificação da carga interna de treino. Saboul *et al.* (2016) buscaram validar um índice de variabilidade da frequência cardíaca (*TLHRV*), para a utilização em condições de campo calculado a partir da diminuição da VFC durante o exercício e aumento da VFC durante a recuperação refletindo a quebra e o retorno da homeostase impostas pelo exercício e pela recuperação respectivamente. Ainda, observaram, em seu estudo com corredores de longa distância, uma forte correlação entre diminuição da VFC com o aumento da intensidade do exercício, embora, não tenham observado esta correlação com a duração ou volume do exercício, identificando assim que as variações da VFC são determinadas principalmente pela intensidade do exercício e indicam que o índice (*TLHRV*) pode ser utilizado como meio direto de quantificação das cargas de treinamentos.

A redução do volume de treinamento de atletas de várias modalidades desportivas no período da pandemia do COVID19 foi alvo de estudo de Pla *et al*(2021) e observaram que a redução deste volume de treinamento durante 8 semanas provocou a diminuição da atividade vagal de atletas de natação da categoria elite identificada pelo aumento em 9,2% da frequência cardíaca de repouso e pela redução de 6,5% no *LnRMSSD* comparada aos índices basais. Após 4 semanas de retorno aos treinamentos a frequência cardíaca de repouso e o *LnRMSSD* regressaram aos índices basais, o que torna possível identificar uma relação entre o volume de treinamento com os valores de frequência cardíaca de repouso e o *LnRMSSD*.

Jin *et al.* (2022) investigaram o índice de variabilidade da frequência cardíaca (*TLHRV*) como meio de quantificar a carga de treinamento em atletas de elite do basquete universitário, modalidade caracterizada por eventos intervalados de alta intensidade. A intensidade de treino foi identificada por meio do *TRIMP* (*impulse training*) e do RPE (classificação de esforço percebido) que apresentaram alta correlação com o *TLHRV*. Os autores concluíram que o *TLHRV* pode ser uma ferramenta de monitoramento da carga de treino de atletas de basquete, bem como oferecer subsídios aos treinadores sobre as adaptações fisiológicas impostas pelo treinamento a partir das alterações observadas neste índice, permitindo ajustes no planejamento do treinamento para a obtenção de metas específicas dos atletas.

O índice de recuperação da carga interna de treinamento baseado em *RMSSD* foi o objetivo do estudo de Orellana, Nieto-Jiménez e Ruso-Álvarez (2019). A VFC foi obtida 10 minutos antes e 30 minutos após o exercício de corrida em velocidades compatíveis aos limiares ventilatórios 1, 2 e a velocidade aeróbia máxima. A escala de Borg foi aplicada ao final de cada corrida e o *TRIMP* calculado a partir das equações de Banister e Calvert (1980). As diferentes intensidades de corridas promoveram distintas inclinações exponenciais do *RMSSD* determinando um nomograma. Os autores indicam, para a aplicação prática do nomograma, a obtenção do *RMSSD* nos últimos 5 minutos do exercício e mais 5 minutos em qualquer período entre os primeiros 30 minutos de recuperação, para o cálculo da inclinação do *RMSSD* entre o exercício e a recuperação para comparação com nomograma.

Na natação a VFC foi avaliada por Lima-Borges *et al* (2018) quando compararam a incidência de lesões esportivas em atletas de natação de provas de velocidade e resistência durante um macrociclo de treinamento buscando identificar a correlação entre VFC, a incidência de lesões e a relação estresse/recuperação e observaram a associação da contínua participação do sistema nervoso simpático durante o treinamento de velocidade com a maior incidência de lesões. Em outro estudo com atletas de natação, Flatt *et.al.* (2021) compararam a VFC dos atletas em provas de velocidade, das categorias elite e sub-elite e observaram que durante o treinamento padronizado os atletas da categoria elite apresentam $\ln RMSSD$ mais alto e com maior estabilidade quando comparados aos atletas de sub-elite e, portanto atribuíram estas diferenças ao histórico de treinamento. Estes dados podem subsidiar a interpretação dos padrões de VFC de atletas de elite e sub-elite.

2.3 Treinamento Desportivo

A história do treinamento desportivo está relacionada com a história dos Jogos Olímpicos. De acordo com Hernandez Jr. (2002), os métodos de treinamento começaram a ser organizados a partir de 776 a.C. de acordo com a modalidade praticada em um contexto competitivo estabelecido por cada época. Segundo Andrade, Rocha e Caldas (1978), naquela época os gregos planejavam e organizavam o treinamento desportivo a partir de uma preparação geral e uma preparação específica. Praticavam atividades cíclicas visando melhorias em suas preparações físicas gerais e inseriam pesos em suas preparações físicas específicas, desenvolvidas habitualmente em ciclos de quatro dias, durante ininterruptos períodos de treinamento.

A evolução teórica, metodológica e tecnológica do treinamento desportivo ao longo da sua história, segundo Dantas (2014), permitiu a obtenção dos resultados desportivos exigidos na atualidade, muito em função desses avanços inseridos nas práticas desportivas, destacando que o treinamento desportivo foi totalmente remodelado ao longo da sua história. Neste contexto, Zhelyazkov (2001) relata que o treinamento desportivo evoluiu em suas teorias e métodos promovendo interpretações modernas sobre a aplicação das cargas de treinamento com distintas estruturas e graduações de acordo com os períodos competitivos. A partir desta evolução, as cargas externas de treino foram organizadas e atribuídas de acordo com a necessidade e a capacidade do atleta.

Segundo Lourenço (2017), desde a Grécia Antiga o treinamento desportivo apresenta ciclos de treinamentos, os quais deram origem às nomenclaturas atuais do treinamento desportivo, como macrociclo, mesociclo e microciclo. O macrociclo é classificado como o ciclo total do treinamento com duração programada em meses, de acordo com os períodos competitivos e características da modalidade. O mesociclo é classificado como ciclo médio com duração programada em semanas que oportuniza a aplicação e o controle das cargas de treino para a obtenção de respostas crônicas do treinamento. O microciclo é classificado como unidades menores do treinamento com duração média de uma semana que oportuniza o detalhamento das cargas de treino relacionadas com o macrociclo e o desempenho do atleta. A unidade menor da estrutura do treinamento desportiva é a sessão de treino em que são aplicadas diariamente as cargas de treino visando a máxima performance do atleta.

Atualmente, o treinamento desportivo é definido como o meio de promover adaptações morfológicas, funcionais e psicológicas do atleta. Tubino e Moreira (2003) destacam que o treinamento desportivo tem como objetivo principal o incremento dos aspectos físicos, técnicos e psicológicos buscando a máxima performance do atleta ou da equipe de acordo com o período competitivo e a modalidade esportiva. Segundo Gomes (2009), o aperfeiçoamento das capacidades motoras do atleta com a manutenção da homeostasia dos sistemas envolvidos no treinamento deve ser o objetivo do treinamento desportivo e, assim sendo deve ser elaborado por um conjunto de procedimentos controlados, organizados e estruturados, os quais são executados por meio de aplicações de cargas de treino distintas, ajustadas de acordo com a periodização do treinamento, visando adaptações máximas do atleta para as suas competições previstas em cada temporada.

A periodização do treinamento exige planejamento para a obtenção de objetivos pré-determinados. Segundo Matveiév (1991), a periodização do treinamento é composta por três períodos: O Preparatório em que se obtém as bases e os requisitos essenciais para a obtenção do desempenho desportivo, o qual subdivide-se em duas etapas: Preparação Geral com ênfase no componente geral da preparação física e a Preparação Específica com ênfase no aprimoramento das habilidades táticas e técnicas. Sequencialmente ocorre o Período Competitivo com ênfase na máxima performance do atleta e após, o Período de Transição com ênfase na recuperação física e psicológica do atleta.

De acordo com Halson (2014), o monitoramento das variáveis inseridas nesta estrutura do treinamento desportivo, vem sendo progressivamente pautado na ciência com intuito de identificar a adaptação do atleta ou o sobre-treinamento físico em função das cargas de treino aplicadas e ressalta que esse monitoramento quando aplicado corretamente permite os ajustes dos componentes da carga de treino por meio de diagnósticos embasados cientificamente. A desconexão entre parâmetros de carga externa e interna pode ser indicativo de fadiga de um atleta e desta maneira, tornam-se necessários os ajustes do volume e da intensidade da carga aplicada. Bourdon *et al.* (2017) corroboram com a afirmação de que o monitoramento das cargas de treino é cada vez mais comum entre treinadores e cientistas estabelecendo-se como um meio adequado de mensurar a performance e o sobre-treinamento físico dos atletas ao longo do execução de cada período de treinamento.

2.4 Carga de Treino

A carga de treino é um importante elemento do treinamento desportivo. De acordo com Lambert e Borresen (2010), existe uma relação no treinamento desportivo de “dose-resposta” sendo a dose o referencial da carga de treino e a resposta o referencial da adaptação dos sistemas ou mudança de performance. Impellizzeri *et al.*(2004) relatam que o índice de stress que os sistemas apresentam em decorrência do treinamento físico é identificado por “carga interna de treino” e os parâmetros relacionados a intensidade e ao volume de treinamento são identificados por “carga externa de treino” e, deste modo a carga interna de treino será determinada de modo proporcional pela carga externa de treino, considerando-se a individualidade do atleta.

Sobre o volume e a intensidade de treino, Gomes (2009) relata que o volume de treinamento corresponde ao componente quantitativo do treinamento, sendo caracterizado principalmente pela duração da carga de treino descrita de forma global pela magnitude da carga aplicada no macrociclo, no mesociclo, no microciclo ou em uma sessão de treino. Ainda há a relação de esforço/pausa aplicada na organização do treino que é identificada por densidade do treinamento, sendo possível a aplicação de pausas ativas ou passivas. A intensidade de treino corresponde ao componente qualitativo do treinamento sendo a velocidade de deslocamento do atleta em modalidades cíclicas a referência de intensidade desta, a qual pode ser classificada em subcrítica, crítica e sobrecrítica de acordo com o consumo de oxigênio. Mezzani *et al.*(2013) descrevem a intensidade subcrítica como domínio de intensidade de leve a moderada, a crítica como domínio de intensidade moderada a alta e a sobrecrítica como domínio de intensidades de alta a severa e de severa a extrema intensidade.

Deste modo, a prescrição adequada e precisa do treinamento desportivo, segundo Bartlett (2017), é dependente do monitoramento das cargas externas e internas de treino, no sentido de prevenção de lesões atléticas e de obtenção de desempenho máximo, contudo a identificação do ponto de equilíbrio entre carga externa e interna de treino para gerenciar o máximo desempenho atlético, apresenta-se de modo desafiador aos profissionais envolvidos no treinamento desportivo, devido aos vários métodos de análises e às vastas exigências diárias enfrentadas pelos atletas atuais, uma vez que os calendários anuais estão cada vez mais repletos de competições, somadas ao cotidiano de treinamento, à vida social do atleta e às exigências de comunicação publicitárias inseridas em suas rotinas diárias.

2.4.1 Meios de Monitoramento da Carga Interna de Treino

Atualmente, estão disponíveis vários meios de monitoramento de carga interna e externa de treino. De acordo com Bourdon *et al.* (2017), em função das especificidades de cada modalidade desportiva, os meios de monitoramento da carga de treino podem apresentar robustez ou fragilidade em suas tarefas sendo necessário, portanto a escolha adequada da ferramenta de monitoramento. Apresentam entre os meios de monitoramento da carga interna, as escalas de percepção de esforço, o *TRIMP*, os questionários, os índices de frequência cardíaca (medidas de recuperação, variabilidade e tempo em zonas de intensidade), o consumo de oxigênio, a concentração de lactato sanguíneo, avaliações bioquímicas e hematológicas.

Em relação às escalas de percepção de esforço de Borg, Rama *et al.*(2008) relatam que a escala de Borg 6-20 foi concebida para relacionar a percepção de esforço com a frequência cardíaca durante o esforço em uma graduação de 6 para nenhum esforço e 20 para o máximo esforço, contudo esta escala não apresentou correlações lineares com a intensidade de esforço em atletas, corroborado por Kaercher *et al* (2018). Assim sendo, a escala CR10 foi introduzida por Borg (1982) e modificada em 2010 (Figura 14) visando uma melhor correlação entre esforço percebido e a intensidade de exercício em atletas, sendo graduada em 0 (zero) para nenhuma percepção de esforço e 10 para um esforço extremamente difícil.

Figura 14. Escala de Borg Cr10

Borg CR10 Scale (1982)¹²		Borg CR10 Scale® (2010)²⁰	
0	Nothing at all	0	Nothing at all
0.5	Extremely weak (just noticeable)	0.3	
1	Very weak	0.5	Extremely weak
2	Weak (light)	0.7	Just noticeable
3	Moderate	1	Very weak
4	Somewhat strong	1.5	
5	Strong (heavy)	2	Weak
6		2.5	Light
7	Very strong	3	Moderate
8		4	
9		5	Strong
10	Extremely strong (almost max)	6	Heavy
•	Maximal	7	Very strong
		8	
		9	
		10	Extremely strong
		11	"Maximal"
		∫	
		•	Absolute maximum
			Highest possible

Maglischo (2003) relata que a aplicação da escala de percepção de esforço CR10 é um meio de ajuste de intensidade de treino de natação devido a convergência desta escala entre a percepção de esforço e a intensidade da sessão de treino. Assim, sugeriu uma modificação da escala de percepção de esforço CR10 para o monitoramento de carga interna de treino específico da natação (Tabela 1).

Tabela 1. Escala de Borg CR10 Modificada por Maglischo

Pontuação	Esforço Percebido	Efeito Provável do Treinamento	Zona de Treinamento
10	Extremamente Difícil	Melhora o Metabolismo Anaeróbio	Tolerância ao Lactato
9	Muito Difícil	Melhora a capacidade anaeróbia e VO ₂ máx; A intensidade está acima do limiar anaeróbio	Tolerância ao Lactato End-3
7 a 8	Difícil, mas realizável	Sobrecarrega o metabolismo aeróbio, trabalha no nível ou ligeiramente abaixo do limiar anaeróbio	End-2
5 a 6	Esforço Moderado	Melhora a capacidade aeróbia, ao mesmo tempo em que proporciona alívio do treinamento intenso	End-1
3 a 4	Fácil	Mantém a Endurance aeróbia, ao mesmo tempo em que se recupera do treinamento intenso	End-1
1 a 2	Muito Fácil	Tem utilidade no aquecimento e na natação de relaxamento	

Wallace, Slattery e Coutts (2009) examinaram a validade da escala de percepção de esforço CR10 de Borg para o monitoramento da carga interna de treino de atletas de natação. Avaliaram o perfil de lactato e a zona de frequência cardíaca individualmente. Após 20 sessões de treinamento de natação observaram correlações entre a escala CR10, zonas de frequência cardíaca e distâncias de nado. Concluíram que a escala de percepção de esforço CR10 de Borg é um meio de alta praticidade e não invasivo para o monitoramento da carga de treino de atletas de natação.

A escala de Borg CR10 é aplicada em várias modalidades para o monitoramento da carga interna de treino. Foster *et al.* (2001) compararam a frequência cardíaca previamente mensurada em um teste incremental de ciclo ergômetro com os dados obtidos por meio da escala de percepção subjetiva de Borg CR10 após 30 minutos de atividades de ciclismo e basquete. Observaram alta correlação entre a frequência cardíaca obtida no teste incremental e a escala de percepção de esforço nestas modalidades.

Seiler e Kjerland (2006) compararam três meios de monitoramento da carga de treino de esquiadores *cross-country*. A frequência cardíaca, os limiares ventilatórios e o consumo máximo de oxigênio e identificaram classificações de intensidades semelhantes a partir dos três métodos de monitoramento de carga de treino utilizados. Milanez et.al.(2011) indicam que a escala modificada de Borg CR10 é uma opção válida para o monitoramento da intensidade global da sessão de treino do Karatê. Bara Filho *et al.* (2013) relatam que o monitoramento da carga de treino por meio da escala da percepção de esforço de Borg CR10 é um método confiável para monitorar as cargas de treino no voleibol. Wallace et al. (2014) propõem o monitoramento da carga interna de treino por meio dos valores indicados na escala de percepção de esforço CR10 referentes a intensidade da sessão de treino, multiplicados pelo tempo total em minutos da sessão de treino, expressos em unidade arbitrária (UA).

O *TRIMP* é um outro meio de monitoramento de carga interna de treino aplicado em várias modalidades desportivas. Borresen e Lambert (2009) relatam que a experiência de cada treinador norteou por muito tempo a prescrição do treinamento visando o desempenho desportivo, sendo que a quantificação da carga de treino por meio de análises de dados, avaliações diretas e monitoramento dos parâmetros fisiológicos tornaram-se mais frequentes recentemente, tendo como objetivo a avaliação da adaptação individual do atleta frente às cargas de treino. Entre os meios de monitoramento de carga de treino mais recentes, o impulso de treinamento (*TRIMP*) é um método de monitoramento da carga de treino que utiliza vários parâmetros em seu cálculo, como frequência cardíaca, duração da sessão de treino e valores obtidos por meio da escala de percepção subjetiva de esforço.

Vários modelos de *TRIMP* foram calculados a partir de distintas variáveis para a identificação da carga interna de treino. Bannister *et al.* (1975) utilizaram a frequência cardíaca média e o tempo da sessão de treino. Banister e Calvert (1980) utilizaram um fator de intensidade masculino e feminino multiplicado pela duração da sessão em minutos. Edwards (1993) utilizou o tempo total da frequência cardíaca em cada zona de treino para a determinação do impulso de treino. Lucia *et al.* (2003) utilizaram os limiares ventilatórios para este cálculo. Stagno *et al.* (2007) utilizaram o perfil de lactato sanguíneo posicionado em cinco zonas de frequência cardíaca determinando um índice para o cálculo do *TRIMP*.

Portanto, torna-se possível a identificação do *TRIMP* a partir de vários parâmetros de volume e intensidade de treino, sendo um meio viável para o monitoramento de carga interna de treino de algumas modalidades desportivas.

Manzi *et al.*(2009a) utilizaram para o monitoramento da carga de treino em corredores de longa distância recreacionais o *TRIMP* individualizado (*TRIMPi*), identificado a partir dos padrões de frequência cardíaca e de lactato obtidos em teste incremental de esteira e indicam que o *TRIMPi* para o monitoramento da aptidão e desempenho é opção válida. Milanez *et al.* (2012) avaliaram a correlação entre os métodos de monitoramento de carga de treino, percepção subjetiva de treino de Borg CR10 e impulso de treinamento *TRIMP*_{Lucia} e identificaram correlações de alta a quase perfeita ($r= 0,64-0,91$) entre estes métodos. Ainda quantificaram a intensidade de cada sessão de acordo com a resposta da frequência cardíaca distribuídas em três zonas: zona 1 = menor que o limiar ventilatório, zona 2 = entre o limiar ventilatório e o ponto de compensação respiratório e zona 3 = acima do ponto de compensação respiratório.

Casamichana *et al.* (2013) compararam meios de monitoramento de carga de treino em atletas de futebol. Observaram a distância total percorrida, as distâncias percorridas em cada zona de intensidade, aplicaram a escala de percepção de esforço de Borg CR10 após as sessões de treino e calcularam o *TRIMP*_{Edwards}. Observaram alta correlação entre os métodos avaliados no monitoramento de carga de treino de atletas de futebol e indicam a escala de percepção de esforço de Borg CR-10 como um método de fácil aplicação que apresenta respostas individuais relacionadas à carga de treino.

Scanlan *et al.* (2014) avaliaram a relação entre cargas internas e externas de treino de atletas de basquete. As zonas de frequência cardíaca, o impulso de treino (*TRIMP*) e a escala de percepção subjetiva de esforço CR10 foram aplicadas para a identificação da carga interna. Um algoritmo de um acelerômetro determinou a carga externa. Observaram alta correlação entre as cargas internas e externas de treino por meio de monitoramento das cargas internas que identificaram variáveis específicas do treinamento de basquete, as quais foram comparadas às informações do acelerômetro. Indicam, portanto a combinação de meios de monitoramento de carga de treino para que os treinadores não adotem uma dose-resposta linear em treinamentos de basquete.

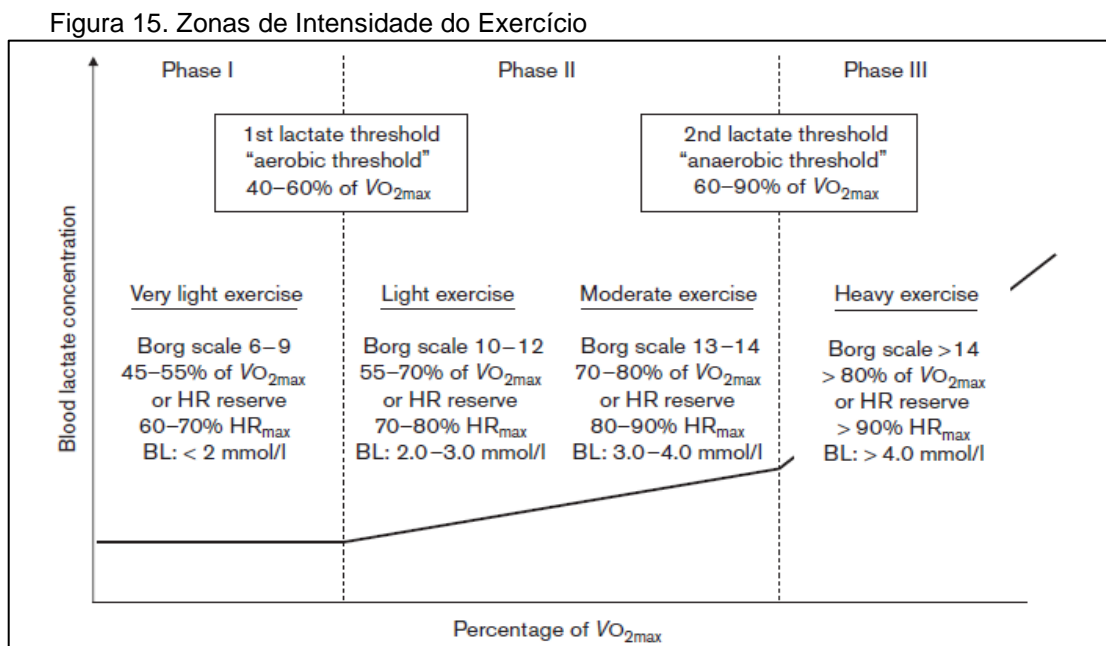
Outro meio de monitoramento de carga interna de treino são os inventários ou questionários. Rushall (1990) relata que os questionários podem ser aplicados para identificar a tolerância individual do atleta frente às cargas de treino em diferentes índices de estresse, sobretreinamento e fadiga. Destaca que o *Daily Analysis of Life Demands in Athletes (DALDA)* é uma ferramenta utilizada para estas identificações no treinamento desportivo. Ainda o *Wisconsin Upper Respiratory Symptom Survey (WURSS-21)* permite a obtenção de parâmetros relacionados aos processos infecciosos e inflamatórios devido a imunossupressão decorrentes de distintas causas de estresse, entre as quais o treinamento desportivo. Rohlf et al.(2004) indicam a aplicação do *Profile of Mood States (POMS)* para a identificação de sobretreinamento em atletas. Costa e Samulski (2005) indicam que o *Recovery-Stress Questionnaire for Athletes RESTQ-Sport* pode ser aplicado como diagnóstico e prevenção de sobretreinamento em atletas.

Os índices de frequência cardíaca como as medidas de recuperação, a variabilidade da frequência cardíaca e o tempo de permanência em zonas de intensidade, estão entre os meios mais comuns utilizados para o monitoramento da carga interna de treino. Lucia et al. (2003) utilizaram a frequência cardíaca de ciclistas profissionais em duas competições distintas, *Vuelta* a Espanha e *Tour de France* para o monitoramento da carga total de exercício. A intensidade foi classificada por um teste realizado previamente por meio de um ciclo ergômetro em fases I, II e III, sendo classificadas em menor que o 1º limiar ventilatório, entre o 1º limiar ventilatório e o ponto de compensação respiratória e maior que o ponto de compensação respiratória, respectivamente. O tempo de duração acumulado de cada fase foi multiplicado por um índice de intensidade. A soma total das fases determinou as cargas fisiológicas do atleta.

Berkelmans et al.(2018) avaliaram a carga de treino de atletas de basquete pelo tempo de permanência da frequência cardíaca em cada zona de intensidade a partir da identificação das frequências cardíacas máximas obtidas em sessões de treino, em testes diretos e preditas pela idade. Observaram que as frequências cardíacas não são intercambiáveis para a determinação da carga de treino e no sentido da obtenção de dados precisos indicam a utilização da frequência cardíaca máxima determinada em teste direto e as mais altas observadas nas sessões de treino, excluindo-se, portanto a frequência cardíaca máxima predita pela idade.

