

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE EDUCAÇÃO FÍSICA E DESPORTOS**

ARTHUR ROTHIER M. SARTORI

**NADADORES MASTERS: PROTOCOLO PARA UM ENSAIO CLÍNICO
RANDOMIZADO ENVOLVENDO O TREINAMENTO GUIADO PELA
VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA PARA LONGAS DISTÂNCIAS**

**VITÓRIA
2025**

ARTHUR ROTHIER M. SARTORI

**NADADORES MASTERS: PROTOCOLO PARA UM ENSAIO CLÍNICO
RANDOMIZADO ENVOLVENDO O TREINAMENTO GUIADO PELA
VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA PARA LONGAS DISTÂNCIAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Educação Física e Desportos da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte dos requisitos para obtenção para o título de Bacharel em Educação Física.

Orientadora: Prof. Dr. Luciana Carletti

VITÓRIA

ARTHUR ROTHIER M. SARTORI

**NADADORES MASTERS: PROTOCOLO PARA UM ENSAIO CLÍNICO
RANDOMIZADO ENVOLVENDO O TREINAMENTO GUIADO PELA
VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA PARA LONGAS DISTÂNCIAS**

Trabalho de conclusão de curso (TCC) apresentado ao curso de Educação Física - Bacharelado, do Centro de Educação Física e Desportos (CEFD), como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Educação Física.

Aprovado em 21 de Agosto de 2025.

COMISSÃO EXAMINADORA

Profª. Dra. Luciana Carletti

Universidade Federal do Espírito Santo – Orientadora

Profª. Me. Lorena Flores Duarte

Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Richard Diego Leite

Vitória, 2025

RESUMO

Introdução: Diante do aumento de adeptos da natação de endurance (NE) praticada em águas abertas, é necessário estudar a prescrição de treinamento adequado a essa modalidade. Para boa capacidade de *Endurance*, é necessária boa capacidade aeróbia, para isso é necessário entender e identificar as zonas de intensidade, porém são escassas as informações sobre quais protocolos aplicar para a NE. A variabilidade da frequência cardíaca (VFC) vem sendo empregada para regular a distribuição da intensidade do treinamento na modalidade de ciclismo, pouco se sabe sobre a efetividade do emprego dessa metodologia na NE. **Objetivos:** i) Realizar uma revisão de literatura sobre: Distribuição de Carga na NE; Modelos de Periodização para NE e Monitoramento de Carga para praticantes da NE. ii) Elaborar um protocolo de treinamento de natação guiado pela Variabilidade da Frequência Cardíaca em praticantes masters da NE. **Métodos:** Foi realizada uma revisão bibliográfica nas bases de dados: PUBMED, e SCIELO, para fundamentar a escolha dos componentes do protocolo de treinamento para a NE guiado pela VFC, os descritores utilizados foram: “Training Intensity Distribution Swimming”, “Periodization Swimming” e “Monitoring Training Load Swimming”. **Intervenção:** Serão recrutados 24 nadadores masters (≥ 25 anos), com mínimo de 5 anos de prática e 7 km/semana. Nas semanas de avaliação (SA) será feita uma avaliação médica, análise de composição corporal, teste cardiopulmonar (TCPE), testes de Velocidade Crítica (VC) e Tempo Limite (Tlim). A intervenção durará 15 semanas, com 3 Semanas de Avaliação (SA), 4 Semanas de Base (SB) e 8 Semanas de Treinamento (ST). Os participantes serão divididos em Grupo Tradicional (GT) que seguirá um protocolo montado previamente e Grupo Guiado pela VFC (G-VFC) que terá cada sessão regulada com base nos valores de VFC matinal (rMSSD) utilizando a Menor Mudança Válida (MMV). Serão monitoradas as cargas internas (RPE e sRPE) e Carga Externa (Volume Semanal em Km). **Análise estatística:** Será realizada com os softwares SPSS v21 e Graph Prisma v8. Serão aplicados o teste de *Shapiro-Wilk*, ANOVA de duas vias para medidas repetidas com post hoc de Bonferroni para comparar desempenho e adaptações entre os grupos ao longo do tempo. **Conclusão:** Este protocolo de estudo apresenta boa aplicabilidade, requer poucos recursos de monitoramento, e potencial para aprimorar o treinamento de nadadores de endurance.

Palavras-chave: Natação; Treinamento; Variabilidade da Frequência Cardíaca.

ABSTRACT

Introduction: With the increasing number of participants in endurance swimming (ES) practiced in open water, it is necessary to study appropriate training prescription for this modality. Good endurance performance requires strong aerobic capacity, which depends on understanding and identifying intensity zones; however, information on which protocols to apply to ES is still scarce. Heart rate variability (HRV) has been used to regulate training intensity distribution in cycling, but little is known about the effectiveness of this methodology in ES. **Objectives:** i) To conduct a literature review on: Load Distribution in ES; Periodization Models for ES; and Load Monitoring for ES athletes. ii) To develop a swimming training protocol guided by Heart Rate Variability for master-level ES participants. **Methods:** A bibliographic review was conducted using the PUBMED and SCIELO databases to support the selection of training protocol components for HRV-guided ES. The descriptors used were: “Training Intensity Distribution Swimming,” “Periodization Swimming,” and “Monitoring Training Load Swimming.” **Intervention:** Twenty-four master swimmers (≥ 25 years), with at least 5 years of experience and a weekly training volume of at least 7 km, will be recruited. During the assessment weeks (AW), participants will undergo medical evaluations, body composition analysis, a cardiopulmonary exercise test (CPET), Critical Velocity (CV) tests, and a Time Limit (Tlim) test. The intervention will last 15 weeks, including 3 Assessment Weeks (AW), 4 Base Weeks (BW), and 8 Training Weeks (TW). Participants will be divided into a Traditional Group (TG), which will follow a pre-designed training protocol, and an HRV-Guided Group (HRV-G), which will have each session adjusted based on morning HRV values (rMSSD), using the Smallest Worthwhile Change (SWC) as reference. Internal load (RPE and sRPE) and external load (weekly training volume in km) will be monitored. **Statistical analysis:** Data will be analyzed using SPSS v21 and GraphPad Prism v8. The Shapiro-Wilk test and two-way repeated measures ANOVA with Bonferroni post hoc will be used to compare performance and adaptations between groups over time. **Conclusion:** This

study protocol demonstrates good applicability, requires minimal monitoring resources, and has the potential to enhance endurance swimmer training.

Keywords: Swimming; Training; Heart Rate Variability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -Ilustração do design do protocolo do treinamento	13
Figura 2 -Procedimento padronizado para identificação da Velocidade Crítica	15
Figura 3 -Gráfico do comportamento do VO_2 em diferentes domínios de intensidade	16
Figura 4 -Relação das respostas Fisiológicas com os domínios de intensidade	17
Figura 5 -Periodização e sessões de treino durante a intervenção	18
Figura 6 - Ilustração do treinamento guiado pela variabilidade da frequência cardíaca	19

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	3
3	REVISÃO DE LITERATURA	4
4	PLANO DE INTERVENÇÃO	12
5	ANÁLISE	20
6	APLICAÇÃO PRÁTICA	21
7	CONCLUSÃO	21
8	REFERÊNCIAS	22

1 INTRODUÇÃO

A natação praticada em águas abertas tem ganhado projeção, tanto pelo número de adeptos, devido ao Triathlon, quanto daqueles atletas que se dedicam exclusivamente a essa modalidade (Herrera et al., 2023). A natação de endurance, surge então como uma alternativa para prática esportiva de lazer e saúde (Griffiths et al., 2021). As evidências apontam que a natação proporciona efeitos benéficos nos marcadores biológicos (pressão arterial, função pulmonar, massa muscular), e se mostra favorável para diminuição da percepção de sintomas de doenças crônicas como ansiedade, depressão ou lesões musculares (Burlingham et al., 2022). Esses e outros fatores poderiam explicar o aumento da prática dessa modalidade, que tem como consequência o surgimento de novos atletas amadores.

Para realização de provas de endurance é imprescindível a prescrição de um treinamento voltado para melhora da capacidade aeróbia (Fernandes et., al 2024), de forma que aumente a velocidade de execução do nado, sem promover aumento expressivo de acidose metabólica causada pela maior participação do metabolismo anaeróbio (Soultanakis et., al 2012). Nesse sentido, a literatura apresenta o treinamento baseado em zonas de intensidade (Seiler, 2010), no qual os atletas de endurance realizam cerca de 80% do seu volume total de treino em intensidades abaixo do primeiro limiar ventilatório, favorecendo adaptações aeróbias duradouras, eficiência do metabolismo oxidativo e maior economia de movimento, elementos fundamentais para melhor desempenho em provas de longa duração..

