

ESTRESSE TÉRMICO AMBIENTAL E TERMORREGULAÇÃO DURANTE O TACF: UMA ANÁLISE DA AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE AERÓBICA MÁXIMA DOS CADETES¹

THERMAL STRESS AND THERMOREGULATION DURING TACF: AN ANALYSIS OF THE EVALUATION OF CADETS' MAXIMAL AEROBIC CAPACITY

João Marcos Fonseca Rangel²
Douglas Henrique Queiroz de Carvalho³

RESUMO

O constante aumento da temperatura e da incidência de ondas de calor têm intensificado a preocupação com os efeitos do estresse térmico sobre as atividades diárias nos últimos anos. Diversos estudos têm revelado os impactos que o calor ou o frio excessivo podem causar no desempenho humano, apontando uma perda significativa de produtividade e de capacidade cognitiva quando os indivíduos são expostos a ambientes termicamente desconfortáveis. Dessa forma, com base nos estudos de Fanger e Suping acerca da termorregulação e do estresse térmico, bem como de seus impactos no desempenho humano, este trabalho buscou verificar a influência da temperatura e da umidade relativa do ar (URA) na corrida de 12 minutos do Teste de Aptidão e Condicionamento Físico (TACF), aplicado na Academia da Força Aérea (AFA). Para isso, utilizou-se uma abordagem quanti-qualitativa, com análise estatística por meio do coeficiente de correlação de Pearson, relacionando a média de distância percorrida por esquadrão com os dados de temperatura de bulbo seco e bulbo úmido obtidos junto ao serviço meteorológico da AFA. Foram selecionados testes realizados entre os anos de 2022 e 2024 pelos Esquadrões Árion, Ártemis e Athos, considerando apenas aqueles que cumpriam o critério de participação mínima de 80% do efetivo. Os resultados obtidos demonstraram ausência de significância estatística ($p > 0,05$) entre as variáveis climáticas analisadas e o desempenho dos cadetes na Avaliação da Capacidade Aeróbica Máxima. Dessa maneira, apesar de mostrarem alguma influência, os resultados desta pesquisa não indicam que as condições ambientais tenham um papel determinante no desempenho físico médio durante o TACF.

Palavras-chave: Estresse Térmico; Temperatura; Corrida; TACF; Avaliação da Capacidade Aeróbica Máxima.

¹ Artigo de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Formação de Oficiais Aviadores (CFOAv) da Academia da Força Aérea (AFA).

² Cadete Aviador do 4º Esquadrão (Turma *Ártemis*, 2025).

³ É 2º Tenente QOCON MFS, especialização em Matemática e Ciências pela Universidade de Stanford - Califórnia - EUA, mestrado em Física e Química na área de Materiais pela Universidade Federal de São João Del-Rei. Aluno de doutorado em Ciências de Materiais no Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN/ CNEN). E-mail: carvalhodhqc@fab.mil.br.

ABSTRACT

The constant rise in temperature and the increasing occurrence of heat waves have heightened concerns about the effects of thermal stress on daily activities in recent years. Several studies have revealed the impacts that excessive heat or cold can have on human performance, indicating a significant loss of productivity and cognitive ability when individuals are exposed to thermally uncomfortable environments. Thus, based on the studies by Fanger and Suping on thermoregulation and thermal stress, as well as their impacts on human performance, this research aimed to examine the influence of temperature and relative humidity (RH) on the 12-minute run of the Physical Conditioning and Fitness Test (TACF), conducted at the Brazilian Air Force Academy (AFA). To this end, a quantitative-qualitative approach was used, employing statistical analysis through Pearson's correlation coefficient, relating the average distance covered by each squadron to the temperature and RH data obtained from AFA's meteorological service. Tests conducted between 2022 and 2024 were selected, considering only those that met the minimum participation criterion of 80% of the personnel. The results showed no statistical significance ($p > 0.05$) between the climatic variables analyzed and the cadets' performance in the Maximum Aerobic Capacity Assessment. Therefore, it was not possible to establish a direct correlation between environmental conditions and average physical performance during the TACF.

Keywords: Thermal Stress; Temperature; Running; Physical Fitness Test; Maximum Aerobic Capacity.

INTRODUÇÃO

As constantes ondas de calor e o aumento gradativo da temperatura média têm tornado a prática de atividades físicas uma tarefa cada vez mais desafiadora (Lucia et al., 2023). Os impactos do estresse térmico sobre o desempenho humano em suas atividades diárias, incluindo as atividades físicas em geral, têm ganhado cada vez mais importância (Nybo et al., 2017).

No ano de 2024, o Teste de Aptidão e Condicionamento Físico (TACF) para os cadetes passou por uma reformulação, contando agora com quatro aplicações ao longo do ano, em comparação com as duas que tradicionalmente vinham sendo realizadas desde sua implementação. Essa mudança possibilitou a realização inédita de testes em diferentes períodos do dia, sendo dois deles no período matutino e dois no período vespertino. Nesse contexto, surgem algumas questões: existe diferença no desempenho geral dos cadetes quando o teste é realizado sob diferentes condições de temperatura? Por que o horário destinado à educação física dos cadetes não coincide com o do TACF? Tais perguntas reforçam o que foi mencionado por Rezende (2018), ao afirmar que o conhecimento sobre a termorregulação do corpo humano, bem como suas respostas ao estresse térmico ambiental, é um fator importante a ser considerado no desenvolvimento de estratégias e melhorias nas condições para a prática de atividades físicas.