O monitoramento da VFC pode ser aplicado para a identificação da carga interna de treino. Fronchetti *et al.* (2007) observaram diminuições significativas nos limiares de VFC após um período de exercício progressivo em condições de sobre-treinamento, correlacionando as atividades parassimpáticas com as respostas decorrentes do treinamento físico, bem como observaram correlações entre melhora de aptidão aeróbia com as alterações dos índices da VFC em condições de repouso e de exercício. Oliveira *et al.* (2012) observaram forte correlação entre parâmetros da VFC e melhora de desempenho avaliado por meio do *Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level* em atletas de futebol.

O consumo de oxigênio, a concentração de lactato sanguíneo, as zonas de intensidade de exercício e a frequência cardíaca máxima são parâmetros utilizados para a identificação da carga interna de treino. Binder *et al.* (2008) descrevem que a identificação individualizada dos parâmetros máximos do exercício, são as referências para uma prescrição adequada de exercícios. Deste modo, a identificação dos limiares de lactato de forma direta ou indireta, da frequência cardíaca máxima e dos parâmetros de trocas gasosas permitem a classificação da aptidão física, bem como a prescrição do treinamento com a intensidade adequada. As avaliações destes parâmetros em testes incrementais apresentam três fases de intensidade de exercícios delimitadas por dois limiares (Figura 15).



Fonte: Binder *et al.*(2008)

Impellizzeri, Rampinini e Marcora (2005) relatam que para a identificação da capacidade aeróbia, da potência e de resistência específica no futebol, vários protocolos de testes incrementais foram aplicados para a identificação do consumo máximo de oxigênio (VO_2 máximo), do limiar ventilatório ou do lactato, os quais podem identificar a resposta do treinamento aeróbio nos componentes centrais e periféricos de cada atleta. Hermosilla *et al.* (2023) propõem uma periodização de treinamento baseado em zonas de lactato sanguíneo para o controle da carga de treino de um atleta de natação de 400m visando o desempenho atlético.

Alguns parâmetros bioquímicos e hematológicos apresentam variações em função das cargas de treino. Nunes *et al.* (2013) observaram variações em marcadores hematológicos de atletas de futebol submetidos a um microciclo de preparação geral. Os eritrócitos, a hemoglobina e os hematócitos apresentaram reduções significativas após 14 sessões de treinamento, ao mesmo tempo em que a creatina quinase (CK) e o lactato desidrogenase (LDH) aumentaram significativamente. Freitas, Miranda e Bara Filho (2011) relatam que estes biomarcadores são indicativos da relação dose-resposta de carga interna e externa do treinamento desportivo. A avaliação do CK e o do LDH são métodos indiretos de avaliação de dano tecidual muscular.

O teste T30 foi desenvolvido por Olbrecht *et al.* (2007) visando a identificação da capacidade aeróbia do atleta de natação. É realizado pela identificação da máxima distância de nado obtida em ritmo constante durante 30 minutos. A distância percorrida é dividida pelo tempo de nado para a determinação da velocidade média do nado, a qual está relacionada com o limiar anaeróbio ou 2º limiar de lactato. Dekerle *et al.* (2002) e Deminice *et al.* (2007) indicam que o T30 é um meio de monitoramento da capacidade aeróbia do atleta de natação de aplicação prática e não invasiva.

Colantonio e Kiss (2007) observaram em nadadoras adolescentes boa correlação entre a velocidade média do nado determinada pelo teste T30 com o limiar de lactato de 4mmol/L. Maglischo (2003) destaca que o teste T30 permite a identificação exata do ritmo do nado correspondente ao limiar anaeróbio de 4 mmol/L permitindo assim observar mudanças na performance do atleta por meio do aumento ou redução da velocidade do nado, as quais estariam relacionadas com a concentração de lactato observada ao longo do treinamento. Deste modo, o teste T30 é um meio de monitoramento de carga interna e performance que pode ser facilmente aplicado ao longo da periodização do treinamento de natação.

2.4.2 Meios de Monitoramento da Carga Externa de Treino

Bourdon *et al.* (2017) apresentam entre as variáveis para o monitoramento da carga externa o tempo, a frequência e o tipo de treino, a distância percorrida, a contagem de movimentos, a potência, a velocidade e aceleração do movimento, as medidas de GPS e as análises cinemáticas.

A manipulação do tempo, da frequência, do tipo de treino, da distância percorrida, do número de repetições, da potência, da velocidade e aceleração do movimento determinam as relações dose-resposta no treinamento desportivo. Neste sentido, Gomes (2009) relata que a carga externa de treino é definida pelo princípio da especificidade, o qual determina as capacidades físicas do atleta, o predomínio dos sistemas energéticos e os gestos motores específicos da modalidade desportiva, e ainda destaca, que o potencial de treinamento é outro fator interveniente na determinação da carga externa, uma vez que a adaptação da aptidão física do atleta exige progressão gradativa de carga em busca de uma melhor performance. Portanto, a carga externa de treino deve ser manipulada por meio destas variáveis de acordo com as exigências específicas da modalidade, respeitando-se os limites individuais do atleta.

Nas últimas décadas, o avanço tecnológico promoveu a utilização de equipamentos para o monitoramento da carga externa de treino. Segundo Moreira *et al.* (2013), a partir da inserção dos frequencímetros portáteis, novos equipamentos foram inseridos para o monitoramento da carga de treino, como o *Global Positioning System (GPS)*, o qual identifica o perfil de deslocamento linear do atleta com certa precisão, enquanto o *Garmin Forerunner 405* identifica mais precisamente o perfil de deslocamento com mudanças de direção. As análises cinemáticas também são utilizadas para o monitoramento de carga externa de treino. Ibáñez, Feu e Cañadas (2016) relatam que o Sistema Integral para Análise de Tarefas de Entretenimento (SIATE) é um meio de monitoramento integrado que analisa parâmetros individuais do atleta, da sessão de treino, dos educativos, da periodização e dos dados cinemáticos dos gestos desportivos. Entre os dados cinemáticos monitorados estão as velocidades e acelerações lineares e angulares. A gama de informações oferecidas por estes sistemas permite o monitoramento da carga externa de treino no sentido de promover o melhor desempenho do atleta em modalidades desportivas distintas e ainda, busca reduzir a ocorrência das lesões desportivas.

2.5 Natação

Desde o início da civilização, a natação tornou-se um importante meio de promoção da saúde e também se apresentou como modalidade competitiva. Segundo Conti (2015), a natação é indicada para homens e mulheres em diferentes idades para o controle de várias patologias como a hipertensão arterial, diabetes, obesidade e problemas ortopédicos com baixas restrições. Em seu gesto técnico, exige o movimento coordenado de braços e pernas para o deslocamento do corpo na água, bem como para a sua flutuação, provocando em média alto gasto energético. Devido as possibilidades do controle de várias patologias e promoção de saúde a natação tornou-se alvo contínuo de investigação ao longo da cronologia da humanidade.

A aplicação de um programa de treinamento de natação para indivíduos sedentários e com lesão medular, segundo Almeida *et al.* (2011) promoveram melhoras no condicionamento físico uma vez que os indivíduos aumentaram significativamente as suas distâncias percorridas em menor tempo, apresentaram melhoras significativas no HDL colesterol e na função cardiorrespiratória, indicando assim a eficiência da natação na saúde humana, mesmo em indivíduos com limitações funcionais. Contudo, os volumes e intensidades da prática da natação devem ser controlados para promover evoluções nas condições de saúde e neste sentido, Zago *et al.* (2011) avaliaram atletas de natação em diferentes fases e intensidades de treinamento e observaram que estes parâmetros podem promover alterações imunológicas transitórias comprometendo o sistema imune e o rendimento atlético.

As pesquisas desenvolvidas na natação buscam frequentemente a identificação dos elementos intervenientes no desempenho dos atletas da modalidade, sendo o gasto energético e os aspectos biomecânicos alguns dos principais alvos destas pesquisas e, assim Barbosa *et al.*(2010) relatam que os estudos biomecânicos investigam normalmente a relação do centro de massa do corpo do atleta com a sua flutuabilidade, a velocidade de deslocamento do atleta relacionada com a velocidade e a frequência dos movimentos dos membros superiores e inferiores e ainda, a identificação do gasto energético em função destes movimentos realizados, permitindo prever o desempenho dos atletas nas mais variadas provas e estilos da natação.

Na natação competitiva, os estilos praticados são o crawl, o costas, o borboleta e o peito. Para Caputo *et al.*(2006), o estilo e a velocidade provocam gastos

energéticos distintos, sendo que o crawl e o costas apresentam aumento exponencial de gasto energético em função da velocidade de movimento, enquanto o aumento é linear para o peito e polinomial para o borboleta. Destacam ainda, que o crawl e o costas respectivamente, são os estilos com menor gasto energético independentemente da velocidade do nado e o borboleta em baixas velocidades é o estilo com maior gasto energético sendo superado pelo estilo peito em maiores velocidades. Portanto, cada estilo do nado realizado apresenta a sua especificidade técnica que interfere no gasto energético do atleta em cada prova competitiva.

Na linha de investigações sobre parâmetros fisiológicos e metabólicos que envolvem as provas de natação, Zamparo *et al.*(2000) consideram que a técnica e os aspectos antropométricos do atleta precisam ser considerados nas aplicações das avaliações diretas, uma vez que podem interferir nos elementos biomecânicos da natação devido ao torque produzido pela distância do centro de volume e do centro de massa do corpo do atleta posicionado para o nado. Este torque por sua vez, produz um aumento do arrasto ao emergir os membros inferiores do atleta e aumentar a sua área frontal, promovendo assim um gasto energético extra em velocidades mais baixas de nados, tendendo a uma redução deste gasto extra a partir do incremento de velocidades mais altas, devido a redução da área frontal do atleta.

A técnica do atleta da natação em cada prova e estilo é outro aspecto comumente investigado no sentido de promover os melhores resultados competitivos e deste modo, Toussaint (1990) comparou atletas de natação de elite com triatletas para identificar a propulsão, aspecto este, dependente também da técnica do atleta e que interfere significativamente no desempenho desportivo. A técnica dos atletas de natação promoveu uma propulsão mais eficiente, com uma distância percorrida por braçada maior que os triatletas, por meio de uma maior superação do arrasto. O autor aponta que os aspectos técnicos do atleta de natação interferem na distância percorrida por braçada e, portanto esta variável pode ser um meio de investigação da eficiência técnica do atleta.

Entre os fatores intervenientes no desempenho desportivo na natação, a idade do atleta é um outro aspecto a ser considerado e Quinta-Nova, Costa e Costa (2021), em um estudo retrospectivo sobre a idade de atletas com recordes mundiais, observaram uma tendência de obtenção destes resultados por atletas mais longevos, o que indica a conveniência de propostas de treinamentos desportivos de longo prazo.

Neste sentido, Barbosa *et al.*(2012) relatam que em provas de curta duração há uma tendência de participação de atletas mais longevos, masculinos e femininos comparada à idade dos atletas de provas de longa duração e deste modo, indicam que o máximo rendimento dos atletas não deve ocorrer precocemente.

A composição corporal do atleta de natação é outro fator interveniente na modalidade e de acordo com Janssen *et al.*(2000) devido à massa muscular masculina ser maior que a feminina, principalmente na região do tronco, embora sem ter em conta o gênero, esta massa muscular apresenta redução após o quinto decênio de vida. A produção de força muscular está relacionada também com a quantidade desta massa muscular e segundo Morouço *et al.*(2012), os exercícios visando o ganho de força muscular compatíveis com o gênero e a treinabilidade do atleta contribuem com o rendimento desportivo na natação especialmente em provas rápidas e neste contexto, Girolid *et. al* (2007) relatam que o ganho de força muscular está relacionado com o aumento da frequência da braçada.

Sobre os meios de investigação, o princípio da especificidade deve ser considerado na aplicação dos testes visando a obtenção de respostas fisiológicas e metabólicas específicas. Neste sentido, Roels *et al.*(2005) observaram em seu estudo comparativo envolvendo atletas de natação e triatletas avaliados em natação e bicicleta ergométrica que o Vo₂ máx dos atletas de natação foi significativamente maior na natação em relação ao obtido na bicicleta ergométrica, bem como maior que o VO₂ máx dos triatletas obtido na natação, corroborando assim, com o entendimento de que o modelo do teste aplicado interfere no valor observado do Vo₂ máx devido às adaptações específicas oriundas de cada modalidade treinada por cada atleta.

Em relação aos parâmetros metabólicos dos atletas relacionados com o rendimento desportivo na natação, as pesquisas avaliam as participações dos metabolismos aeróbio e anaeróbio em função da prova realizada e neste sentido Campos *et al.*(2017) relatam que a contribuição anaeróbia total, ou seja a soma de anaeróbio alático e láctico não está totalmente elucidada em diferentes provas da natação contudo, identificaram uma maior contribuição anaeróbia total nas provas de 50, 100, 200, e 400 metros e não observaram correlação do anaeróbio alático em provas de 400 metros, bem como a contribuição anaeróbia em provas de 800 metros e destacaram a importância da contribuição anaeróbia total em provas de até 400 metros.

A identificação das respostas fisiológicas e metabólicas do atleta de natação frente aos esforços realizados em provas com diferentes intensidades, distâncias e estilos é fundamental para a modelagem do treinamento e para a especialização do atleta. Pinos *et al.*(2021) compararam os parâmetros fisiológicos de atletas de natação por meio de um teste anaeróbio láctico máximo para identificar o pico, a velocidade média e a curva de lactato após o exercício em um teste ergométrico máximo. Para identificar a potência de saída média e de pico específicas de nadadores, utilizaram uma prova de 50 metros de natação com velocidade máxima. Indicam, a partir dos resultados observados, a necessidade de parâmetros de treino específicos para o atleta de natação de acordo com cada prova competitiva.

Ainda, a cinética do consumo de oxigênio em função da velocidade do nado também é alvo de investigação e De Jesus *et al.*(2015) relatam que as exigências provocadas pelas distintas provas e propostas de treinamentos de natação alteram a cinética de consumo de oxigênio e em seu estudo avaliaram esta variável por meio de um analisador portátil de gases em sete diferentes intensidades de 200 metros do nado crawl até a exaustão e observaram que os componentes lento e rápido da cinética de consumo de oxigênio são alterados de acordo com a intensidade realizada sugerindo que o entendimento destas alterações é fundamental na elaboração de propostas de treinamento dos atletas de natação com incremento de intensidades, bem como, para diagnosticar o desempenho do atleta.

Almeida *et al.* (2020) analisaram a cinética de consumo de oxigênio e os padrões bioenergéticos de atletas de natação buscando identificar as variáveis fisiológicas relacionadas com o desempenho em 50, 100 e 200 m de nado e indicam que a energia aeróbia é importante para o ajuste oxidativo absoluto em atletas masculinos e femininas. Destacam ainda, que aumento do ritmo inicial em provas curtas acelera a cinética do VO_2 promovendo assim, o aumento da contribuição oxidativa no metabolismo energético. Massini *et al.*(2021) avaliaram o gasto energético da natação em curtas e médias distâncias com velocidade supramáxima buscando identificar especificidades do sexo e da composição corporal e destacam que o gasto energético foi maior para os atletas do sexo masculino devido ao maior índice de massa magra desconsiderando as distintas composições corporais entre os sexos.

Contudo, segundo Chaverri *et al.*(2016), as mensurações da aptidão cardiorrespiratória e metabólica dos atletas de natação durante o nado são difíceis de serem realizadas devido aos equipamentos utilizados que podem interferir na técnica do atleta e, assim sendo algumas estimativas de mensurações pós-exercício podem ser aplicadas, embora alguns métodos possam superestimar ou subestimar o VO_2 e deste modo, a mensuração considerada válida e precisa para estimar o VO_2 pico dos atletas de natação é a frequência cardíaca obtida durante 20 segundos no pós-exercício com base no batimento a batimento associada a mensuração de respiração a respiração, método este que evitaria a interferência dos equipamentos de avaliação na técnica do atleta durante o nado.

A carga de treinamento aplicada aos atletas de natação é outra variável de interesse de pesquisas que investigam o rendimento desportivo e deste modo Nogueira *et al.*(2015) avaliaram em seu estudo, a escala de percepção subjetiva de esforço de Borg (PSE), a escala de qualidade total de recuperação (TQR) e o questionário de estresse e recuperação de atletas (RESTq) como ferramentas para a analisar as cargas internas e externas associados às condições de recuperação e rendimento dos atletas e concluíram que a escala total de recuperação (TQR) apresentou eficiência para este monitoramento quando comparada ao questionário de estresse e recuperação de atletas (RESTq) e indicam que somente algumas escalas podem ser aplicadas para o controle de carga de treinamento.

Zanini *et al* (2018) aplicaram em seu estudo com atletas de natação o *Recovery-Stress Questionnaire for Athletes* (RESTq) para a identificação do estado mental, bem estar emocional e físico dos atletas, a *Brunel Mood State Scale* (BRUMS) para a determinação imediata do humor e *Perception Subjective Esforço* (PSE) para a identificação da percepção de esforço do atleta sobre a atividade realizada e observaram variações de humor, aumento dos índices de estresse e redução dos índices de recuperação ao longo de um período de treinamento, indicando assim a possibilidade de aplicação destes instrumentos para o controle das cargas de treinamento. Almeida *et al.* (2021) indicam em seu estudo com atletas de natação submetidos a treinamentos intervalados com intensidades distintas que a percepção de esforço dos atletas identificada por meio da *Rate of Perceived Exertion* (RPE) pode ser um parâmetro de gerenciamento do treinamento de potência aeróbia.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Trata-se de um estudo de caráter de originalidade primária, de inferência intervencional, de unidade de estudo aplicada (ensaio) em humanos, de segmento longitudinal, de direcionalidade temporal prospectiva, de avaliação analítica, autocontrolado, de frequência de acurácia, aleatorizado, de mascaramento aberto, unicêntrico e de população amostral de conveniência para o qual foram convidados atletas amadores de natação, de ambos os sexos, da equipe principal da Universidade de Ribeirão Preto. Os convidados (e seus responsáveis quando menores) foram devidamente esclarecidos sobre os objetivos e métodos do estudo e encaminhados ao Laboratório de Educação Física (LAEF) da Universidade de Ribeirão Preto onde, foi lido e devidamente explicado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Anexo 1) (aos atletas maiores e responsáveis pelos menores), bem como o Termo de Assentimento Livre Esclarecido (TALE) (Anexo 2) (este último aos menores). Somente após a livre opção de participar do estudo e a assinatura pelo sujeito e pelo pesquisador em duas vias do TALE e/ou TCLE, os signatários destes foram formalmente incluídos como participantes do estudo. Em obediência às normas éticas e boas práticas em pesquisa envolvendo Seres Humanos, o estudo seguiu rigorosamente as normas da Res. CNS. n. 466/12 e a coleta de dados foi iniciada após a aprovação integral do projeto pelo Sistema CEP/CONEP.

3.1 Amostra

A amostra populacional foi de caráter intencional de conveniência, composta por 20 atletas de natação da equipe da Universidade de Ribeirão Preto, de ambos os sexos, com idade entre 17 a 25 anos praticantes do estilo crawl, costas, borboleta, peito e medley em provas de 50, 100, 200, 400, 800 e 1500m.

3.2 Procedimentos

Foram considerados os seguintes critérios de inclusão:

- ✓ Atletas amadores de natação com tempo de prática de ao menos 1 ano;
- ✓ Atletas com idade entre 16 a 25 anos;
- ✓ Assinatura do TALE/TCLE

Foram considerados os seguintes critérios de exclusão:

- ✓ Indivíduos que faziam uso de medicações ou recursos ergogênicos.
- ✓ Indivíduos que faziam uso de cafeína 24 horas antes da coleta de dados;
- ✓ Indivíduos que faziam exercícios físicos em período prévio de recuperação;

- ✓ Indivíduos que não tinham disponibilidade para participar o protocolo;
- ✓ Indivíduos que faltaram aos procedimentos de avaliação e sessões de treino;
- ✓ Indivíduos que apresentaram erro maior que 5% na coleta de VFC.

Após serem incluídos formalmente no estudo, os atletas foram avaliados nos seguintes aspectos:

✓ Dados gerais: Nome, idade, tempo de experiência na natação competitiva, frequência de treinamento, estilo do nado e provas realizadas em competições.

✓ Dados antropométricos: Foram avaliados o IMC e a composição corporal. Para IMC foram utilizados uma balança digital devidamente calibrada e um estadiômetro. Para composição corporal foram mensuradas as dobras cutâneas subescapular (SE), tricipital (TR), peitoral (PE), axilar média (AXM), supra ilíaca (SI), abdominal (AB) e coxa (CX) por meio do adipômetro científico modelo classic da marca Sanny, com resolução de décimos de milímetros, segundo Petroski (2011). A densidade corporal foi calculada por meio da equação de Jackson e Pollock(1978) para os atletas masculinos e Jackson, Pollock e Ward (1980) para as atletas femininas e o percentual de gordura corporal foi calculado a partir da equação de Siri (1961).

✓ Dados cardíacos: Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC). Para a mensuração da VFC, foi utilizado o sistema Firstbeat®, que consiste em uma captação de sinais por meio de uma cinta posicionada no tórax, próximo ao processo xifóide a qual transfere as informações para um *software* instalado no computador portátil por meio de uma antena. Para as coletas de VFC os atletas permaneceram deitados em decúbito dorsal com o quadril e os joelhos flexionados com os pés apoiados no chão, em estado de relaxamento sem controle ou instrução do ritmo respiratório. Nos três primeiros dias do estudo, os voluntários se abstiveram da prática de atividade física de qualquer natureza.

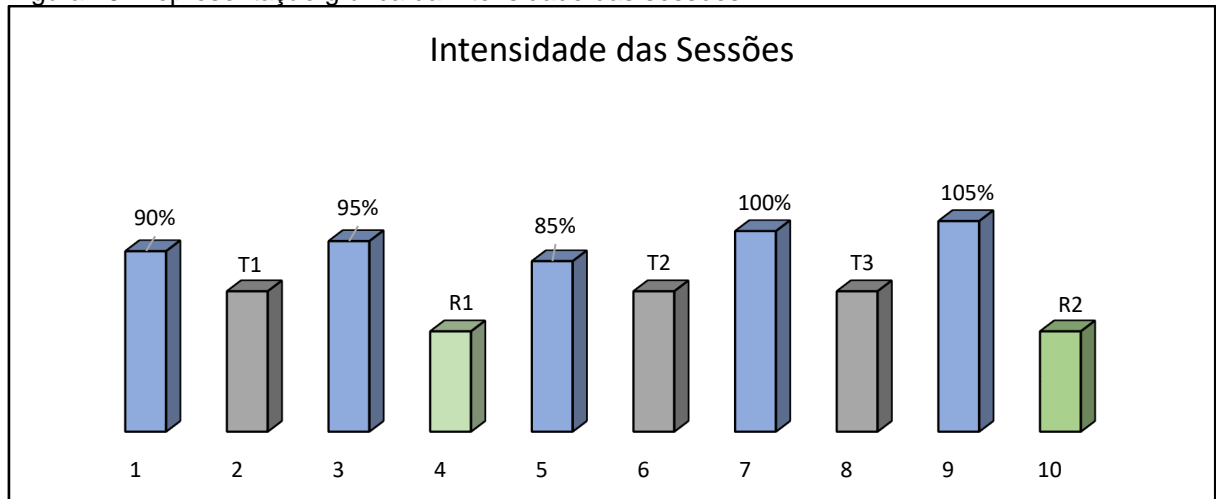
A coleta da VFC foi realizada previamente (pré) e imediatamente após (pós) as sessões de treinamento, por meio do Quick test da Firstbeat® com duração de quatro minutos de acordo com Nakamura *et al.*, (2015). Os dados numéricos coletados no sistema Firstbeat® foram transferidos por meio de planilha digital para o *software* Kubios HRV standard – versão 3.5.0 no qual foram aplicadas as análises referentes aos índices de VFC padronizados no domínio do tempo e no domínio da frequência (anexo 3). Os dados obtidos no *software* Kubios HRV standard – versão 3.5.0 foram submetidos ao tratamento estatístico específico

✓ Determinação das Intensidades das sessões de treino: Foram determinadas por percentuais da velocidade do nado identificada no teste T30 de acordo com Deminice *et al* (2007). Deste modo, as sessões de treino foram realizadas com 80%; 85%; 90%; 95%; 100% e 105% da velocidade do nado identificada no teste T30. Entre estas sessões, foram realizadas sessões técnicas com educativos de braçadas, pernadas e viradas, bem como, sessões regenerativas com intensidades abaixo de 80% da velocidade de nado do T30.(Tabela 2;Figura 16)

Tabela 2. Descrição das características e intensidades das sessões

Sessão	Descrição
1 ^a	Intensidade de 90% da velocidade de nado do T30
2 ^a	Técnico 1 (T1) (Educativos de braçadas, pernadas e viradas)
3 ^a	Intensidade de 95% da velocidade de nado do T30
4 ^a	Regenerativo 1 (R1) (Intensidade abaixo de 80% da velocidade de nado do T30)
5 ^a	Intensidade de 85% da velocidade de nado do T30
6 ^a	Técnico 2 (T2) (Educativos de braçadas, pernadas e viradas)
7 ^a	Intensidade de 100% da velocidade de nado do T30
8 ^a	Técnico 3 (T3) (Educativos de braçadas, pernadas e viradas)
9 ^a	Intensidade de 105% da velocidade de nado do T30
10 ^a	Regenerativo 2 (R2) (Intensidade abaixo de 80% da velocidade de nado do T30)

Figura 16. Representação gráfica da intensidade das sessões



Os resultados observados referentes a VFC foram apresentados por meio de média \pm desvio padrão. Nas tabelas e representações gráficas as sessões de treinos foram descritas em 90%, 95%, 85%, 100%, 105% referentes às intensidades das sessões, T1, T2 e T3 referentes às sessões técnicas e R1 e R2 referentes às sessões regenerativas.