A identificação zonas de intensidade, utilizando parâmetros mensuráveis (lactacidemia, limiares ventilatórios, consumo de oxigênio, frequência cardíaca, velocidade crítica, etc.) favorece a prescrição individualizada das sessões de treinamento, permitindo monitorar cada atleta durante as sessões de treinos para se manter na intensidade desejada(REFERENCIAR). A literatura mostra que é possível identificar pelo menos três zonas de intensidade, determinadas principalmente pelo limiar de lactato e limiar ventilatório. Esses limiares são identificados através de testes progressivos máximos realizados principalmente em esteira ou ciclo ergômetro (Seiler, 2010; Fernandes et al., 2015).

A lactacidemia é empregada para identificação do limiar de lactato, que consiste em um método invasivo indicador do nível de fadiga por meio da mensuração da concentração de lactato sanguíneo, causada por um acréscimo na participação do metabolismo anaeróbio

(Faude et al., 2009). Nesse sentido, tradicionalmente se utiliza a identificação da transição entre zonas de intensidade, pela velocidade de corrida, ou a medida de trabalho (Watts) em que a concentração de lactato sanguíneo se apresenta ~entre 2 a 4mmol/L, como a intensidade entre as zonas 1 e 2; e 2 e 3, respectivamente (Seiler, 2010). Os limiares ventilatórios também podem ser empregados na identificação das zonas de treinamento, apresentando correlação com o limiar de lactato (Neves et al., 2022), porém, não é viável identificar os limiares do treino de natação, por meio de ergômetros tradicionais (bicicletas e esteiras ergométricas), entretanto, para mensurar na piscina, teria um custo e uma logística limitada apenas ambientes de pesquisa.

Portanto, na natação, a identificação dos limiares para definição das zonas de treinamento por meio de métodos não invasivos, exigem testes específicos diferenciados, como o teste de 30 minutos, da natação - T-30 (Deminice et al., 2007). Segundos esses autores, o T-30 é o teste mais aceito pela literatura, e consiste em nadar 30 minutos na maior velocidade possível, onde a velocidade média atingida no teste máximo VT-30 apresenta fortes correlações a velocidade de Limiar de Lactato 2 (LL2) (Deminice et al., 2007). Porém, é preciso avançar na investigação de outros métodos não invasivos e acessíveis, para definir a intensidade entre as zonas 1 e 2, na natação.

Ademais, mesmo considerando que o treinamento utilizando as zonas de intensidade se mostre bastante efetivo, é preciso observar a individualidade biológica em responder aos estímulos do treinamento, bem como os fatores ambientais e os hábitos de vida, que podem interferir nas adaptações ao treinamento (Meyler et., al 2021). Uma proposta apresentada, para considerar esses fatores, é o monitoramento da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) para guiar possíveis ajustes na periodização do treino (Kiviniemi et al., 2007, Vesterinen et al., 2016; Javaloyes et al., 2019). Esse método se mostrou mais favorável para os marcadores de desempenho de ciclistas (Javaloyes et al., 2019), e em corredores recreacionais (Kiviniemi et al., 2007, Vesterinen et al., 2016), quando comparado ao método tradicional.

A VFC, definida pelo Task Force (1996), consiste na análise da variabilidade dos intervalos R-R do eletrocardiograma, permitindo analisar a participação dos componentes do sistema nervoso autônomo (simpático e parassimpático) na regulação cardíaca. Embora a VFC tenha uma nítida importância na aplicação médica, pois suas alterações apresentam

relações com doenças de ordem cardiovascular e metabólica, essa variável vem sendo usada em estudos com atletas de endurance (Bellenger et al., 2016). A realização de sessões de treino gera uma queda nos valores de VFC, que refletem o efeito da fadiga acumulada (Earnest et al., 2004), e mostra-se como uma boa forma de avaliar a capacidade recuperação do atleta. Contudo, é preciso investir na aplicação desse método de treinamento para outras modalidades além da corrida e do ciclismo.

Portanto, o objetivo dessa investigação é descrever um protocolo, para desenvolvimento de um estudo que vise avaliar prescrição do treinamento de nadadores de endurance guiada pela variabilidade da frequência cardíaca. Para isso, serão propostos um protocolo de testes para identificar zonas de treinamento que se aplique à natação de Endurance; e um protocolo de treinamento para natação de Endurance, guiado pela variabilidade da frequência cardíaca. Nossa hipótese é de que o grupo a realizar o treinamento guiado pela Variabilidade da Frequência Cardíaca obtenha melhores resultados nos testes de 200m, 400m, Tlim e no TCPE comparado ao Grupo Tradicional.

2 OBJETIVOS

O presente estudo possui dois objetivos. i) Realizar uma revisão de literatura sobre: Distribuição de Carga no treinamento de natação de Longa-Distância; Modelos de Periodização adequados para natação de Longa-Distância e Métodos de Monitoramento de Carga para praticantes de modalidades de *Endurance*. ii) A partir dos achados da revisão, elaborar um protocolo de treinamento de natação guiado pela Variabilidade da Frequência Cardíaca em nadadores de endurance, utilizando estratégias acessíveis para identificar as zonas de intensidade e monitorar as cargas de periodização.

3 MÉTODOS

Esse estudo foi desenvolvido por meio de revisão de literatura, com o intuito de: elaborar um protocolo de testes para identificar as zonas de treinamento na natação de Endurance; e elaborar um protocolo de treinamento para a natação de endurance baseado na variabilidade da frequência cardíaca como guia para escolha da intensidade. O estudo foi aprovado no Comitê de Ética em Pesquisa da UFES (CAAE: 81449724.3.0000.5542).

Para a revisão de literatura foi utilizada pesquisa na base de dados: PUBMED (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>). A estratégia de busca (Últimos 10 anos) foi atualizada até o dia 18/02/2025. Os descritores utilizados foram: “Training Intensity Distribution Swimming”, “Periodization Swimming” e “Monitoring Training Load Swimming”. Foi realizada uma triagem dos artigos, a partir da leitura do título e resumo, e a partir disso, foi identificado se atendia aos critérios de inclusão. Os critérios de inclusão adotados para análise de elegibilidade foram: Abordar o tema de monitoramento de carga na natação e/ou protocolos de avaliação de nadadores e/ou modelos de periodização.

A revisão bibliográfica deu suporte para desenvolver a revisão de literatura apresentada na sessão anterior (revisão de literatura); e embasou a escolha dos protocolos que serão apresentados a seguir. Por se tratar de um estudo de protocolos de avaliação e de prescrição/monitoramento de treino, as sessões seguintes serão desenvolvidas no tempo verbal do futuro, pois os procedimentos ainda não foram aplicados.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Testes para identificação das zonas de treinamento

Para melhor monitoramento e determinação da carga em um programa de treinamento de Endurance, é fundamental a aplicação prévia de testes capazes de identificar variáveis fisiológicas equivalentes as diferentes zonas de intensidade, como a Velocidade de Limiar Anaeróbio (VLan) (Pelarigo et., al 2017). O acesso individualizado a esses índices possibilita maior especificidade na prescrição de velocidades e intensidades a serem seguidas em cada fase do treinamento para melhores adaptações (Deminice et., al 2007). Porém, para obtê-los são necessários equipamentos sofisticados e de alto custo, com pouca aplicabilidade prática. O teste de 30 minutos (T-30), consiste em nadar 30 minutos contínuos em maior velocidade possível, e a partir da distância total percorrida é calculada a velocidade média do teste. É amplamente aceito na literatura que a máxima velocidade média obtida pelo T-30 apresenta significativa correlação com a velocidade correspondente a concentração de 4mmol/L (V4) (Olbrecht et., al 1985). Por esse motivo, o T-30 se mostra como um teste de alto valor ecológico, ou seja, apresenta validação científica, facilidade de aplicação em diferentes ambientes aquáticos, baixo custo e é considerado um preditor de capacidade aeróbia na natação (Arsoniadis et., al 2020; Pelarigo et., al 2017). A capacidade aeróbia se baseia na capacidade máxima de captar, transportar e utilizar o oxigênio necessário como fonte principal de energia durante o exercício, tendo

como parâmetro de medida o VO_2 pico (Meadley et., al 2021). Apesar de possuir alto valor ecológico, o T-30 é um teste muito longo e extenuante, que para ser realizado adequadamente demanda muita motivação e experiência do nadador, pois se realizado em intensidade submáxima irá subestimar a velocidade do T-30 (VT-30).

Uma alternativa para avaliar a capacidade aeróbia na natação é a Velocidade Crítica (VC), que, deriva do conceito de Potência Crítica (PC) realizada em cicloergômetro, proposto por Monod e Scherrer (1965), por meio da relação hiperbólica entre tempo-limite (t_{lim}) e trabalho-limite (W_{lim}). A extrapolação dessa relação permite identificar a maior potência que pode ser sustentada por longos períodos, sem acúmulo progressivo de fadiga. Esse ponto é denominado de Potência Crítica (PC), representa um limiar fisiológico útil para prever o desempenho de *Endurance*.

Nesse contexto, na tentativa de transferir o índice para a natação, surge a Velocidade Crítica (VC), proposta por Wakayoshi (1992), que também corresponde a máxima velocidade que pode ser mantida por longos períodos sem que ocorra desequilíbrio no estado estável metabólico (Poole et., al 2016). Para obter esse índice, é necessária a realização de testes máximos de distâncias e duração variadas (50-1500m), que devem ser selecionadas a partir da especificidade e prova-alvo de cada nadador. A partir dos tempos obtidos em cada distância, é calculada a VC por meio da equação proposta por Wakayoshi et., al (1992) (Equação 1).