Termorregulação é o nome dado ao processo pelo qual o corpo consegue autorregular sua temperatura, visando mantê-la dentro de limites saudáveis por meio da transferência de calor para o ambiente (Araújo et al., 2019).

A norma da *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) Standard 55 define conforto térmico como “a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico”. Frota (1995), por sua vez, define conforto térmico como a condição em que a perda de calor para o ambiente ocorre sem que haja necessidade de ações termorreguladoras.

Apesar da existência de mecanismos termorreguladores, as altas temperaturas, a umidade do ar, a incidência de ventos e o trabalho muscular extenuante durante a prática de atividades físicas podem levar ao estresse por calor, o que, conseqüentemente, resulta em uma queda de rendimento (Galloway & Maughan, 1997).

A Norma de Segurança do Comando da Aeronáutica (NSCA) 54-3/2019 define e rege os parâmetros de avaliação do TACF. Segundo essa norma, o teste tem como objetivo

verificar o condicionamento físico e avaliar o desempenho físico individual do militar (Brasil, 2019). Nela, são definidos os exercícios e a pontuação atribuída ao militar de acordo com seu desempenho em cada atividade. Para a Avaliação da Capacidade Aeróbica Máxima, são previstos dois tipos de testes, sendo que, na Academia da Força Aérea (AFA), apenas a corrida de 12 minutos é aplicada. Esse teste segue os protocolos de Cooper (1982) para avaliação da capacidade de VO_2 máx e sugere sua aplicação em uma pista de atletismo (400 m) ou em um circuito de rua (Brasil, 2019).

A maioria dos estudos sobre os impactos do estresse térmico ambiental e da termorregulação no desempenho em atividades físicas foi realizada analisando esforços de média e longa duração, como corridas superiores a 5 km ou partidas de futebol. Contudo, ainda não foram analisados dados referentes a atividades de curta duração e alta intensidade, como é o caso do teste de corrida do TACF.

Na AFA, alguns setores, como o 1º Esquadrão de Instrução Aérea (EIA), local onde os cadetes recebem instruções de voo real e simulado, já demonstraram preocupação com os impactos do estresse térmico sobre o desempenho dos cadetes em voo de instrução local (vide Anexo A), o que reforça a relevância do tema. O teste de corrida, na Academia, é realizado a céu aberto, em uma pista de atletismo, e os candidatos são expostos aos efeitos da temperatura, da umidade relativa do ar (URA), da incidência de ventos e da radiação solar. Dessa forma, percebe-se que a termorregulação e o estresse térmico ambiental tornam-se variáveis que podem influenciar diretamente o desempenho do avaliado, da mesma forma que foram observadas suas influências no voo. Considerando a importância do TACF na classificação final dos cadetes e o peso do teste de corrida, que corresponde a cinco pontos na média ponderada da nota total, este trabalho buscou avaliar a influência da temperatura do ar e da umidade na Avaliação da Capacidade Aeróbica Máxima dos cadetes.

O objetivo desta pesquisa foi verificar uma possível relação entre o desempenho geral dos cadetes na Avaliação da Capacidade Aeróbica Máxima com a temperatura de bulbo seco e bulbo úmido registradas pelo Destacamento de Controle do Espaço Aéreo de Pirassununga (DTCEA-YS) no horário de aplicação do teste.

Para atingir o objetivo geral do projeto, foram elencados alguns objetivos específicos: compreender como as variáveis ambientais, principalmente a temperatura e a umidade, podem influenciar o desempenho humano em atividades físicas e verificar se a temperatura é uma variável com impacto significativo no desempenho dos cadetes no TACF. Para tal, foi

realizada uma extensa revisão bibliográfica e, depois, uma análise comparativa dos resultados obtidos pelos cadetes dos esquadrões do Corpo de Cadetes da Aeronáutica nos anos de 2022, 2023 e 2024 com as temperaturas registradas nas ocasiões dos testes. A hipótese testada nesta pesquisa é que há uma correlação negativa entre temperatura ambiente e o desempenho médio dos cadetes na corrida de 12 minutos.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 CONFORTO TÉRMICO E TERMORREGULAÇÃO

A preocupação com a influência da temperatura no desempenho de atividades cotidianas não é algo novo. Em 1968, a NASA realizou um estudo (CR-1205) sobre o comportamento do corpo humano em ambiente espacial, no qual foi concluído que temperaturas acima de 85°F (29°C) causam uma perda de 18% na produtividade e um aumento de 40% na taxa de erros, especialmente em tarefas que exigem precisão. Fanger (1970) conduziu diversos experimentos sobre o tema, e suas equações e métodos são, até hoje, utilizados em pesquisas relacionadas a essa questão. Ele definia que uma pessoa se encontrava termicamente confortável quando a perda e o ganho de calor do corpo em relação ao ambiente estavam na mesma proporção, fazendo com que a pessoa não preferisse nem mais calor nem mais frio.

A forma como nosso corpo busca o conforto térmico é por meio da termorregulação. Contudo, apesar de ser um processo natural, a termorregulação representa um esforço adicional do organismo e, portanto, gera uma perda de eficiência em outras tarefas (Frota, 1995).