Para a análise, os dados foram pareados em momentos pré e pós sessões de treinamento (pré-pós) para a identificação do efeito agudo das variações das cargas de treino nos índices da VFC. Em uma segunda análise, os dados obtidos no momento pré da primeira sessão foram pareados com o pré de cada sessão subsequente (pré-pré) para a identificação do padrão de modulação diário da VFC frente à uma rotina de treino de natação, uma vez que os atletas permaneceram 3 dias sem atividades antes da primeira sessão de treino. Em uma terceira análise os dados obtidos nos momentos pós sessões foram pareados com os dados obtidos em pré sessões do dia seguinte (pós-pré) para a identificação do comportamento da VFC em um período de 24 horas após esforços distintos em natação. Em uma quarta análise os dados obtidos nos momentos pós sessões (pós-pós) foram pareados entre si para a verificação do efeito das diferentes intensidades das cargas de treino nos índices da VFC.

✓ Dados referentes à carga de treino: as variáveis identificadas em relação a carga de treino foram a duração da sessão de treino e a percepção subjetiva de esforço dos atletas para cada sessão de treino.

A duração da sessão de treino foi obtida por meio de um cronômetro acionado ao início das atividades específicas de natação e desativado ao final destas atividades.

Após 30 minutos do final das sessões de treinos de natação foi identificada a Percepção Subjetiva de Esforço CR10 de acordo com Maglischo (2003).

A carga interna de treino-CR10 (CIT-CR10) foi calculada conforme Wallace *et al.* (2014) a partir do tempo total de cada sessão de treino, multiplicado pelos valores obtidos na escala de Percepção Subjetiva de Esforço CR10, expressos em unidades arbitrárias (UA). A carga interna de treino-VFC (CIT-VFC) foi identificada pelos valores dos índices de VFC pós treino de acordo com Kaikkonen *et al.* (2012).

3.3 Análise Estatística

Os dados coletados foram submetidos à verificação da existência ou não de parametria pela aplicação de teste de normalidade Shapiro Wilk. Após, foram submetidos ao tratamento estatístico específico de acordo com os valores de tendência amostral e para a verificação de diferenças entre as médias foi utilizado o teste *t-student* para eventos dependentes e o grau de significância adotado em todos os casos foi o valor de $\alpha=0,05$. Foi determinado o coeficiente *r* de Pearson para o estudo de correlação entre CIT-CR10 e CIT-VFC. Todo tratamento estatístico foi realizado através do pacote estatístico em *software* SPSS v.17.1.

4 RESULTADOS

4.1 Perfil Amostral

A amostra inicialmente foi composta por 20 atletas de natação da equipe da Universidade de Ribeirão Preto, contudo foram descartados os dados coletados de 01 atleta do sexo masculino devido ao erro maior que 10% apresentado durante todas as coletas de VFC realizadas. Deste modo, a amostra foi composta por 19 atletas para a análise dos dados.

Os valores referentes às características da amostra total (n=19) apresentaram média de idade de $19,2 \pm 1,6$ anos, massa corporal de $67,9 \pm 10,2$ kg, estatura de $1,7 \pm 0,1$ m, IMC de $22,3 \pm 2,8$ kg/m², gordura corporal de $12,0 \pm 7,0\%$, massa magra de $60,7 \pm 10,3$ kg e massa gorda de $8,0 \pm 5,1$ kg. Quando isolados, nos atletas masculinos da amostra (n=13) foram observados valores médios referentes à idade de $19,3 \pm 1,7$ anos, massa corporal de $72,0 \pm 9,5$ kg, estatura de $1,8 \pm 0,0$ m, IMC de $22,5 \pm 2,7$ kg/m², gordura corporal de $8,0 \pm 0,0\%$, massa magra de $66,0 \pm 7,0$ kg e massa gorda de $6,0 \pm 3,6$ kg. Quando isoladas, nas atletas femininas da amostra (n=6) foram observados valores médios referentes à idade de $19,0 \pm 1,4$ anos, massa corporal de $61,5 \pm 10,1$ kg, estatura de $1,6 \pm 0,1$ m, IMC de $22,8 \pm 3,9$ kg/m², gordura corporal de $19,0 \pm 6,0\%$, massa magra de $49,3,0 \pm 5,9$ kg e massa gorda de $12,2 \pm 5,4$ kg (Tabela 3).

Tabela 3. Valores referentes as características da amostra

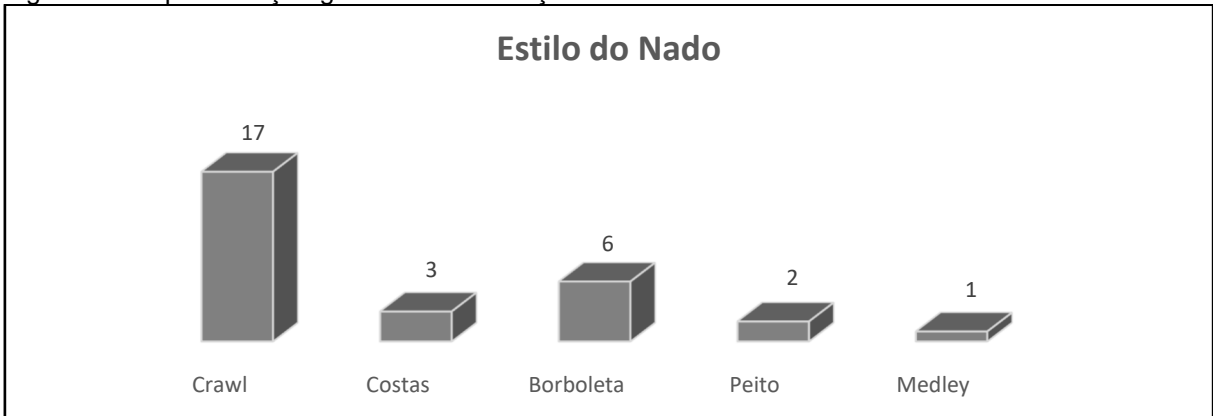
Amostra	Idade	Massa Corporal	Estatura	IMC	Gordura Corporal	Massa Magra	Massa Gorda
Total (n=19)	$19,2 \pm 1,6$	$67,9 \pm 10,2$	$1,7 \pm 0,1$	$22,3 \pm 2,8$	$12,0 \pm 7,0$	$60,7 \pm 10,3$	$8,0 \pm 5,1$
Masculino (n=13)	$19,3 \pm 1,7$	$72,0 \pm 9,5$	$1,8 \pm 0,0$	$22,5 \pm 2,7$	$8,0 \pm 0,0$	$66,0 \pm 7,0$	$6,0 \pm 3,6$
Feminino (n=6)	$19,0 \pm 1,4$	$61,5 \pm 10,1$	$1,6 \pm 0,1$	$22,8 \pm 3,9$	$19,0 \pm 6,0$	$49,3 \pm 5,9$	$12,2 \pm 5,4$

Idade (anos); Massa Corporal (Kg); Estatura (m); IMC (Kg/m²); Gordura Corporal (%); Massa Magra (kg) e Massa Gorda (kg).

Em relação ao tempo de experiência na natação competitiva observou-se média de $9,32 \pm 3,56$ anos com uma frequência $5,89 \pm 0,32$ de treinos semanais.

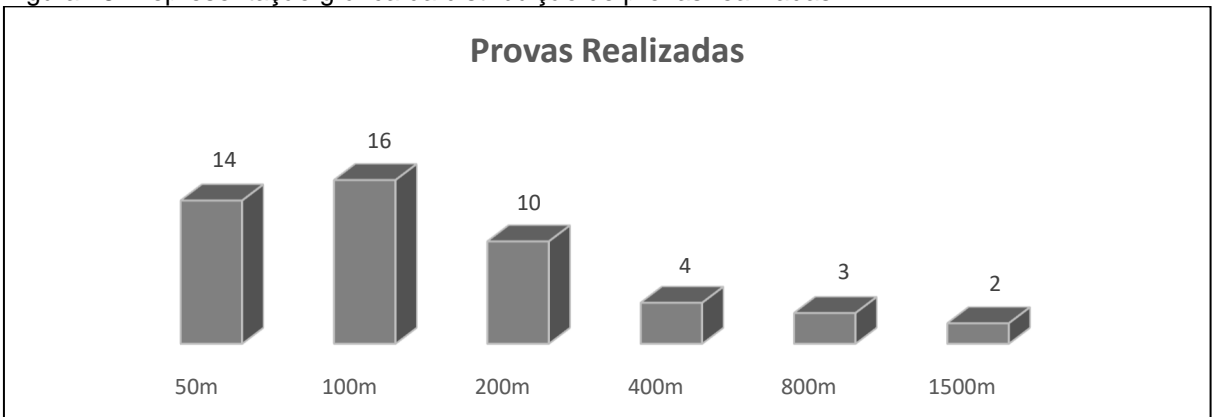
Sobre o estilo do nado praticado, os atletas distribuem-se entre os estilos crawl, costas, borboleta, peito e medley. Do total de 19 atletas, 10 atletas praticavam somente um estilo, oito atletas dois estilos e um atleta três estilos. Deste modo 17 atletas praticavam o estilo crawl, três atletas o estilo costas, seis atletas o estilo borboleta, dois atletas o estilo peito e um atleta o estilo Medley (Figura 17).

Figura 17. Representação gráfica da distribuição dos atletas / estilos de nado



Quanto às provas realizadas em competições, 11 atletas competiam em três provas e oito atletas competiam em duas provas. Deste modo, em função desta sobreposição, observou-se que 14 atletas competiam em provas de 50 metros, 16 atletas em provas de 100 metros, 10 atletas em provas de 200 metros, quatro atletas em provas de 400 metros, três atletas em provas de 800 metros e 2 atletas em provas de 1500 metros (Figura 18).

Figura 18. Representação gráfica da distribuição de provas realizadas



Os dados foram coletados na etapa de preparação geral do período preparatório de treinamento, no qual, segundo Matveiév (1991), obtêm-se as bases e os requisitos essenciais para a melhora do desempenho desportivo.

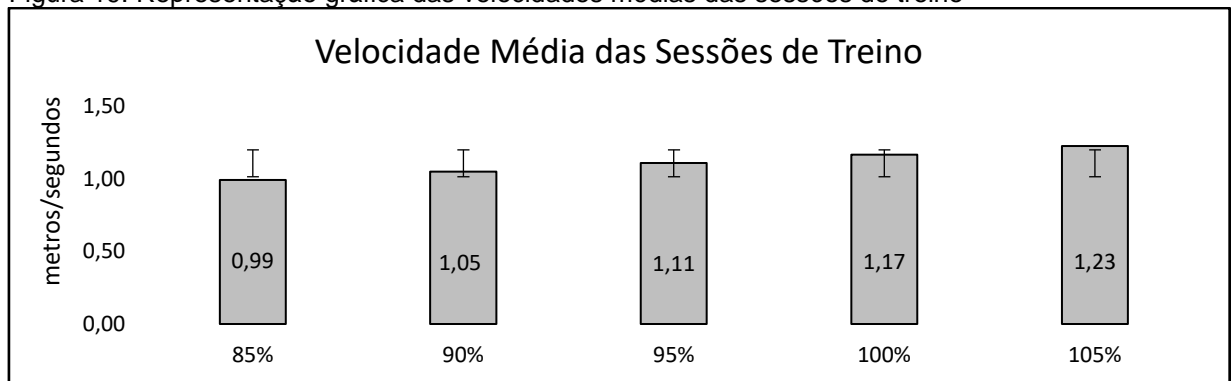
4.2 Valores referentes ao teste T-30

A velocidade média do nado observada no teste T-30 foi de $1,17 \pm 0,11$ m/s, sendo que em fase pré-teste observou-se valores médios de frequência cardíaca de repouso (FCR) $63,21 \pm 9,56$ bpm e durante o teste a frequência cardíaca máxima (FCMáx) foi de $176,84 \pm 12,38$ bpm. A frequência cardíaca de reserva (FCRes) obtida a partir da subtração da FCR da FCMáx foi de $113,63 \pm 16,06$ bpm.

4.3 Valores referentes às sessões de treino

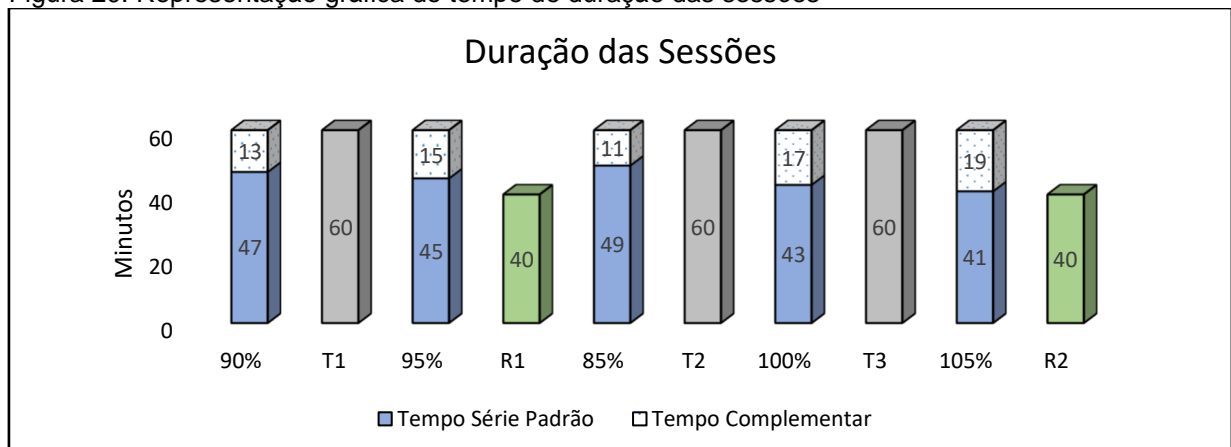
As velocidades médias das sessões de treino foram calculadas a partir da velocidade de nado do T30, sendo $0,99 \pm 0,10 \text{m/s}$ para a intensidade de 85%, $1,05 \pm 0,10 \text{m/s}$ para a intensidade de 90%, $1,11 \pm 0,11 \text{m/s}$ para a intensidade de 95%, $1,17 \pm 0,11 \text{m/s}$ para a intensidade de 100% e $1,23 \pm 0,12 \text{m/s}$ para a intensidade de 105% (Figura 19).

Figura 19. Representação gráfica das velocidades médias das sessões de treino



O tempo de duração das sessões foi de 60 minutos para as sessões T1, T2 e T3, 40 minutos para as sessões R1 e R2. As sessões com intensidades de 85%, 90%, 95%, 100% e 105% apresentaram o tempo de duração de 60 minutos, contudo, o tempo da série padrão foi de 49, 47, 45, 43 e 41 minutos e o tempo complementar foi de 11, 13, 15, 17 e 19 minutos respectivamente. O tempo da série padrão foi composto por treino intervalado de 2x400 metros, 4x200 metros e 9x100 metros totalizando 2500 metros de nado para cada intensidade prevista. O tempo de intervalo entre as séries foi de 30 segundos. O tempo complementar foi composto por gestos técnicos como viradas, braçadas e pernadas do nado (Figura 20).

Figura 20. Representação gráfica do tempo de duração das sessões



4.4 Valores referentes a VFC

4.4.1 Valores referentes ao índice SDNN.

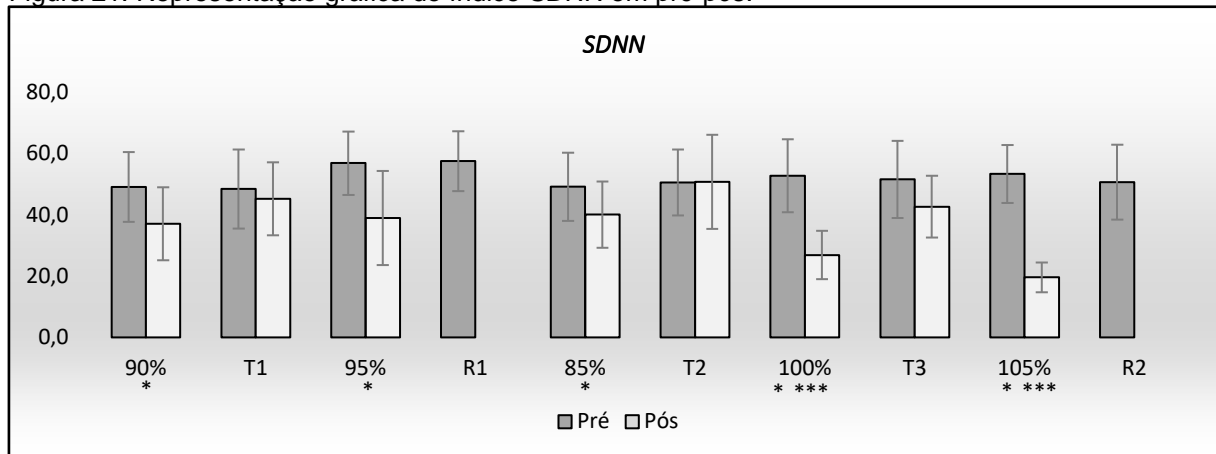
Os dados referentes ao índice SDNN quando submetidos ao tratamento estatístico *t-student* $p < 0,05$ apresentaram diferenças significativas entre pré-pós nas sessões com intensidades de 85%, 90%, 95%, 100% e 105% indicando o efeito agudo das cargas de treino no índice SDNN. As sessões T1, T2 e T3 não apresentaram diferenças significativas entre pré-pós. Entre os períodos pré-pré não foram observadas diferenças significativas indicando estabilidade no padrão de modulação diário da VFC frente a uma rotina de treino de natação. Entre os períodos pós-pós foram observadas diferenças significativas entre T2/100%, 100%/T3 e T3/105%, indicando o efeito das diferentes intensidades de carga de treino de natação no índice SDNN. (Tabela 4 e Figura 21).

Tabela 4. Valores referentes ao índice SDNN em pré-pós.

	90%	T1	95%	R1	85%	T2	100%	T3	105%	R2
Pré	49,1 ±22,8	48,5 ±25,8	56,9 ±20,7	57,6 ±19,6	49,2 ±22,2	50,6 ±21,6	52,8 ±23,9	51,6 ±25,2	53,4 ±18,7	50,7 ±24,5
Pós	37,1 ±23,9 *	45,3 ±23,8	39,0 ±30,8 *	-	40,1 ±21,7 *	50,8 ±30,8	26,9 ±15,8 ***	42,7 ±20,2	19,6 ±9,8 ***	-

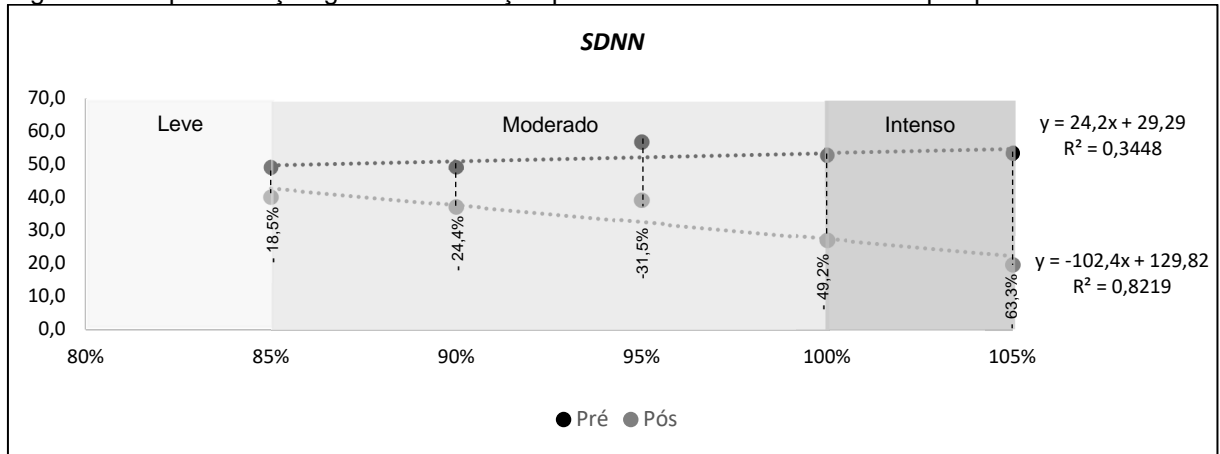
t-student $p < 0,05$ - *Pré-Pós; ** Pré-Pré. ***Pós-Pós.

Figura 21. Representação gráfica do índice SDNN em pré-pós.



t-student $p < 0,05$ - *Pré/Pós; **Pré/Pré; ***Pós/Pós.

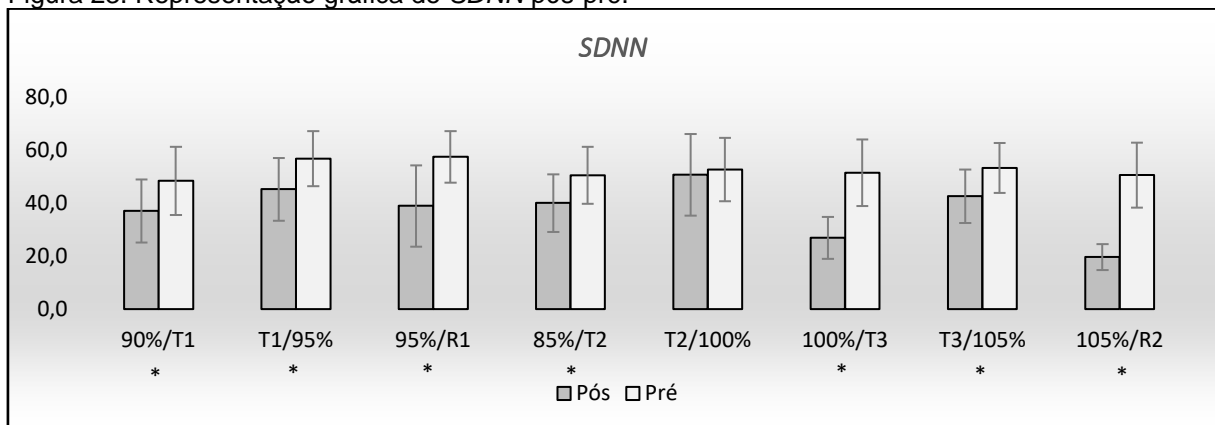
Em uma análise complementar entre os momentos pré-pós, observaram-se as variações do índice SDNN em percentual. Na sessão com intensidade de 85% a redução foi de 18,5%, com 90% foi de 24,4%, com 95% foi de 31,5% com 100% foi de 49,2% e com 105% foi de 63,3% (Figura 22).

Figura 22. Representação gráfica da redução percentual do índice *SDNN* em pré-pós.

Ainda, os dados obtidos referentes ao índice *SDNN* foram pareados em pós-pré para a identificação do restabelecimento da VFC 24 horas após esforços distintos em natação e foram observadas diferenças significativas em todos os intervalos de 24 horas entre as sessões, com exceção do intervalo entre T2/100%. Neste caso, observou-se que a intensidade da T2 não promoveu alterações significativas da VFC global permanecendo estável entre T2 pré ($50,6 \pm 21,6$), T2 pós ($50,8 \pm 30,8$) e 100% pré ($52,8 \pm 23,9$). Deste modo, observou-se que o período de 24 horas permitiu o restabelecimento da VFC global frente aos esforços realizados (Tabela 5 e Figura 23).