Os estudos pioneiros da VC de Wakayoshi et al. (1992) em “Swimming Flume” submeteu os nadadores a realização de testes máximos (50-100-200-400) e a VC obtida mostrou uma correlação muito alta com a velocidade obtida na Máxima Fase Estável de Lactato (MFEL), porém, a obtenção da VC em 4 parâmetros torna o processo trabalhoso. Portanto, esses mesmos autores testaram a correlação da VC e a Velocidade da MFEL obtida apenas pelos testes de 200m e 400m e encontraram alta correlação entre índices com Erro Padrão (EP) $<2,5\%$ (Wakayoshi et al., 1992). Por se tratar de um teste indicador de aptidão aeróbia, as distâncias a serem realizadas devem ter a duração de 2-15 minutos (Muniz-Pumares et., al 2019), pois utilizar apenas testes de curta duração (50m-100m) para determinação da VC podem superestimar a VT30, V_{Lan} ou V4 (Velocidade aos 4Mmol/l) por se tratar de provas com participação significativa do metabolismo anaeróbio, portanto, é recomendada a inclusão dos 200m e 400m para obtenção da VC (Scott et., al 2020).

A VC é expressa por meio da equação de Wakayoshi (1992):

$$D = A + B \times T \text{ (Equação 1)}$$

Onde D equivale a distância do teste; T refere-se ao tempo gasto para realizá-lo; B (VC) é expresso pela curva de regressão linear obtidos pela relação distância-tempo dos testes realizados; e A (D') equivale a capacidade

de trabalho anaeróbio realizado em uma velocidade maior que a VC, expresso pela interseção do eixo y no gráfico.

Embora a proposta de uso da VC para cálculo da intensidade do treino seja interessante, deve-se ter cuidado ao interpretar os resultados de acordo com a idade da amostra, pois o estado de maturação interfere na VC (Raimundo et., al 2017). Em nadadores treinados de até 15 anos a VC não é diferente da VT30 (Greco et., al 2007; Dekerle et., al 2002; Greco et., al 2002; Raimundo et., al 2017), porém, indivíduos que já passaram pelo processo de maturação possuem maior concentração de fibras glicolíticas e capacidade de gerar energia pelo metabolismo anaeróbio em relação as crianças. Portanto a VC em adultos treinados tende a superestimar a V4 ($VC\ 2\%-10\% > V4$), porém, se obtida pelos testes de 200m e 400m apresentam boa correlação da VC com a V4 ($r>0,9$) (Raimundo et., al 2017).

Petrigna et., al (2022), em uma revisão de escopo, avaliou os protocolos utilizados para identificação da VC e prover um procedimento padronizado para identificação da VC no nado *Crawl*. Nesse estudo o autor afirma que incluir as distâncias de 200-400-800m acrescenta maior acurácia, pois a inclusão de apenas duas distâncias torna mais suscetível ao erro. Por esse motivo, o cálculo da VC utilizando apenas dois testes (VC2par) deve ser utilizado apenas em casos que não demandem tanta acurácia. Além disso, Petrigna et al (2022) sugere que os testes comecem de dentro da piscina, com aquecimento padronizado (Figura 2), ressaltando que a VC obtida em piscinas de 25m, 50m ou em águas abertas não são intercambiáveis. Por esse motivo, o local de realização do teste deve ser específico para cada nadador, no caso do presente estudo, todo o treinamento será realizado no mesmo local da realização dos testes.

Um estudo de Dekerle et., al (2002), buscou identificar quais distâncias devem ser utilizadas para determinar a VT30 por meio da Velocidade Crítica de 2 Parâmetros (VC2par) em jovens treinados. Esse termo é utilizado quando a VC é obtida apenas pela realização de dois testes, para isso, todas as combinações possíveis entre as distâncias 50-100-200-400 foram testadas para obtenção da VC2par. Os resultados mostraram que a combinação das distâncias 200-400, para cálculo do VC2par foi a que mais se aproximou da VT30 dos nadadores. Além disso, a Frequência crítica de braçadas no T-30 não é diferente da Frequência crítica de braçadas da VC obtida pelos testes de 200 e 400, apenas possui uma diferença de 3,2% e 3,9%, respectivamente. Na tentativa de simplificar o método de obtenção da VC, Zacca et., al (2016) analisou o comportamento do VO_2 , Frequência Cardíaca, Lactato e percepção subjetiva de esforço (PSE) na Velocidade Crítica de 4 Parâmetros (VC4par), obtida pela realização de quatro testes e sua relação com o teste de 400m em nadadores treinados de 14-16 anos e propôs a seguinte equação para obtenção da VC4par:

$$VC_{4par} = 0,92 \times T_{400} \text{ (Equação 2)}$$

Onde VC corresponde a velocidade crítica e T400 corresponde ao tempo gasto para realizar 400m de nado.

Apesar de se tratar de uma equação proposta para indivíduos ainda no processo de maturação, os resultados concordam com o achado de Dekerle et., al (2010), que mostrou que a VC para jovens adultos treinados apresenta valor médio de 92% da performance dos 400m. Nesse mesmo estudo foi mostrado que nenhum indivíduo manteve o nado em VC4par por mais de 40 minutos, apenas em uma série intervalada de 10 x 400m (i: 40”), onde houve estabilização do Lactato. O fato dos nadadores não conseguirem manter o nado em VC por longos períodos pode estar associado a inclusão do teste de 100m feito por Dekerle para o cálculo, que possui duração menor que 2 minutos, não representando um teste de domínio aeróbio, o que pode superestimar a VC (Raimundo et., al 2017).

Não há registros científicos que buscaram aplicar esse método para nadadores masters, mesmo se tratando de um teste ecologicamente aplicável, portanto mais estudos voltados para esse público devem ser realizados a fim de descobrir se é possível prever a VC apenas pelo teste de 400m em nadadores masters. Além disso, a maioria dos estudos sobre VC foram realizados em crianças ou adolescentes em processo de maturação, que não são intercambiáveis para atletas masters, tornando um fator limitante para o presente estudo.

4.2 Distribuição das cargas de treinamento

O padrão de distribuição de carga de treinamento é um elemento importante nas adaptações de desempenho. Hellard et al., (2017) analisou os padrões de carga de treinamento de 138 nadadores de elite (fundistas, meio-fundistas e velocistas) durante 20 temporadas competitivas nas 11 semanas precedentes à competição alvo. Para nadadores de fundistas (800-1500m), nas semanas pré-competição, observou-se aumentos de 10-60% da máxima carga individual em estímulos de baixa/moderada intensidade, com melhora de 1 e 2 segundos nas suas respectivas provas. Os autores concluem que há uma influência positiva do Treinamento de Alta Intensidade apenas nas semanas 3 a 5 pré-competição, mostrando que aumentos de 10% a 70% da carga máxima de estímulo individual, nesses períodos, melhoraram a performance relativa desses atletas (Hellard et al., 2017). No período de Taper, ou seja, período de redução gradual da carga de treinamento antes da competição, o estudo sugere que fundistas não realizem diminuições significativas no volume total de treino, mas que o mesmo se mantenha alto para atletas de Endurance, citando reduções de

aproximadamente 5% e 11% nas 2 semanas pré competição, respectivamente (Hellard et al., 2017). Isso se deve ao fato do treinamento desses indivíduos ser caracterizado por rápida recuperação e perda de adaptações fisiológicas ao reduzir significativamente o volume. Em consonância com esse raciocínio, as sessões de baixa/moderada intensidade estão relativamente próximas as intensidades de prova desses indivíduos. Além disso, os autores afirmam que a periodização ótima é caracterizada por padrões cíclicos e ondulatórios (Hellard et al., 2017). Na periodização ondulatória, as variáveis do treinamento como volume e intensidade são manipuladas diariamente ou semanalmente, diferentemente da periodização linear, onde essa mudança ocorre ao longo dos mesociclos. Baseado na Síndrome Geral da Adaptação, esse método pode ser mais eficaz em indivíduos treinados para evitar a estagnação adaptativa por meio da variação nos estímulos estressores (Harries et., al 2015).

Ao analisar o estudo de Pollock et., al (2019), que buscou identificar as diferenças nas cargas de treinamento para atletas de diferentes distâncias, foi evidenciado que nadadores britânicos de elite fundistas, nadaram distâncias semanais significativamente maiores (58,1 Km) que os nadadores velocistas (43,2 Km), porém, essa diferença não é evidenciada ao comparar com nadadores meio-fundistas (~50 Km). Nesse mesmo estudo, é mostrado que os fundistas realizaram apenas 7% de seu volume total em sessões de “Pura Velocidade” (Zona 5), cerca de 23% em sessões de “Limiar” (Z3), utilizando o modelo de distribuição de carga piramidal.

