

ANÁLISE DO RMSSD EM SENSORES WEARABLES COMERCIAIS COM JANELAS CURTAS PARA BIOFEEDBACK EM JOGOS DIGITAIS

Gabriella Maria de Faria¹, Karina Rabello Casali^{1*}, Tatiana Sousa Cunha¹, Henrique Andrade¹, Henrique Alves Amorim¹

Gabriella Maria de Faria - Self Aplicações Tecnológicas para Saúde, Educação e Bem-Estar Ltda., São José dos Campos, São Paulo, Brasil. gmfaria@unifesp.br (ORCID 0000-0001-8919-5104),

Karina Rabello Casali - Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de São Paulo, São José dos Campos, São Paulo, Brasil. rabello.casali@unifesp.br (ORCID 0000-0001-8281-0135),

Tatiana Sousa Cunha - Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de São Paulo, São José dos Campos, São Paulo, Brasil. ts.cunha@unifesp.br ORCID 0000-0001-9070-1414),

Henrique Yuji Andrade - Self Aplicações Tecnológicas para Saúde, Educação e Bem-Estar Ltda., São José dos Campos, São Paulo, Brasil. henrique.yujiandrade@gmail.com (ORCID 0009-0006-7432-8887),

Henrique Alves Amorim - Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de São Paulo, São José dos Campos, São Paulo, Brasil. henrique.amorim@unifesp.br (ORCID 0000-0003-0611-1118).

* Autor apresentador

Palavras-chave: Estimulação do Nervo Vago, Biofeedback, Variabilidade da Frequência Cardíaca, Jogos de Computador.

Introdução: Jogos digitais para modulação do sistema autonômico com biofeedback da Variabilidade Frequência Cardíaca (VFC), como o projeto KeepGames, representam uma intervenção neurofisiológica promissora para redução de sintomas do TDAH e Autismo [1,2,3]. Entretanto, os sensores comerciais utilizados nessas ferramentas frequentemente empregam algoritmos proprietários de interpolação e filtragem de sinais, o que pode gerar discrepâncias nos valores absolutos da VFC quando comparados a sensores considerados padrão-ouro [4,5].

A métrica *Root Mean Square of Successive Differences* (RMSSD) é reconhecida para avaliação da ativação do sistema nervoso parassimpático em janelas ultracurtas [6]. Para mitigar as limitações da precisão desse índice no sistema KeepGames, este estudo propõe uma análise da tendência do sinal com janelas curtas para avaliar a alteração autonômica.

Método: 10 participantes utilizaram sensores comerciais (Coospo e Avanutri) para coleta dos dados RR durante o protocolo de indução da alteração autonômica. Fases: Linha de Base/Repouso = 120 segundos, Respiração Lenta = 90 segundos, Estresse = 40 segundos, Respiração Lenta = 90 segundos). O processamento de sinal consistiu na análise da variação percentual calculada em relação à linha de base de repouso individual de cada participante. Foi empregado ajuste polinomial (polyfit, grau 20) sobre janelas deslizantes de 15, 20, 30 e 40 batimentos. Para a análise da tendência, a regressão linear local foi utilizada com janela de 10 pontos. Este estudo de validação tecnológica foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa sob o parecer nº [56299622.3.0000.5505].

Resultados/discussão: A análise gráfica (Figura 1) apresenta o sinal do RMSSD calculado com janela de 40 pontos. As barras azuis indicam a tendência do sinal em cada trecho, normalizado entre -1 (máximo decaimento), +1 (máximo incremento) e 0 (estável).