1.2 IMPACTOS DO ESTRESSE TÉRMICO NO DESEMPENHO DO SER HUMANO

Temporal (2005, p. 343) afirma que “estresse é um termo utilizado para designar tudo que possa interferir na obtenção, pelo indivíduo, de seus padrões de desempenho”. Alguns trabalhos que analisaram a influência da temperatura na produtividade mostraram que a produtividade tende a ser maior em ambientes com temperaturas mais amenas, além de indicarem um ganho de concentração e disposição física quando comparados a ambientes mais quentes (Nelson et al., 1987, apud Silva, 2001). Batiz et al. (2009) concluíram, em seu estudo, que o conforto térmico nas salas de aula influencia diretamente o nível de atenção e, conseqüentemente, o desempenho dos alunos.

Nesse sentido, em 1978, o Ministério do Trabalho publicou a NR 17 - ERGONOMIA, que recebeu sua última atualização em dezembro de 2022. A norma “visa estabelecer as diretrizes e os requisitos que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar conforto, segurança, saúde e desempenho eficiente no trabalho.” Dentre esses fatores, está o controle de temperatura e umidade no ambiente de trabalho.

1.3 ESTRESSE TÉRMICO E O MEIO MILITAR

Ramos (2011) concluiu, em sua pesquisa acerca da influência da temperatura do ar no bem-estar dos militares da Companhia de Polícia da Aeronáutica do Cindacta II, que, em temperaturas abaixo de 13°C, os militares se sentiam termicamente desconfortáveis durante a prática da educação física. Gonçalves (2024) mostrou que os cadetes que voavam no 1º EIA, em condições de temperatura na faixa VERDE do Índice de Temperatura de Sensação (ITS), sentiam significativamente menos os sintomas do estresse térmico quando comparados aos cadetes que voavam nas faixas AMARELA e VERMELHA (Anexo A).

1.4 FATORES AMBIENTAIS E DESEMPENHO FÍSICO

Existem inúmeros estudos mostrando como o desempenho durante atividades físicas pode ser influenciado por fatores ambientais. Galloway & Maughan (1997) comprovaram que o desempenho de ciclistas em diferentes temperaturas é distinto. No experimento, os atletas deveriam pedalar a 70% do VO_2max até a fadiga em temperaturas de 4, 11, 21 ou 31 °C, com velocidade do vento de $0,7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ e URA de 70%. A conclusão mostrou uma perda de 44% no tempo de duração do exercício no ambiente mais quente (31 °C), quando comparado com o ambiente no qual a maior duração foi atingida (11 °C).

O efeito da URA foi observado por Zhao et al. (2013) em seu estudo, que colocou nove atletas universitários para medir seu VO_2max em diferentes condições ambientais: 1) 21 °C e 20% URA; 2) 33 °C e 20% URA; 3) 33 °C e 80% URA. Os autores concluíram que, apesar de o desempenho ter caído nos testes realizados com 33 °C, quando comparados ao controle, não foi possível observar diferença significativa entre os dois testes realizados em ambiente quente, apesar das diferenças de URA.

Moraes (2010) defende que, quando a intensidade do exercício é autorregulada, o desempenho físico não sofre prejuízos significativos. Em seu estudo, o autor observou que o desempenho em uma atividade de ciclismo com duração de 20 minutos foi equivalente tanto

em ambiente quente (34 °C, 65% URA) quanto em ambiente temperado (23 °C, 62% URA). A partir desses resultados, concluiu-se que, ao permitir que o indivíduo ajuste a intensidade do exercício ao longo da atividade, é possível compensar fatores estressores, como as condições ambientais, sem comprometer o desempenho físico.

1.5 FÓRMULAS ESTATÍSTICAS

1.5.1 Coeficiente de correlação de Pearson

Desenvolvido por Karl Pearson e Francis Galton (Stanton, 2001), o coeficiente de correlação de Pearson (r) é calculado pela seguinte fórmula:

$$r = \frac{\sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2 \sum (y - \bar{y})^2}}$$

Figura 1 Fórmula coeficiente de correlação de Pearson

Nessa fórmula, temos que:

- r = Coeficiente de correlação de Pearson;
- \sum = Somatório;
- x = Valor da 1º variável;
- y = Valor da 2º variável;
- \bar{x} = Média aritmética simples dos valores de x ;
- \bar{y} = Média aritmética simples dos valores de y .

A correlação de Pearson associa duas variáveis a partir do compartilhamento de suas variâncias, supondo que, de uma forma linear, uma mudança na variável X gera o mesmo impacto em Y (FILHO, 2009). Em outras palavras, ela busca mostrar o quanto as mudanças sofridas em X geram mudanças em valores em Y .

Variando de -1 a 1, o coeficiente de correlação (r) sugere a força da relação entre as variáveis. Quanto mais próximo dos extremos (-1 e 1), maior a força da relação, ou seja, maior é a dependência estatística entre as duas variáveis, tanto para o positivo quanto para o negativo. Por outro lado, um $r = 0$ indica que não existe uma relação linear entre as variáveis.

Em termos gráficos, o coeficiente pode ser verificado com a proximidade das amostras com a linha média esperada, ou seja, o quanto um valor acima da média da variável X também faz com que um valor acima da média aconteça na variável Y .

Utilizando o exemplo apresentado por Filho (2009) em seu trabalho, no qual ele analisa o uso do r , pode-se ter uma ideia melhor da análise gráfica.