Baldassarre et., al (2018) buscou evidenciar como é feita a distribuição de cargas e volume total de 8 nadadores de Elite de Águas Abertas que nadam provas entre 5–25 Km. O monitoramento da intensidade das sessões foi feito pela escala Session Rating of Perceived Exertion (sRPE – Z1: ≤ 4 ; Z2: 5–6; Z3: ≥ 7) e foi mostrado que esses atletas realizam um volume de 80 Km/sem distribuídos em 9 sessões, com distribuição de carga correspondente à: Z1: $76.83 \pm 8.11\%$; Z2: $17.70 \pm 6.79\%$; Z3: $5.47 \pm 5.93\%$, utilizando o modelo de distribuição de carga piramidal, com maioria (80%) do volume total de treinamento conduzido em intensidade pré Limiar 1, e o restante (20%) após o Limiar 1.

Gonzalez-Ravé et al. (2021) em uma revisão sistemática onde analisaram os padrões de distribuição de carga, modelos de periodização e volume de treino em nadadores de elite, concluíram que o alto volume de treinamento é necessário para obter sucesso no Endurance, e que atletas fundistas seguem predominantemente uma distribuição de carga piramidal. O uso de periodizações flexíveis como a periodização não-linear/ondulatória pode ser útil para determinar alterações necessárias para cada indivíduo. É mais comum e recomendado que a temporada anual do atleta de Elite seja dividida em 2 macrociclos longos, compostos cada um por 4-6 mesociclos curtos. Os mesociclos se dividem em período de Base, Específico e Competitivo. É imprescindível para melhora na performance que o treinador sistematize a periodização, com um aumento progressivo na carga de treinamento que deve atingir seu pico aproximadamente 6 semanas antes da competição-alvo (Gonzalez-Ravé et al., 2021).

Portanto, as evidências científicas mostram que atletas de natação de Endurance utilizam predominantemente a distribuição de carga piramidal combinada com menor variabilidade de estímulos se comparados à velocistas e meio-fundistas. Somado a isso, é recomendado que haja um aumento progressivo na carga total de treinamento, com pico de carga aproximadamente 6 semanas pré-prova-alvo.

4.3. Monitoramento de carga no treinamento

Wallace et al. (2009) examinaram a validade ecológica da Session Rating of Perceived Exertion (sRPE) ou Percepção Subjetiva de Esforço da Sessão (sPSE) como método de quantificar a carga interna de treinamento na natação, comparando-o com métodos derivados da frequência cardíaca para avaliar a concordância da sRPE do atleta com intensidade prescrita pelo treinador, em cada sessão. Para isso, os participantes realizaram 1 mês de familiarização com o método sRPE, que se baseia em avaliar através da escala de Borg (0-10: Z1<3; Z2: 3-5; >5) a percepção de esforço total do treino, foi avaliado 30 minutos após o término da sessão. A partir da multiplicação desse valor, pela duração da sessão em minutos foi obtido um único índice de carga interna, expresso em unidades arbitrárias. Os resultados estatísticos apontaram correlações significativas entre métodos derivados da FC com a sRPE ($p < 0,01$), mostrando que a sRPE é um método válido para quantificar carga interna na natação, porém, pode apresentar maior acurácia ao aplicá-lo em nadadores competitivos (Wallace et al., 2009). Além disso, constatou-se que, nas sessões de baixa

intensidade, a sRPE prevista pelo treinador foi inferior a sRPE do atleta, e nas sessões de alta intensidade, a sRPE do treinador foi superior à expressa pelo nadador.

Barroso et al (2014) ao monitorar 9 sessões de treino de 160 nadadores jovens, analisou a concordância entre a sRPE prescrita pelo treinador com a expressa por atletas (Treinador x Atleta), 30 minutos pós-sessão. A escala utilizada dividiu as sessões em Leve (RPE <3), Moderado (RPE 3–5) e Difícil (RPE >5) e os nadadores foram divididos em 3 grupos: 11-12; 13-14 e 15-16 anos. Os resultados mostraram alta correlação ($r=0,74$) e maior concordância do grupo mais velho de nadadores. Não houve diferença ($p<0,001$) entre as sRPE Treinador x Atleta para sessões de intensidade leve e moderada, reforçando que a reprodutibilidade desse método aumenta com os anos de experiência e pode levar a informações equivocadas caso aplicado em nadadores muito jovens e pouco experientes.

Em um estudo semelhante de Ieno et. al. (2021) propôs um método inovador de monitoramento de carga externa e interna, monitorando por 160 sessões de 4 atletas de elite de águas abertas, com coleta contínua da FC e valores de RPE após o aquecimento, série principal, volta à calma (RPE/TIZ) e 30 minutos após a sessão (sRPE). Para cada parte da sessão, o treinador definiu o valor da RPE esperado (Z1: ≤ 3 ; Z2: 4–6; Z3: ≥ 7) de acordo com dados coletados previamente em teste progressivo não especificado. Os resultados mostraram diferenças entre métodos derivados da FC x RPE (Tempo em Zona [TIZ] e sRPE) para Z1 e Z2, sem diferença estatística para Z3 e sRPE do Treinador x Atleta, além disso, os atletas reportaram valores de RPE referentes a Z2 em sessões que foram realizadas em Z1. Esse resultado pode estar relacionado ao fato de atletas de elite realizarem sessões com longos aquecimentos e desaquecimentos, além de alto volume de treinamento, que nesses casos a fadiga residual pode interferir na percepção de esforço. Não sei se tem necessidade desta justificativa aqui.

Feijen et al. (2020) reuniu as principais estratégias utilizadas em pesquisas de natação para monitoramento de carga de treino em nadadores competitivos. Os resultados mostraram que para carga externa, o volume foi obtido predominantemente pela distância ou duração média semanal. Além do uso da FC e Lactato para monitoramento de intensidade, o autor

ressalta o uso RPE de BORG (6-20) e sRPE, que foram amplamente investigadas como formas indiretas de determinar intensidade, e que apresentam alta correlação com os métodos derivados da FC e coleta de Lactato. Dentre os marcadores psicológicos, o estudo destaca o questionário Profile of Mood States (POMS), e a escala Training Distress (TDS), que analisa qualidade de sono, sintomas emocionais, desconforto físico entre outros. Apesar de métodos aceitos, a revisão destaca que poucos estudos relataram o uso do POMS e TDS (n=2), portanto estudos futuros devem investigar sua aplicabilidade para monitoramento de carga interna em conjunto com outros marcadores de alta aplicabilidade prática, como a sRPE.

Em contrapartida à esses marcadores psicológicos evidenciados por Feijen et al. (2018) ressalta o uso da Acute Recovery and Stress Scale (ARSS), um questionário que avalia o nível agudo de recuperação e estresse com respostas que variam de 0-6 como ferramenta para monitorar o nível agudo de recuperação. Se aplicado diariamente para obter-se uma base de dados longitudinais ao longo da periodização, serve como uma ferramenta aplicável para quantificar nível de prontidão física, estresse muscular, estresse e recuperação geral, possibilitando ao treinador realizar mudanças no treinamento para otimização da performance de maneira mais assertiva.

Bourdon et., al (2017) ressalta que o monitoramento de cargas externas e internas facilita a compreensão do estresse fisiológico e psicológico do indivíduo durante o treinamento, e com essas métricas é possível avaliar seu nível de recuperação e estabelecer relações entre as cargas impostas com a performance. Para isso é necessário que esse monitoramento seja realizado diariamente e individualmente, para que seja possível comparar os dados de forma longitudinal. Dentre as principais medidas de carga interna nos esportes de endurance a análise de lactato, training impulse (TRIMP), derivados da FC e RPE são métodos comumente utilizados, com destaque a RPE por sua alta aplicabilidade, baixo custo, além de ser um marcador psicológico, que são mais assertivos que os marcadores fisiológicos para monitorar “Overtraining”.

Métodos matemáticos de alta complexidade como o Fitness-Fatigue model, Acute:Chronic Workload Ratio e Internal:External Workload Ratio, podem apresentar maior perspicácia, porém sua complexidade dificulta a manipulação dos dados. Considerando que o presente estudo tem como objetivo apresentar uma abordagem mais acessível para aplicar em atletas masters de endurance, esses não são métodos indicados.

