



Yoga como ferramenta de otimização psicofisiológica no treino de pilotos – contributos e perspetivas futuras

Orador: Sara Santos

Coautores: Filipe Melo, Orlando Fernandes, José A. Parraca



UNIVERSIDADE
DE ÉVORA



UAlg ESS
UNIVERSIDADE DO ALGARVE
ESCOLA SUPERIOR DE SAÚDE

Introdução

- A profissão de piloto de aviação militar exige um sistema vestibular eficiente para a manutenção do equilíbrio e respostas rápidas ao stress (Yang et al., 2015; Wittels et al., 2024).



- Fatores como fadiga, hipóxia, forças G, exposição ambiental e aumento do stress psicofisiológico afetam a tomada de decisão (Whitley, 1997; Koskelo et al., 2024).
- A transformação tecnológica no setor da aviação intensificou as exigências sobre os pilotos, impondo desafios às capacidades de autorregulação, atenção e tomada de decisão (Koskelo et al., 2024).
- Torna-se necessário integrar abordagens inovadoras para uma adaptação psicofisiológica eficaz às exigências operacionais.

Introdução



Desafios específicos na Aviação Militar Portuguesa que afetam o desempenho e bem-estar dos pilotos:

- Fatores de stress ambiental (ruído, vibração, fadiga, desorientação espacial) (Whitley, 1997; Brink et al., 2024);
- Fatores relacionados com o design das aeronaves, como a exposição a forças G e hipóxia, que comprometem os tempos de reação (Martin et al., 2020);
- Impacto da hipóxia na cognição e nos padrões de stress (Bustamante-Sánchez et al., 2019);
- Elevada carga cognitiva, que influencia a gestão do stress e a capacidade de resposta (Hormeño-Holgado et al., 2019; Fuentes-García et al., 2021);
- Ausência de um regime de exercício estruturado;
- A aptidão física mantida de forma independente pelos pilotos, principalmente para aprovação nos exames anuais.

Oportunidades para melhorias de processos já existentes:

- Reconhecimento crescente da necessidade de estratégias que promovam a saúde e a resiliência dos pilotos;
- O Departamento de Saúde e Exercício Físico da Força Aérea Portuguesa está a desenvolver um protocolo de aptidão física obrigatório para os pilotos.



Objectivo

Sabendo que:

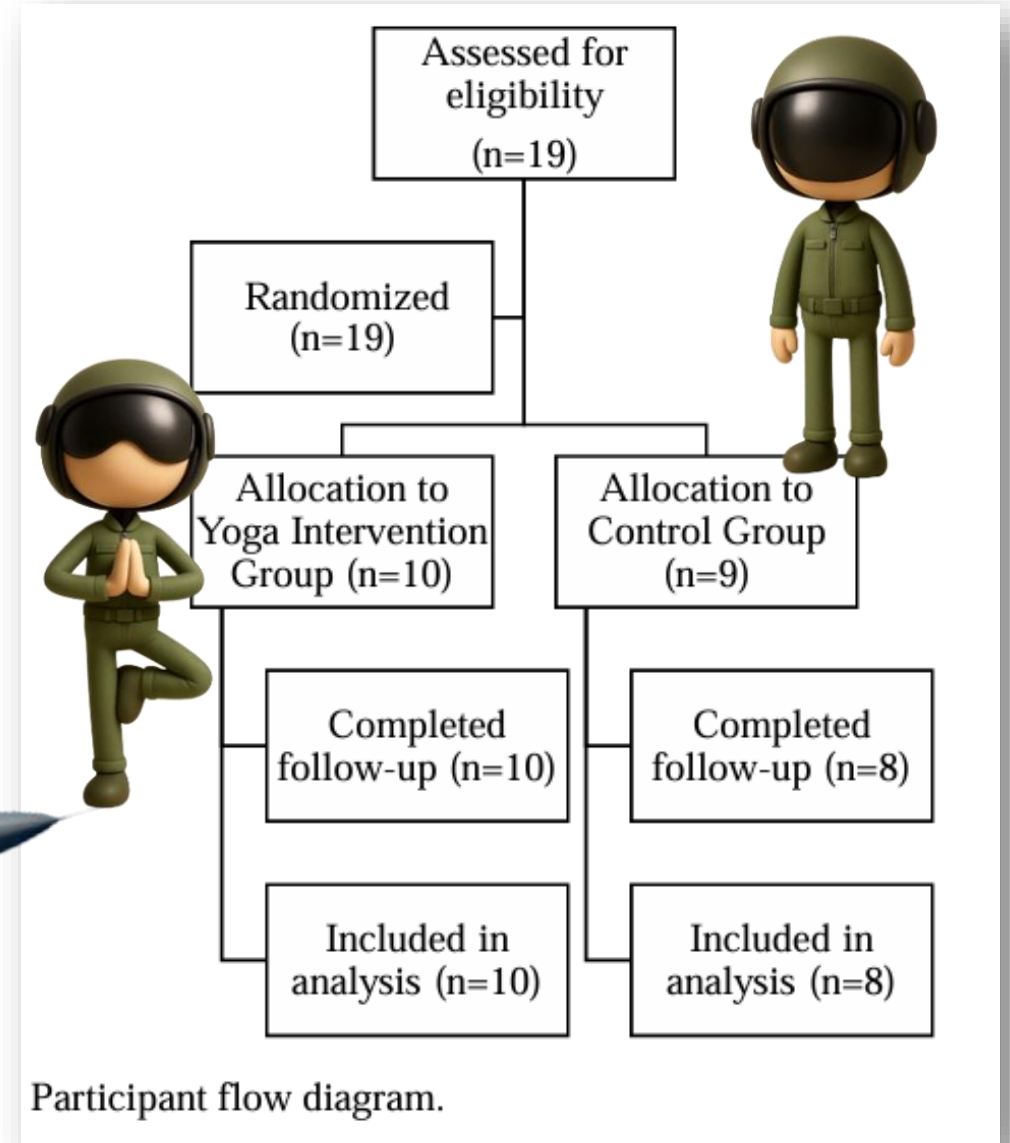
- O yoga promove a saúde de forma holística (Desikachar et al., 2005).
- O Ashtanga Vinyasa Yoga envolve ásanas, vinyasas e pranayama, oferecendo uma forma de “meditação em movimento” (Park et al., 2015; Dybvik et al., 2021). Com os benefícios de:
 - Redução de stress, melhoria de variabilidade da frequência cardíaca (HRV) e promoção de bem-estar (Singh, 1999; Kanthi et al., 2024; Thomson et al., 2024).
 - Aumento da força, resistência, flexibilidade e coordenação (Sharma et al., 2015; Government of India, 2020).
 - Melhoria do controlo postural, função vestibular e integração sensorial (Shambhu et al., 2017; Fujiwara et al., 2002; Liu et al., 2024).

- Propusemos o yoga com o objetivo de melhorar a estabilidade postural e a recalibração sensorial, através da modalidade Ashtanga Vinyasa Yoga, caracterizada por movimentos fluidos sincronizados com a respiração e realizada em modo Supta, ou seja, com os olhos fechados.
- Os benefícios propostos incluem o aumento da concentração, o controlo respiratório, a estabilidade postural e a adaptação sensorial em contextos de elevada exigência.
- Foi assim investigado o impacto de um programa de yoga na performance em pilotos no Tirocínio da Força Aérea Portuguesa.



Método

- Foi implementado um programa de Yoga durante 12 semanas, comparando-se grupo de intervenção versus controlo, na BA11, em Beja.