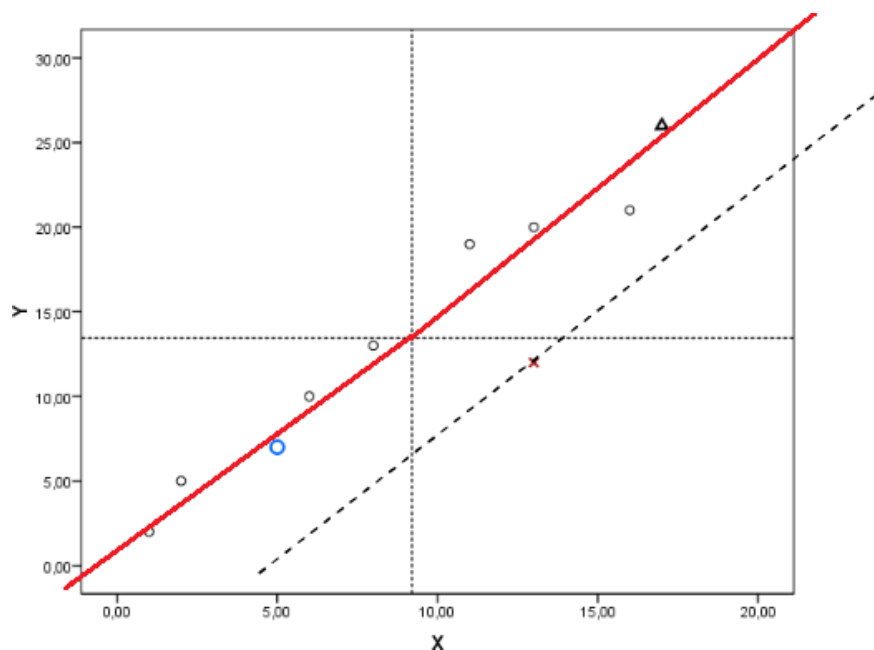


Gráfico 1 Correlação X e Y

Fonte: Elaboração própria baseados nos dados de Filho (2009)

Neste exemplo, as linhas pontilhadas menores denotam as médias das variáveis. Portanto, percebe-se que, para quase todos os valores acima ou abaixo da média em X, os valores de Y também seguem essa tendência. A linha vermelha representa o comportamento esperado para uma correlação de valor -1 ou 1. Logo, quanto mais próximos dessa linha os valores se encontrarem, mais forte será nossa relação e, quanto mais distantes, como é o caso da cruz vermelha, menor será essa força.

1.5.2 Teste de Significância e valor $-p$

A interpretação do coeficiente de correlação de Pearson deve ser acompanhada da análise de sua significância estatística, o p -valor. Ferreira (2015) define o valor- p como “a probabilidade de se observar um valor da estatística de teste maior ou igual ao encontrado.”

No contexto deste trabalho, o valor- p indica a probabilidade de que a correlação observada entre as duas variáveis tenha ocorrido ao acaso, considerando verdadeira a hipótese nula, que afirma que o aumento da temperatura não influenciará o resultado médio das

corridas. O valor tradicionalmente utilizado para considerar um dado estatístico como significativo e, portanto, rejeitar a hipótese nula é de no máximo 5% ($p < 0,05$), ou seja, valores acima desse limite levam à aceitação da hipótese nula.

Contudo, destaca-se que a significância estatística não equivale à relevância prática. Valores acima de 5% não invalidam a pesquisa; apenas indicam que, dentro daquele espaço amostral e com os dados disponíveis, não foi possível descartar a hipótese nula.

2 METODOLOGIA

Foi desenvolvido um estudo de abordagem quanti-qualitativa com métodos estatísticos, no intuito de investigar possíveis relações entre variáveis ambientais - temperatura e umidade - e o desempenho dos cadetes no teste de corrida de 12 minutos do TACF, utilizado para estimar o VO_2 máx.

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica com foco em publicações que abordassem os efeitos do estresse térmico tanto em atividades físicas quanto em atividades cotidianas. Em seguida, foram coletados os dados relativos ao desempenho dos cadetes junto à Seção de Educação Física (SEF) da AFA, abrangendo os anos de 2022, 2023 e 2024, totalizando 32 aplicações do teste. Os dados climáticos foram obtidos no portal da Divisão de Pesquisa do Instituto de Controle do Espaço Aéreo (ICEA), com o CLIMAER Superfície, um produto que apresenta uma lista com os dados de superfície de diversas variáveis climáticas registradas desde 01/01/2013, entre elas, temperatura e umidade relativa. Como fonte secundária, foram utilizadas as temperaturas informadas nos Relatórios Meteorológicos de Aeródromo (METAR), registrados no portal REDEMET.

Os dados de temperatura e umidade são registrados de hora em hora. Portanto, para os testes aplicados pela manhã, foi utilizado como padrão o horário de 10h local (1300 UTC) e, para os testes aplicados na parte da tarde, 17h local (2000 UTC), pois são os horários em que normalmente são realizados os testes de corrida do TACF.