5 PLANO DE INTERVENÇÃO

5.1. Amostra

A inclusão dos participantes no estudo, considerará as seguintes características: i) Idade ≥ 25 anos; ii) Prática na modalidade de pelo menos 5 anos; iii) Com volume de treino mínimo de 7 km/semana; iv) Disponibilidade para realizar 3 sessões/sem.; v) Aceitarem não praticar exercícios vigorosos nos dias de descanso. Além disso, todos os participantes deverão assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) após serem informados sobre o objetivo, métodos do estudo e riscos e benefícios. Os critérios de exclusão adotados serão: I) Demonstrar incapacidade de completar os testes ou sessões.; II) Completar menos de 75% das sessões.; III) Solicitar voluntariamente a saída do programa de treinamento. IV: Apresentar alguma incapacidade física diagnosticada na avaliação médica

5.2 Design

Serão necessárias 4 visitas para a bateria de testes pré-participação (Figura 1). Na primeira visita, os nadadores passarão por uma avaliação médica, incluindo eletrocardiografia de repouso, análise de composição corporal e realização do TCPE para identificação do VO_2 pico e Limiares Ventilatórios. No segundo dia e terceiro dia, será aplicado o teste de 200m ou 400m de maneira randomizada seguindo o protocolo de aquecimento de Petrigna et., al (2022), com intervalo mínimo de 24 horas entre cada teste (Dekerle et., al 2002). No quarto dia, será aplicado o Teste Contínuo (Tlim) para verificação de reprodutibilidade da Velocidade Crítica. Após essa etapa, se inicia o período de aplicação do programa de treinamento, no Período de Base (PB), com duração de 4 semanas, após isso, haverá a segunda semana de avaliação (SA), onde os nadadores realizarão novamente os testes de VC e Tlim. Em seguida, os participantes serão divididos de forma randomizada randomizadamente em dois grupos: Grupo Guiado pela VFC (G-VFC) e Grupo Tradicional (G-T) para realização do período de treinamento (PT), com duração de 8 semanas. Ao final do PT, será realizada mais uma SA para avaliação de desempenho a fim de comparar o efeito do treinamento nos dois grupos.

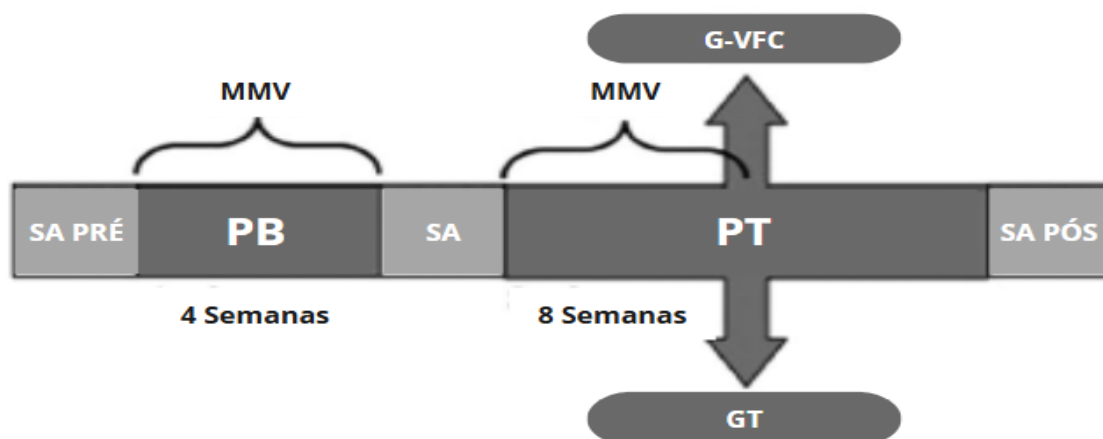


Figura 1: Ilustração do design do protocolo do treinamento (adaptado de Javaloyes et., al 2019); Abreviações: SA, Semana de avaliação; PB, Período de Base; MMV, Menor Mudança Valiosa; PT, Período de Treinamento; G-VFC, Grupo Guiado pela Variabilidade da Frequência Cardíaca; GT, Grupo Tradicional.

5.3 Procedimentos

A definição desses protocolos visa atender aos seguintes critérios: ter portabilidade para que sejam aplicáveis em ambiente de piscina, ser compatível com o nível de condicionamento dos atletas, apresentar especificidade para avaliação do desempenho de endurance, apresentar viabilidade de aplicação dentro dos recursos disponíveis em nosso laboratório de pesquisa e ter validação comprovada na literatura.

5.4 Composição corporal e medidas antropométricas

Os participantes realizarão a avaliação sempre no período da manhã, com roupas leves, sem a utilização de sapatos e qualquer tipo de metal no corpo, e em jejum. Um dia antes das medidas, serão orientados a não executarem exercícios físico de intensidade alta/moderada, e no dia da avaliação, serão orientados a esvaziarem a bexiga, antes dos procedimentos. A análise de composição corporal será feita em uma balança bioimpedância tetrapolar com 8 eletrodos, com frequência de 20 e 100 kHz e capacidade máxima de 250kg (modelo Inbody 270, Seoul, Coreia do Sul). A mensuração da estatura (cm) será avaliada por meio de um estadiômetro de precisão de um milímetro (Marte Científica, L200, São Paulo).

5.5 Teste cardiopulmonar de exercício (TCPE)

O TCPE será realizado em esteira rolante motorizada (Inbra Sport Super ATL, Porto Alegre, Brasil) mantida com inclinação de 1% seguindo um protocolo de rampa. Os testes contarão com um aquecimento de três minutos a uma velocidade de 5 a 6km/h, com incrementos de $1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ a cada um min, até a exaustão, objetivando uma duração entre 8 e 12 minutos. Para a definição das variáveis ventilatórias será utilizado o analisador metabólico de gases (modelo Cortex Metamax 3B, Alemanha), com coleta respiração a respiração, e em seguida calculadas médias de 30 segundos, analisados pelo programa Metasoft. A unidade do Cortex será calibrada pelo método de circuito fechado, através de gás de calibração (cilindro de 16 %O₂ e 5 %CO₂ original, fornecido pelo fabricante), o que permitirá uma nova calibragem antes de cada teste. Os critérios para identificar o teste como máximo serão os seguintes, atendendo no mínimo três para ser validado: a) Atingir pelo menos 90% da frequência cardíaca máxima predita pela fórmula $(220 - \text{idade})$; b) razão de troca respiratória $\geq 1,00$ (KAMINSKY et al., 2022); c) lactato sanguíneo $\geq 5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ em mulheres e $\geq 6 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ em homens (EDVARSEN; HEM; ANDERSEN, 2014); d) BORG-CR10 ≥ 7 e exaustão voluntária (KORKMAZ et al., 2018).

A identificação dos limiares metabólicos ventilatórios empregará critérios visuais e valores calculados pelo software Metasoft™ para a identificação do LV1. De maneira independente e cega três avaliadores mensurarão os resultados, sendo considerados os pontos de concordância de pelo menos dois dos avaliadores. Para identificação do limiar ventilatório 1 (LV1) pelo método equivalente ventilatório, utilizará o momento do ponto mais baixo seguido de aumento exponencial no equivalente ventilatório de oxigênio ($\dot{V}\text{E}/\dot{V}\text{O}_2$), sem aumento do equivalente ventilatório de dióxido de carbono ($\dot{V}\text{E}/\dot{V}\text{CO}_2$) com confirmação pela elevação da PetO₂. Também será utilizado o método computadorizado a partir do $V\text{-SLOPE}$, que indica o ponto de interseção com perda de linearidade do $\dot{V}\text{CO}_2/\dot{V}\text{O}_2$ (BEAVER et al., 1986).

5.6 Identificação da Velocidade Crítica

Apesar da literatura (Costa et., al 2015; Petrigna et., al 2022) sugerir a inclusão dos 800m somado aos 200m e 400m para minimização de erros no cálculo da VC, por conta da maior aplicabilidade prática e confiabilidade (Raimundo et., al 2017), foi definido a realização da VC2par (200,400) em dias separados com intervalo mínimo de 24 horas, seguindo o protocolo de aquecimento padronizado de Petrigna et., al (2022) (Figura 2). O cálculo da Velocidade Crítica será por meio da Equação de Wakayoshi (Equação 1).

Aquecimento Padronizado para determinação da Velocidade Crítica	
Protocolo:	200m e 400m
Equação:	$D = a + b \times T$; VC (b) = Curva de regressão linear obtida pelas distâncias (D) e o respectivo tempo (T) para completá-la, D' = Valor de interseção do eixo y (Wakayoshi et., al 1992b)
Comprimento:	Piscina Olímpica (50m) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES)
Aquecimento:	400m Crawl, 4 x 50 Perna, 4 x 50 Educativos de Crawl, 4 x 50 Crawl c/ aumento progressivo de velocidade. (Arsoniadis, 2017)
Início:	Empurrando a borda dentro d'água.

Figura 2: Procedimento padronizado para identificação da Velocidade Crítica (Adaptado de Petrigna et., al 2022).

5.7 Verificação da Velocidade Crítica de 2 Parâmetros

A verificação da reprodutibilidade da VC2par obtida nos testes de 200m e 400m será feita pelo Teste Contínuo (Tlim), uma vez que é esperado que nadadores masters não consigam se manter em nado contínuo na VC por longos períodos. Por esse motivo, no encontro posterior à realização dos testes de VC2par, será realizado o Teste contínuo (Tlim), em que o nadador tentará se manter o máximo de tempo possível na velocidade da VC2Par. Será tolerado uma variação de 5-10% abaixo da VC como aponta a literatura (Dekerle et., al 2002), com objetivo de definir a velocidade que o indivíduo consiga manter por ~30 minutos (Fernandes et., al 2024), tempo de duração capaz de ser mantido na natação em intensidade moderada, que precede o limiar anaeróbio. O Tlim será empregado pra auxiliar na definição das zonas de treinamento representadas na Figura 3.