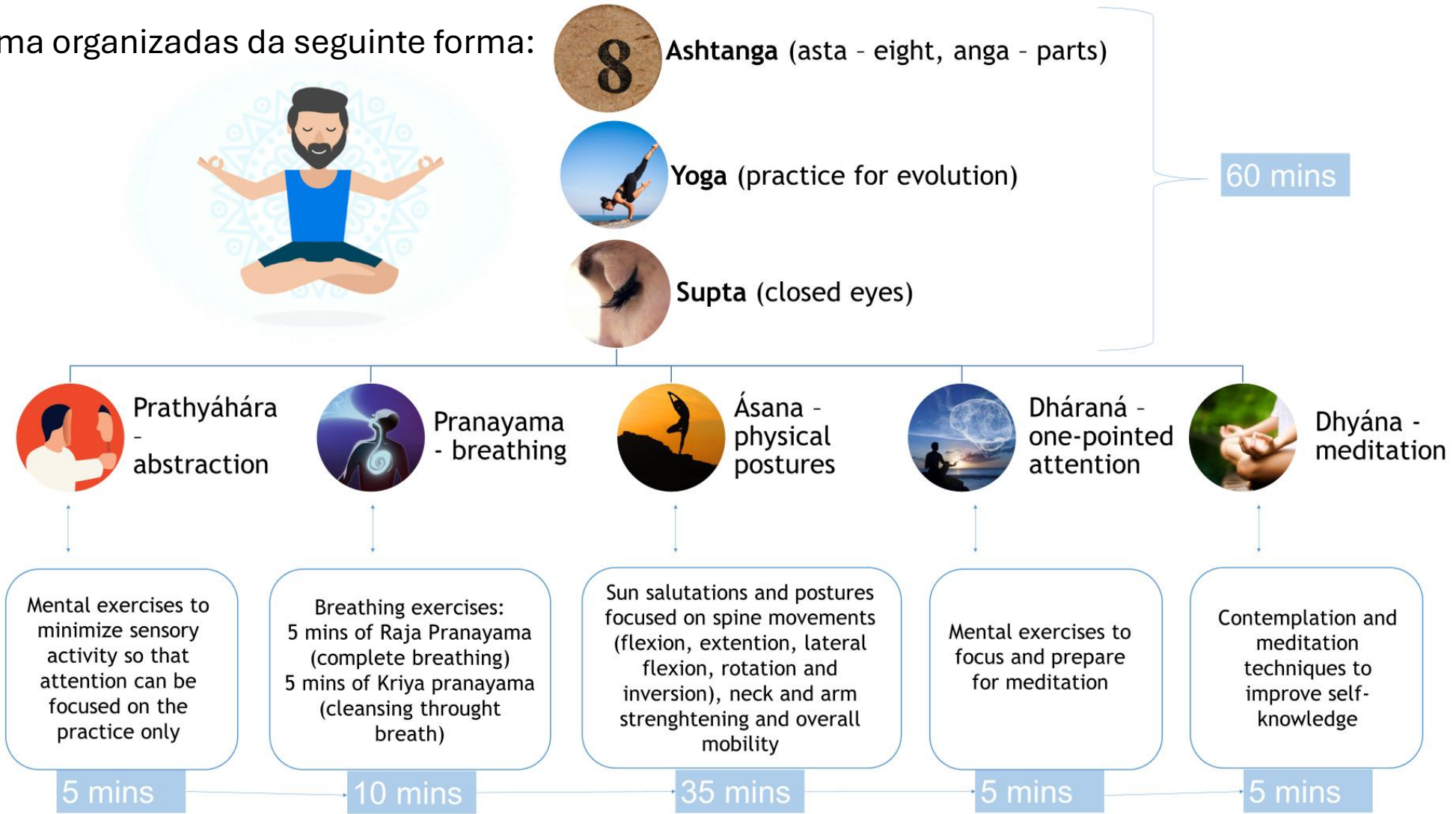
Método

- Os pilotos responderam a uma emergência de falha de alternador, em simulador de voo, monitorizados com uma banda cardíaca e com as manobras cronometradas, bem como preencheram questionários (TMT, MAIA e ASAS) , antes e depois das 12 semanas.



Método

- As aulas de yoga forma organizadas da seguinte forma:



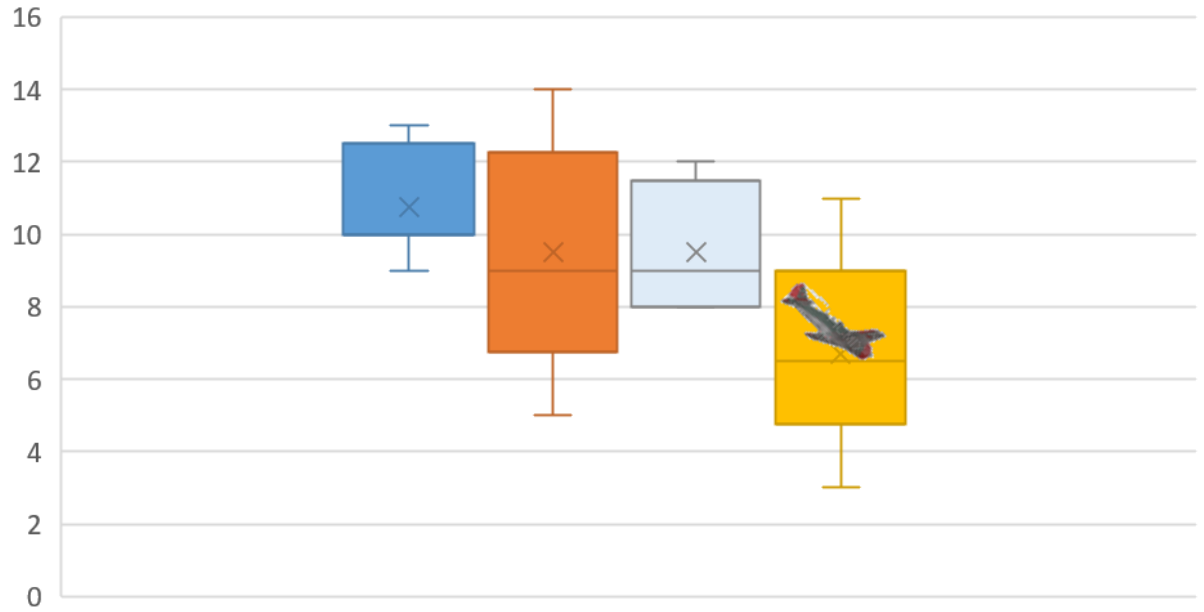
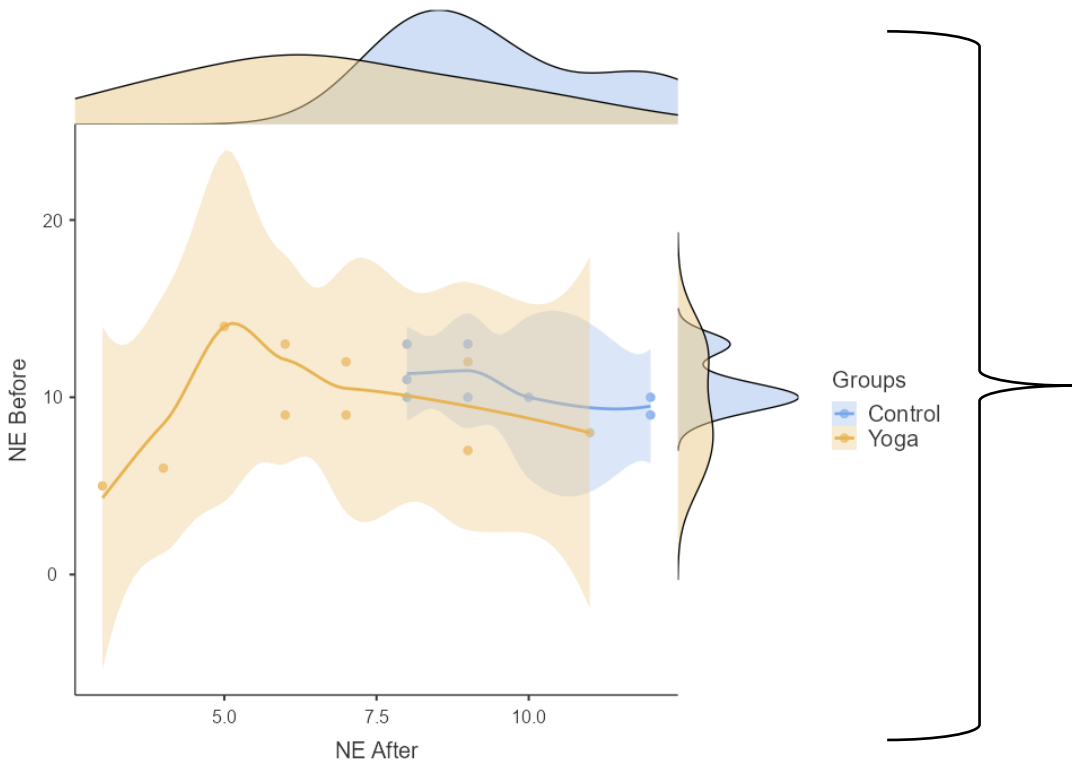
Para ler o artigo de metodologia, já publicado e em acesso livre:



Resultados

- Verificaram-se **melhorias na performance**, no número de erros cometidos a completar o protocolo de emergência em simulador, ao comparar entre grupos, utilizando o teste de utilizando o teste de Wilcoxon e a Correlação Biserial, após a aplicação do teste de Shapiro-Wilk:

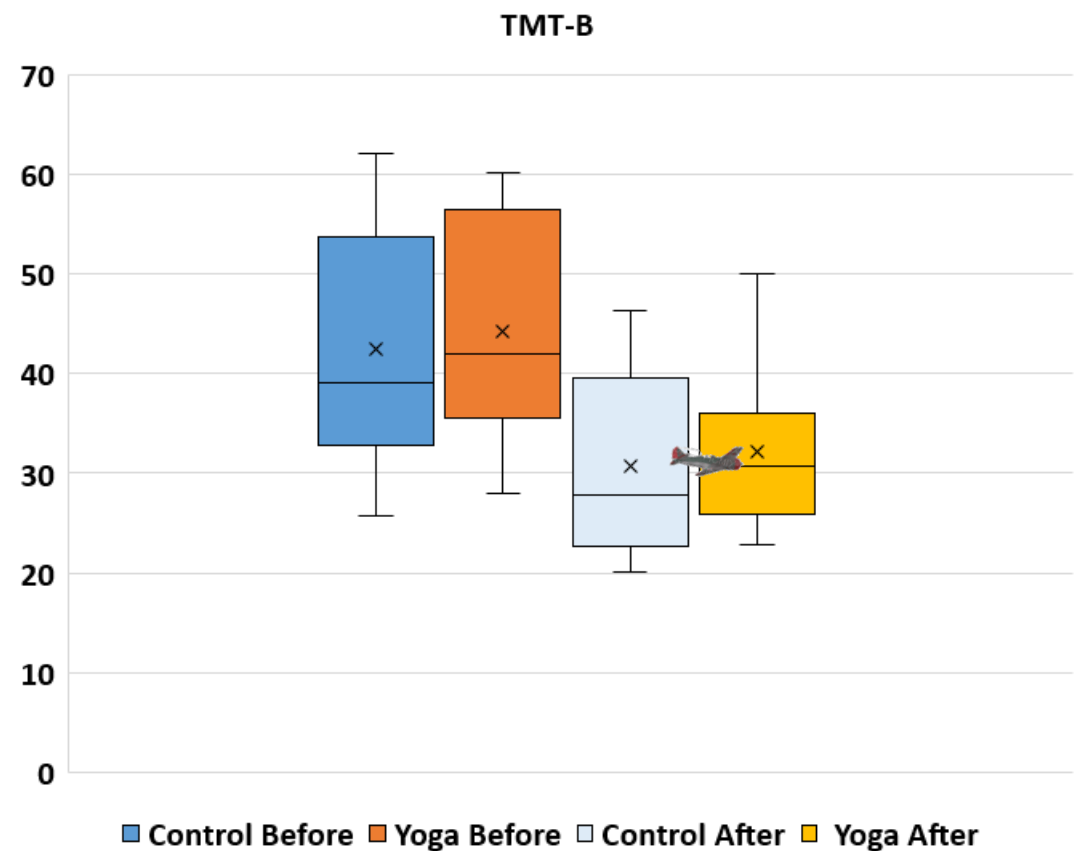
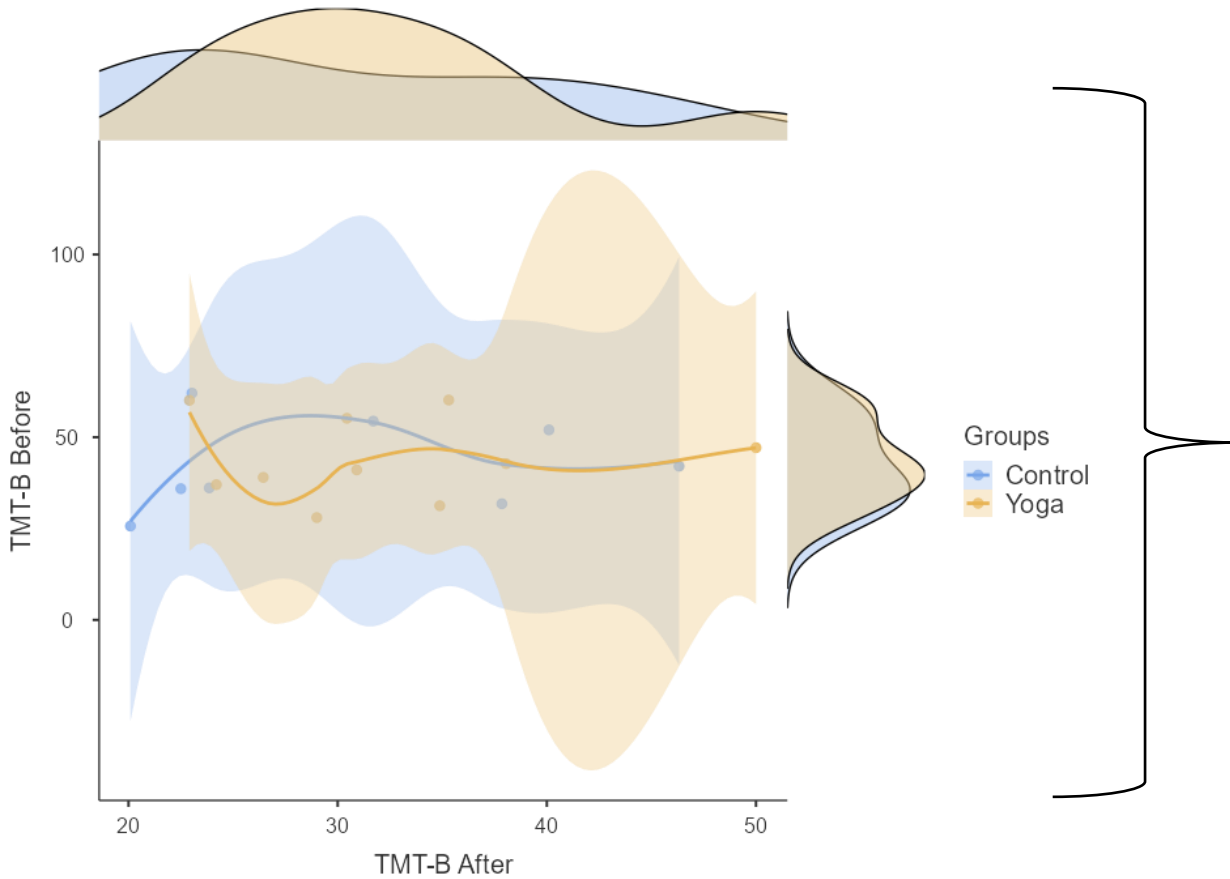
				Statistic	p	Effect Size
Number of errors (NE)	Between group	Control group before	Intervention group before	19.5	0.389	0.393
		Control group after	Intervention group after	34.5	0.025	0.917