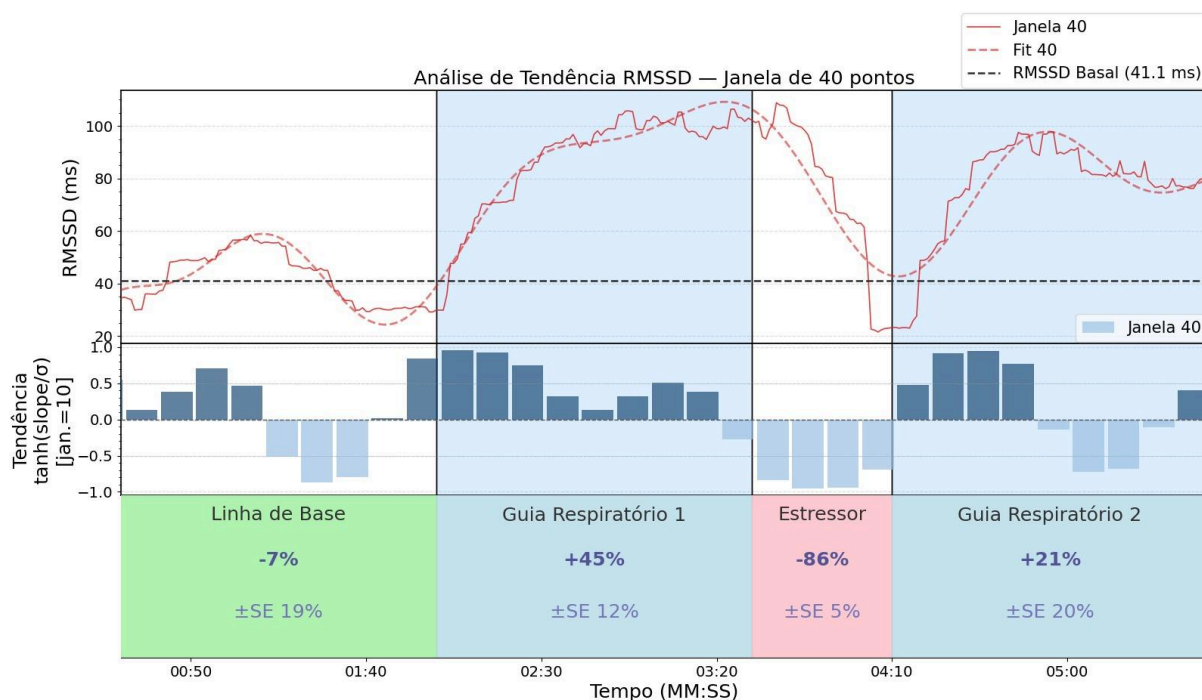


Figura 1: RMSSd (curva em vermelho), Barras azuis indicam a tendência do RMSSD, feito sobre a curva polyfit (curva tracejada). Média e erro padrão exibidos como percentual.

Todas as fases passaram no teste de normalidade Shapiro-Wilk ($p > 0,05$). Aplicou-se a ANOVA de Medidas Repetidas com correção de esfericidade de Greenhouse-Geisser (GG). A fase Estressor diferiu significativamente de todas as demais fases. O protocolo experimental induziu reduções expressivas do RMSSD durante a fase de Estressor. A fase de Guia Respiratório 1, imediatamente anterior ao Estressor, apresentou valores aumentados em relação à Linha de Base na maioria dos participantes, sugerindo que a respiração guiada antes do Estressor pode ter promovido um aumento momentâneo da VFC. O padrão individual é coerente entre participantes: quedas acentuadas na fase de Estressor (variando de -10% a -77%) seguidas de recuperação parcial na fase de Guia Respiratório 2.