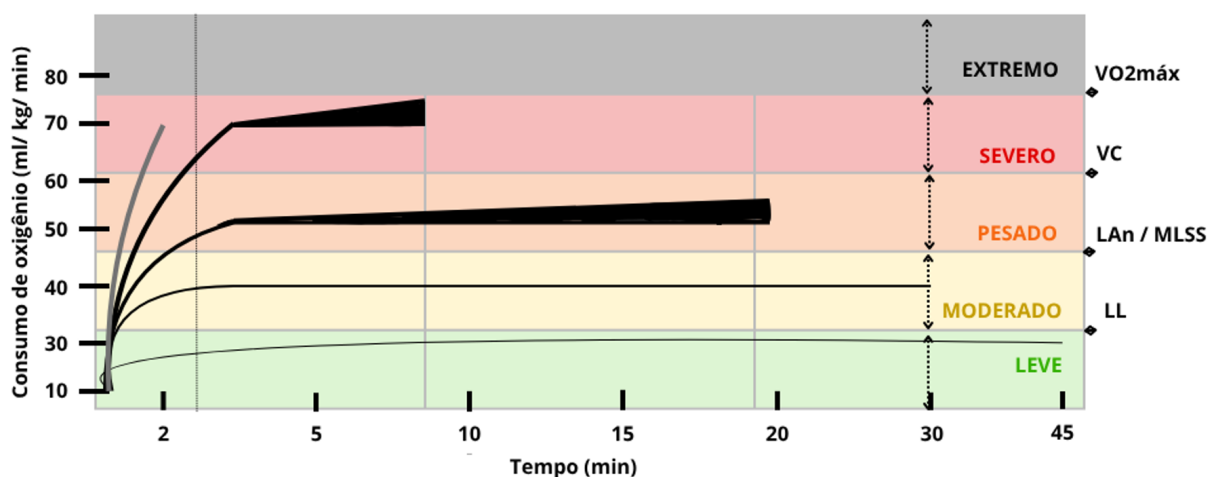


Figura 3: Gráfico do comportamento do VO2 em diferentes domínios de intensidade (adaptado de Fernandes et., al 2024). Abreviações: VO2máx: Consumo Máximo de Oxigênio; VC: Velocidade Crítica; LAn: Limiar Anaeróbio; MLSS: Máxima Fase Estável de Lactato; LL: Limiar de Lactato. Linhas grossas simbolizam o aparecimento do componente lento do VO2.

5.9 Definição das Zonas de Intensidade por meio da Velocidade Crítica de 2 Parâmetros

A determinação da Velocidade de nado referente a Zona 1 será definido através da aplicação da Escala Subjetiva de Esforço modificada de BORG (6-20), utilizada previamente em estudos de natação como referencial de intensidade. Deve apresentar valor-alvo <10, característico domínio superior da Zona 1 (Fernandes et., al 2024), e deve ser menor que a velocidade de Zona 2, essa medida será imposta na aplicação dos treinos de baixa intensidade.

A determinação de Velocidade de nado referente a Zona 2 (Modelo de 3 Zonas) a ser utilizada será definida como a velocidade mantida por ~30 minutos no Tlim, nos intervalos das séries também será aplicada a escala modificada de BORG (6-20) como forma de confirmação em segunda etapa, ou seja, com valor-alvo de 11-12 (Fernandes et., al., 2024). Essa medida será imposta na aplicação dos treinos de intensidade moderada (Zona 2).

A determinação de Velocidade de nado referente a Zona 3 (Modelo de 3 Zonas) a ser utilizada será a velocidade 5% > VC obtida nos testes. Somado a esse referencial, será aplicada a escala de BORG (6-20) nos intervalos, com valor alvo de 13-20 (Fernandes et., al 2024). Essa medida será imposta na aplicação dos treinos de alta intensidade. Todos os critérios de definição mencionados estão representados na Figura 4.

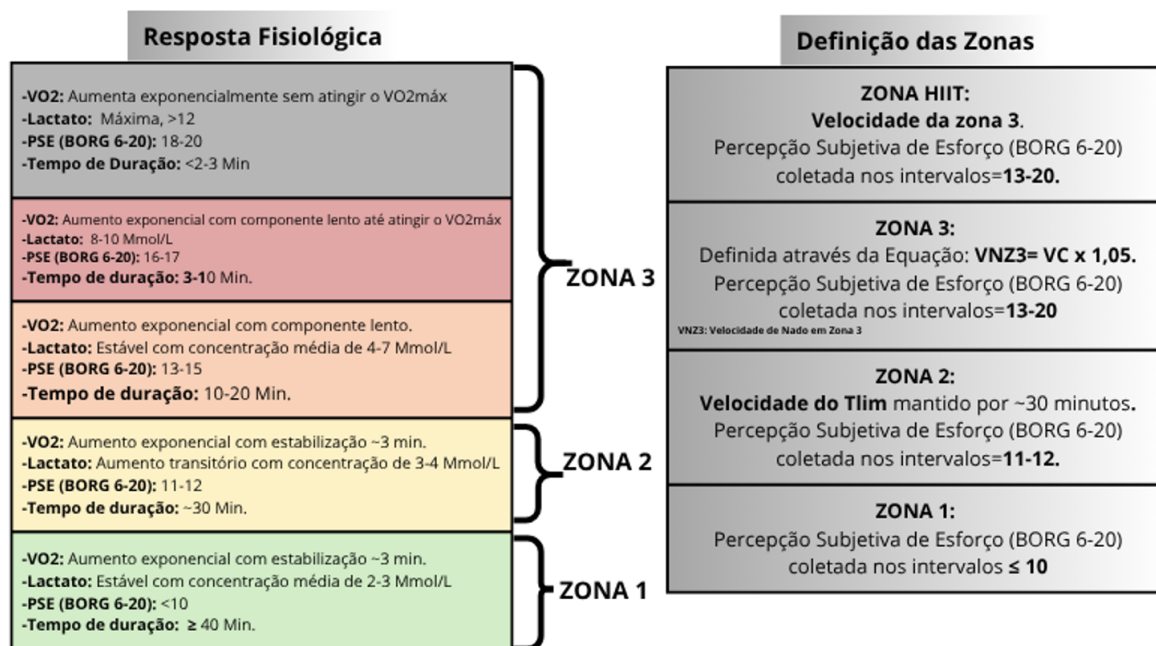


Figura 4: Relação das respostas Fisiológicas com os domínios de intensidade. À esquerda, fluxograma adaptado de Fernandes et., al (2024) com as respostas fisiológicas em cada domínio de intensidade.; À direita, tabela com os critérios de definição das zonas de intensidade na natação. Abreviações: VO2, Consumo de Oxigênio; PSE, Percepção Subjetiva de Esforço; VNZ3, Velocidade de Nado em Zona 3.

5.10 Protocolo de treinamento

Embasado nos estudos prévios de Javaloyes et al. (2019), foi elaborado um programa de treinamento com o total de 15 semanas, dividido em Semana de Avaliação-PRÉ (1 semana); Semanas de Base (4 Semanas); Semana de avaliação-MID (1 Semana); Semanas de Treinamento (ST) (8 semanas); Semana de avaliação-PÓS (1 semana). As semanas de avaliação serão destinadas para realização de testes progressivos e máximos para obter valores referenciais de desempenho. Durante a PB, será realizada a coleta dos valores basais de VFC, em que todos os participantes aferirão os valores de VFC ao acordar, por meio do dispositivo Polar H7 e aplicativo Kubios HRV Software. Nesse período, todas as amostras seguirão o mesmo protocolo de treinamento, e no PT serão divididos em Grupo Controle e Grupo G-VFC (Treinamento guiado pela variabilidade da frequência cardíaca). O Grupo Tradicional (G-T) realizará estritamente as sessões de treino da periodização montada previamente (Figura 5), enquanto o Grupo G-VFC estará sujeito a alterações de acordo com o nível de cansaço de cada atleta expresso pelo aplicativo ELITE HRV, a fim de conceder o descanso necessário e potencializar o rendimento nas sessões de treino.