Resultados

- Verificaram-se **melhorias na capacidade de mudar de tarefa no Teste de Caminhos (TMT-B)**, no grupo de yoga, utilizando o teste de t-Student e d de Cohen, após a aplicação do teste de Shapiro-Wilk:

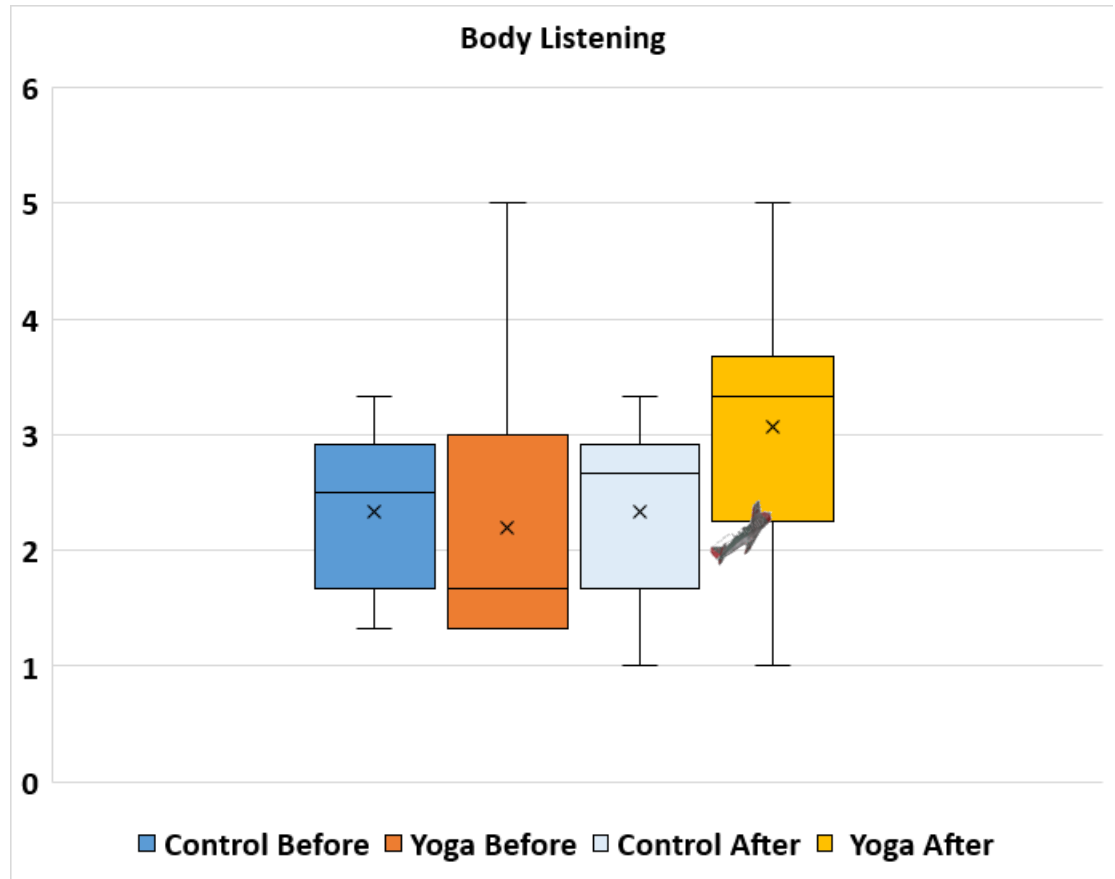
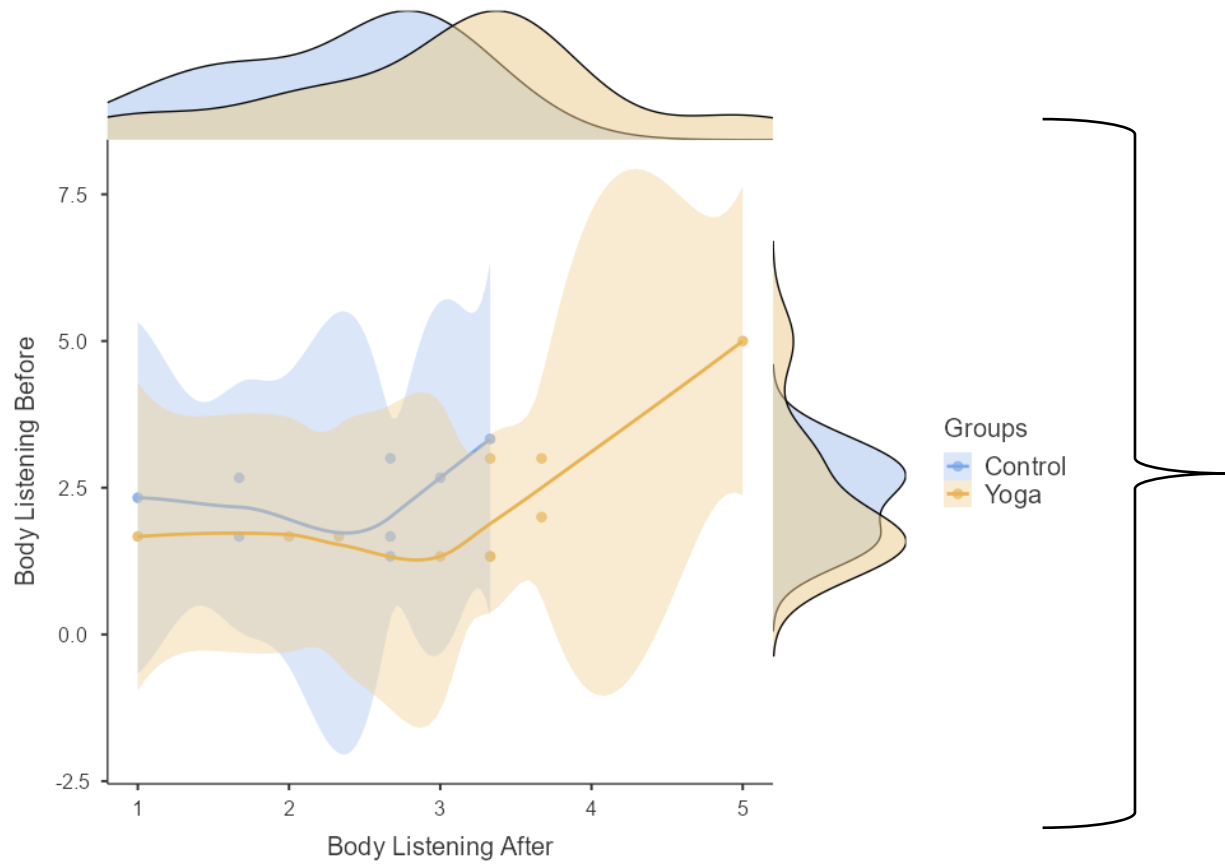
				statistic	p	Effect Size
TMTB	Whithin group	Control group before	Control group after	2.3017	0.055	0.814
		Intervention group before	Intervention group after	2.7879	0.021	0.882



Resultados

- Verificaram-se **melhorias na atenção ao corpo** na **Avaliação Multidimensional da Interoceção (MAIA)**, no grupo de yoga, utilizando o teste de Wilcoxon e a Correlação Biserrial, após a aplicação do teste de Shapiro-Wilk:

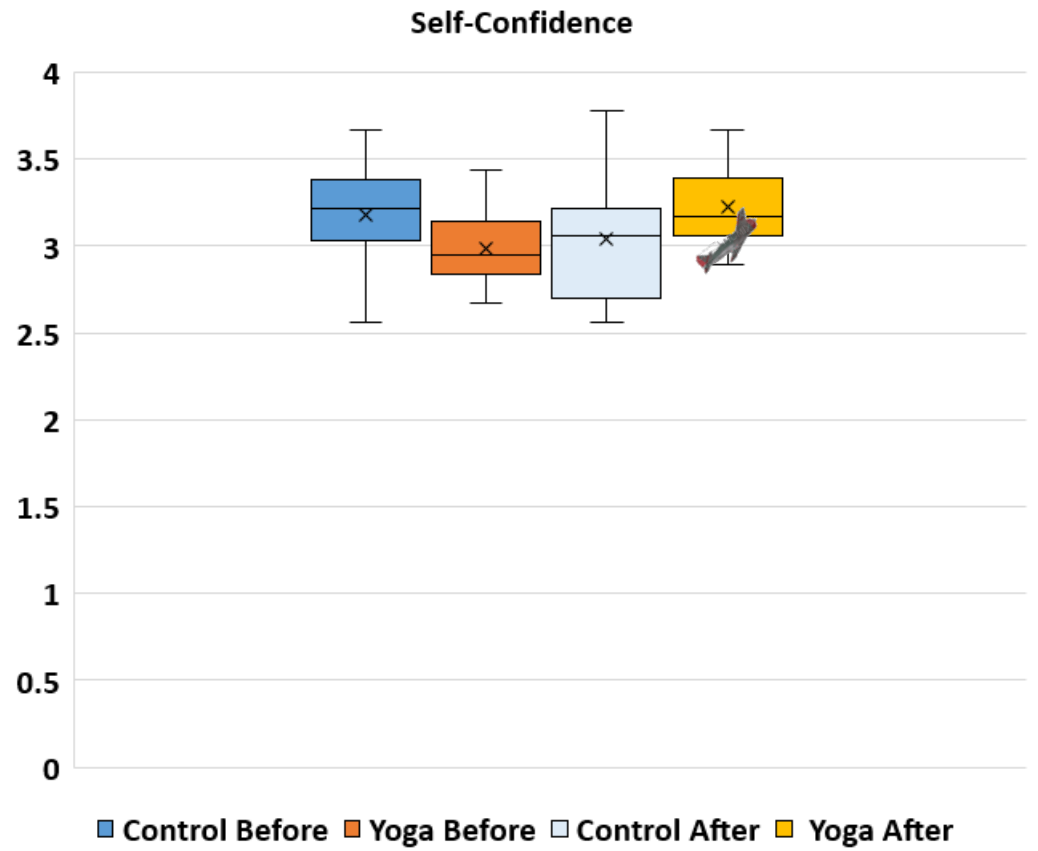
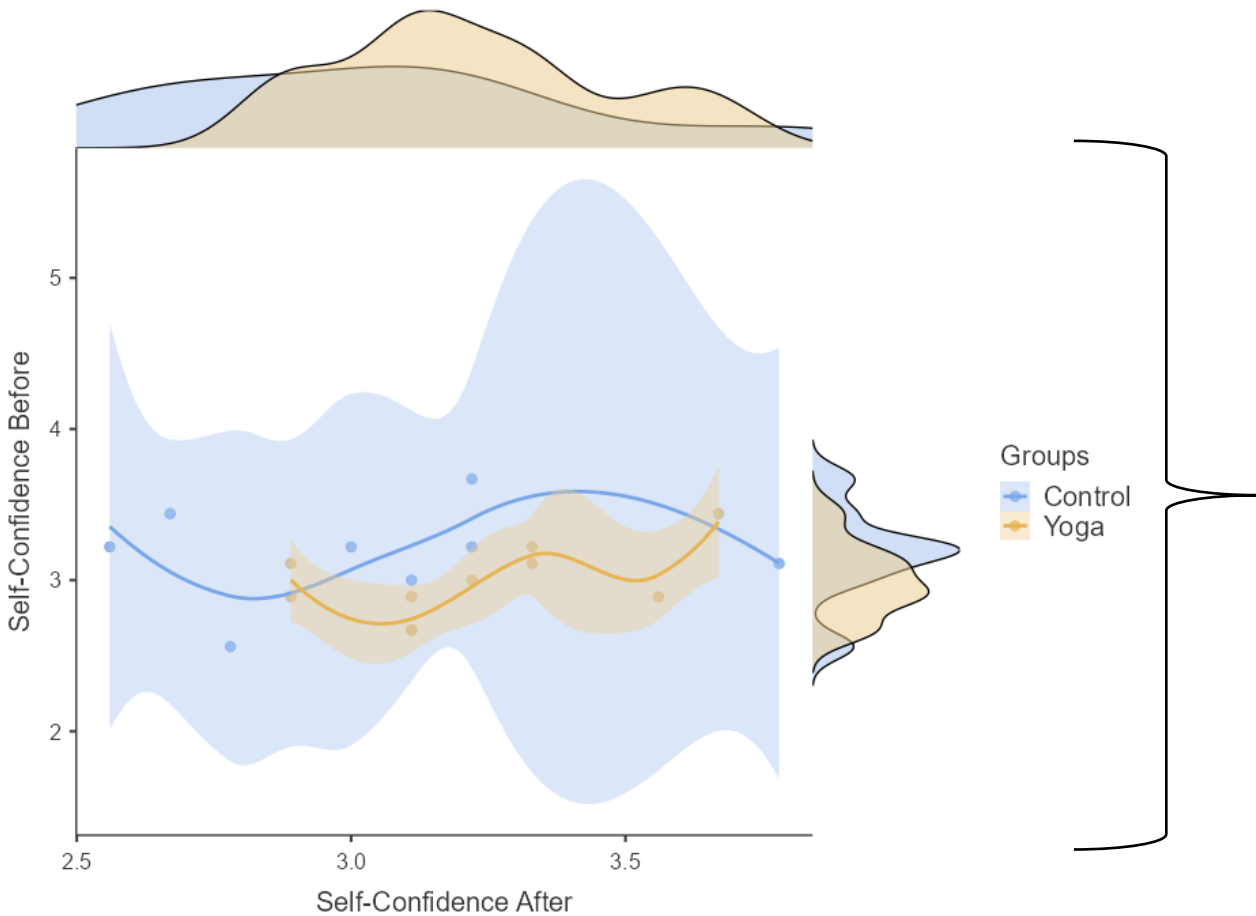
				Statistic	p	Effect Size
Body Listening (active listening to signals for decision-making)	Whithin group	Control group before	Control group after	10.00	1.000	-0.048
		Intervention group before	Intervention group after	4.50	0.037	-0.800



Resultados

- Verificaram-se **melhorias na regulação emocional: autoconfiança**, na **Escala de Atitudes de Segurança na Aviação (ASAS)**, no grupo de yoga, utilizando o teste de Wilcoxon e a Correlação Biserrial, após a aplicação do teste de Shapiro-Wilk:

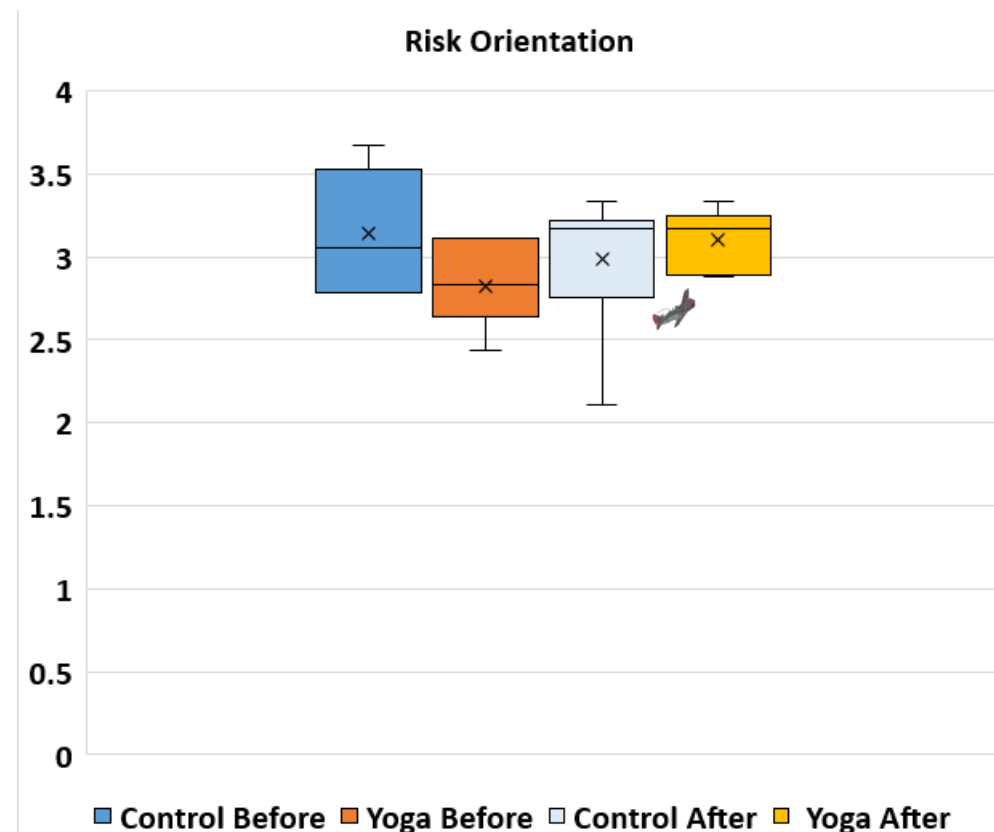
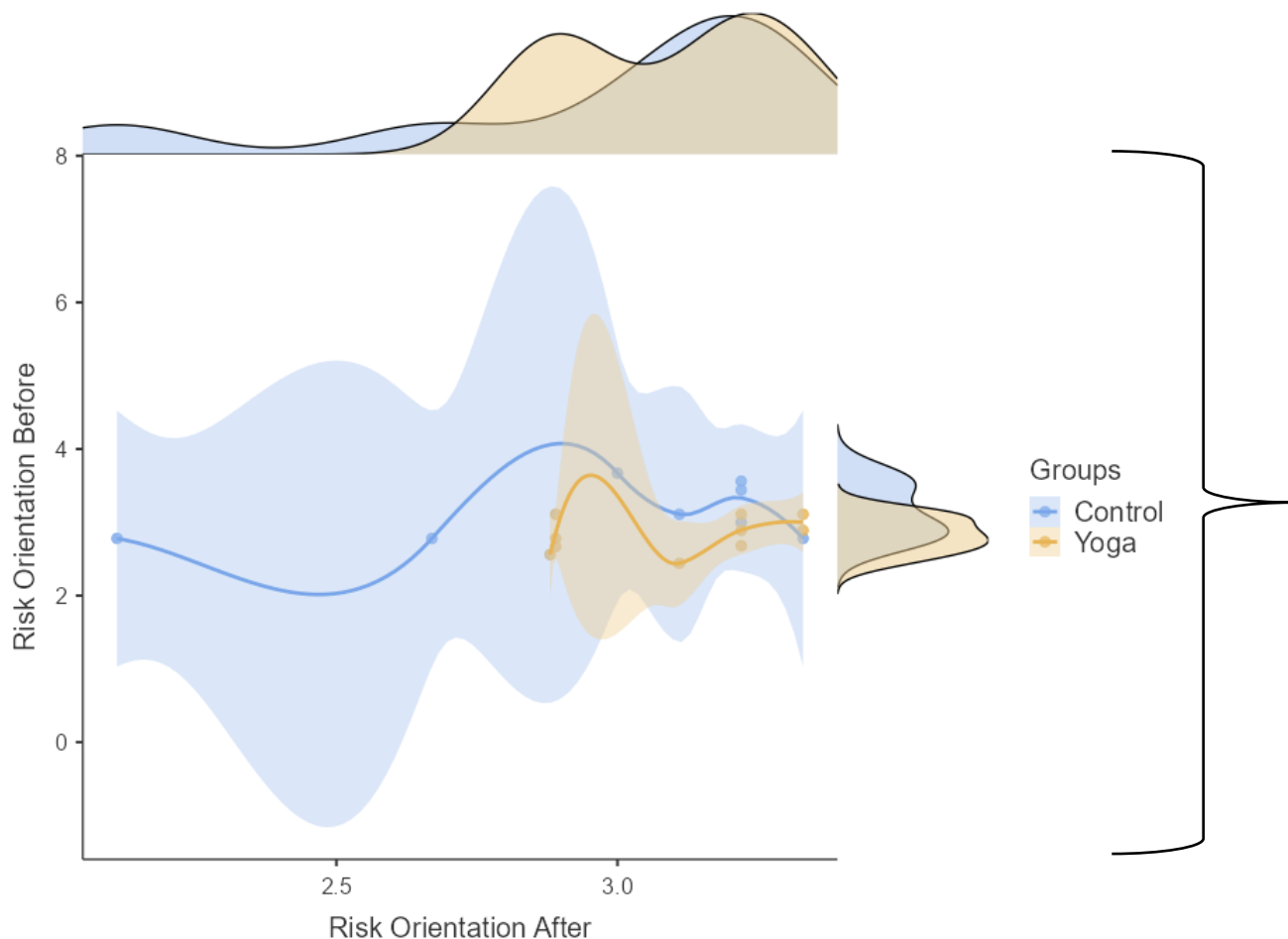
				Statistic	p	Effect Size
Self-Confidence	Within group	Control group before	Control group after	19.00	0.447	0.357
		Intervention group before	Intervention group after	2.50	0.021	-0.889



Resultados

- Verificaram-se **melhorias na regulação emocional: orientação para o risco**, na **Escala de Atitudes de Segurança na Aviação (ASAS)**, no grupo de yoga, utilizando o teste de Wilcoxon e a Correlação Biserial, após a aplicação do teste de Shapiro-Wilk:

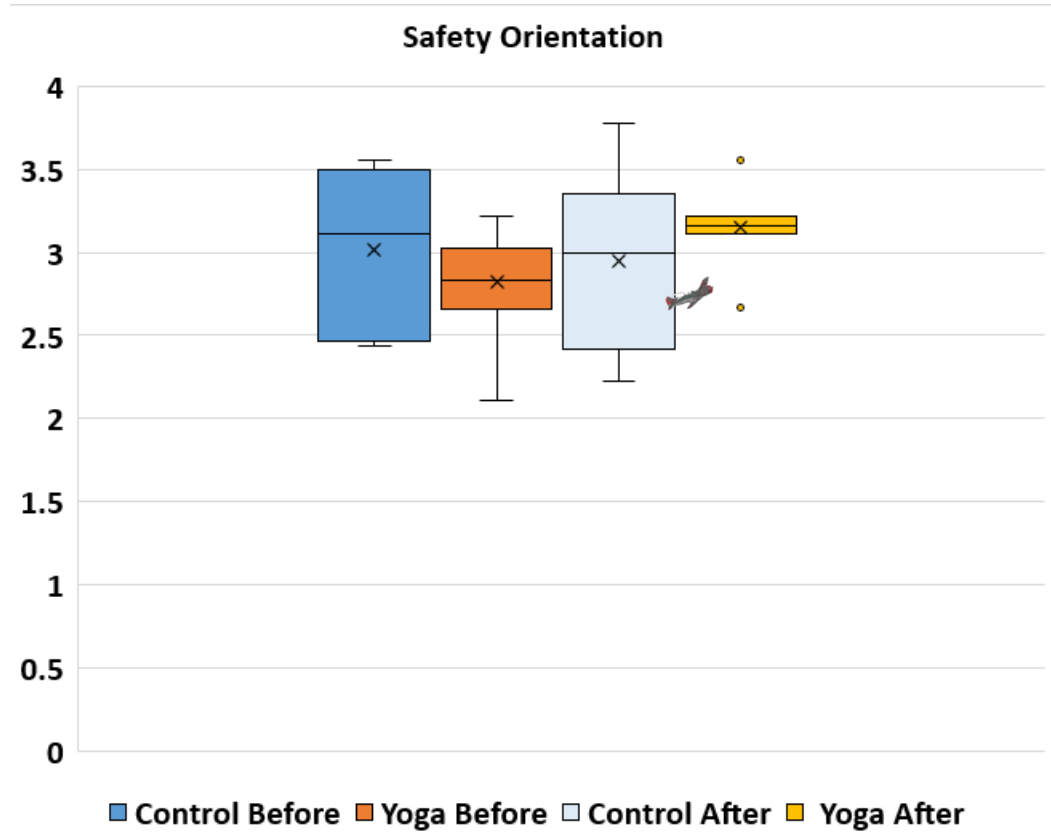
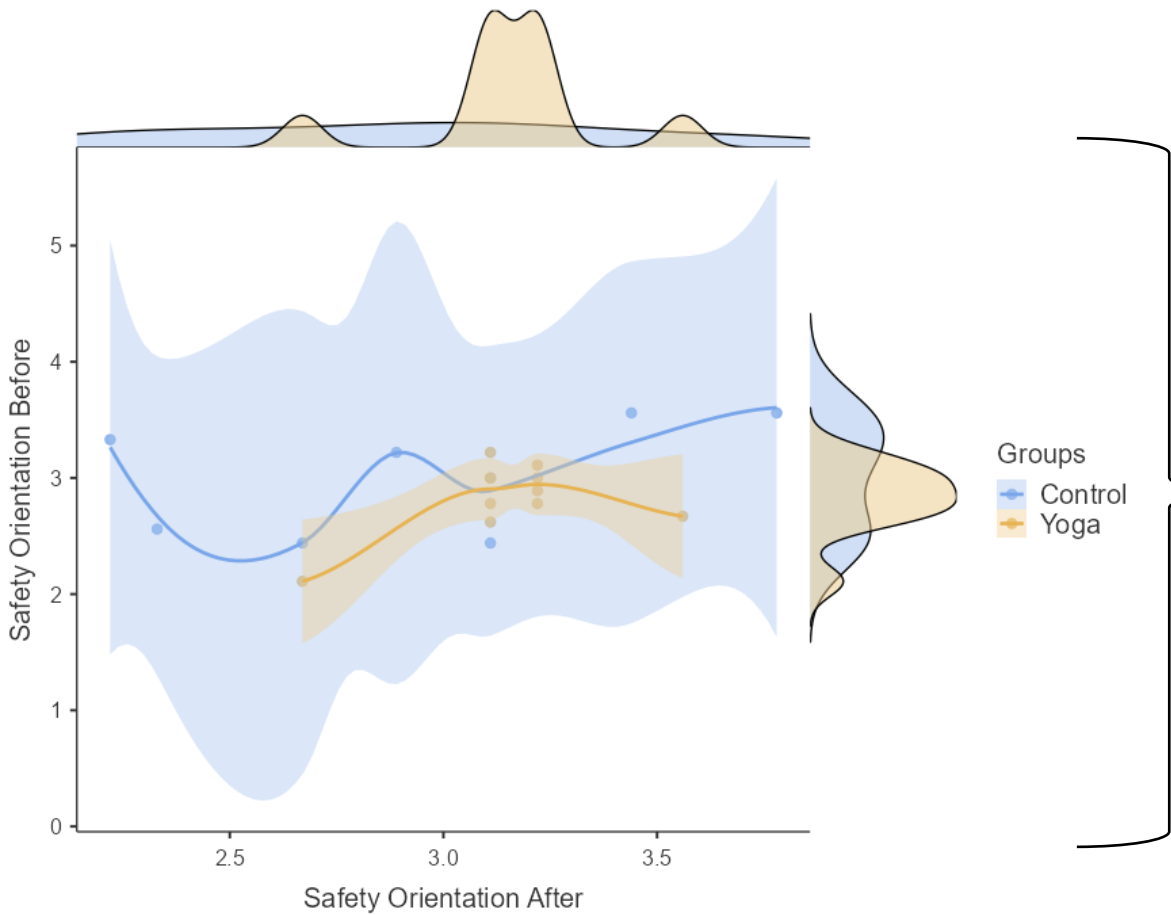
				Statistic	p	Effect Size
Risk Orientation	Whithin group	Control group before	Control group after	20.00	0.352	0.429
		Intervention group before	Intervention group after	3.00	0.014	-0.891



Resultados

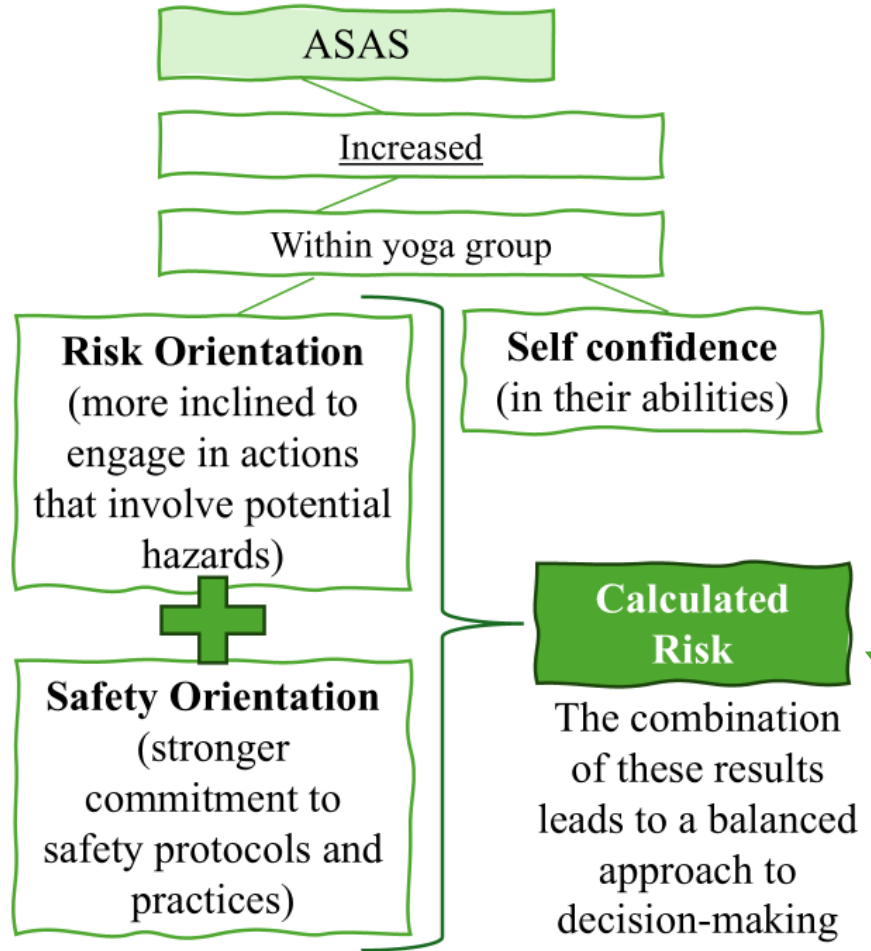
- Verificaram-se **melhorias na regulação emocional: compromisso com segurança**, na **Escala de Atitudes de Segurança na Aviação (ASAS)**, no grupo de yoga, utilizando o teste de Wilcoxon e a Correlação Biserial, após a aplicação do teste de Shapiro-Wilk:

				Statistic	p	Effect Size
Safety Orientation	Within group	Control group before	Control group after	20.50	0.779	0.139
		Intervention group before	Intervention group after	2.50	0.011	-0.909