Para os testes de corrida, foi feita a média das distâncias percorridas por cada esquadrão. Dos 32 testes recebidos, só foram utilizados aqueles em que se tinham mais do que 4 aplicações para a mesma turma. Outro ponto levado em conta foi a participação mínima dos cadetes no dia previsto. Como nem sempre todos os cadetes estão disponíveis para fazer o TACF na data prevista, este estudo só levou em consideração testes em que mais de 80% dos militares da turma estivessem presentes no dia previsto.

Após análise, os testes que não atendiam os critérios foram descartados, restando, ao todo, 19 testes - 7 do Esquadrão Árion, 7 do Esquadrão Ártemis e 5 do Esquadrão Athos - para o estudo de uma possível correlação.

Após coletar e tratar os dados, uma análise estatística, utilizando o Coeficiente de Pearson, foi conduzida de modo a buscar uma possível correlação entre a média das distâncias com a temperatura registrada no momento do teste.

3 RESULTADOS

O objetivo do trabalho foi verificar a relação entre o desempenho geral dos cadetes na Avaliação da Capacidade Aeróbica Máxima com as temperaturas de bulbo seco e bulbo úmido registradas pelo Destacamento de Controle do Espaço Aéreo de Pirassununga (DTCEA-YS) no horário de aplicação do teste.

A análise estatística dos dados resultou nos seguintes coeficientes de correlação e p-valores:

Tabela 1 Coeficiente de correlação de Pearson e p-valor por esquadrão

ESQUADRÕES	COEF. DE CORRELAÇÃO	P-VALOR	SIGNIFICÂNCIA ESTATÍSTICA
ÁRION	-0,557 (Tendência negativa)	0,194	Não Significativa ($p > 0,05$)
ÁRTEMIS	0,287 (Tendência fraca positiva)	0,532	Não Significativa ($p > 0,05$)
ATHOS	-0,700 (Forte tendência negativa)	0,180	Não Significativa ($p > 0,05$)

Fonte: elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa.

Os resultados obtidos revelaram ausência de significância estatística nas análises de correlação, com p-valores superiores a 0,05 para todos os esquadrões analisados. Isso indica que, sob as condições avaliadas, não foi possível estabelecer uma relação direta entre os fatores climáticos e a performance média dos cadetes no teste de corrida de 12 minutos.

Abaixo, apresentam-se os gráficos de dispersão gerados para cada esquadrão, a linha vermelha representa o $r = 1$ ou -1 , ou seja, a progressão ou regressão linear esperada, quanto mais disperso em relação a linha, menor será o valor do coeficiente de correlação de Pearson.

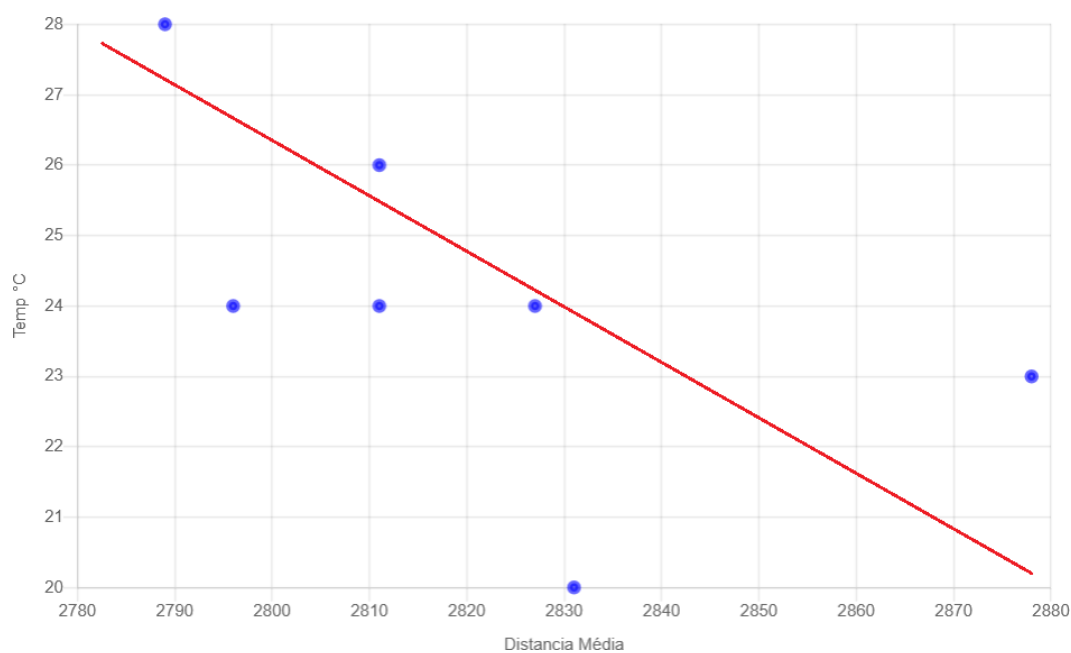


Gráfico 2 Gráfico de dispersão Distância Média (metros) x Temp °C – Esquadrão Árion

Fonte: elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa.

Os resultados do Esquadrão Árion apontaram um coeficiente de correlação de $-0,557$. Portanto, percebe-se que em temperaturas mais altas, as médias tendem a ser menores. O nível de significância $p = 0,194$, revela que, apesar de mostrar uma correlação entre as variáveis, os dados não têm significância estatística ($p > 0,05$), ou seja, não é possível descartar a hipótese nula.