Semana	Tipo	Teste	Alta Intensidade (Z3)	HIIT (Z3)	Moderada Intensidade (Z2)	Baixa Intensidade (Z1)
1	SA	TCPE, VC (200,400) e Tlim				
2	PB				10 x 150m i:30"	3x/semana 10 x 300m i:20"
3	PB			10 x 15m Sprint i:30"	10 x 150m i:30"	2x/semana 10 x 300m i:20"
4	PB		8 x 100m i:40"	10 x 15m Sprint i:30"	10 x 150m i:30"	2x/semana 10 x 300m i:20"
5	PB					3x/semana 10 x 300m i:20"
6	SA	VC (200,400) e Tlim				
7	PT		8 x 100m i:40"		10 x 150m i:30"	3x/semana 10 x 300m i:20"
8	PT			10 x 15m Sprint i:30"	10 x 150m i:30"	2x/semana 10 x 300m i:20"
9	PT		8 x 100m i:40"	10 x 15m Sprint i:30"	10 x 150m i:30"	2x/semana 10 x 300m i:20"
10	PT					3x/semana 10 x 300m i:20"
11	PT		8 x 100m i:40"		10 x 150m i:30"	3x/semana 10 x 300m i:20"
12	PT			10 x 15m Sprint i:30"	10 x 150m i:30"	2x/semana 10 x 300m i:20"
13	PT		8 x 100m i:40"	10 x 15m Sprint i:30"	10 x 150m i:30"	2x/semana 10 x 300m i:20"
14	PT					3x/semana 10 x 300m i:20"
15	SA	TCPE, VC (200,400) e Tlim				

Figura 5: Periodização e sessões de treino para ambos os grupos nas semanas 1-5 e para o Grupo Tradicional durante as semanas 7-14. Abreviações: i: Intervalo; ": Segundos; SA: Semana de Avaliação; PB: Período de Base; PT: Período de Treinamento; m: Metros.

5.11 Grupo Guiado Pela Variabilidade da Frequência Cardíaca e Grupo Tradicional

Cada grupo de nadadores será supervisionado durante as sessões por profissionais experientes no controle e monitoramento de intensidade das sessões. Durante a aplicação do treinamento, os nadadores realizarão 3 sessões semanais com duração de média de 1 hora intervalo de descanso máximo de 48h. No PB a intensidade aumentará gradativamente nas 3 primeiras semanas, diminuindo na última semana (3 Semanas de Sobrecarga; 1 Semana Regenerativa), além de servir como período de adaptação as sessões de treino (Javaloyes et., al 2019).

As sessões de treino para o GT e suas respectivas intensidades estão esquematizadas na Figura 5. Para o G-VFC, o treinamento será prescrito de acordo com o status de Regulação Autonômica Cardíaca (CAR) (Kiviniemi et., al 2007). A Figura 6 mostra como será realizada

5.12 Distribuição das cargas de treinamento

O treinamento seguirá uma periodização piramidal, com aumento progressivo do Volume (Km)/semana durante 3 semanas, seguido de 1 semana de treinos em baixa intensidade (3;1). A distribuição de carga será: ~80% em Z1, ~15% em Z2 e ~5% em Z3. Na semana precedente à última SA, os participantes realizarão sessões apenas em baixa intensidade (Javaloyes et., al 2019).

5.13 Monitoramento de Cargas Internas e Externas

A percepção subjetiva de esforço durante o intervalo das séries (RPE), ao final dos testes e das sessões de treinamento (sRPE), pela escala de Borg (6-20) e (0-10) respectivamente (BORG, 1982; FOSTER et al., 2001). Para obter os valores da sRPE, os participantes responderão a seguinte pergunta “Como foi o seu esforço em geral?”. A carga externa será expressa pelo valor em Quilômetros por semana. O cálculo do volume total de cargas externas e internas será realizado pela multiplicação da distância (Km) x sRPE (0-10). Além disso, os participantes responderão diariamente ao acordar ao questionário Acute Recovery and Stress Scale (ARSS), iniciando 1 semana antes da intervenção, para obtenção de dados basais e longitudinais dos participantes, possibilitando melhor compreensão de seus níveis de fadiga e estresse.

6 ANÁLISE

6.1 Tamanho amostral

Considerando a análise estatística a ser empregada (ANOVA de 2 vias para medidas repetidas), o erro α de 0,05, o erro β de 20%, a existência de dois grupos experimentais, e quatro comparações entre cada variável (pré-pós entre grupos e intra grupos), serão necessários 24 participantes, de acordo com o programa estatístico (G-Power 3.1).

6.2 Análise Estatística

Para a análise estatística será utilizado o Software IBM SPSS Statistics v21 e Graph Prisma v8. Para testar a distribuição dos dados será aplicado o teste de *Shapiro-Wilk*, caso a normalidade seja reportada os dados serão apresentados em média $\pm$ desvio padrão (DP). Para comparar o método tradicional e o método guiado pela variabilidade da frequência cardíaca (GC e GHRV-G) será utilizada um teste de ANOVA de duas vias para medidas repetidas, e post hoc de Bonferroni (tempo x métodos).

6.3 Monitoramento

Para evitar perda amostral, no início de cada sessão os participantes serão informados sobre a importância de não faltarem as sessões.

6.4 Disseminação

Esse é o primeiro estudo de proposta de protocolo envolvendo treinamento de natação guiado pela Variabilidade da Frequência Cardíaca em nadadores masters, trata-se de uma intervenção longa e robusta com total de 15 semanas. O principal objetivo é desenvolver um método acessível e com embasamento científico robusto, de estratégias simples de monitoramento de cargas durante a periodização. É esperado que esse protocolo seja aplicado primeiramente em uma pesquisa de mestrado, e futuramente os achados deste primeiro estudo poderão ser disseminados para outros grupos de pesquisadores e treinadores de nível nacional e internacional.

7 APLICAÇÃO PRÁTICA

A proposta apresentada pelo presente estudo é aplicável a qualquer indivíduo que possua acesso a uma piscina, um equipamento para análise da FC e da variabilidade (transmissor cardíaco associado a Apps gratuitos, relógios com esta tecnologia, etc). Sabe-se que a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) é um índice fornecido por transmissores cardíacos e relógios (Polar, Garmin, AppleWatch), porém, trata-se de um índice pouco explorado em pesquisas na área do treinamento e subutilizado por atletas amadores e profissionais. Portanto, o presente estudo poderá evidenciar a utilidade dessas ferramentas

aplicadas ao treinamento, e facilitar o monitoramento de cargas para treinadores e praticantes da modalidade.

8 CONCLUSÃO

Este protocolo de estudo apresenta boa aplicabilidade, considerando que a intervenção requer poucos recursos de monitoramento, além do que já é requerido para a prática da natação, e potencial para aprimorar o treinamento de nadadores de endurance.

9 REFERÊNCIAS

ARSONIADIS, G. G. et al. Verifying physiological and biomechanical parameters during continuous swimming at speed corresponding to lactate threshold. **Sports**, v. 8, n. 7, p. 95, 2020.

BALDASSARRE, R. et al. The road to Rio: A brief report of training-load distribution of open-water swimmers during the Olympic season. **International journal of sports physiology and performance**, v. 14, n. 2, p. 260–264, 2019.

BARROSO, R. et al. Perceived exertion in coaches and young swimmers with different training experience. **International journal of sports physiology and performance**, v. 9, n. 2, p. 212–216, 2014.

BEAVER, W. L.; WASSERMAN, K.; WHIPP, B. J. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. **Journal of applied physiology** (Bethesda, Md.: 1985), v. 60, n. 6, p. 2020–2027, 1986.

BELLENGER, C. R. et al. Monitoring athletic training status through autonomic heart rate regulation: A systematic review and meta-analysis. **Sports medicine** (Auckland, N.Z.), v. 46, n. 10, p. 1461–1486, 2016.

BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 14, n. 5, p. 377–81, 1982.

BOURDON, P. C. et al. Monitoring Athlete Training Loads: Consensus statement. **International journal of sports physiology and performance**, v. 12, n. Suppl 2, p. S2161–S2170, 2017.

CAEN, K. et al. Exercise Thresholds on Trial: Are They Really Equivalent? **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 50, n. 6, p. 1277–1284, 1 jun. 2018.

CLEMENTE-SUÁREZ, V. J. et al. Amateur endurance triathletes' performance is improved independently of volume or intensity based training. **Physiology & behavior**, v. 205, p. 2–8, 2019.

COATES, A. M. et al. A Perspective on High-Intensity Interval Training for Performance and Health. **Sports Medicine**, v. 53, p. 85–96, 1 dez. 2023.

COLLETTE, R. et al. Relation between training load and recovery-stress state in high-performance swimming. **Frontiers in physiology**, v. 9, p. 845, 2018.

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.

DEKERLE, J. et al. Characterising the slope of the distance-time relationship in swimming. **Journal of science and medicine in sport**, v. 13, n. 3, p. 365–370, 2010.

DEMINICE, R. et al. Série de treinamento intervalado de alta intensidade como índice de determinação da tolerância à acidose na predição da performance anaeróbia de natação. **Revista Brasileira De Medicina Do Esporte**, v. 13, p. 185–189, 2007.

EARNEST, C. P. et al. Relation between physical exertion and heart rate variability characteristics in professional cyclists during the Tour of Spain. **British journal of sports medicine**, v. 38, n. 5, p. 568–575, 2004.

EDVARDSSEN, E.; HEM, E.; ANDERSSSEN, S. A. End criteria for reaching maximal oxygen uptake must be strict and adjusted to sex and age: A cross-sectional study. **PLoS ONE**. v. 9, n. 1, 14 jan. 2014.

FEIJEN, S. et al. Monitoring the swimmer's training load: A narrative review of monitoring strategies applied in research. **Scandinavian journal of medicine & science in sports**, v. 30, n. 11, p. 2037–2043, 2020.