Resultados

- Interessante notar:



Pilotos no início do treino:



Pilotos a meio do treino:



Pilotos no final do treino:



Para ler o artigo de adaptações psicofisiológicas, já publicado e em acesso livre:



Resultados

- Verificaram-se alterações ($p < 0,05$) a nível das **variáveis não lineares da variabilidade da frequência cardíaca** indicando uma **maior ativação fisiológica** nos momentos de voo destacados, ao comparar entre grupos:

Variabilidade e adaptabilidade

Increase for both the yoga and the control group, reflecting an enhancement in long-term HRV, which is associated with the overall adaptability of the autonomic nervous system

Atividade simpática

Increased across different phases of simulated flight, indicating that the body is more actively preparing to handle immediate challenges, with physiological changes such as elevated heart rate, blood pressure, and adrenaline release that can reflect heightened alertness, but also increased stress

Non-linear variables results when comparing within groups

Relação com o Sistema Nervoso Autónomo

SD1%

Atividade parasimpática

SD2%

Variabilidade e adaptabilidade

SNS Index

Atividade simpática



Non-linear variables results when comparing between groups

SI

Índice de Stress

Increase for the yoga versus the control group, in probable anticipation of the tasks ahead

Índice de Stress

Decrease across different phases of simulated flight, implying heightened cognitive load, physiological arousal, stress, or activation, it could reflect an increased task engagement and focused attention, as the body is operating in a heightened state of readiness to handle the demands of the activity

Atividade parasimpática



Para ler o artigo de adaptações cardíacas, já publicado e em acesso livre:



Discussão



A prática de yoga mostrou-se promissora como estratégia complementar no Tirocínio.

Apesar da redução de erros, o tempo de resposta manteve-se relativamente estável: embora os participantes tenham ficado mais precisos, poderão beneficiar de estratégias complementares de treino para maior rapidez de processamento, sem comprometer segurança e rigor na tomada de decisão.

Contribuímos assim para modelos de treino sustentáveis, personalizados e adaptados à realidade tecnológica e humana da aviação atual.

Abre-se desta forma caminho para a integração de estratégias psicofisiológicas no treino de pilotos, com apoio de tecnologias emergentes e validadas, e reforço da necessidade de investigação contínua neste domínio.

Perspectivas futuras

- Uso de realidade virtual em ambientes imersivos de elevada pressão.
- Combinação de treino em simuladores de voo ou voo real com integração de carga cognitiva progressiva, aliados a sistemas de medição de variabilidade da frequência cardíaca e eletroencefalografia (biofeedback e neurofeedback).
- Integração de componentes mente-corpo nos currículos de formação aeronáutica, adaptação de programas às fases da carreira militar e comparação entre diferentes modalidades de intervenção.

Referências

- Brink, A., Keramidas, M. E., Bergsten, E., & Eiken, O. (2024). *Influence of spatial orientation training in a centrifuge on the ability of fighter pilots to assess the bank angle during flight without visual references*. *Journal of Neurophysiology*, 132(3), 710–721. <https://doi.org/10.1152/jn.00129.2024>
- Bustamante-Sánchez, Á., Delgado-Terán, M., & Clemente-Suárez, V. J. (2019). *Psychophysiological response of different aircrew in normobaric hypoxia training*. *Ergonomics*, 62(2), 277–285. <https://doi.org/10.1080/00140139.2018.1510541>
- Desikachar, K., Bragdon, L., & Bossart, C. (2005). *The yoga of healing: Exploring yoga's holistic model for health and well-being: An introduction*. *International Journal of Yoga Therapy*, 15(1), 1. <https://doi.org/10.17761/ijyt.15.1.p501l33535230737>
- Dybvik, H., & Steinert, M. (2021). *Real-World fNIRS Brain Activity Measurements during Ashtanga Vinyasa Yoga*. *Brain Sciences*, 11(6), 742. <https://doi.org/10.3390/brainsci11060742>
- Fuentes-García, J. P., Clemente-Suárez, V. J., Marazuela-Martínez, M. Á., Tornero-Aguilera, J. F., & Villafaina, S. (2021). *Impact of real and simulated flights on psychophysiological response of military pilots*. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 787. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020787>
- Fujiwara, N., Imai, M., Nagamine, T., & Matsuura, M. (2002). *Second somatosensory area (SII) plays a significant role in selective somatosensory attention*. *Brain Research: Cognitive Brain Research*, 14(3), 389–397. [https://doi.org/10.1016/s0926-6410\(02\)00130-9](https://doi.org/10.1016/s0926-6410(02)00130-9)
- Government of India. (2020, June 2). *Explaining yoga as a sport*. Ministry of Ayush, Yoga Blog. <https://yoga.ayush.gov.in/blog?q=56>
- Hormeño-Holgado, A. J., Perez-Martinez, M. A., & Clemente-Suárez, V. J. (2019). *Psychophysiological response of air mobile protection teams in an air accident manoeuvre*. *Physiology & Behavior*, 199, 79–83. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2018.11.006>
- Kanathi, A., Deepeshwar, S., Chidananda, K., Vidyashree, M., & Krishna, D. (2024). *Event-related potential changes following 12-week yoga practice in T2DM patients: A randomized controlled trial*. *Clinical EEG and Neuroscience*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1177/15500594241249511>
- Koskelo, J., Lehmusaho, A., Laitinen, T. P., Hartikainen, J. E. K., Lahtinen, T. M. M., Leino, T. K., & Huttunen, K. (2024). *Cardiac autonomic responses in relation to cognitive workload during simulated military flight*. *Applied Ergonomics*, 121, 104370. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2024.104370>
- Martin, K., Périard, J., Rattray, B., & Pyne, D. B. (2020). *Physiological factors which influence cognitive performance in military personnel*. *Human Factors*, 62(1), 93–123. <https://doi.org/10.1177/0018720819841757>
- Park, C. L., Braun, T., & Siegel, T. (2015). *Who practices yoga? A systematic review of demographic, health-related, and psychosocial factors associated with yoga practice*. *Journal of Behavioral Medicine*, 38, 460–471. <https://doi.org/10.1007/s10865-015-9618-5>
- Shambhu, T., Kumar, S. D., & Prabhu, P. (2017). *Effect of practicing yoga on cervical vestibular evoked myogenic potential*. *European Archives of Otorhinolaryngology*, 274(10), 3811–3815. <https://doi.org/10.1007/s00405-017-4695-4>
- Sharma, L. (2015). *Benefits of yoga in sports: A study*. *International Journal of Physical Education, Sports Health*, 1(1), 30–32.
- Singh, R. (1999). *Role of yogic exercises/meditation in aircrew stress management*. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 70(9), 939.
- Thomson, C. J., Lesser, I. A., & Hatfield, G. L. (2024). *Psychological and physiological effects of an acute bout of yoga before a simulated academic exam in university students*. *Journal of American College Health*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1080/07448481.2024.2308267>
- Whitley, P. E. (1997). *Pilot performance of the anti-G straining maneuver: Respiratory demands and breathing system effects*. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 68(4), 312–316.
- Wittels, H. L., Wittels, S. H., Wishon, M. J., Vogl, J., St Onge, P., McDonald, S. M., & Temme, L. A. (2024). *Examining the influence of cognitive load and environmental conditions on autonomic nervous system response in military aircrew: A hypoxia-normoxia study*. *Biology*, 13(5), 343. <https://doi.org/10.3390/biology13050343>
- Yang, Y., Pu, F., Lv, X., Li, S., Li, J., Li, D., Li, M., & Fan, Y. (2015). *Comparison of postural responses to galvanic vestibular stimulation between pilots and the general populace*. *BioMed Research International*, 2015, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2015/567690>

Obrigada!

Questões, sugestões ou parcerias: sara.gsantos@hotmail.com