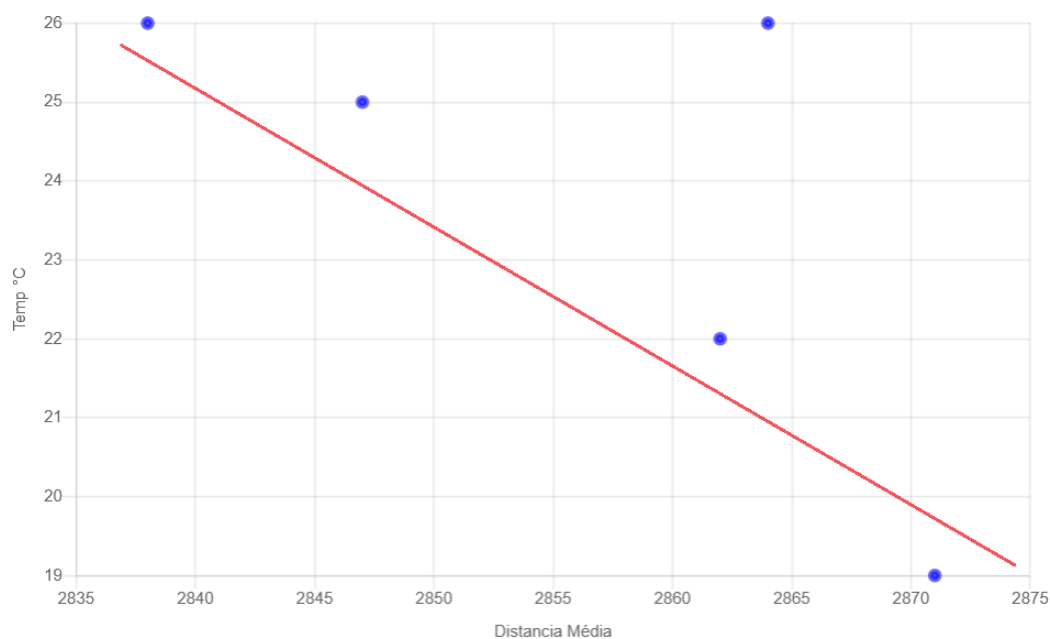


Gráfico 3 Gráfico de dispersão Distância Média (metros) x Temp °C – Esquadrão Athos

Fonte: elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa.

Assim como no gráfico 2, os resultados do Esquadrão Athos também apontaram uma regressão com coeficiente de correlação de $-0,7$. Ressalta-se que em ambos a presença de *outliers*, pontos muito distantes da linha esperada, colaboram para uma diminuição do valor de r . O nível de significância $p = 0,18$ também revela dados sem significância estatística ($p > 0,05$).

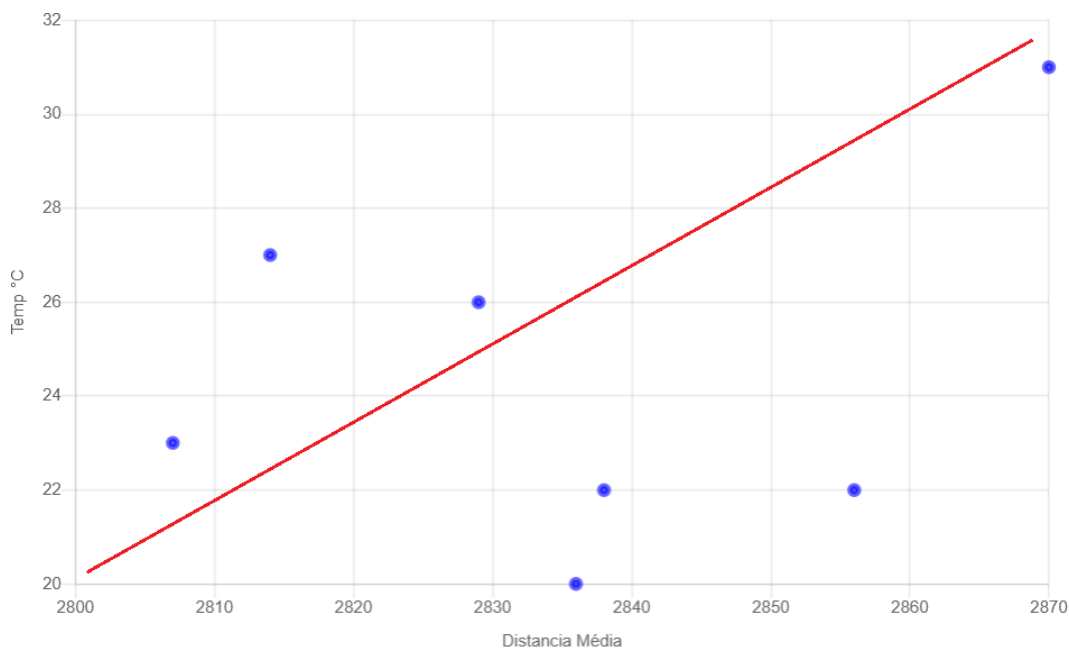


Gráfico 4 Gráfico de dispersão Distância Média (metros) x Temp °C – Esquadrão Ártemis

Fonte: elaboração própria com base em dados coletados na pesquisa.