Tabela 5. Valores referentes ao índice *SDNN* em pós-pré.

	90%/T1	T1/95%	95%/R1	85%/T2	T2/100%	100%/T3	T3/105%	105%/R2
Pós	37,1 $\pm 23,9$	45,3 $\pm 23,8$	39,0 $\pm 30,8$	40,1 $\pm 21,7$	50,8 $\pm 30,8$	26,9 $\pm 15,8$	42,7 $\pm 20,2$	19,6 $\pm 9,8$
Pré	48,5 $\pm 25,8$ *	56,9 $\pm 20,7$ *	57,6 $\pm 19,6$ *	50,6 $\pm 21,6$ *	52,8 $\pm 23,9$	51,6 $\pm 25,2$ *	53,4 $\pm 18,7$ *	50,7 $\pm 24,5$ *

* *t-student* $p < 0,05$.Figura 23. Representação gráfica de *SDNN* pós-pré.* *t-student* $p < 0,05$.

4.4.2 Valores referentes ao índice LnRMSSD.

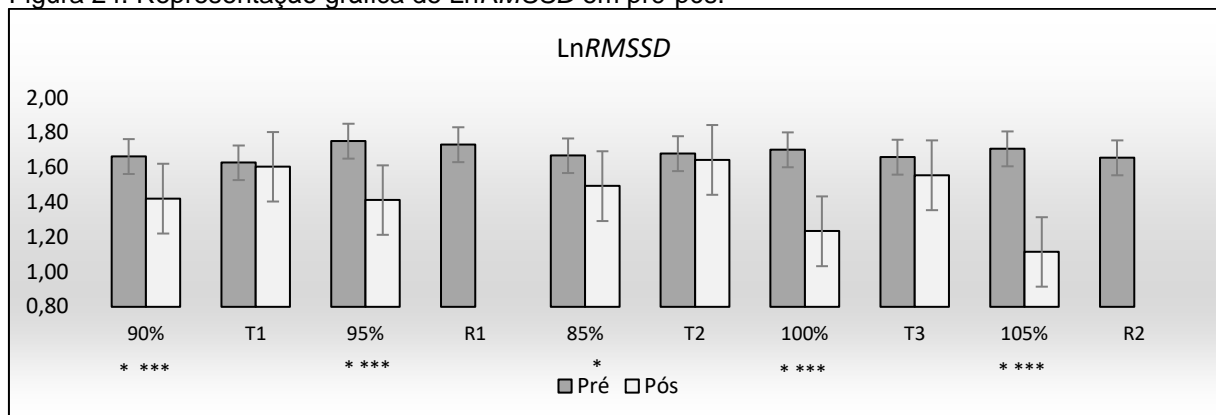
Os dados referentes ao índice LnRMSSD quando submetidos ao tratamento estatístico *t-student* $p < 0,05$ apresentaram diferenças significativas em pré-pós nas sessões com intensidades de 85%, 90%, 95%, 100% e 105% indicando o efeito agudo das cargas de treino no índice LnRMSSD e, portanto a redução do componente vagal da VFC. As sessões T1, T2 e T3 não apresentaram diferenças significativas entre pré-pós. Entre os períodos pré-pré não foram observadas diferenças significativas indicando estabilidade no padrão de modulação diário da VFC frente a uma rotina de treino de natação, especialmente após as sessões que promoveram redução do componente vagal da VFC. Entre os períodos pós-pós foram observadas diferenças significativas entre todas as sessões indicando o efeito das diferentes intensidades de carga de treino de natação no índice LnRMSSD (Tabela 6 e Figura 24).

Tabela 6. Valores referentes ao índice LnRMSSD em pré-pós.

	90%	T1	95%	R1	85%	T2	100%	T3	105%	R2
Pré	1,66 ±0,30	1,63 ±0,27	1,75 ±0,21	1,73 ±0,23	1,67 ±0,27	1,68 ±0,26	1,70 ±0,21	1,66 ±0,26	1,71 ±0,22	1,66 ±0,28
Pós	1,42 ±0,40 * ***	1,60 ±0,31	1,41 ±0,42 * ***	-	1,49 ±0,35 *	1,64 ±0,33	1,23 ±0,30 * ***	1,56 ±0,29	1,11 ±0,33 * ***	-

t-student $p < 0,05$ - *Pré/Pós; **Pré/Pré; ***Pós/Pós.

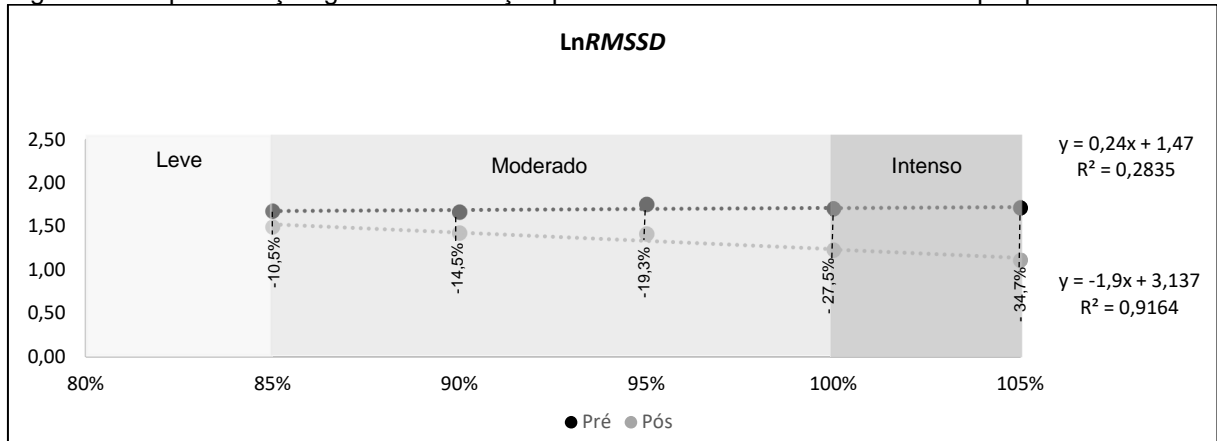
Figura 24. Representação gráfica de LnRMSSD em pré-pós.



t-student $p < 0,05$ - *Pré/Pós; **Pré/Pré; ***Pós/Pós

Em uma análise complementar entre os momentos pré-pós, observaram-se as variações do índice LnRMSSD em percentual. Na sessão com intensidade de 85% a redução foi de 10,5%, com 90% foi de 14,5%, com 95% foi de 19,3%, com 100% foi de 27,5% e com 105% foi de 34,7% (Figura 25).

Figura 25. Representação gráfica da redução percentual do índice LnRMSSD em pré-pós



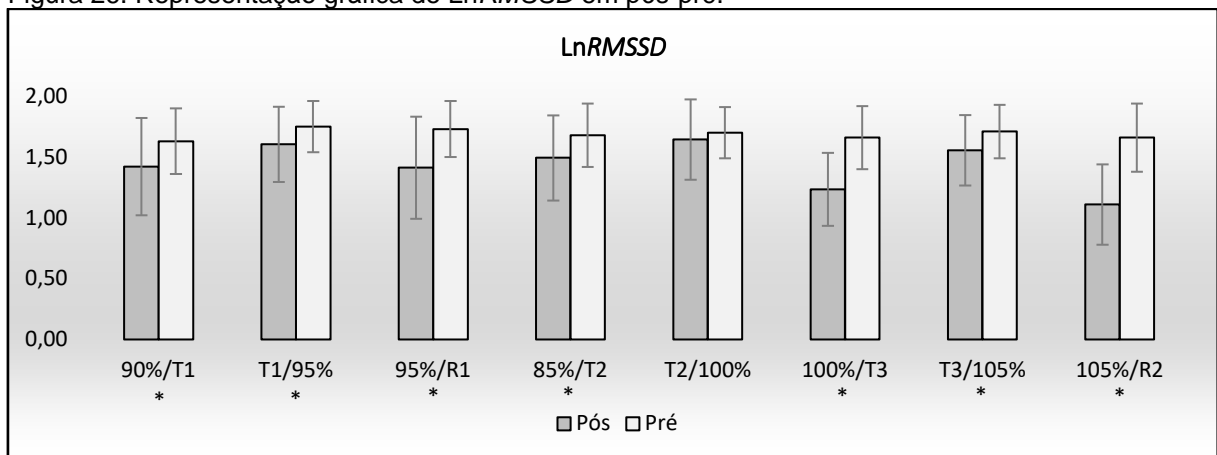
Os dados de LnRMSSD referentes aos momentos pós-pré apresentaram diferenças significativas entre todas as sessões com exceção da T2/100%. Neste caso, observou-se que a intensidade do T2 não promoveu alterações significativas do componente vagal da VFC permanecendo estável entre T2 pré (1,68±0,26), T2 pós (1,64±0,33) e 100% pré (1,70±0,21). Nas demais sessões, observou-se aumento significativo do componente vagal da VFC em 24 horas após esforço confirmando que este período de recuperação frente aos esforços realizados permitiu o restabelecimento do componente vagal da VFC (Tabela 7 e Figura 26).

Tabela 7. Valores referentes a LnRMSSD em pós-pré

	90%/T1	T1/95%	95%/R1	85%/T2	T2/100%	100%/T3	T3/105%	105%/R2
Pós	1,42 ±0,40	1,60 ±0,31	1,41 ±0,42	1,49 ±0,35	1,64 ±0,33	1,23 ±0,30	1,56 ±0,29	1,11 ±0,33
Pré	1,63 ±0,27*	1,75 ±0,21*	1,73 ±0,23*	1,68 ±0,26*	1,70 ±0,21	1,66 ±0,26*	1,71 ±0,22*	1,66 ±0,28*

* *t-student* $p < 0,05$.

Figura 26. Representação gráfica de LnRMSSD em pós-pré.

* *t-student* $p < 0,05$.

4.4.3 Valores referentes ao índice *PNN50*

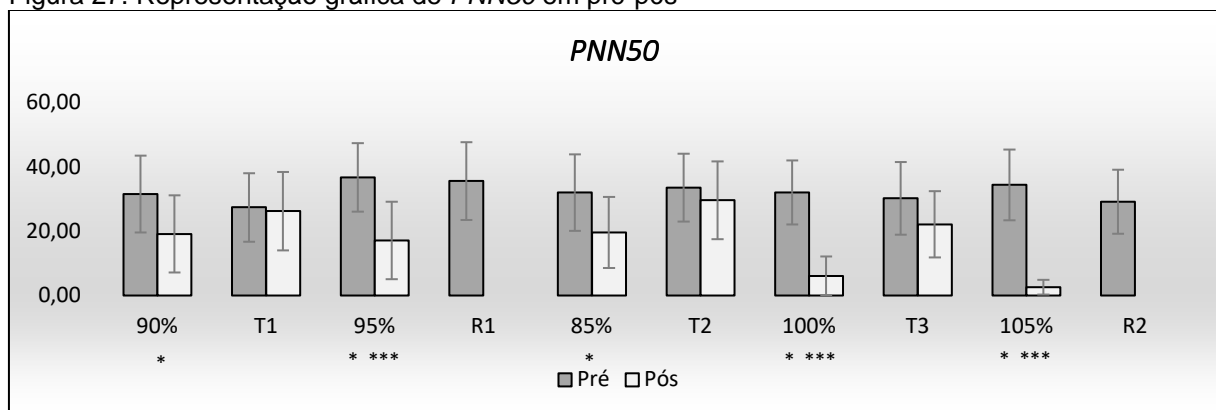
Os valores referentes ao índice *PNN50* quando submetidos ao tratamento estatístico *t-student* $p < 0,05$ apresentaram diferenças significativas em pré-pós nas sessões com intensidades de 85%, 90%, 95%, 100% e 105% indicando o efeito agudo das cargas de treino no índice *PNN50* e, portanto a redução do componente vagal da VFC. As sessões técnicas T1, T2 e T3 não apresentaram diferenças significativas entre os momentos pré-pós. Entre os períodos pré-pré não foram observadas diferenças significativas, indicando estabilidade no padrão de modulação diário da VFC frente a uma rotina de treino de natação. Entre os períodos pós/pós foram observadas diferenças significativas entre todas as sessões, com exceção dos períodos pós-pós entre as sessões 90% ($19,13 \pm 23,98$) T1 ($26,20 \pm 24,39$) e 95% ($17,07 \pm 24,03$) 85% ($19,59 \pm 22,04$) indicando o efeito das diferentes intensidades de carga de treino de natação no índice *PNN50*. (Tabela 8 e Figura 27).

Tabela 8. Dados referentes a *PNN50* em pré-pós

	90%	T1	95%	R1	85%	T2	100%	T3	105%	R2
Pré	31,51 $\pm 23,93$	27,35 $\pm 21,31$	37,12 $\pm 21,30$	35,56 $\pm 24,13$	31,94 $\pm 23,77$	33,50 $\pm 21,15$	32,02 $\pm 19,82$	30,16 $\pm 22,59$	34,39 $\pm 22,01$	29,13 $\pm 19,97$
Pós	19,13 $\pm 23,98$ *	26,20 $\pm 24,39$	17,07 $\pm 24,03$ * **	-	19,59 $\pm 22,04$ *	29,59 $\pm 24,21$	6,07 $\pm 11,99$ * **	22,09 $\pm 20,57$	2,57 $\pm 4,55$ * **	-

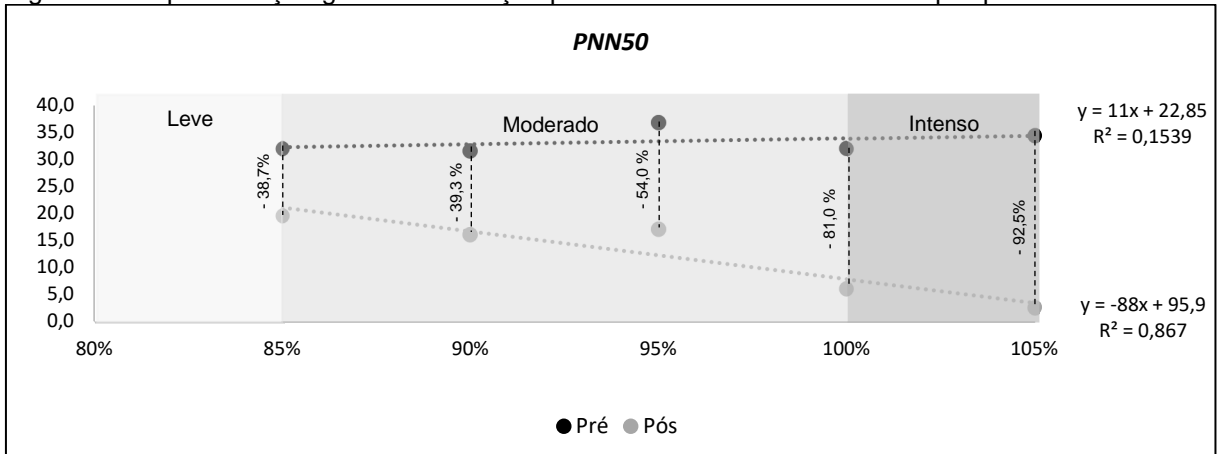
t-student $p < 0,05$ - *Pré/Pós; **Pré/Pré; ***Pós/Pós.

Figura 27. Representação gráfica de *PNN50* em pré-pós



t-student $p < 0,05$ - *Pré/Pós; **Pré/Pré; ***Pós/Pós

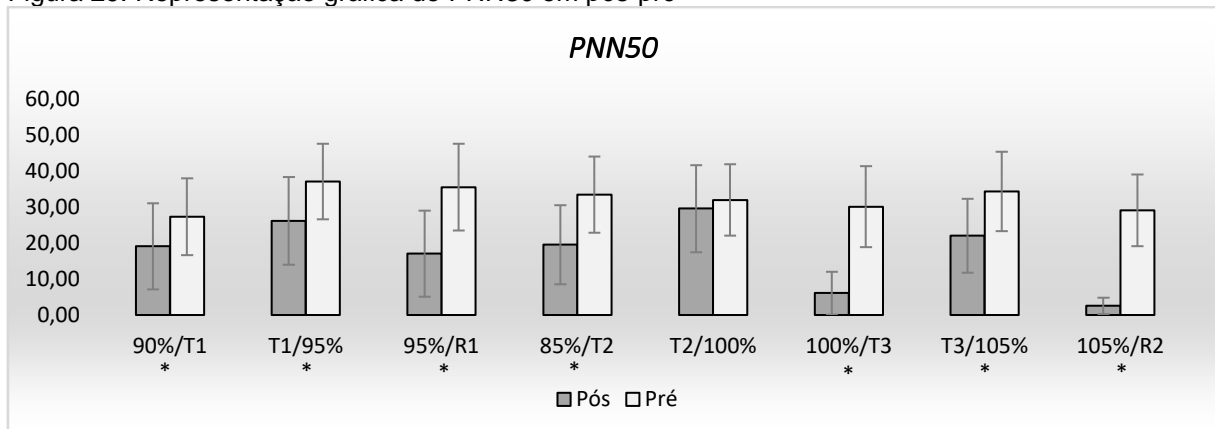
Em uma análise complementar entre os momentos pré-pós, observou-se as variações do índice *PNN50* em percentual. Na sessão com intensidade de 85% a redução foi de 38,7%, com 90% foi de 39,3%, com 95% foi de 54,0%, com 100% foi de 81,0% e com 105% foi de 92,5% (Figura 28).

Figura 28. Representação gráfica da redução percentual do índice *PNN50* em pré-pós.

Os valores de *PNN50* referentes aos momentos pós-pré foram submetidos ao tratamento estatístico *t-student* $p < 0,05$, os quais apresentaram diferenças significativas entre todas as sessões com exceção da T2/100%. Neste caso, observou-se que a intensidade do T2 não promoveu alterações significativas do componente vagal da VFC permanecendo estável entre T2 pré ($1,68 \pm 0,26$), T2 pós ($1,64 \pm 0,33$) e 100% pré ($1,70 \pm 0,21$). Nas demais sessões, observou-se aumento significativo do componente vagal da VFC em 24 horas após esforço confirmando que este período de recuperação frente aos esforços realizados permitiu o restabelecimento do componente vagal da VFC (Tabela 9 e Figura 29).

Tabela 9. Valores referentes a *PNN50* em pós-pré.

	90%/T1	T1/95%	95%/R1	85%/T2	T2/100%	100%/T3	T3/105%	105%/R2
Pós	19,13 $\pm 23,98$	26,20 $\pm 24,39$	17,07 $\pm 24,03$	19,59 $\pm 22,04$	29,59 $\pm 24,21$	6,07 $\pm 11,99$	22,09 $\pm 20,57$	2,57 $\pm 4,55$
24h Pré	27,35 $\pm 21,31$ *	37,12 $\pm 21,30$ *	35,56 $\pm 24,13$ *	33,50 $\pm 21,15$ *	32,02 $\pm 19,82$	30,16 $\pm 22,59$ *	34,39 $\pm 22,01$ *	29,13 $\pm 19,97$ *

* *t-student* $p < 0,05$.Figura 29. Representação gráfica de *PNN50* em pós-pré* *t-student* $p < 0,05$.

4.4.4 Valores referentes ao índice *SD1*

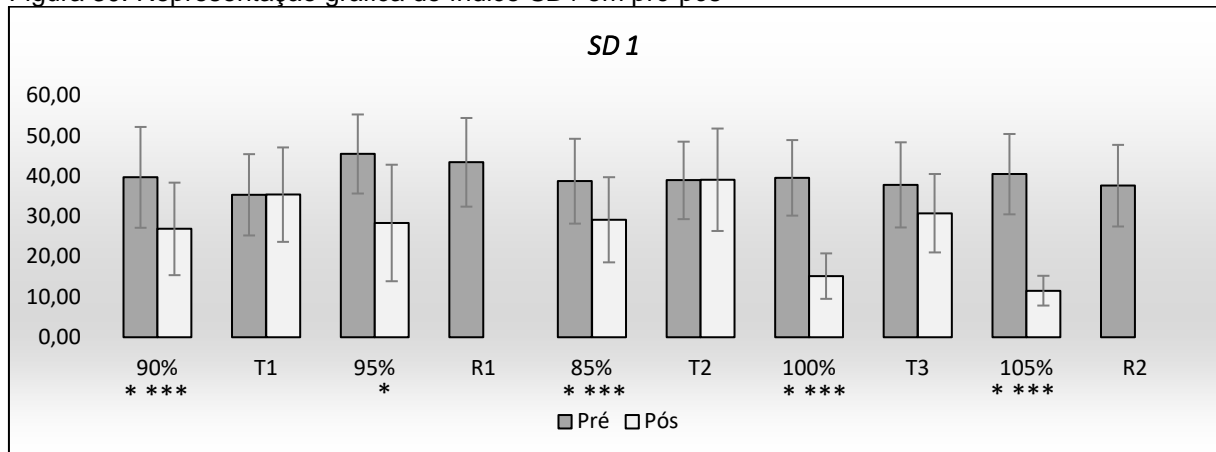
Os valores do *SD1* quando submetidos ao tratamento estatístico *t-student* $p < 0,05$ apresentaram diferenças significativas entre os momentos pré-pós nas sessões com intensidades de 85%, 90%, 95%, 100% e 105% indicando o efeito agudo das cargas de treino no índice *SD1* e, portanto a redução do componente vagal da VFC. As sessões técnicas T1, T2 e T3 não apresentaram diferenças significativas entre os momentos pré-pós. Entre os períodos pré-pré não foram observadas diferenças significativas, indicando estabilidade no padrão de modulação diário da VFC frente a uma rotina de treino de natação. Entre os períodos pós/pós foram observadas diferenças significativas entre todas as sessões com exceção dos períodos pós/pós entre as sessões T1 (35,46±23,50) / 95% (28,44±28,96) e 95% (28,44±28,96) / 85%(29,20±21,15)) indicando o efeito das diferentes intensidades de carga de treino de natação no índice *SD1* (Tabela 10 e Figura 30).

Tabela 10. Valores referentes ao índice *SD1* em pré-pós

	90%	T1	95%	R1	85%	T2	100%	T3	105%	R2
Pré	39,77 ±25,05	35,40 ±20,24	45,56 ±19,69	43,49 ±21,99	38,79 ±21,12	38,99 ±19,30	39,59 ±18,76	37,86 ±21,15	40,53 ±19,93	37,70 ±20,29
Pós	26,96 ±22,96 * ***	35,46 ±23,50	28,44 ±28,96 *		29,20 ±21,15 * ***	39,16 ±25,51	15,22 ±11,31 * ***	30,83 ±19,52	11,58 ±7,44 * ***	

t-student $p < 0,05$ - *Pré/Pós; **Pré/Pré; ***Pós/Pós.

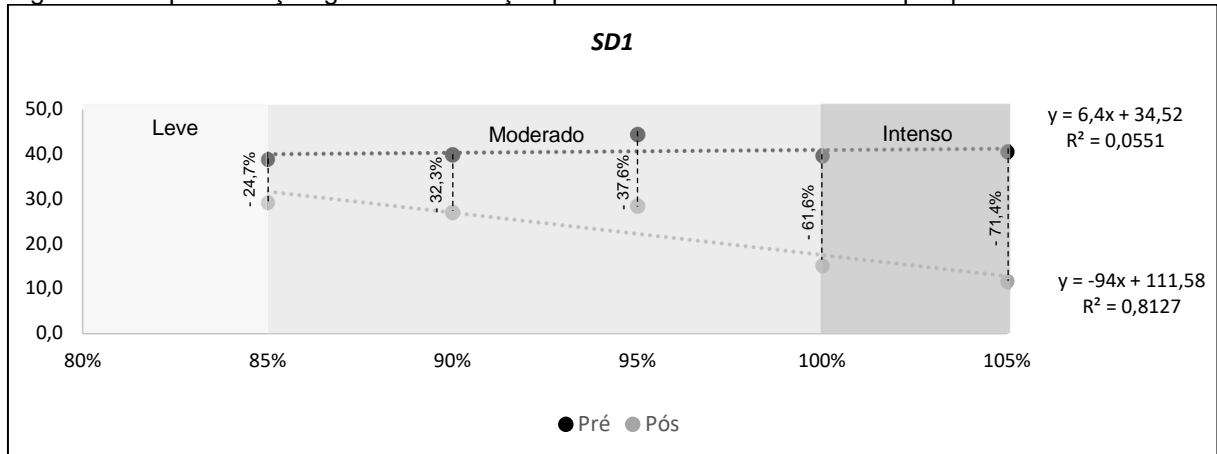
Figura 30. Representação gráfica do índice *SD1* em pré-pós



t-student $p < 0,05$ - *Pré/Pós; **Pré/Pré; ***Pós/Pós

Em uma análise complementar entre os momentos pré-pós, observou-se as variações do índice *SD1* em percentual. Na sessão com intensidade de 85% a redução foi de 24,7%, com 90% foi de 32,3%, com 95% foi de 37,6%, com 100% foi de 61,6% e com 105% foi de 71,4% (Figura 31).