FAUDE, O., KINDERMANN, W., MEYER, T.. Lactate threshold concepts: how valid are they?. **Sports medicine** (Auckland, N.Z.), 39(6), 469–490, 2009.

FERNANDES, R. J.; CARVALHO, D. D.; FIGUEIREDO, P. Training zones in competitive swimming: a biophysical approach. **Frontiers in sports and active living**, v. 6, p. 1363730, 2024.

FERNANDES, T. L. et al. Post-analysis methods for lactate threshold depend on training intensity and aerobic capacity in runners. An experimental laboratory study. **Sao Paulo Medical Journal**, v. 134, n. 3, p. 193–198, 2015.

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.

GARBER, C. E. et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise: Guidance for prescribing exercise. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 43, n. 7, p. 1334–1359, 2011.

GONZÁLEZ-RAVÉ, J. M. et al. Training intensity distribution, training volume, and periodization models in elite swimmers: A systematic review. **International journal of sports physiology and performance**, v. 16, n. 7, p. 913–926, 2021.

GRECO, C. C. et al. Validity of the critical speed to determine blood lactate response and aerobic performance in swimmers aged 10–15 years. **Science & sports**, v. 17, n. 6, p. 306–308, 2002.

GRECO, C. C. et al. Effects of gender on stroke rates, critical speed and velocity of a 30-min swim in young swimmers. **Journal of sports science & medicine**, v. 6, n. 4, p. 441–447, 2007.

HARRIES, S. K., LUBANS, D. R., & CALLISTER, R. (2015). Systematic review and meta-analysis of linear and undulating periodized resistance training programs on muscular strength. **Journal of**

Strength and Conditioning Research, 29(4), 1113–1125.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000712>

Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. **Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology**. *Circulation*, v. 93, n. 5, p. 1043–1065, 1996.

HELLARD, P. et al. Modelling of optimal training load patterns during the 11 weeks preceding major competition in elite swimmers. **Applied Physiology Nutrition and Metabolism**, v. 42, n. 10, p. 1106–1117, 2017.

IENO, C. et al. Monitoring rating of perceived exertion time in zone: A novel method to quantify training load in elite open-water swimmers? **International journal of sports physiology and performance**, v. 16, n. 10, p. 1551–1555, 2021.

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.

KAMINSKY LA, ARENA R, MYERS J, et al. Updated Reference Standards for Cardiorespiratory Fitness Measured with Cardiopulmonary Exercise Testing: Data from the Fitness Registry and the Importance of Exercise National Database (FRIEND). **Mayo Clin Proc.** v. 97, n. 2, p. 285-293, 20 nov. 2022.

KIVINIEMI, A. M. et al. Endurance training guided individually by daily heart rate variability measurements. **European journal of applied physiology**, v. 101, n. 6, p. 743–751, 2007.

KORKMAZ, E.S. AND POLAT, M. A comparison of isocapnic buffering phase of cross-country skiers and alpine skiers. **Pedagogics, Psychology, Medical-Biological Problems of Physical Training and Sports**. v. 22, n. 4, p. 203, 2018.

MEYLER, S., BOTTOMS, L., & MUNIZ-PUMARES, D. (2021). Biological and methodological factors affecting $\dot{V}O_2$ max response variability to endurance training and the influence of exercise intensity prescription. **Experimental Physiology**, 106(7), 1410–1424.

MONOD, H.; SCHERRER, J. The work capacity of a synergic muscular group. **Ergonomics**, v. 8, n. 3, p. 329–338, 1965.

MUNIZ-PUMARES, D. et al. Methodological approaches and related challenges associated with the determination of critical power and curvature constant. **Journal of strength and conditioning research**, v. 33, n. 2, p. 584–596, 2019.

NEVES, L. N. S., GASPARINI NETO, V. H., ARAUJO, I. Z., BARBIERI, R. A., LEITE, R. D., CARLETTI, L. (2022). Is There Agreement and Precision between Heart Rate Variability, Ventilatory, and Lactate Thresholds in Healthy Adults? **International journal of environmental research and public health**, 19(22), 14676. <https://doi.org/10.3390/ijerph192214676>

OLBRECHT, J. et al. Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises. **International journal of sports medicine**, v. 6, n. 2, p. 74–77, 1985.

OUTDOOR SWIMMER. The evolution of an open water swimmer. Disponível em: <https://outdoorswimmer.com/featured/the-evolution-of-an-open-water-swimmer/?utm_source=chatgpt.com>. Acesso em: 9 jul. 2025.

PELARIGO, J. G. et al. Oxygen uptake kinetics and energy system's contribution around maximal lactate steady state swimming intensity. **PloS one**, v. 12, n. 2, p. e0167263, 2017.

PETRIGNA, L. et al. An updated methodology to estimate critical velocity in front crawl swimming: A scoping review. **Science & sports**, v. 37, n. 5–6, p. 373–382, 2022.

POLLOCK, S. et al. Training regimes and recovery monitoring practices of elite British swimmers. **Journal of sports science & medicine**, v. 18, n. 3, p. 577–585, 2019.

POOLE, D. C. et al. Critical power: An important fatigue threshold in exercise physiology. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 48, n. 11, p. 2320–2334, 2016.

RAIMUNDO, J. A. G. et al. Velocidade Crítica e índices de capacidade aeróbia na natação: Uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 25, n. 4, p. 153, 2017.

SCOTT, B. E.; CAMPBELL, A.; LOBB, C. Swimming. Em: Sport and Exercise Physiology Testing Guidelines: Volume I – Sport Testing. London: **Routledge**, 2022. p. 173–183.

SEILER, S. What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? **International journal of sports physiology and performance**, v. 5, n. 3, p. 276–291, 2010.

SOULTANAKIS, H. N., MANDALOUFAS, M. F., & PLATANOU, T. I. (2012). Lactate threshold and performance adaptations to 4 weeks of training in untrained swimmers: volume vs. intensity. **Journal of Strength and Conditioning Research**, 26(1), 131–137.

VESTERINEN, V., NUMMELA, A., HEIKURA, I., LAINE, T., HYNYNEN, E., BOTELLA, J., & HÄKKINEN, K. Individual Endurance Training Prescription with Heart Rate Variability. **Medicine and science in sports and exercise**, 48(7), 1347–1354, 2016.

WAKAYOSHI, K. et al. Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 64, n. 2, p. 153–157, 1992a.

WAKAYOSHI, K. et al. A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. **International journal of sports medicine**, v. 13, n. 5, p. 367–371, 1992b.

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.

WASSERMAN, K. et al. Detecting the Threshold of Anaerobic Metabolism in Cardiac Patients During Exercise*. . [S.l: s.n.], 1964.

WEATHERWAX, R. M. et al. Incidence of VO2max Responders to Personalized versus Standardized Exercise Prescription. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v. 51, n. 4, p. 681–691, 1 abr. 2019.

ZACCA, R. et al. Swimming training assessment: The critical velocity and the 400-m test for age-group swimmers. **Journal of strength and conditioning research**, v. 30, n. 5, p. 1365–1372, 2016.

Disponível em:
<https://www.researchgate.net/publication/273644712_Velocidade_critica_em_natacao_uma_revisao_da_literatura>. Acesso em: 9 jul. 2025.

Disponível em:
<https://www.bloomsbury.com/au/swim-wild-and-free-9781399400404/?utm_source=chatgpt.com>.
Acesso em: 9 jul. 2025b

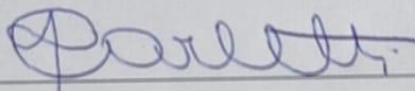
ARTHUR ROTHIER M. SARTORI

**NADADORES MASTERS: PROTOCOLO PARA UM ENSAIO CLÍNICO
RANDOMIZADO ENVOLVENDO O TREINAMENTO GUIADO PELA
VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA PARA LONGAS DISTÂNCIAS**

Trabalho de conclusão de curso (TCC) apresentado ao curso de Educação Física - Bacharelado, do Centro de Educação Física e Desportos (CEFD), como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Educação Física.

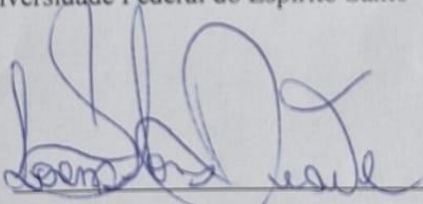
Aprovado em 21 de Agosto de 2025.

COMISSÃO EXAMINADORA



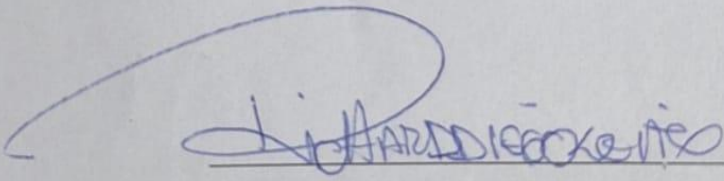
Prof. Dra. Luciana Carletti

Universidade Federal do Espírito Santo – Orientadora



Prof. Me. Lorena Flores Duarte

Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Richard Diego Leite

Vitória, 2025