Ao contrário do que foi observado nos gráficos dos Esquadrões Árion e Athos, os resultados do Esquadrão Ártemis apontaram um coeficiente de correlação positivo de 0.287. Ou seja, existe uma tendência das distâncias médias serem maiores mesmo em temperaturas mais altas. Contudo, esse valor e o desenho do gráfico mostram que, de maneira geral, os resultados dessa turma não são lineares, sendo difícil fazer uma correlação. Essa tendência é confirmada pelo nível de significância muito mais alto que o dos demais, $p = 0,532$.

4 DISCUSSÃO

Embora a literatura científica aponte perdas significativas de desempenho físico sob condições de estresse térmico (Galloway & Maugham, 1997; Zhao et al., 2013), os resultados desta pesquisa mostram que o desempenho dos cadetes não parece ser influenciado diretamente pelas temperaturas registradas. Tal fato está de acordo com o estudo de Moraes (2010), que indicou que, em exercícios autorregulados, o desempenho pode ser mantido mesmo em ambientes quentes. Isso sugere que os cadetes podem estar utilizando mecanismos fisiológicos ou estratégias conscientes de adaptação para lidar com a carga térmica durante o esforço físico.

Contudo, os resultados deste estudo devem ser vistos à luz de algumas limitações. As temperaturas utilizadas para análise foram obtidas por meio dos registros do DTCEA-YS, cujo termômetro não se encontra próximo à pista de atletismo da AFA. Como demonstrado por Batista (2021), a localização, exposição solar e área verde podem influenciar diretamente na temperatura e na sensação térmica. Logo, a localização diferente pode ter impactado os dados analisados, uma vez que a superfície da pista, feita de material sintético e exposta diretamente ao sol, pode reter e irradiar calor, aumentando a temperatura local e a sensação térmica real experimentada pelos cadetes.

Outro ponto não contemplado por este trabalho é a percepção subjetiva do esforço. A escala de esforço de Borg (1982) foi desenvolvida para permitir uma classificação, por parte do indivíduo, do esforço realizado durante o exercício, levando em consideração a aptidão pessoal, condições ambientais e os níveis de fadiga (Balady et al., 2003). Logo, a utilização da escala poderia revelar níveis elevados de esforço percebido mesmo na ausência de quedas objetivas no desempenho físico. Estudos futuros que incluam esse tipo de avaliação poderiam contribuir significativamente na compreensão da influência de variáveis climáticas no desempenho dos cadetes nos testes de $VO_2\text{max}$.

5 CONCLUSÃO

Os resultados desta pesquisa indicam que, nas condições observadas entre os anos de 2022 e 2024, não foi possível identificar uma correlação estatisticamente significativa entre temperatura, URA e o desempenho médio dos cadetes na corrida de 12 minutos do TACF. Embora alguns esquadrões tenham apresentado coeficientes de correlação moderados, os p-valores obtidos em todas as análises foram superiores a 0,05, o que inviabiliza a confirmação de uma relação causal.

A ausência de correlação significativa não invalida os impactos fisiológicos e perceptivos do ambiente térmico sobre os cadetes, mas sugere que o desempenho objetivo pode ser mantido mesmo sob desconforto, possivelmente devido a adaptações individuais, estratégias de autorregulação ou limitações metodológicas do presente estudo.

Portanto, considerando as limitações identificadas, recomenda-se que novas pesquisas contemplem medições de temperatura diretamente no local de aplicação do teste e incorporem avaliações subjetivas de esforço, como a escala de Borg, de modo a oferecer um panorama mais completo e preciso dos fatores que afetam o desempenho durante o TACF.

A integração dessas variáveis permitirá uma compreensão mais precisa e sensível dos fatores que influenciam o desempenho físico sob diferentes condições ambientais, contribuindo para ajustes nas estratégias de aplicação do TACF e no preparo físico dos cadetes, uma vez que os resultados têm grande influência na classificação final e, conseqüentemente, na vida dos futuros oficiais da Força Aérea Brasileira.

ANEXO A - TABELA TEMPERATURA EM VOO DE INSTRUÇÃO

Tabela 1 (Voos abaixo de 6000ft de altitude e/ou operação sem hangarete):

ITS	FAIXA	OPERAÇÃO
VERDE	TEMPERATURA < 29.0°C	Operação normal, independentemente do funcionamento do sistema de ar condicionado.
AMARELO	29.0°C ≤ TEMPERATURA < 33.0°C	Com ar condicionado operante, operação normal. Todos os pilotos, caso voem sem ar condicionado, estão restritos a apenas um voo. Os seguintes deverão ser abortados, independentemente da disponibilidade de aeronaves com o sistema de ar condicionado operante.
VERMELHO	TEMPERATURA ≥ 33.0°C	Os voos somente poderão ser realizados em aeronaves com o sistema de ar condicionado operante.

Tabela 2 (Voos acima de 6000ft de altitude):

ITS	FAIXA	OPERAÇÃO
VERDE	TEMPERATURA < 29.0°C	Operação normal, independentemente do funcionamento do sistema de ar condicionado.
AMARELO	29.0°C ≤ TEMPERATURA < 33.0°C	Com ar condicionado operante, operação normal. Sem ar condicionado operante, o piloto poderá executar mais do que um voo nessa faixa caso permaneça em ambiente climatizado por, no mínimo, 3 horas entre o pouso e a decolagem subsequente.
ÂMBAR	33.0°C ≤ TEMPERATURA < 35.0°C	Com ar condicionado operante, operação normal. Todos os pilotos, caso voem sem ar condicionado, estão restritos a apenas um voo. Os seguintes deverão ser abortados, independentemente da disponibilidade de aeronaves com o sistema de ar condicionado operante. Os voos com cadete, OCNA e Marinha deverão ser somente duplo comando. O líder da formatura poderá voar solo.
VERMELHO	TEMPERATURA ≥ 35.0°C	Os voos somente poderão ser realizados em aeronaves com o sistema de ar condicionado operante.