Figura 31. Representação gráfica da redução percentual do índice SD1 em pré-pós



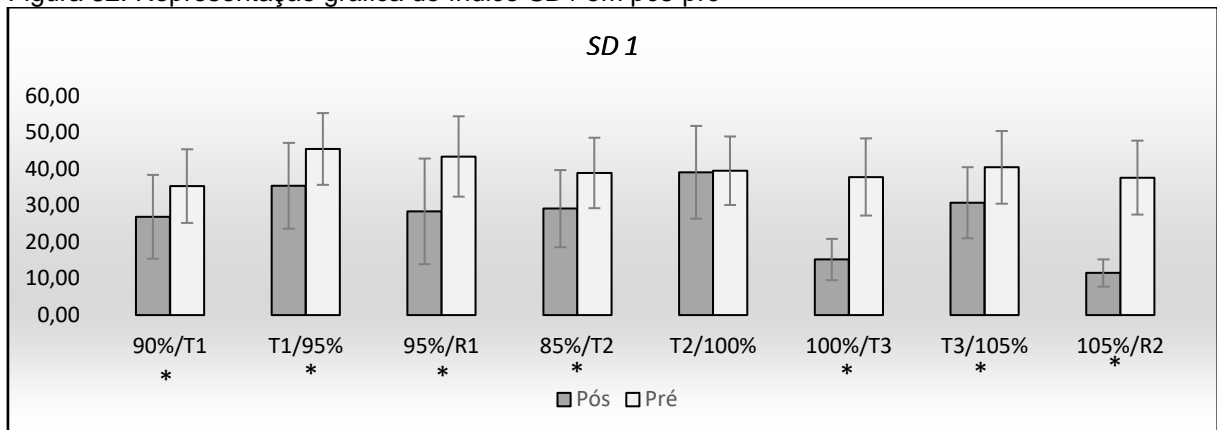
Os valores de SD1 referentes aos momentos pós-pré foram submetidos ao tratamento estatístico *t-student* $p < 0,05$, os quais apresentaram diferenças significativas entre todas as sessões com exceção da T2/100%. Neste caso, observou-se que a intensidade da T2 não promoveu alterações significativas do componente vagal da VFC permanecendo estável entre T2 pré ($38,99 \pm 19,30$), T2 pós ($39,16 \pm 25,51$) e 100% pré ($39,59 \pm 18,76$). Nas demais sessões, observou-se aumento significativo do componente vagal da VFC em 24 horas após esforço confirmando que este período de recuperação frente aos esforços realizados permitiu o restabelecimento do componente vagal da VFC (Tabela 11 e Figura 32).

Tabela 11. Valores referentes ao índice SD1 em pós-pré

	90%/T1	T1/95%	95%/R1	85%/T2	T2/100%	100%/T3	T3/105%	105%/R2
Pós	26,96 $\pm 22,96$	35,46 $\pm 23,50$	28,44 $\pm 28,96$	29,20 $\pm 21,15$	39,16 $\pm 25,51$	15,22 $\pm 11,31$	30,83 $\pm 19,52$	11,58 $\pm 7,44$
24h Pré	35,40 $\pm 20,24$ *	45,56 $\pm 19,69$ *	43,49 $\pm 21,99$ *	38,99 $\pm 19,30$ *	39,59 $\pm 18,76$	37,86 $\pm 21,15$ *	40,53 $\pm 19,93$ *	37,70 $\pm 20,29$ *

* *t-student* $p < 0,05$.

Figura 32. Representação gráfica do índice SD1 em pós-pré



* *t-student* $p < 0,05$.

4.4.5 Valores referentes ao índice SD2

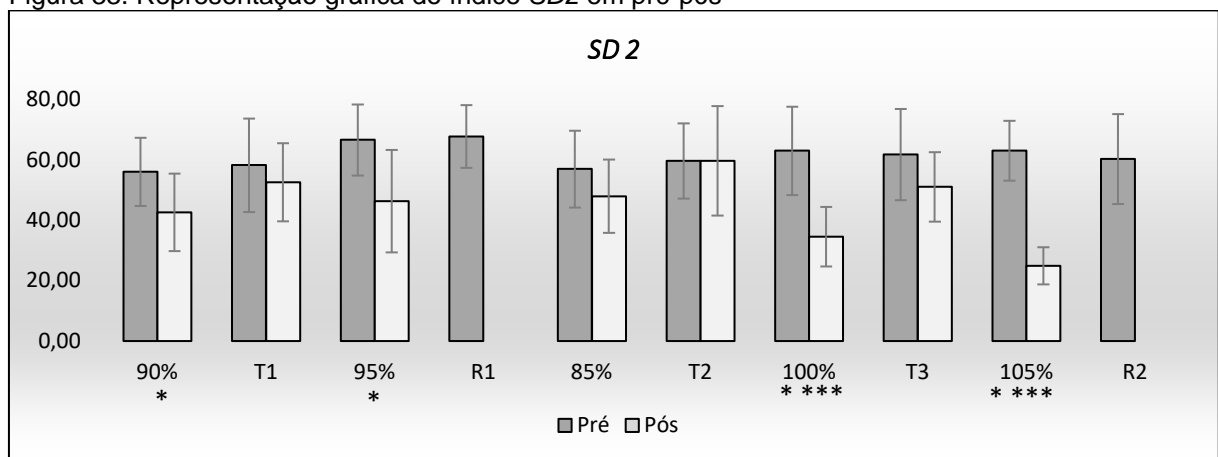
Os valores de *SD2* quando submetidos ao tratamento estatístico *t-student* $p < 0,05$ apresentaram diferenças significativas entre os momentos pré-pós nas sessões com intensidades de 90%, 95%, 100% e 105% indicando o efeito agudo das cargas de treino no índice *SD2* e, portanto a redução da VFC global. As sessões técnicas T1, T2, T3 e a sessão com 85% de intensidade não apresentaram diferenças significativas entre os momentos pré-pós. Entre os períodos pré-pré não foram observadas diferenças significativas, indicando estabilidade no padrão de modulação diário da VFC frente a uma rotina de treino de natação. Entre os períodos pós-pós foram observadas diferenças significativas entre as sessões T2 (59,66±36,26) / 100% (34,55±19,67), 100%(34,55±19,67) / T3 (51,05±23,01) e T3 (51,05±23,01) / 105% (24,93±12,24) indicando o efeito das diferentes intensidades de carga de treino de natação no índice *SD2*. (Tabela 12 e Figura 33).

Tabela 12. Valores referentes ao índice *SD2* em pré-pós

	90%	T1	95%	R1	85%	T2	100%	T3	105%	R2
Pré	56,02 ±22,56	58,21 ±31,00	66,59 ±23,60	67,73 ±20,71	56,95 ±25,41	59,67 ±24,90	63,00 ±29,26	61,71 ±30,22	63,05 ±19,85	60,26 ±29,80
Pós	42,61 ±25,58 *	52,59 ±25,88	46,32 ±33,87 *	-	47,96 ±23,39	59,66 ±36,26	34,55 ±19,67 * ***	51,05 ±23,01	24,93 ±12,24 * ***	-

t-student $p < 0,05$ - * Pré/Pós; ** Pré/Pré; *** Pós/Pós.

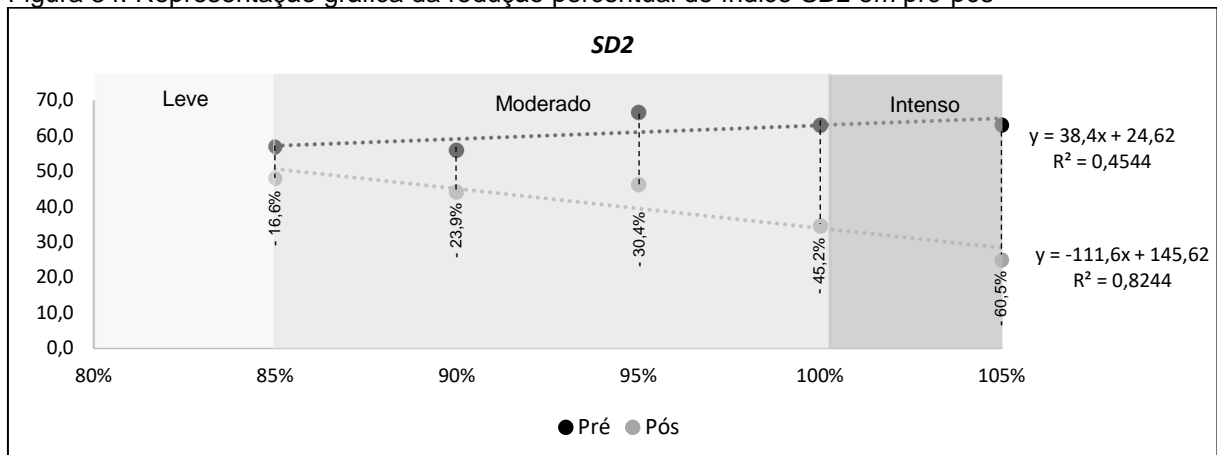
Figura 33. Representação gráfica do índice *SD2* em pré-pós



t-student $p < 0,05$ - * Pré/Pós; **Pré/Pré; ***Pós/Pós

Em uma análise complementar entre os momentos pré-pós, observou-se as variações do índice *SD2* em percentual. Na sessão com intensidade de 85% a redução foi de 16,6%, com 90% foi de 23,9%, com 95% foi de 30,4%, com 100% foi de 45,2% e com 105% foi de 60,5% (Figura 34).

Figura 34. Representação gráfica da redução percentual do índice SD2 em pré-pós



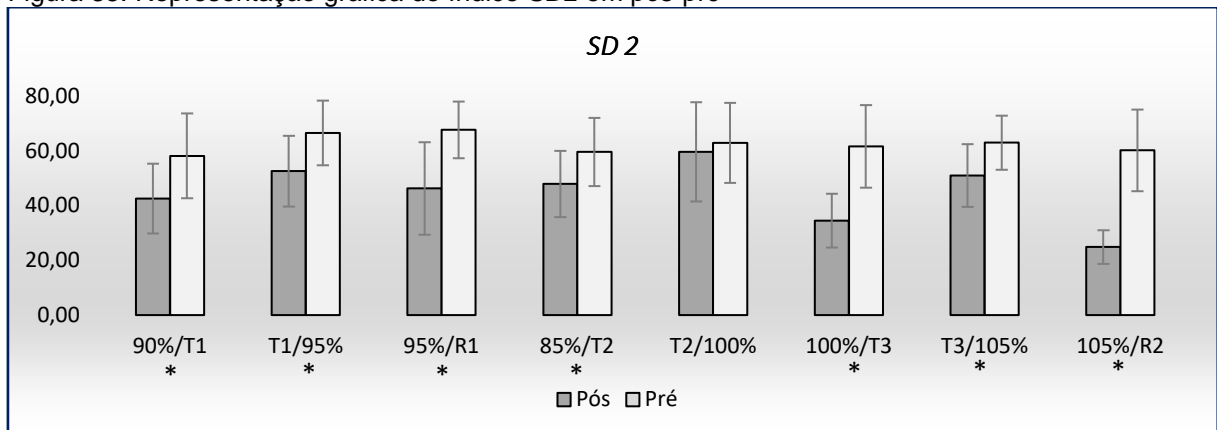
Os valores de SD2 referentes aos momentos pós-pré foram submetidos ao tratamento estatístico *t-student* $p < 0,05$, os quais apresentaram diferenças significativas entre todas as sessões com exceção da T2/100%. Neste caso, observou-se que a intensidade da T2 não promoveu alterações significativas da VFC global permanecendo estável entre T2 pré(59,67±24,90), T2 pós(59,66±36,26) e 100% pré(63,00±29,26). Nas demais sessões, observou-se aumento significativo da VFC global em 24 horas após esforço confirmando que este período de recuperação frente aos esforços realizados permitiu o restabelecimento da VFC global (Tabela 13 e Figura 35).

Tabela 13. Valores referentes a SD2 em pós-pré

	90%/T1	T1/95%	95%/R1	85%/T2	T2/100%	100%/T3	T3/105%	105%/R2
Pós	42,61 ±25,58	52,59 ±25,88	46,32 ±33,87	47,96 ±23,39	59,66 ±36,26	34,55 ±19,67	51,05 ±23,01	24,93 ±12,24
24h Pré	58,21 ±31,00*	66,59 ±23,60*	67,73 ±20,71*	59,67 ±24,90*	63,00 ±29,26	61,71 ±30,22*	63,05 ±19,85*	60,26 ±29,80*

* *t-student* $p < 0,05$.

Figura 35. Representação gráfica do índice SD2 em pós-pré



* *t-student* $p < 0,05$.

4.4.6 Valores referentes ao índice *HF-log*

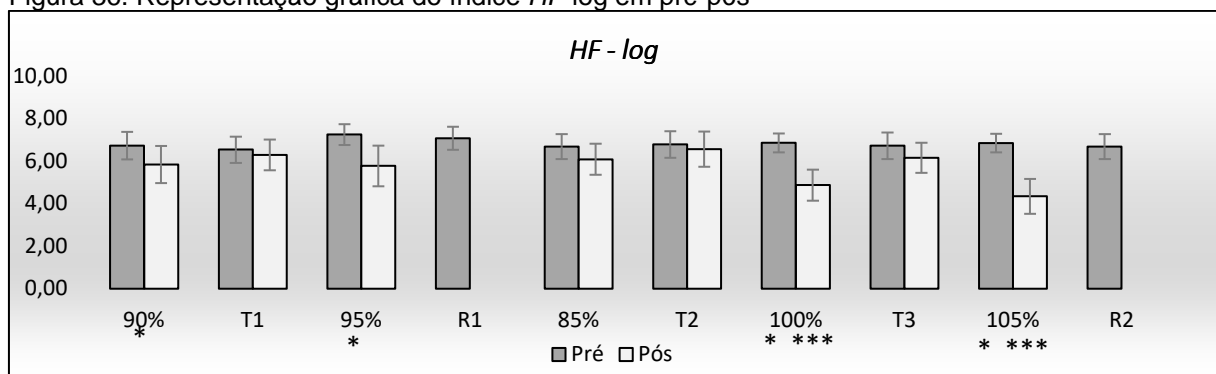
Os valores do *HF-log* quando submetidos ao tratamento estatístico *t-student* $p < 0,05$ apresentaram diferenças significativas entre os momentos pré-pós nas sessões com intensidades de 90%, 95%, 100% e 105% indicando o efeito agudo das cargas de treino no índice *HF-log* e, portanto, a redução do componente vagal da VFC. As sessões técnicas T1, T2, T3 e a sessão com 85% de intensidade não apresentaram diferenças significativas entre os momentos pré-pós. Entre os períodos pré-pré não foram observadas diferenças significativas, indicando estabilidade no padrão de modulação diário da VFC frente a uma rotina de treino de natação. Entre os períodos pós-pós foram observadas diferenças significativas entre as sessões T2 (6,56±1,65) / 100% (4,87±1,45), 100%(4,87±1,45) / T3 (6,15±1,41) e T3 (6,15±1,41) / 105% (4,35±1,63) indicando o efeito das diferentes intensidades de carga de treino de natação no índice *HF-log* (Tabela 14 e Figura 36).

Tabela 14. Valores referentes a *HF-log* em pré-pós

	90%	T1	95%	R1	85%	T2	100%	T3	105%	R2
Pré	6,72 ±1,29	6,53 ±1,23	7,25 ±0,97	7,07 ±1,09	6,68 ±1,17	6,79 ±1,25	6,85 ±0,89	6,72 ±1,25	6,85 ±0,88	6,68 ±1,18
Pós	5,84 ±1,74 *	6,29 ±1,44	5,77 ±1,91 *	-	6,08 ±1,47	6,56 ±1,65	4,87 ±1,45 * ***	6,15 ±1,41	4,35 ±1,63 * ***	-

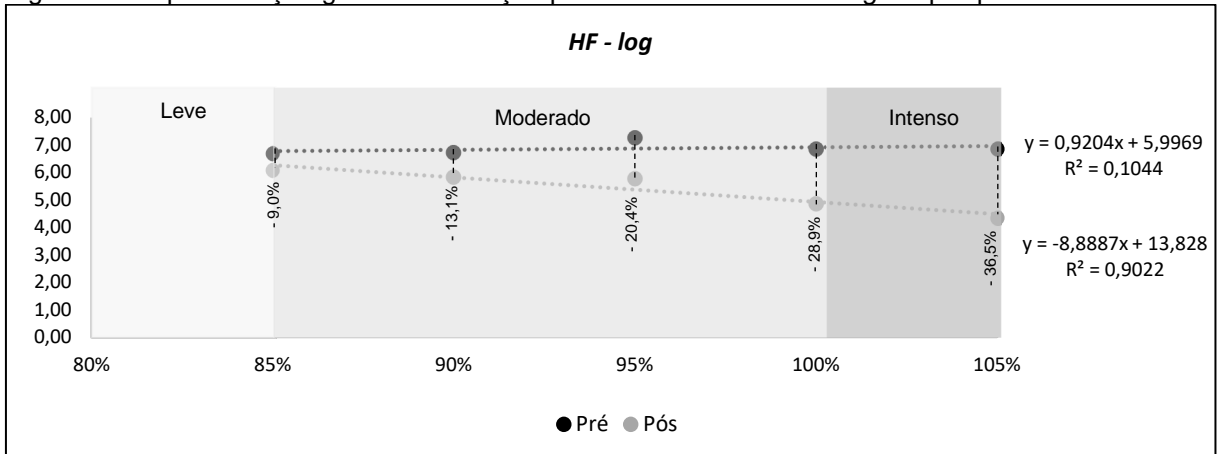
t-student $p < 0,05$ - *Pré/Pós; **Pré/Pré. ***Pós/Pós.

Figura 36. Representação gráfica do índice *HF-log* em pré-pós



t-student $p < 0,05$ - *Pré/Pós; **Pré/Pré; ***Pós/Pós

Em uma análise complementar entre os momentos pré-pós, observou-se as variações do índice *HF-log* em percentual. Na sessão com intensidade de 85% a redução foi de 9,0%, com 90% foi de 13,1%, com 95% foi de 20,4%, com 100% foi de 28,9% e com 105% foi de 36,5% (Figura 37).

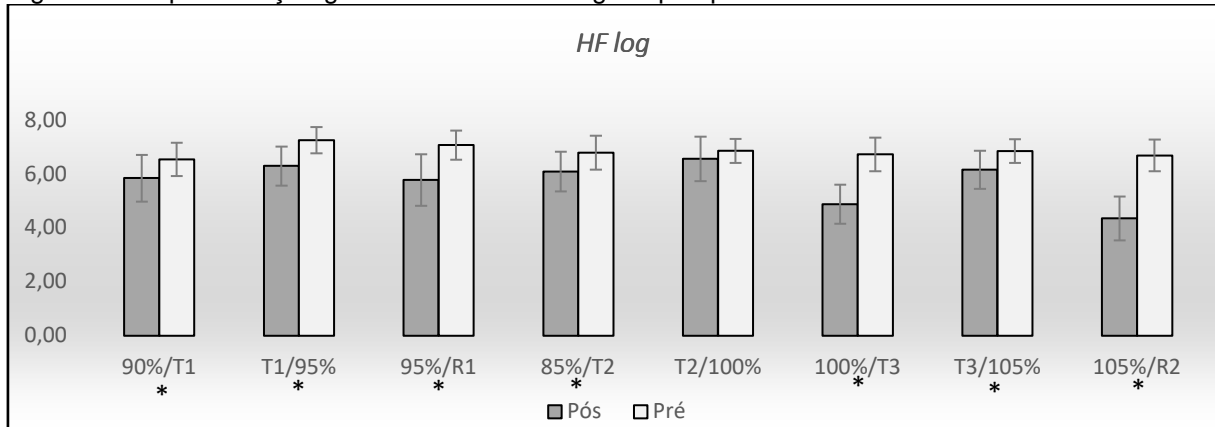
Figura 37. Representação gráfica da redução percentual do índice *HF-log* em pré-pós

Os valores de *HF-log* referentes aos momentos pós-pré foram submetidos ao tratamento estatístico *t-student* $p < 0,05$, os quais apresentaram diferenças significativas entre todas as sessões com exceção da T2/100%. Neste caso, observou-se que a intensidade da T2 não promoveu alterações significativas da VFC global permanecendo estável entre T2 pré ($6,79 \pm 1,25$), T2 pós ($6,56 \pm 1,65$) e 100% pré ($6,85 \pm 0,89$). Nas demais sessões, observou-se aumento significativo do componente vagal em 24 horas após esforço confirmando que este período de recuperação frente aos esforços realizados permitiu o restabelecimento do componente vagal da VFC (Tabela 15 e Figura 38).

Tabela 15. Valores referentes ao índice *HF log* em pós-pré

	90%/T1	T1/95%	95%/R1	85%/T2	T2/100%	100%/T3	T3/105%	105%/R2
Pós	5,84 $\pm 1,74$	6,29 $\pm 1,44$	5,77 $\pm 1,91$	6,08 $\pm 1,47$	6,56 $\pm 1,65$	4,87 $\pm 1,45$	6,15 $\pm 1,41$	4,35 $\pm 1,63$
24h	6,53	7,25	7,07	6,79	6,85	6,72	6,85	6,68
Pré	$\pm 1,23$ *	$\pm 0,97$ *	$\pm 1,09$ *	$\pm 1,25$ *	$\pm 0,89$	$\pm 1,25$ *	$\pm 0,88$ *	$\pm 1,18$ *

* *t-student* $p < 0,05$.

Figura 38. Representação gráfica do índice *HF-log* em pós-pré

* *t-student* $p < 0,05$.

4.4.7 Valores referentes ao índice *LF-log*

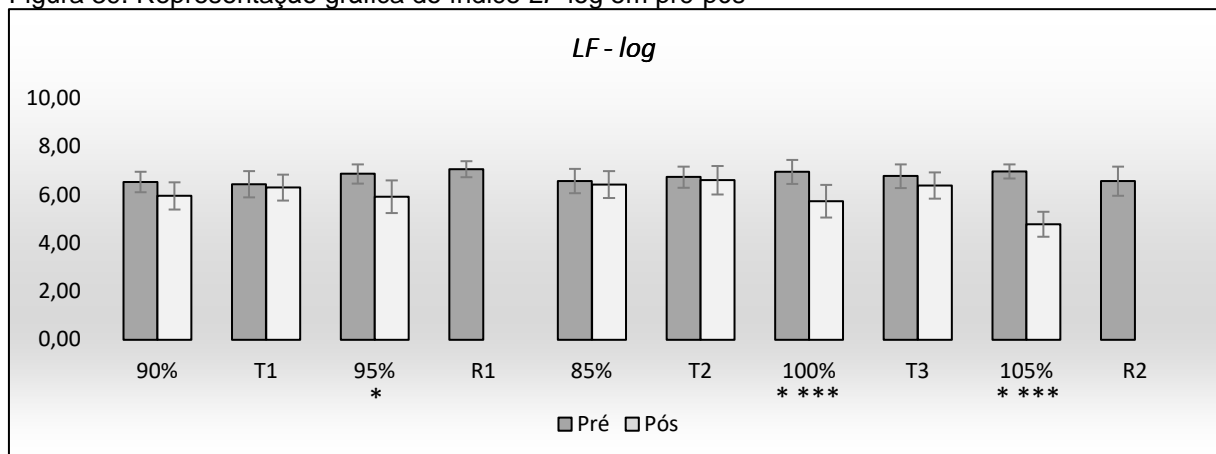
Os valores do *LF-log* quando submetidos ao tratamento estatístico *t-student* $p < 0,05$ apresentaram diferenças significativas entre os momentos pré-pós somente nas sessões com intensidades de 95%, 100% e 105% indicando que o esforço realizado nestas sessões promoveu redução do componente parassimpático da VFC. As sessões técnicas T1, T2 e T3 e as sessões com intensidades de 85% e 90% não apresentaram diferenças significativas entre os momentos pré-pós. Entre os períodos pré-pré não foram observadas diferenças significativas, indicando estabilidade no padrão de modulação diário da VFC frente a uma rotina de treino de natação. Entre os períodos pós-pós foram observadas diferenças significativas entre as sessões T2 (6,61±1,17) / 100% (5,73±1,35), 100%(5,73±1,35) / T3 (6,39±1,08) e T3 (6,39±1,08) / 105% (4,78±1,03) indicando o efeito das diferentes intensidades de carga de treino de natação no índice *LF-log* (Tabela 16 e Figura 39).