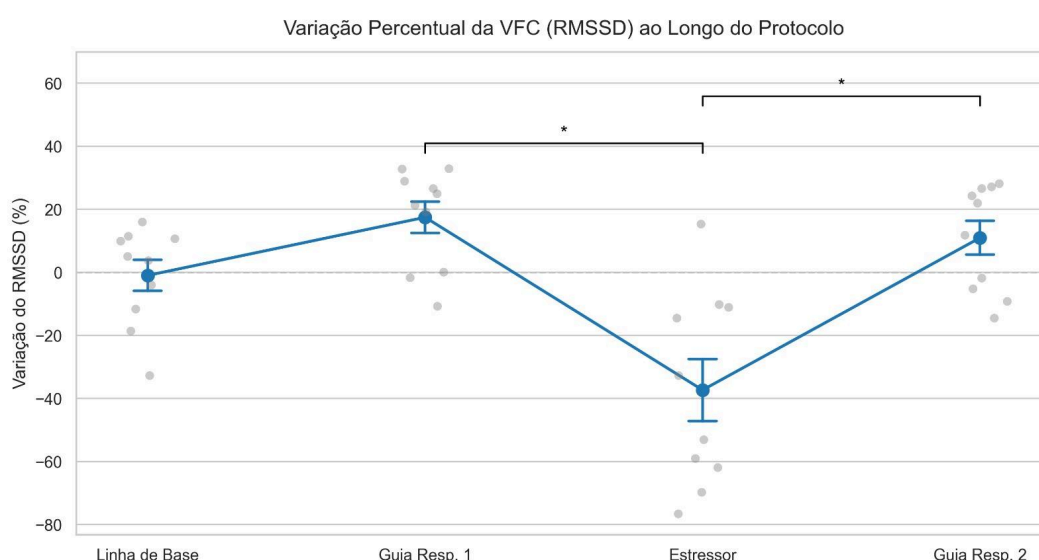


Figura 2: Análise estatística VFC. Valor individual de cada participante por fase.

Conclusão: O estudo demonstrou a viabilidade do emprego da taxa de tendência do RMSSd relacionada a regulação autonômica para avaliação de sensores comerciais em jogos digitais. Novos estudos com maior N são recomendados.

Financiamento: Acordos de Cooperação / SEBRAE / SEBRAE - PIPE - Fase 2 Direta - Chamada de Propostas (2024) (<https://fapesp.br/16697>)

Conflito de interesse: Os autores declaram conflito de interesse por possuírem participação na empresa desenvolvedora da plataforma KeepGames. No entanto, os testes ocorreram em plataforma de análise distinta, com metodologias de análises reconhecidas.

Referências:

- [1] Ghamari F, Rostami R. The Effectiveness of Biofeedback Using Heart Rate Variability (HRV) on Working Memory Performance in Children with ADHD. J Adv Res Archi Cas [Internet]. 2025 [citado em 29 abr 2026];9(1):3042. Disponível em: <https://journals.kmanpub.com/index.php/jarac/article/view/3042>
- [2] Coulter H, Donnelly M, Mallett J, Kernohan WG. Heart Rate Variability Biofeedback to Treat Anxiety in Young People With Autism Spectrum Disorder: Findings From a Home-Based Pilot Study. JMIR Form Res. 2022;6(8):e37994. doi: 10.2196/37994.
- [3] Tenorio FS, Nakamura TCR, Luz GHA, Amorim HA, Bronzatti RGC, Moraes M, et al. Avaliação de Jogos Interativos para Redução da Ansiedade Infantil: Evidências Fisiológicas e de Usabilidade. In: Anais do Science & Business Connection; 2025 out 23; São José dos Campos, Brasil: PIT; 2025. doi: 10.29327/9786527219859.1086791.
- [4] Protzen, G. et al. Is the low-cost Coospo H808S as reliable as the Polar H10 chest strap HR monitor? In: Annual Congress of the European College of Sport Science, 30., 2025, Rimini. Proceedings [...]. Rimini: ECSS, 2025. p. 268. Disponível em: www.researchgate.net/publication/399759477_Is_the_low-cost_Coospo_H808S_as_reliable_as_the_Polar_H10_chest_strap_HR_monitor.
- [5] Umais, M. et al. HRV and Stress: A Mixed-Methods Approach for Comparison of Wearable Heart Rate Sensors for Biofeedback. *IEEE Access*, 2021.
- [6] Maza, A.; Goizueta, S.; Llorens, R. Reliability of a Low-Cost Chest Strap to Estimate Short-Term and Ultra-Short-Term Heart Rate Variability Measures in Response to Emotionally Valenced Stimuli. *IEEE Sensors Journal*, 2024.