Tabela 16. Valores referentes ao índice *LF-log* em pré-pós

	90%	T1	95%	R1	85%	T2	100%	T3	105%	R2
Pré	6,53 ±0,85	6,44 ±1,08	6,86 ±0,79	7,06 ±0,66	6,57 ±1,00	6,74 ±0,88	6,95 ±1,00	6,77 ±0,98	6,97 ±0,59	6,56 ±1,21
Pós	5,96 ±1,12	6,30 ±1,08	5,92 ±1,35 *		6,42 ±1,11	6,61 ±1,17	5,73 ±1,35 * ***	6,39 ±1,08	4,78 ±1,03 * ***	

t-student $p < 0,05$ - * Pré/Pós; ** Pré/Pré; *** Pós/Pós.

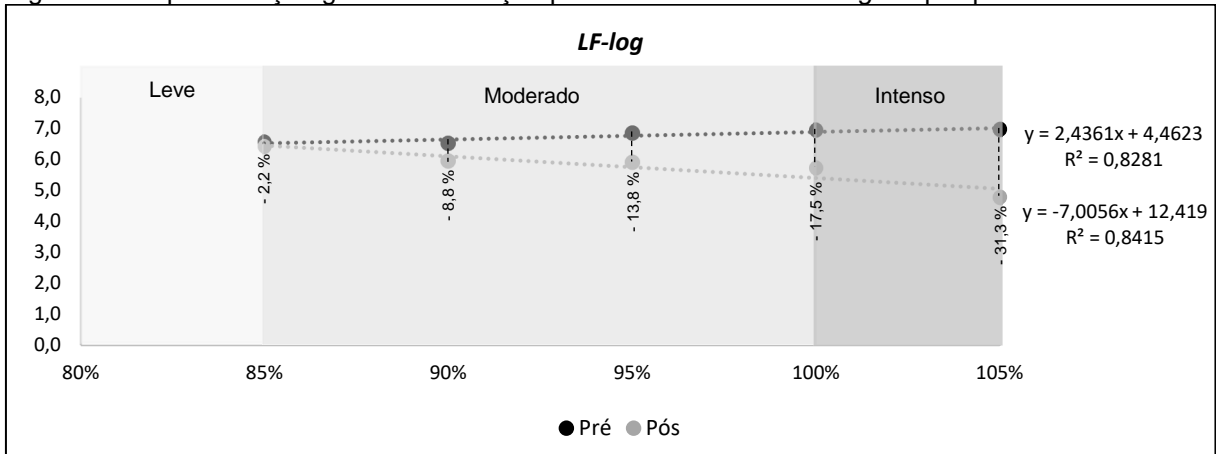
Figura 39. Representação gráfica do índice *LF-log* em pré-pós



t-student $p < 0,05$ - * Pré/Pós; **Pré/Pré; ***Pós/Pós

Em uma análise complementar entre os momentos pré-pós, observou-se as variações do índice *LF-log* em percentual. Na sessão com intensidade de 85% a redução foi de 2,2%, com 90% foi de 8,8%, com 95% foi de 13,8%, com 100% foi de 17,5% e com 105% foi de 31,3% (Figura 40).

Figura 40. Representação gráfica da redução percentual do índice *LF-log* em pré-pós



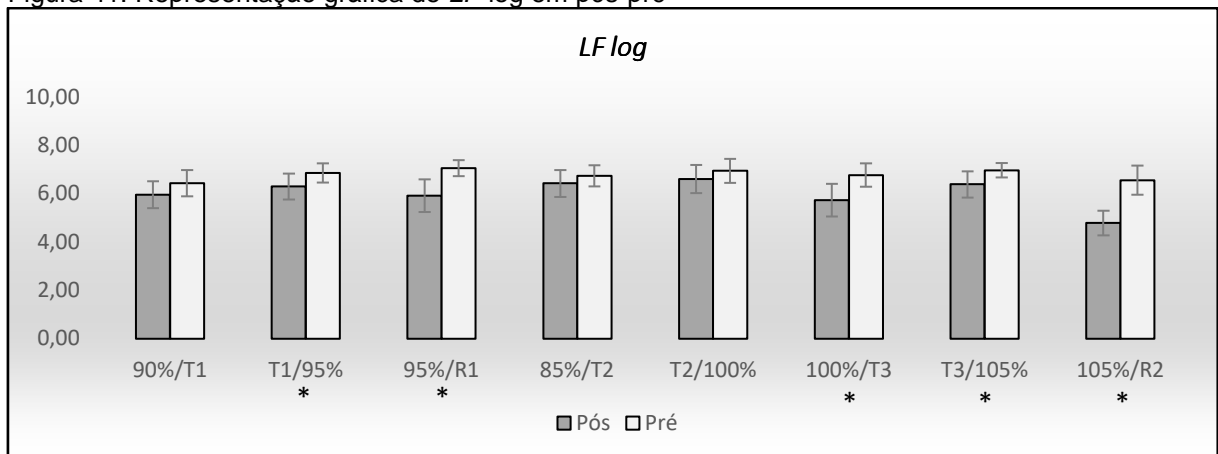
Os valores de *LF-log* referentes aos momentos pós-pré foram submetidos ao tratamento estatístico *t-student* $p < 0,05$, os quais apresentaram diferenças significativas entre T1/95%, 95%/R1, 100%/T3, T3/105% e 105%/R2. Não foram observadas diferenças significativas entre pós-pré nas demais sessões. Assim sendo, o índice *LF-log* não reproduziu os resultados observados nos demais índices apresentados no presente estudo para os períodos de 24 horas de recuperação (Tabela 17 e Figura 41).

Tabela 17. Valores referentes ao índice *LF-log* em pós-pré

	90%/T1	T1/95%	95%/R1	85%/T2	T2/100%	100%/T3	T3/105%	105%/R2
Pós	5,96 ±1,12	6,30 ±1,08	5,92 ±1,35	6,42 ±1,11	6,61 ±1,17	5,73 ±1,35	6,39 ±1,08	4,78 ±1,03
24h	6,44	6,86	7,06	6,74	6,95	6,77	6,97	6,56
Pré	±1,08	±0,79*	±0,66*	±0,88	±1,00	±0,98*	±0,59*	±1,21*

* *t-student* $p < 0,05$.

Figura 41. Representação gráfica de *LF-log* em pós-pré



* *t-student* $p < 0,05$.

De acordo com os resultados obtidos é possível identificar que os índices *SDNN*, *LnRMSSD*, *PNN50* e *SD1* apresentaram diferenças significativas em pré/pós para as mesmas sessões de treinamento de natação estabelecendo o mesmo padrão do efeito agudo das cargas de treino de natação a partir de 85% de intensidade do T30, enquanto os índices *SD2* e *HF-log* apresentaram o mesmo padrão para sessões com intensidades a partir de 90% e os índices *LF-log* a partir de 95% (Tabela 18).

Tabela 18. Resumo das diferenças significativas dos índices da VFC em pré-pós.

ÍNDICE	90%	T1	95%	85%	T2	100%	T3	105%
<i>SDNN</i>	*	-	*	*	-	*	-	*
<i>LnRMSSD</i>	*	-	*	*	-	*	-	*
<i>PNN50</i>	*	-	*	*	-	*	-	*
<i>SD1</i>	*	-	*	*	-	*	-	*
<i>SD2</i>	*	-	*	-	-	*	-	*
<i>HF-log</i>	*	-	*	-	-	*	-	*
<i>LF-log</i>	-	-	*	-	-	*	-	*

* *t-student* $p < 0,05$.

Em relação ao restabelecimento da VFC, após 24 horas de esforços distintos em natação, observou-se que os índices *SDNN*, *LnRMSSD*, *PNN50*, *SD1*, *SD2* e *HF-log* apresentaram diferenças significativas para os intervalos de recuperação entre as mesmas sessões de treino de natação estabelecendo o mesmo padrão de identificação das variações da VFC frente a um intervalo de recuperação de 24 horas entre sessões de treino de natação, enquanto o índice *LF-log* não apresentou diferenças significativas entre 90%/T1, 85%/T2 e T2/100% (Tabela 19).

Tabela 19. Resumo das diferenças significativas dos índices da VFC em pós-pré

	90%/T1	T1/95%	95%/R1	85%/T2	T2/100%	100%/T3	T3/105%	105%/R2
<i>SDNN</i>	*	*	*	*	-	*	*	*
<i>LnRMSSD</i>	*	*	*	*	-	*	*	*
<i>PNN50</i>	*	*	*	*	-	*	*	*
<i>SD1</i>	*	*	*	*	-	*	*	*
<i>SD2</i>	*	*	*	*	-	*	*	*
<i>HF-log</i>	*	*	*	*	-	*	*	*
<i>LF-log</i>	-	*	*	-	-	*	*	*

* *t-student* $p < 0,05$.

4.5 Valores referentes à CR10, à CIT-CR10 e aos índices CIT-VFC

Os dados referentes à Escala de Percepção Subjetiva de Esforço CR10, à CIT-CR10 e aos índices CIT-VFC foram submetidos ao tratamento de correlação do coeficiente r de Pearson (Tabela 20 e Tabela 21).

Tabela 20. Valores referentes a Escala CR10, CIT-CR10 e os índices CIT-VFC

	90%	T1	95%	85%	T2	100%	T3	105%
CR10	2,58 ±1,22	1,95 ±1,39	4,42 ±0,84	1,21 ±0,54	1,58 ±1,17	5,47 ±1,12	1,37 ±0,76	7,21 ±1,03
CIT-CR10	155 ±73	117 ±83,6	265 ±50,3	73 ±32,1	95 ±70,2	328 ±67,4	82 ±45,7	433 ±61,9
CIT-VFC <i>SDNN</i>	37,1 ±23,9	45,3 ±23,8	39,0 ±30,8	40,1 ±21,7	50,8 ±30,8	26,9 ±15,8	42,7 ±20,2	19,6 ±9,8
CIT-VFC <i>LnRMSSD</i>	1,42 ±0,40	1,60 ±0,31	1,41 ±0,42	1,49 ±0,35	1,64 ±0,33	1,23 ±0,30	1,56 ±0,29	1,11 ±0,33
CIT-VFC <i>PNN50</i>	19,13 ±23,98	26,20 ±24,39	17,07 ±24,03	19,59 ±22,04	29,59 ±24,21	6,07 ±11,99	22,09 ±20,57	2,57 ±4,55
CIT-VFC <i>SD1</i>	26,96 ±22,96	35,46 ±23,50	28,44 ±28,96	29,20 ±21,15	39,16 ±25,51	15,22 ±11,31	30,83 ±19,52	11,58 ±7,44
CIT-VFC <i>SD2</i>	42,61 ±25,58	52,59 ±25,88	46,32 ±33,87	47,96 ±23,39	59,66 ±36,26	34,55 ±19,67	51,05 ±23,01	24,93 ±12,24
CIT-VFC <i>HF-log</i>	5,84 ±1,74	6,29 ±1,44	5,77 ±1,91	6,08 ±1,47	6,56 ±1,65	4,87 ±1,45	6,15 ±1,41	4,35 ±1,63
CIT-VFC <i>LF-log</i>	5,96 ±1,12	6,30 ±1,08	5,92 ±1,35	6,42 ±1,11	6,61 ±1,17	5,73 ±1,35	6,39 ±1,08	4,78 ±1,03

Tabela 21. Correlação de Pearson entre a CIT-CR10 e os índices CIT-VFC.

	90%	T1	95%	85%	T2	100%	T3	105%
CIT-CR10	155 ±73	117 ±83,6	265 ±50,3	73 ±32,1	95 ±70,2	328 ±67,4	82 ±45,7	433 ±61,9
CIT-VFC <i>SDNN</i>	- 0,07	0,03	- 0,15	0,00	- 0,02	- 0,08	- 0,60 *	0,22
CIT-VFC <i>LnRMSSD</i>	- 0,06	0,19	- 0,07	0,07	0,12	- 0,02	- 0,48	0,22
CIT-VFC <i>PNN50</i>	- 0,14	0,05	- 0,17	0,03	- 0,02	- 0,01	- 0,40	0,38
CIT-VFC <i>SD1</i>	- 0,15	0,15	- 0,17	0,04	- 0,05	- 0,03	- 0,50 *	0,28
CIT-VFC <i>SD2</i>	0,01	- 0,04	- 0,12	- 0,01	0,00	- 0,08	- 0,57 *	0,17
CIT-VFC <i>HF-log</i>	0,05	- 0,01	- 0,13	0,08	- 0,01	- 0,23	- 0,61 *	- 0,08
CIT-VFC <i>LF-log</i>	0,00	0,25	- 0,06	- 0,02	0,13	- 0,01	- 0,42	0,19

* Pearson

Foram observadas correlações moderadas entre CIT-CR10 da sessão T3 com os índices CIT-VFC_{SDNN}, CIT-VFC_{SD1}, CIT-VFC_{SD2} e CIT-VFC_{HF-log} e para as demais sessões de treino não foram observadas correlações entre os índices CIT-CR10 e CIT-VFC.

5 DISCUSSÃO

5.1 Efeito agudo das variações das cargas de treino de natação sobre a VFC

Os resultados do presente estudo evidenciaram que a VFC foi afetada pela carga de treino de natação com intensidades acima de 85% da velocidade de nado do T30. Esta afirmação é respaldada pelas reduções significativas observadas nos índices *SDNN*, *LnRMSSD*, *PNN50* e *SD1* frente aos esforços realizados com intensidades de 85% a 105%, nos índices *SD2* e *HF-log* frente às intensidades de 90% a 105% e no índice *LF-log* frente às intensidades de 95% a 105% e estes resultados são corroborados por Edmonds *et al.* (2016) ao identificarem redução dos índices *HF(nu)*, *SD1* e *RMSSD* como respostas agudas da VFC de nadadores paralímpicos após uma sessão de treinamento. De forma similar, Clemente-Suarez e Arroyo-Toledo (2017) identificaram redução significativa dos parâmetros da VFC após sessão HIIT em nadadores treinados, associados ao aumento da concentração de lactato sanguíneo e da percepção de esforço.

Embora foram observadas reduções agudas significativas nos índices *SDNN*, *LnRMSSD*, *PNN50* e *SD1* a partir da intensidade de 85% da velocidade de nado do T30, as intensidades de 100% e 105% foram as que provocaram reduções agudas em percentual mais expressivas nos índices *PNN50* (81% e 92,5%) e *SD1*(61,6% e 71,4%), respectivamente. Segundo Stein *et al.* (1994), Task Force (1996), Teich *et al.* (2000), Aubert *et al.* (2003a), Acharya *et al.* (2007) e Vanderlei *et al.* (2009) os índices *PNN50* e *SD1* são indicadores do componente vagal da VFC e, deste modo é possível inferir que as intensidades a partir de 100% da velocidade de nado do T30 foram as que provocaram maior redução do componente vagal da VFC.

Entre os índices que apresentaram reduções agudas significativas no presente estudo, encontra-se o índice *SDNN* que é muito utilizado para a identificação de fadiga global, contudo não permite diferenciar os tipos específicos de fadiga e, assim sendo, Schmitt, Regnard e Millet (2015) indicam a análise espectral para a obtenção destas informações, as quais podem contribuir com o monitoramento do treinamento e da recuperação dos atletas. No presente estudo, os índices relacionados à análise espectral *HF-log* e *LF-log* foram sensíveis às intensidades de 90% a 105% e às de 95% a 105% respectivamente e, deste modo, poderiam ser utilizados para este propósito em atletas de natação a partir destas intensidades.

5.2 Restabelecimento do tônus parassimpático autonômico após 24 horas de esforços distintos em natação.

Os índices *SDNN*, *LnRMSSD*, *PNN50*, *SD1* e *HF-log* apresentaram diferenças significativas após 24 horas de esforços com intensidades de 85% a 105% da velocidade de nado do T30, enquanto o índice *LF-log* não apresentou diferenças significativas entre 90%/T1, 85%/T2 e T2/100%. Deste modo, somente o índice *LF-log* mostrou-se menos sensível para a verificação do restabelecimento do tônus parassimpático autonômico após as sessões com intensidades pré-determinadas e baseadas na velocidade de nado do T30, especificamente as sessões com intensidades de 85% e 90%, ou seja, as sessões com as menores intensidades pré-determinadas no presente estudo.

Para Stanley, Peake e Buchheit (2013) a reativação parassimpática cardíaca apresenta-se de modo individualizado após uma sessão de treinamento sendo que os indivíduos com maior aptidão recuperam-se mais rapidamente e demonstram que a recuperação autonômica cardíaca ocorre após uma sessão de baixa intensidade em até 24 horas, de intensidade do limiar entre 24 a 48 horas e de altas intensidades de pelo menos 48 horas. No presente estudo, verificou-se por meio dos índices *SDNN*, *LnRMSSD*, *PNN50*, *SD1* e *HF-log* que 24 horas de recuperação foram suficientes para o restabelecimento do tônus parassimpático autonômico após as sessões de treino de natação com intensidades entre 85% a 105% da velocidade de nado do T30.

Ainda, Seiler, Haugen e Kuffel (2007) investigaram por meio da VFC a recuperação aguda do SNA após esforço em corredores de resistência treinados e altamente treinados e observaram que o exercício abaixo do primeiro limiar ventilatório com duração de 120 minutos produz mínimo desequilíbrio no SNA e, ainda, os corredores altamente treinados apresentaram menor tempo de recuperação do SNA após o esforço. Bartlett (2017) relata que os compromissos diários dos atletas que envolvem rotina de treinamento, publicidades, patrocínios e vida social interferem em suas condições de recuperação e conseqüentemente em seu rendimento desportivo.

Deste modo, o restabelecimento do tônus parassimpático autonômico é dependente da intensidade da sessão de treino, da aptidão física e das condições de repouso do atleta e segundo Petry e Marques (2013), a verificação frequente da VFC pode oferecer informações para ajustes da carga diária de treinamento de acordo com os índices de recuperação e fadiga observados.

5.3 Padrão de modulação diário da VFC frente a uma rotina de treino de natação.

Em relação ao padrão de modulação da VFC frente a uma rotina de treino em natação não foram observadas diferenças significativas em pré-pré para todos os índices avaliados no presente estudo, sendo que os dados obtidos no momento pré da primeira sessão foram utilizados como referencial pré devido à inatividade dos atletas por 3 dias antes da primeira sessão de treino, os quais foram comparados com o pré das demais sessões. Deste modo, observou-se estabilidade no padrão de modulação diário da VFC frente a uma rotina de treino de natação. Bellenger *et al.* (2016) observaram, em estudos nos quais houve melhora de desempenho em atletas de resistência, aumentos discretos dos índices vagais *RMSSD*, *HF* e *SD1* em repouso, indicando adaptação positiva ao treinamento e observaram, em estudos com diminuição de desempenho, discreta redução do *RMSSD* e variações normais de *HF* e *SD1* em repouso, podendo ser um indicativo de adaptação negativa ao treinamento.

Devido à complexidade das adaptações impostas pelo treinamento físico no equilíbrio simpato-vagal, Lellamo *et al* (2004) e Manzi *et al* (2009b) relatam que as adaptações do SNA induzidas pelo treinamento físico podem ser detectadas pela análise espectral da VFC e aplicadas no monitoramento da carga individual de treino e ainda as variações do índice *LF* em carga máxima de treinamento podem ser preditoras de desempenho atlético. Os índices *HF-log* e *LF-log*, no presente estudo, não detectaram adaptações do SNA induzidas pelo treinamento realizado.

Com o propósito de identificar o padrão de modulação da VFC, Atlaoui *et al.* (2007) investigaram a relação entre variações da VFC, de treinamento e de desempenho de nadadores de elite e observaram que os índices de VFC não apresentaram variações em repouso durante um programa de 4 semanas de treinamento intenso, seguidas por 3 semanas de treinamento reduzido e, após, o índice de atividade simpática *HF_{nu}* apresentou correlação positiva ao desempenho e correlação inversa à fadiga. No presente estudo foram observados os índices de VFC em 10 sessões de treino de natação realizadas em 2 semanas, com intensidades entre 85% a 105% da velocidade do T30, intercaladas por sessões técnicas e regenerativas e, portanto observa-se a necessidade de um período de monitoramento acima de 4 semanas para a identificação de modulação da VFC relacionada ao desempenho e a fadiga.

5.4 A correlação entre CIT-CR10 e os índices CIT-VFC.

As correlações moderadas observadas entre CIT-CR10 da sessão T3 e os índices CIT-VFC_{SDNN}, CIT-VFC_{SD1}, CIT-VFC_{SD2} e CIT-VFC_{HF-log} ocorreram em sessões técnicas, não sendo, portanto, possível a identificação da intensidade realizada. Nas sessões T1, T2, 85%, 90%, 95%, 100% e 105% da velocidade de nado do T30, não foram observadas correlações entre CIT-CR10 e os índices de CIT-VFC observados no presente estudo.

Ainda que Halson (2014) relate a importância do monitoramento de carga de treinamento para a melhora do desempenho atlético e para minimizar os riscos da sobrecarga não funcional destacando a necessidade de sistemas de monitoramento eficientes, intuitivos, de *feedback* simples, porém com validação científica, a CIT-CR10 não apresentou fortes correlações com os índices CIT-VFC observados no presente estudo para justificar a indicação desta ferramenta no sentido de monitoramento dos ajustes do SNA frente aos esforços com intensidades de 85% a 105% da velocidade de nado do T30. Contudo, outras ferramentas de monitoramento de carga interna de treino foram correlacionadas com índices da VFC, como as descritas por Lima-Borges *et al.* (2018) que observaram correlações entre os dados obtidos por meio do *Recovery-Stress-Questionnaire of Athletes* e os índices *RMSSD*, *SDNN*, *SD1* e *RR Triangular* durante o período de preparação geral e após o período específico, sendo que estes dados foram inversamente correlacionados com os índices geométricos da VFC.

Outras correlações com os índices de VFC foram observadas por Garet *et al.* (2004) entre variações no desempenho de grupo de nadadores e as variações dos índices globais e parassimpáticos da VFC. Coyne *et al.* (2020) avaliaram as correlações entre VFC, a carga de treino do dia anterior e as mudanças na escala de recuperação aguda e estresse e observaram menor sensibilidade da VFC à carga de treino do dia anterior em comparação com os dados da escala de recuperação aguda e estresse. Plews *et al.* (2013) observaram que a média semanal do *LnRMSSD* apresentou forte correlação com a mudança de desempenho de corrida de 10km enquanto os valores diários de *LnRMSSD* apresentaram baixa correlação com este desempenho e, deste modo, indicam a superioridade de um valor médio semanal de *LnRMSSD* frente aos valores diários para a avaliação das adaptações ao treinamento.

6 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os índices da VFC apresentaram reduções agudas significativas frente às variações de intensidades de carga de treino entre 85% a 100% da velocidade de nado do T30 e, portanto observou-se efeito da carga de treino nos índices da VFC confirmando-se a hipótese da possibilidade de monitoramento da carga de treino de atletas de natação por meio destes índices.

O período de 24 horas foi suficiente para o restabelecimento do tônus parassimpático autonômico frente aos esforços realizados por atletas treinados em natação com intensidades entre 85% a 100% da velocidade de nado do T30.

O padrão de modulação diário da VFC frente a uma rotina de treino de natação apresentou estabilidade nos índices observados para as intensidades entre 85% a 105% da velocidade de nado do T30, contudo, para a identificação das adaptações da VFC frente a uma rotina de treino, observou-se a necessidade de um período de investigação no qual seja possível a identificação de variações de desempenho atlético.

A CIT-CR10 não apresentou forte correlação com os índices CIT-VFC observados nas sessões com intensidades entre 85% a 105% da velocidade de nado do T30 e, portanto sugere-se a realização de novos estudos associados a outras ferramentas de monitoramento, com métodos distintos do presente estudo.

Importante destacar que os resultados aqui obtidos são provenientes de uma equipe universitária de natação, os quais foram coletados durante a etapa de preparação geral do período básico de treinamento, limitando, assim, a interpretação dos resultados para este período de treinamento analisado.

REFERÊNCIAS

- ACHARYA, U. R. *et al.* Heart rate variability: A review. **Medical & biological engineering & computing**, v. 44, p. 1031–51, 2007.
- ACHTEN, J.; JEUKENDRUP, A. E. Heart Rate Monitoring: Applications and Limitations. **Sports Medicine**, v. 33, n. 7, p. 517–538, 2003.
- ALMEIDA, P. A. DE *et al.* Efeitos da prática da natação adaptada sobre o perfil bioquímico e o estado de condicionamento físico de indivíduos com lesão medular. **Medicina (Ribeirão Preto)**, v. 44, n. 4, p. 377–388, 2011.
- ALMEIDA, T. A. F. *et al.* Vo2 kinetics and energy contribution in simulated maximal performance during short and middle distance-trials in swimming. **European Journal of Applied Physiology**, v. 120, n. 5, p. 1097–1109, 2020.
- ALMEIDA, T. A. F. *et al.* Physiological Responses During High-Intensity Interval Training in Young Swimmers. **Frontiers in Physiology**, v. 12, p. 662029, 2021.
- ANDRADE, P. J. A.; ROCHA, P. S. O.; CALDAS, P. R. L. **Treinamento Desportivo**. Brasília, D.F.: MEC/DDD, 1978.
- ATLAOUI, D. *et al.* Heart Rate Variability, Training Variation and Performance in Elite Swimmers. **International Journal of Sports Medicine**, v. 28, n. 5, p. 394–400, 2007.
- AUBERT, A.; SEPS, B.; BECKERS, F. Heart Rate Variability in Athletes. **Sports medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 33, p. 889–919, 2003.
- BANISTER, E. W.; CALVERT, T. W. Planning for future performance: implications for long term training. **Canadian Journal of Applied Sport Sciences. Journal Canadien Des Sciences Appliquees Au Sport**, v. 5, n. 3, p. 170–176, 1980.
- BANNISTER, E. W. *et al.* A systems model of training for athletic performance. **Australian Journal of Sports Medicine**, v. 7, p. 57–61, 1975.
- BARBOSA, T. M. *et al.* Energetics and biomechanics as determining factors of swimming performance: Updating the state of the art. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 13, n. 2, p. 262–269, 2010.
- BARBOSA, T. M. *et al.* Pico da carreira desportiva em nadadores de nível mundial: análise das idades dos participantes nos Jogos Olímpicos de Pequim 2008. **Motricidade**, v. 8, n. 4, p. 52–61, 2012.
- BARTLETT, J. D. *et al.* Relationships Between Internal and External Training Load in Team-Sport Athletes: Evidence for an Individualized Approach. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 12, n. 2, p. 230–234, 2017.
- BELLENGER, C. R. *et al.* Monitoring Athletic Training Status Through Autonomic Heart Rate Regulation: A Systematic Review and Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 46, n. 10, p. 1461–1486, 2016.

BHATI, P. *et al.* Does resistance training modulate cardiac autonomic control? A systematic review and meta-analysis. **Clinical Autonomic Research**, v. 29, n. 1, p. 75–103, 2019.

BINDER, R. K. *et al.* Methodological approach to the first and second lactate threshold in incremental cardiopulmonary exercise testing. **European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation**, v. 15, n. 6, p. 726–734, 2008.

BORG, G. A. V. Psychophysical bases of perceived exertion: **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 14, n. 5, p. 377–381, 1982.

BORRESEN, J.; LAMBERT, M. I. The quantification of training load, the training response and the effect on performance. **Sports Medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 39, n. 9, p. 779–795, 2009.

BOURDON, P. C. *et al.* Monitoring Athlete Training Loads: Consensus Statement. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 12, n. s2, p. S2-161-S2-170, 2017.

CAMINAL, P. *et al.* Validity of the Polar V800 monitor for measuring heart rate variability in mountain running route conditions. **European Journal of Applied Physiology**, v. 118, n. 3, p. 669–677, 2018.

CAMPOS, E. Z. *et al.* Anaerobic Contribution Determined in Swimming Distances: Relation with Performance. **Frontiers in Physiology**, v. 8, p. 755, 2017.

CAPUTO, F. *et al.* Fatores intrínsecos do custo energético da locomoção durante a natação. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 12, p. 399–404, 2006.

CASAMICHANA, D. *et al.* Relationship Between Indicators of Training Load in Soccer Players. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 27, n. 2, p. 369–374, 2013.

CASTRO, P. *et al.* Utilização de cardiofrequencímetros para mensuração da Variabilidade da Frequência Cardíaca no repouso: uma revisão de literatura. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 11, p. e575101120026, 2021.

CHAVERRI, D. *et al.* Estimating peak oxygen uptake based on postexercise measurements in swimming. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme**, v. 41, n. 6, p. 588–596, 2016.

CLEMENTE-SUÁREZ, V. J.; ARROYO-TOLEDO, J. J. Use of Biotechnology Devices to Analyse Fatigue Process in Swimming Training. **Journal of Medical Systems**, v. 41, n. 6, p. 94, 2017.

COLANTONIO, E.; KISS, M. A. P. D. M. Análise das velocidades: referencial de 4mM, de equilíbrio de 30 min e velocidade crítica em nadadoras adolescentes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, n. 6, p. 387–392, 2007.

CONFEDERAÇÃO BRASILEIRA DE DESPORTOS AQUÁTICOS. **CBDWEB - Atletas Natacao**. Disponível em: <<https://cbda.org.br/br/natacao/atletas>>. Acesso em: 25 jun. 2021.

CONTI, A. A. [Swimming, physical activity and health: a historical perspective]. **La Clinica Terapeutica**, v. 166, n. 4, p. 179–182, 2015.

COOKE, W. H. *et al.* Controlled breathing protocols probe human autonomic cardiovascular rhythms. **American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 274, n. 2, p. H709–H718, 1998.

COSTA, L. O.; SAMULSKI, D. M. Processo de Validação do Questionário de Estresse e Recuperação para Atletas (RESTQ-Sport) na Língua Portuguesa. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 13, n. 1, p. 79–86, 2005.

COYLE, E. F.; GONZÁLEZ-ALONSO, J. Cardiovascular Drift During Prolonged Exercise: New Perspectives. **Exercise and Sport Sciences Reviews**, v. 29, n. 2, p. 88–92, 2001.

COYNE, J. O. C. *et al.* Heart Rate Variability and Direct Current Measurement Characteristics in Professional Mixed Martial Arts Athletes. **Sports**, v. 8, n. 8, p. 109, 2020.

DANGELO, J. G.; FATTINI, C. A. **Anatomia Humana Sistêmica e Segmentar**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2011.

DANTAS, E. H. M. **A prática da preparação física**. 6^a ed. São Paulo, S.P.: Roca, 2014.

DE JESUS, K. *et al.* The effects of intensity on $\dot{V}O_2$ kinetics during incremental free swimming. **Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition Et Metabolisme**, v. 40, n. 9, p. 918–923, 2015.

DE OLIVEIRA, R. M. *et al.* Effect of individualized resistance training prescription with heart rate variability on individual muscle hypertrophy and strength responses. **European Journal of Sport Science**, v. 19, n. 8, p. 1092–1100, 2019.

DEKERLE, J. *et al.* Validity and Reliability of Critical Speed, Critical Stroke Rate, and Anaerobic Capacity in Relation to Front Crawl Swimming Performances. **International Journal of Sports Medicine**, v. 23, n. 2, p. 93–98, 2002.

DEMINICE, R. *et al.* Validade do teste de 30 minutos (T-30) na determinação da capacidade aeróbia, parâmetros de braçada e performance aeróbia de nadadores treinados. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, n. 3, p. 195–199, 2007.

DUARTE, H. E. **Anatomia humana**. Florianópolis, SC: CED/LANTEC, 2009.

EDMONDS, R. *et al.* Cardiac Autonomic and Salivary Responses to a Repeated Training Bout in Elite Swimmers. **Sports (Basel, Switzerland)**, v. 4, n. 1, p. E13, 2016.

EDWARDS, S. **High performance training and racing**. 8. ed. Sacramento, CA: Feet Fleet Press, 1993.

FERREIRA, M. J.; ZANESCO, A. Heart rate variability as important approach for assessment autonomic modulation. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 22, n. 2, p. 3–8, 2016.

FLATT, A. A. *et al.* Effect of Competitive Status and Experience on Heart Rate Variability Profiles in Collegiate Sprint-Swimmers. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. Publish Ahead of Print, 2021.

FLATT, A. A.; HORNIKEL, B.; ESCO, M. R. Heart rate variability and psychometric responses to overload and tapering in collegiate sprint-swimmers. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 20, n. 6, p. 606–610, 2017.

FOSTER, C. *et al.* A New Approach to Monitoring Exercise Training: **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 15, n. 1, p. 109–115, 2001.

FOX, E. L.; BOWERS, R. W.; FOSS, M. L. **Bases Fisiológicas da Educação Física e dos Desportos**. 4. ed. [s.l: s.n.].

FREITAS, D. S.; MIRANDA, R.; BARA FILHO, M. Marcadores psicológico, fisiológico e bioquímico para determinação dos efeitos da carga de treino e do overtraining. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 11, n. 4, p. 457, 2011.

FRONCHETTI, L. *et al.* Changes of heart rate variability during exercise and fitness training. **R Min Educ Fís Viçosa**, v. 15, p. 101–129, 2007.

GARET, M. *et al.* Individual Interdependence between Nocturnal ANS Activity and Performance in Swimmers: **Medicine & Science in Sports & Exercise**, p. 2112–2118, 2004.

GIROLD, S. *et al.* Effects of dry-land vs.resisted-and assisted-sprint exercises on swimming sprint performances: **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 21, n. 2, p. 599–605, 2007.

GOMES, A. C. **Treinamento Desportivo - Estruturação e Periodização**. 2ª ed. Porto Alegre,RS: Artmed Editora S.A., 2009.

GOMES, C. J.; MOLINA, G. E. Utilização da variabilidade da frequência cardíaca para a identificação do limiar anaeróbio. Uma revisão sistemática. **Revista da Educação Física/UEM**, v. 25, n. 4, p. 675–683, 2014.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica – 13. ed.** Disponível em: <<https://www.meulivro.biz/fisiologia/775/tratado-de-fisiologia-medica-guyton-hall-13-ed-pdf/>>. Acesso em: 20 jan. 2022.

HALSON, S. L. Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. **Sports Medicine**, v. 44, n. S2, p. 139–147, 2014.

HERMOSILLA, F. *et al.* Periodização e programação para nadadores de 400 medley. **Nadar Swimmng Magazine**, v. 3, 2023.

HERNANDES, JR., B. D. O. **Treinamento Desportivo**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Sprint, 2002.

HERNÁNDEZ-CRUZ, G. *et al.* Effect of consecutive matches on heart rate variability in elite volleyball players. **Revista de Psicología del Deporte**, v. 26, n. 2, p. 9–14, 2017.

IBÁÑEZ, S. J.; FEU, S.; CAÑADAS, M. Sistema integral para el análisis de las tareas de entrenamiento, siate, en deportes de invasión. **Revista de Ciencia del Deporte - Journal of Sport Science**, v. 12, 2016.

IELLAMO, F. *et al.* T-Wave and Heart Rate Variability Changes to Assess Training in World-Class Athletes: **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 36, n. 8, p. 1342–1346, 2004.

IMPELLIZZERI, F. M. *et al.* Use of RPE-Based Training Load in Soccer: **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 36, n. 6, p. 1042–1047, 2004.

IMPELLIZZERI, F. M.; RAMPININI, E.; MARCORA, S. M. Physiological assessment of aerobic training in soccer. **Journal of Sports Sciences**, v. 23, n. 6, p. 583–592, 2005.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. **British Journal of Nutrition**, v. 40, n. 3, p. 497–504, 1978.

JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L.; WARD, A. Generalized equations for predicting body density of women. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 12, n. 3, p. 175–182, 1980.

JANSSEN, I. *et al.* Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18–88 yr. **Journal of Applied Physiology**, v. 89, n. 1, p. 81–88, 2000.

JAVALOYES, A. *et al.* Training Prescription Guided by Heart-Rate Variability in Cycling. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 14, n. 1, p. 23–32, 2019.

JIN, N. *et al.* A Validation Study of Heart Rate Variability Index in Monitoring Basketball Training Load. **Frontiers in Physiology**, v. 13, p. 881927, 2022.

KAERCHER, P. L. K. *et al.* Escala de percepção subjetiva de esforço de Borg como ferramenta de monitorização da intensidade de esforço físico. **RBPFEEX - Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 12, n. 80, p. 1180–1185, 2018.

KAIKKONEN, P. *et al.* Heart rate variability is related to training load variables in interval running exercises. **European Journal of Applied Physiology**, v. 112, n. 3, p. 829–838, 2012.

KAMANDULIS, S. *et al.* Daily Resting Heart Rate Variability in Adolescent Swimmers during 11 Weeks of Training. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 17, n. 6, p. 2097, 2020.

KARAPETIAN, G. K.; ENGELS, H. J.; GRETEBECK, R. J. Use of Heart Rate Variability to Estimate LT and VT. **International Journal of Sports Medicine**, v. 29, n. 08, p. 652–657, 2008.

KATCH, V. L.; MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I. **Essentials of exercise physiology**. 4th ed ed. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins Health, 2011.

KAWAGUCHI, L. Y. A. *et al.* Caracterização da variabilidade de frequência cardíaca e sensibilidade do barorreflexo em indivíduos sedentários e atletas do sexo masculino. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 13, n. 4, p. 231–236, 2007.

KLEIGER, R. E.; STEIN, P. K.; BIGGER, J. T. Heart Rate Variability: Measurement and Clinical Utility. **Annals of Noninvasive Electrocardiology**, v. 10, n. 1, p. 88–101, 2005.

LAMBERT, M. I.; BORRESEN, J. Measuring Training Load in Sports. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 5, n. 3, p. 406–411, 2010.

LAUKKANEN, R. M. T.; VIRTANEN, P. K. Heart rate monitors: State of the art. **Journal of Sports Sciences**, v. 16, n. sup1, p. 3–7, 1998.

LÉGER, L.; THIVIERGE, M. Heart Rate Monitors: Validity, Stability, and Functionality. **The Physician and Sportsmedicine**, v. 16, n. 5, p. 143–151, 1988.

LEVY, M. N.; MARTIN, P. J. Neural Control of the Heart. Em: SPERELAKIS, N. (Ed.). **Physiology and Pathophysiology of the Heart**. Developments in Cardiovascular Medicine. Boston, MA: Springer US, 1984. v. 34p. 337–354.

LIMA, J. R. P.; KISS, M. A. P. D. Limiar de variabilidade da frequência cardíaca. **Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde**, v. 4, n. 1, p. 29–38, 1999.

LIMA-BORGES, D. S. *et al.* Autonomic modulations of heart rate variability are associated with sports injury incidence in sprint swimmers. **The Physician and Sportsmedicine**, v. 46, n. 3, p. 374–384, 2018.

LOURENÇO, T. F. **Fundamentos do treinamento esportivo**. Londrina, PR: Editora e Distribuidora Educacional S.A, 2017.

LUCIA, A. *et al.* Tour de France versus Vuelta a Espanha: Which Is Harder? **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 35, n. 5, p. 872–878, 2003.

MAGLISCHO, E. W. **Swimming Fastest**. [s.l.] Human Kinetics, 2003.

MANZI, V. *et al.* Relation between Individualized Training Impulses and Performance in Distance Runners. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 41, n. 11, p. 2090–2096, 2009a.

MANZI, V. *et al.* Dose-response relationship of autonomic nervous system responses to individualized training impulse in marathon runners. **American Journal**

of **Physiology-Heart and Circulatory Physiology**, v. 296, n. 6, p. H1733–H1740, 2009b.

MASSINI, D. A. *et al.* Are Young Swimmers Short and Middle Distances Energy Cost Sex-Specific, **Frontiers in Physiology**, v. 12, p. 796886, 2021.

MATVÉIEV, L. P. **Fundamentos do Treino Desportivo**. [s.l.] Livros Horizonte, 1991.

MCARDLE, W. D.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. **Fisiologia do Exercício - Nutrição, Energia e Desempenho Humano**. 8ª edição ed. [s.l.] Guanabara Koogan, 2016.

MCCRATY, R.; SHAFFER, F. Heart Rate Variability: New Perspectives on Physiological Mechanisms, Assessment of Self-regulatory Capacity, and Health Risk. **Global Advances in Health and Medicine**, v. 4, n. 1, p. 46–61, 2015.

MCINNES, S. E. *et al.* The physiological load imposed on basketball players during competition. **Journal of Sports Sciences**, v. 13, n. 5, p. 387–397, 1995.

MCLAREN, S. J. *et al.* The Relationships Between Internal and External Measures of Training Load and Intensity in Team Sports: A Meta-Analysis. **Sports Medicine**, v. 48, n. 3, p. 641–658, 2018.

MESSIAS, L. H. D. *et al.* Efeitos do treinamento físico específico e monitorado sobre a variabilidade da frequência cardíaca de canoístas slalom. **Conexões**, v. 11, n. 1, p. 16–28, 2013.

MEZZANI, A. *et al.* Aerobic exercise intensity assessment and prescription in cardiac rehabilitation: a joint position statement of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation, the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation and the Canadian Association of Cardiac Rehabilitation. **European Journal of Preventive Cardiology**, v. 20, n. 3, p. 442–467, 2013.

MILANEZ, V. F. *et al.* Correlates of session-rate of perceived exertion (RPE) in a karate training session. **Science & Sports**, v. 26, n. 1, p. 38–43, 2011.

MILANEZ, V. F. *et al.* Relação entre métodos de quantificação de cargas de treinamento baseados em percepção de esforço e frequência cardíaca em jogadores jovens de futsal. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, v. 26, n. 1, p. 17–27, 2012.

MOREIRA, A. *et al.* Validade e reprodutibilidade de receptores para o GPS em relação à distância percorrida. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 6, n. 4, p. 154–158, 2013.

MOROUÇO, P. G. *et al.* Effects of dry-land strength training on swimming performance: a brief review. **Journal of Human Sport and Exercise**, v. 7, n. 2, p. 553–559, 2012.

NAKAMURA, F. Y. *et al.* Ultra-Short-Term Heart Rate Variability is Sensitive to Training Effects in Team Sports Players. **Journal of Sports Science & Medicine**, v. 14, n. 3, p. 602–605, 2015.

NAKAMURA, F. Y.; MOREIRA, A.; AOKI, M. S. Monitoramento da carga de treinamento: a percepção subjetiva do esforço da sessão é um método confiável. **Journal of Physical Education**, v. 21, n. 1, p. 1–11, 2010.

NASCIMENTO-CARVALHO, B. DO *et al.* Cardiac sympathetic modulation increase after weight loss in combat sports athletes. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 24, n. 6, p. 413–417, 2018.

NIETO-JIMÉNEZ, C. *et al.* Basal and post-exercise heart rate variability correlates with training load in endurance athletes. **Revista Andaluza de Medicina del Deporte**, v. 13, n. 2, p. 71–75, 2020.

NISTA-PICCOLO, V. *et al.* Heart rate variability in tennis players. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 25, n. 3, p. 202–206, 2019.

NOGUEIRA, F. C. DE A. *et al.* Influência das cargas de treinamento sobre o rendimento e os níveis de recuperação em nadadores. **Revista da Educação Física/UEM**, v. 26, n. 2, p. 267, 2015.

NUNES, R. T. *et al.* Monitoramento dos efeitos agudos da carga de treinamento no futebol. **Revista da Educação Física/UEM**, v. 23, n. 4, p. 599–606, 2013.

NUUTTILA, O.-P. *et al.* Effects of HRV-Guided vs. Predetermined Block Training on Performance, HRV and Serum Hormones. **International Journal of Sports Medicine**, v. 38, n. 12, p. 909–920, 2017.

OLBRECHT, J. **The science of winning: planning, periodizing and optimizing swim training**. Second edition ed. Antwerp: F&G Partners, Partners in Sports, 2007.

OLIVEIRA, R.; NAVARRO, R. S.; CHAHINI, M. O. Variabilidade da frequência cardíaca durante o sono: comparação entre atletas de alto desempenho e indivíduos saudáveis. **Brasilia Médica**, v. 58, n. 1, p. 1–8, 2021.

OLIVEIRA, R. S. *et al.* Relação entre variabilidade da frequência cardíaca e aumento no desempenho físico em jogadores de futebol. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 14, n. 6, p. 713–722, 2012.

ORELLANA, J. N.; NIETO-JIMÉNEZ, C.; RUSO-ÁLVAREZ, J. F. Recovery Slope of Heart Rate Variability as an Indicator of Internal Training Load. **Health**, v. 11, n. 02, p. 211–221, 2019.

PASCHOAL, M. A.; PETRELLUZZI, K. F. S. Estudo da variabilidade da frequência cardíaca em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica. **Revista de Ciências Médicas**, v. 11, n. 1, 2002.

PETROSKI, E. L. **Antropometria - Técnicas e Padronizações**. 5. ed. São Paulo: Fontoura, 2011.

PETRY, D.; MARQUES, J. L. B. System for Heart Rate Variability Analysis in Athletes. Em: **V Latin American Congress on Biomedical Engineering CLAIB 2011 May 16-21, 2011, Habana, Cuba**. IFMBE Proceedings. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013. v. 33p. 311–314.

PINOS, A. J. *et al.* Applicability of Maximal Ergometer Testing and Sprint Performance in Adolescent Endurance and Sprint Trained Swimmers. **Sports**, v. 9, n. 5, p. 55, 2021.

PLA, R. *et al.* Heart Rate Variability in Elite Swimmers before, during and after COVID-19 Lockdown: A Brief Report on Time Domain Analysis. **Applied Sciences**, v. 11, n. 17, p. 8106, 2021.

PLEWS, D. J. *et al.* Evaluating Training Adaptation With Heart-Rate Measures: A Methodological Comparison. **International Journal of Sports Physiology and Performance**, v. 8, n. 6, p. 688–691, 2013.

QUINTA-NOVA, L.; COSTA, M. J.; COSTA, A. M. Análise retrospectiva de recordes do mundo em natação: estarão os recordistas mais velhos? **Motricidade**, v. 17, n. S1, p. 9–10, 2021.

RAMA, L. M. *et al.* Carga de treino e percepção de esforço em natação pura desportiva: Uso de escalas de percepção de esforço na monitorização da carga em microciclos de treino. **Boletim Sociedade Portuguesa de Educação Física**, n. 33, p. 53–71, 2008.

REIS, H. J. L. *et al.* **ECG - Manual Prático de Eletrocardiograma**. São Paulo: Atheneu, 2013.

RIBAS, M. R. *et al.* Comportamento da variabilidade da frequência cardíaca pré e pós-partidas de Futebol. **RBFF - Revista Brasileira de Futsal e Futebol**, v. 10, n. 40, p. 612–620, 2018.

ROELS, B. *et al.* Specificity of VO₂MAX and the ventilatory threshold in free swimming and cycle ergometry: comparison between triathletes and swimmers. **British Journal of Sports Medicine**, v. 39, n. 12, p. 965–968, 2005.

ROHLFS, I. C. P. DE M. *et al.* Aplicação de instrumentos de avaliação de estados de humor na detecção da síndrome do excesso de treinamento. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 10, n. 2, p. 111–116, 2004.

ROWELL, L. B. Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress. **Physiological Reviews**, v. 54, n. 1, p. 75–159, 1974.

RUSHALL, B. S. A tool for measuring stress tolerance in elite athletes. **Journal of Applied Sport Psychology**, v. 2, n. 1, p. 51–66, 1990.

SABOUL, D. *et al.* A pilot study on quantification of training load: The use of HRV in training practice. **European Journal of Sport Science**, v. 16, n. 2, p. 172–181, 2016.

SCANLAN, A. T. *et al.* The Relationships Between Internal and External Training Load Models During Basketball Training. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 28, n. 9, p. 2397–2405, 2014.

SCHMITT, L.; REGNARD, J.; MILLET, G. P. Monitoring Fatigue Status with HRV Measures in Elite Athletes: An Avenue Beyond RMSSD? **Frontiers in Physiology**, v. 6, p. 343, 2015.

SEILER, K. S.; KJERLAND, G. O. Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an “optimal” distribution? **Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports**, v. 16, n. 1, p. 49–56, 2006.

SEILER, S.; HAUGEN, O.; KUFFEL, E. Autonomic Recovery after Exercise in Trained Athletes: Intensity and Duration Effects. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v. 39, n. 8, p. 1366–1373, 2007.

SEN, J.; MCGILL, D. Fractal analysis of heart rate variability as a predictor of mortality: A systematic review and meta-analysis. **Chaos (Woodbury, N.Y.)**, v. 28, n. 7, p. 072101, 2018.

SHAFFER, F.; GINSBERG, J. P. An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. **Frontiers in Public Health**, v. 5, p. 258, 2017.

SINGH, B.; BHARTI, N. SOFTWARE TOOLS FOR HEART RATE VARIABILITY ANALYSIS. v. 6, p. 6, 2015.

SOUTO, B. G. A. Introdução a Eletrocardiografia Clínica Básica. n. 1, p. 76, 2016.

STAGNO, K. M.; THATCHER, R.; VAN SOMEREN, K. A. A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. **Journal of Sports Sciences**, v. 25, n. 6, p. 629–634, 2007.

STANLEY, J.; PEAKE, J. M.; BUCHHEIT, M. Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: implications for training prescription. **Sports Medicine (Auckland, N.Z.)**, v. 43, n. 12, p. 1259–1277, 2013.

STEIN, P. *et al.* Heart rate variability: A measure of cardiac autonomic tone. **American heart journal**, v. 127, p. 1376–81, 1994.

TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING, E. Heart Rate Variability. **Circulation**, v. 93, n. 5, p. 1043–1065, 1996.

TEICH, M. C. *et al.* Heart Rate Variability: Measures and Models. **arXiv:physics/0008016**, 2000.

TOUSSAINT, H. M. Differences in propelling efficiency between competitive and triathlon swimmers. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 22, n. 3, p. 409–415, 1990.

TUBINO, M. J. G.; MOREIRA, S. B. **Metodologia científica do treinamento desportivo**. 13. ed ed. Rio de Janeiro: Shape, 2003.

VANDERLEI, L. C. M. *et al.* Noções básicas de variabilidade da frequência cardíaca e sua aplicabilidade clínica. **Revista Brasileira de Cirurgia Cardiovascular**, v. 24, n. 2, p. 205–217, 2009.

WALLACE, L. K.; SLATTERY, K. M.; COUTTS, A. J. The Ecological Validity and Application of the Session-RPE Method for Quantifying Training Loads in Swimming. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v. 23, n. 1, p. 33–38, 2009.

WALLACE, L. K.; SLATTERY, K. M.; COUTTS, A. J. A comparison of methods for quantifying training load: relationships between modelled and actual training responses. **European Journal of Applied Physiology**, v. 114, n. 1, p. 11–20, 2014.

ZAGO, S. C. S. *et al.* As fases do treinamento de natação influenciam os substratos energéticos, cortisol e leucócitos. **Colloquium Vitae**, v. 03, n. 2, p. 01–08, 2011.

ZAMPARO, P. *et al.* Energy cost of front-crawl swimming at supra-maximal speeds and underwater torque in young swimmers. **European Journal of Applied Physiology**, v. 83, n. 6, p. 487–491, 2000.

ZANINI, G. DE S. *et al.* Stress and mood states monitoring in a swimming team during a competitive period. **Journal of Physical Education and Sport**, n. 04, 2018.

ZHANG, J. Effect of Age and Sex on Heart Rate Variability in Healthy Subjects. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 30, n. 5, p. 374–379, 2007.

ZHELYAZKOV, T. **Bases del entrenamiento deportivo**. 1ª ed. Barcelona,Es: A&M Gràfic, 2001.

ANEXOS

ANEXO 1 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O(A) Sr(a) está sendo convidado a participar do projeto de pesquisa ANÁLISE DAS VARIÁVEIS HEMODINÂMICAS NA MODULAÇÃO DO TREINAMENTO DA NATAÇÃO: VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA COMO DETERMINANTE DA CARGA DE TREINO, cujo pesquisador responsável é o Professor Emerson José Zechin. A pesquisa será realizada na Universidade de Ribeirão Preto. Os objetivos do projeto são analisar as variáveis hemodinâmicas na modulação da carga de treinamento de atletas de natação e identificar a eficiência da variabilidade da frequência cardíaca na modulação da carga de treinamento em atletas de natação.

O(A) Sr(a) está sendo convidado porque atende o perfil de inclusão dos sujeitos da pesquisa.

O(A) Sr(a) tem plena liberdade de recusar-se a participar ou retirar o seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma para o treinamento que desenvolve na equipe de natação da Universidade de Ribeirão Preto.

Caso aceite o convite, a sua participação consiste em submeter-se as avaliações de variáveis hemodinâmicas antes das sessões de treinos.

Toda pesquisa com seres humanos envolve riscos aos participantes. Os riscos identificados na pesquisa são mínimos e se referem a interferência no rendimento desportivo durante o período da pesquisa e o desenvolvimento de ansiedade pré-treino devido as modulações diárias das cargas de treino. Para tanto, medidas de minimização dê tais riscos serão tomadas com a presença e atuação do psicólogo da equipe, bem como da adequação da rotina de treinamento pelo preparador da equipe. Não se aplicam riscos de perda de confidencialidade de dados bem como de riscos de integridade física, visto que estes últimos já são inerentes ao cotidiano de treinamento dos participantes.

Também são esperados os seguintes benefícios com esta pesquisa: Melhora do rendimento desportivo a partir da aplicação de protocolos de treinamentos com a carga de treino modulada pela variabilidade da frequência cardíaca.

Se julgar necessário, o(a) Sr(a) dispõe de tempo para que possa refletir sobre sua participação, consultando, se necessário, seus familiares ou outras pessoas que possam ajudá-los na tomada de decisão livre e esclarecida.

Garantimos ao(à) Sr(a), o ressarcimento das despesas devido sua participação na pesquisa, ainda que não previstas inicialmente.

Também estão assegurados ao(à) Sr(a) o direito a pedir indenizações e a cobertura material para reparação a dano causado pela pesquisa ao participante da pesquisa.

Asseguramos ao(à) Sr(a) o direito de assistência integral gratuita devido a danos diretos/indiretos e imediatos/tardios decorrentes da participação no estudo ao participante, pelo tempo que for necessário.

Garantimos ao(à) Sr(a) a manutenção do sigilo e da privacidade de sua participação e de seus dados durante todas as fases da pesquisa e posteriormente na divulgação científica.

O(A) Sr(a). pode entrar em contato com o pesquisador responsável Emerson José Zechin a qualquer tempo para informação adicional no endereço Av. Costábile Romano, 2201 - Nova Ribeirânia, Ribeirão Preto - SP, 14096-900, telefone 3603-6736 e e-mail ezechin@unaerp.br.


O(A) Sr(a). também pode entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade de Ribeirão Preto, quando pertinente.

CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

Li e concordo em participar da pesquisa.

Ribeirão Preto, ____/____/____

Assinatura do Participante



Assinatura Responsável pela Pesquisa

ANEXO 2 - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TALE

(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/2012/Resolução 510/2016)

(Para menores com idade entre 12 a 17 anos)

Você está sendo convidado a participar como voluntário(a) do projeto de pesquisa “ANÁLISE DAS VARIÁVEIS HEMODINAMICAS NA MODULAÇÃO DO TREINAMENTO DA NATAÇÃO: VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA COMO DETERMINANTE DA CARGA DE TREINO” sob responsabilidade do pesquisador Emerson José Zechin. O estudo será realizado com os objetivos analisar as variáveis hemodinâmicas na modulação da carga de treinamento de atletas de natação e identificar a eficiência da variabilidade da frequência cardíaca na modulação da carga de treinamento em atletas de natação.

Os seus pais (ou responsáveis) autorizaram você a participar desta pesquisa, caso você deseje. Você não precisa se identificar e está livre para participar ou não. Caso inicialmente você deseje participar, posteriormente você também está livre para, a qualquer momento, deixar de participar da pesquisa. O responsável por você também poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento.

Você não terá nenhum custo e poderá consultar o pesquisador responsável Emerson José Zechin em qualquer época, para esclarecimentos de qualquer dúvida, no endereço Av. Costábile Romano, 2201 - Nova Ribeirânia, Ribeirão Preto - SP, 14096-900, ou pelo telefone (16)3603-6736 e ou e-mail ezechin@unaerp.br.


Todas as informações por você fornecidas e os resultados obtidos serão mantidos em sigilo, e estes últimos só serão utilizados para divulgação em reuniões e revistas científicas. Você será informado de todos os resultados obtidos, independentemente do fato de estes poderem mudar seu consentimento em participar da pesquisa. Este estudo é importante porque seus resultados fornecerão informações para estabelecer uma metodologia de controle de cargas de treinamento para atletas de natação que seja eficaz, não invasiva, de baixo custo e alta praticidade.

CONSENTIMENTO PÓS-INFORMAÇÃO

Li e concordo em participar da pesquisa.

Ribeirão Preto, ____/____/____

Assinatura do Participante


Assinatura Responsável pela Pesquisa

ANEXO 3 – ANÁLISE DE RESULTADOS VFC – SOFTWARE KUBIOS

HRV Analysis Results

Atleta 1 Pré 90%:brt - xx/xx/xx - xxxxxx

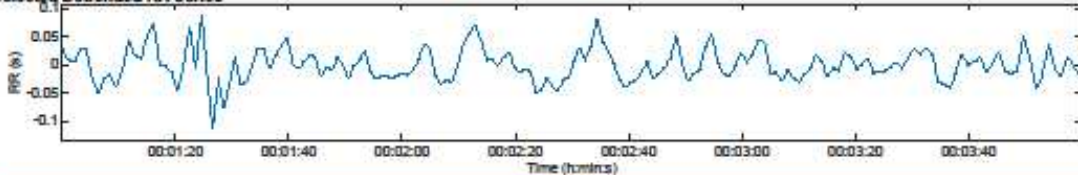
Page 1/1

Person: Atleta 1		Measurement info			Results for Sample	
Gender: Male	Height: 172 cm	Date: xx/xx/xx	Trend removal: none	Smooth prior: none	Sample start: 00:01:00	00:01:00
Age: 18 years	Weight: 60 kg	Start time: 00:00:00	Artifact corr.: none	Analysis samples: 1	Sample length: 00:03:00	00:03:00
Max HR: 202 bpm	BMI: 20.3 kg/m ²	Duration: 00:04:13			Beats corrected: 0	Uncorrected

RR Time Series



Selected Detrended RR Series



Autonomic nervous system indexes

Parasympathetic Nervous System (PNS)

Mean RR RMSSD SD1

1021 ms 29.4 ms 37.9%

PNS Index = 0.16

Sympathetic Nervous System (SNS)

Mean HR Stress index SD2

59 bpm 12.1 62.1%

SNS Index = -0.07

Parasympathetic tone (recovery)

PNS Index = 0.16

-2SD | -SD SD | 2SD

Mean RR RMSSD SD1

LOW NORMAL HIGH

Sympathetic tone (stress)

SNS Index = -0.07

2SD | SD -SD | -2SD

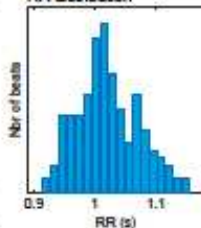
Mean HR Stress Index SD2

HIGH NORMAL LOW

Time-Domain Results

Variable	Units	Value
Mean RR	(ms)	1021
Mean HR	(bpm)	59
Min HR	(bpm)	53
Max HR	(bpm)	64
SDNN	(ms)	28.2
RMSSD	(ms)	29.4
NNSD	(beats)	14
pNNSD	(%)	7.95
RR triangular index		8.05
TINN	(ms)	153.0
Stress Index (SI)		12.1

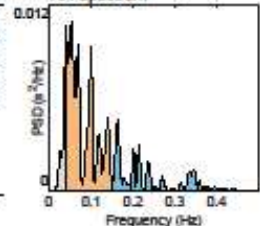
RR distribution



Frequency-Domain Results (FFT spectrum)

Variable	Units	VLF	LF	HF
Frequency band (Hz)		0.00-0.04	0.04-0.15	0.15-0.40
Peak frequency (Hz)		0.040	0.053	0.163
Power		77	507	175
Power (ms ²)		4.348	6.228	5.165
Power (%)		10.19	66.75	23.06
Power (n.u.)			74.32	25.67
Total power (ms ²)		759		
Total Power (log)		6.632		
LF/HF ratio		2.895		
RESP (Hz)		-		

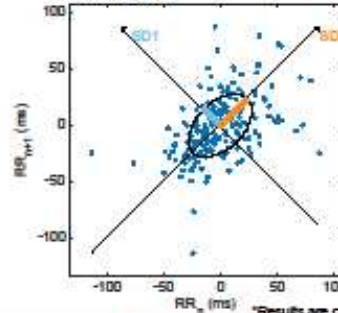
RR Spectrum



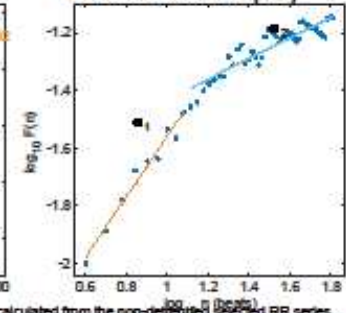
Nonlinear Results

Variable	Units	Value
Poincare Plot		
SD1	(ms)	20.8
SD2	(ms)	34.1
SD2/SD1		1.636
Approximate Entropy (ApEn)		0.899
Sample Entropy (SampEn)		2.056
Detrended Fluctuation Analysis (DFA)		
Short-term fluctuations, α1		1.048
Long-term fluctuations, α2		0.360

Poincare Plot



Detrended fluctuations (DFA)



*Results are calculated from the non-detrended selected RR series.

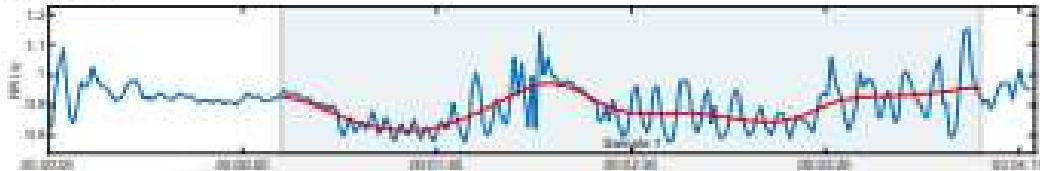
HRV Analysis Results

Atlas 1 PWS 96% of - 00:00:00 - 00:00:00

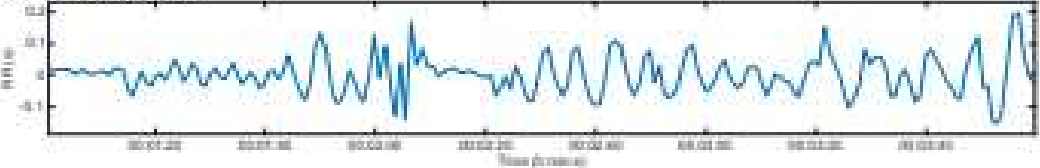
Page 1/1

Person: Atlas 1		Measurement info			Results for Sample	
Gender: Male	Height: 172 cm	Date: 00/00/00	Tread removal: none	Smoothing: none	Sample start: 00:01:01	
Age: 18 years	Weight: 60 kg	Start time: 00:00:00	Artifact corr.: none		Sample length: 00:03:00	
Max HR: 202 bpm	BMI: 20.3 kg/m ²	Duration: 00:04:14	Analysis samples: 1		Beats corrected: 0	Uncorrected: 0

RR Time Series



Selected Detrended RR Series



Autonomic nervous system indexes

Parasympathetic Nervous System (PNS)			Parasympathetic tone (recovery)		Sympathetic tone (stress)	
Mean RR	RMSSD	SD1	Mean RR	PNS Index = 0.38	Mean RR	SNS Index = -0.12
887 ms	69.3 ms	37.4%				
PNS Index = 0.38						
Sympathetic Nervous System (SNS)						
Mean HR	Stress Index	SD2				
68 bpm	9.2	62.6%				
SNS Index = -0.12						

Time-Domain Results			Frequency-Domain Results (FFT spectrum)				RR Spectrum	
Variable	Units	Value	Variable	Units	LF	HF	Variable	Value
Mean RR	(bpm)	68.7	Frequency band	(Hz)	0.00-0.05	0.05-0.15	Power	(bpm ² /Hz)
Mean HR	(bpm)	68	Power	(bpm ²)	128	1738	Power	(bpm ² /Hz)
Max HR	(bpm)	68	Power	(bpm ²)	6.881	7.020	Power	(bpm ² /Hz)
Min HR	(bpm)	71	Power	(bpm ²)	4.02	66.66	Power	(bpm ² /Hz)
SDNN	(ms)	37.9	Power	(bpm ²)	60.66	66.21	Power	(bpm ² /Hz)
RMSSD	(ms)	69.2	Total power	(bpm ²)	2603			
SD1	(ms)	36.2	Total Power	(bpm ²)	7.888			
lnRMSSD	(ms)	4.24	LF/HF ratio	(%)	6.887			
lnSD1	(ms)	3.59	HRV	(ms)	68.7			
lnTP	(ms)	371.0						
Stress Index (SI)		9.2						

Nonlinear Results			Poincaré Plot		Detrended Fluctuations (DFA)	
Variable	Units	Value	RR _t (bpm)	RR _{t-1} (bpm)	RR _t (bpm)	RR _{t-1} (bpm)
Poincaré Plot						
SD1	(ms)	42.1				
SD2	(ms)	70.4				
lnSD1	(ms)	3.829				
Approximate Entropy (ApEn)		3.750				
Sample Entropy (SampEn)		1.179				
Detrended Fluctuation Analysis (DFA)						
Short-term Fluctuations, α_1		1.081				
Long-term Fluctuations, α_2		0.222				

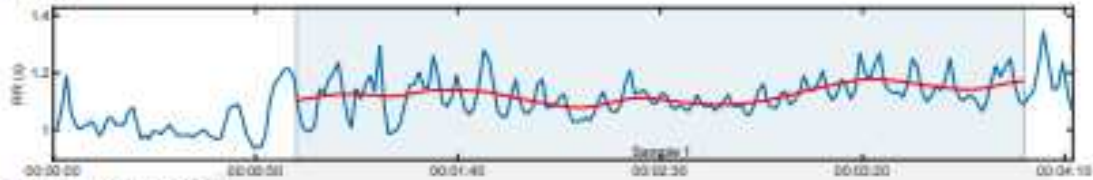
HRV Analysis Results

Abela 1 (Pnl 100% Std - x600x6 - 25:00:00)

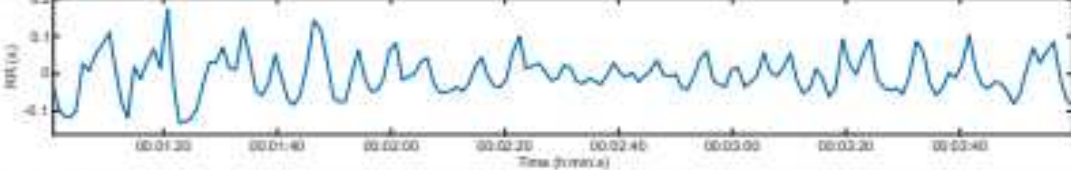
Page 1/1

Person: Abela 1 Gender: Male Height: 172 cm Age: 18 years Weight: 60 kg Max HR: 202 bpm BMI: 20.3 kg/m ²		Measurement info Date: xx/xx/xx Trend removal: Smoothing prior: Start time: 00:00:00 Artefact cor.: none Duration: 00:04:12 Analysis samples: 1		Results for Sample Sample start: 00:01:01 Sample length: 00:03:00 Beats corrected: Uncorrected
--	--	---	--	--

RR Time Series



Selected Detrended RR Series



Autonomic nervous system indexes

Parasympathetic Nervous System (PNS)		
Mean RR	RMSSD	SD1
1120 ms	53.0 ms	36.2 %
PNS Index = 1.21		
Sympathetic Nervous System (SNS)		
Mean HR	Stress index	SD2
54 bpm	7.4	63.8 %
SNS Index = -1.12		

Parasympathetic tone (recovery)
PNS Index = 1.21

LOW NORMAL HIGH

Sympathetic tone (stress)
SNS Index = -1.12

HIGH NORMAL LOW

Time-Domain Results			Frequency-Domain Results (FFT spectrum)				
Variable	Units	Value	Variable	Units	VLF	LF	HF
Mean RR [*]	(ms)	1120	Frequency band	(Hz)	0.00-0.04	0.04-0.15	0.15-0.40
Mean HR [*]	(bpm)	54	Peak frequency	(Hz)	0.040	0.130	0.150
Min HR	(bpm)	49	Power	(ms ²)	87	914	552
Max HR	(bpm)	59	Power	(log)	4.205	6.702	8.213
SDNN	(ms)	53.0	Power	(%)	4.68	56.81	38.51
RMSSD	(ms)	53.0	Power	(n.u.)		59.60	40.40
SD1	(ms)	36.2	Total power	(ms ²)	1423		
pNN50	(%)	30.00	Total Power	(log)	7.207		
RR triangular index		11.50	LF/HF ratio		1.475		
TINN	(ms)	249.0	RMSSD	(ms)	-		
Stress Index (SI)		7.4					

RR distribution

RR Spectrum

Nonlinear Results		
Variable	Units	Value
Poincare Plot		
SD1	(ms)	37.6
SD2	(ms)	68.2
SD2/SD1		1.791
Approximate Entropy (ApEn)		0.802
Sample Entropy (SampEn)		1.860
Detrended Fluctuation Analysis (DFA)		
Short-term fluctuations, α-1		1.112
Long-term fluctuations, α-2		0.145

Poincare Plot

Detrended fluctuations (DFA)

*Results are calculated from the non-detrended RMSSD RR series.

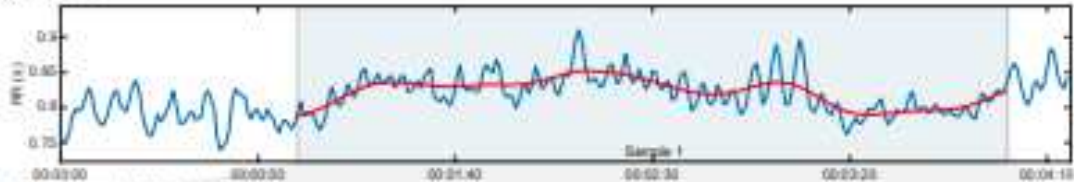
HRV Analysis Results

Adelta 1 Pds 105%td - xzlx/ox - xxxxxx

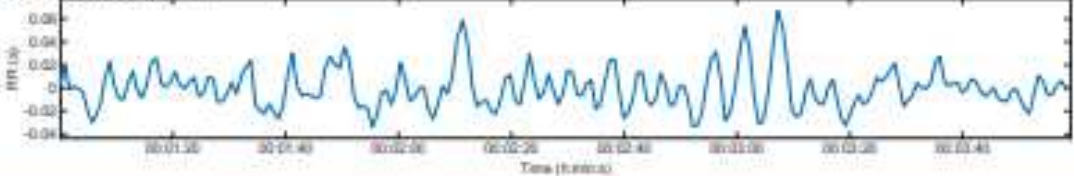
Page 1/1

Person: Adelta 1 Gender: Male Height: 172 cm Age: 18 years Weight: 60 kg Max HR: 202 bpm BMI: 20.3 kg/m ²		Measurement Info Date: xzlx/ox Start time: 00:00:00 Duration: 00:04:16		Trend removal: Artifact corr.: Analysis samples:	Smoothn prior: none 1	Results for Sample Sample start: 00:01:00 Sample length: 00:03:00 Beats corrected: Uncorrected
---	--	--	--	--	-----------------------------	--

RR Time Series



Selected Detrended RR Series



Autonomic nervous system indexes

Parasympathetic Nervous System (PNS)		
Mean RR	RMSSD	SD1
821 ms	14.9 ms	32.3%
PNS Index = -1.19		
Sympathetic Nervous System (SNS)		
Mean HR	Stress index	SD2
73 bpm	22.6	67.7%
SNS Index = 2.52		

Parasympathetic tone (recovery)
PNS Index = -1.19

LOW NORMAL HIGH

Sympathetic tone (stress)
SNS Index = 2.52

NORMAL LOW

Time-Domain Results

Variable	Units	Value
Mean RR	(ms)	821
Mean HR	(bpm)	73
Min HR	(bpm)	63
Max HR	(bpm)	78
SDNN	(ms)	17.2
RMSSD	(ms)	14.9
NN50	(beats)	0
pNN50	(%)	0.00
RR triangular index		4.87
TINN	(ms)	89.0
Stress Index (SI)		22.6

Frequency-Domain Results (FFT spectrum)

Variable	Units	VLF	LF	HF
Frequency band (Hz)		0.00-0.04	0.04-0.15	0.15-0.40
Peak frequency (Hz)		0.037	0.107	0.160
Power (ms ²)		36	139	209
Power (log)		3.265	4.505	5.343
Power (%)		6.89	37.18	55.92
Power (nu)		36.66	63.02	
Total power (ms ²)		374		
Total Power (log)		5.825		
LF:HF ratio		0.996		
RESP (Hz)				

Nonlinear Results

Variable	Units	Value
Poincare Plot		
SD1	(ms)	10.5
SD2	(ms)	22.1
SD1/SD2		2.997
Approximate Entropy (ApEn)		0.936
Sample Entropy (SampEn)		1.807
Detrended Fluctuation Analysis (DFA)		
Short-term fluctuations, α_1		1.072
Long-term fluctuations, α_2		0.685

*Results are calculated from the non-censored RMSSD RR series.