Fonte: Manual de Procedimentos 2025 do 1º EIA

REFERÊNCIAS

ASHRAE. **Thermal environmental condition for human occupancy (ANSI/ASHRAE 55-2004)**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2004.

BALADY, et al. **Diretrizes do Colégio Americano de Medicina do Esporte para os testes de esforço e sua prescrição**. Editora Guanabara Koogan S.A., 6ª ed., 2003.

BATISTA, R. S. et al. Análise das condições térmicas em praças públicas e sua relação com a população idosa praticantes de exercícios físicos na cidade de João Pessoa/PB. 2021.

BATIZ, E. C. et al. **Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória**. Produção, v. 19, n. 3, p. 477-488, 2009.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Academia da Força Aérea. Divisão de Operações Aéreas. **Manual de Procedimentos do 1º Esquadrão de Instrução Aérea**. Pirassununga, 2025. Acesso em 20 mar. 2025.

BRASIL. Ministério da Defesa. Comando da Aeronáutica. Organização Geral. NSCA **54-3/2019 - Teste de Avaliação do Condicionamento Físico no Comando da Aeronáutica**. Brasília, DF: Boletim do Comando da Aeronáutica, n. 87, 2020.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Normas Regulamentadoras. NR 17 – **Norma Regulamentadora de Ergonomia**. Portaria nº 3.214. 1978. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/nr-17-atualizada-2023.pdf>. Acesso em: 10 maio 2025.

BORG, G. A. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine Science and Sports and Exercise**, v. 14, n. 5, p. 377-381, 1982.

COOPER, K. H. **Programa aeróbico para o bem-estar total**. 3. ed. Rio de Janeiro: Melory, 1990.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort, Analysis and Application in Environmental Engineering**. New York: McGraw-Hill Book Company, 1970.

FERREIRA, J. C.; PATINO, C. M. O que realmente significa o valor-p? **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, São Paulo, v. 41, n. 5, p. 485, 2015.

FROTA, A. B. **Manual de conforto térmico: Arquitetura/Urbanismo**. São Paulo: Stúdio Nobel, 1995.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. [s.l.]: Atlas, 2017.

GONÇALVES, R. Impactos do Estresse Termal nas Atividades do Primeiro Esquadrão de Instrução Aérea. 2024.

INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION. **ISO 7730: Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort**. Genebra: International Standards Organization, 2005.

LIMA, D. L. A.; RAMOS, E. A. **A importância dos mecanismos de termorregulação do organismo durante a atividade física**. 2016.

LIMA, R. A. et al. Sudorese e regulação térmica: influências da composição corporal, hidratação e condicionamento físico. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 22, n. 2, p. 113-126, 2014.

LUCIA, E. M. D. et al. O uso de camisa UV durante o exercício físico no calor favorece a termorregulação e o desempenho físico de corredores?. **RBPFEEX - Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v. 18, n. 114, p. 167-178, 2023.

MORAES, M. M. O exercício físico autorregulado, em ambiente quente, não aumenta o **estresse oxidativo nem reduz o desempenho**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

NASA. **CR-1205(2): A Compendium of Human Responses to the Aerospace Environment Plant Engineering**. 1968.

NYBO, L. et al. Global heating: Attention is not enough; we need acute and appropriate actions. **Temperature (Austin)**, v. 4, p. 199- 201, 2017.

PARANHOS, R. et al. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson: o retorno. **Leviathan (São Paulo)**, São Paulo, Brasil, n. 8, p. 66–95, 2014.

PEARSON, K. On the probability that two independent distributions of frequency are really samples of the same population, with special reference to recent work on the identity of trypanosome strains. **Biometrika**, v. 10, p. 85-143, 1914.

RAMOS, M. A Influência da Temperatura do ar no Bem-estar dos Militares da Companhia de Polícia da Aeronáutica do Cindacta II. 2011.

SILVA, L. B. **Análise da relação entre Produtividade e conforto térmico: o caso dos digitadores do centro de processamento de dados da Caixa Econômica Federal de Pernambuco**. 2001.

STANTON, J. M. Galton, Pearson, and the Peas: A Brief History of Linear Regression for Statistics Instructors. **Journal of Statistics Education**, v. 9, n. 3, 2001.

SUPING, Z. et al. Study of the relationships between weather conditions and the marathon race, and of the meteorotropic effects on distance runners. **International Journal of Biometeorology**, v. 36, p. 63-68, 1992.

TEMPORAL, W. et al. **Medicina Aeroespacial**. Rio de Janeiro: Luzes – Comunicação, Arte & Cultura, p. 472, 2005.

VIVEIROS, J. P. Desempenho e termorregulação de corredores jovens e de meia idade com VO₂ máx similar em corridas de intensidades fixa e autorregulada em ambientes quente e termoneutro. 2011.

ZHAO, J. et al. Effects of heat and different humidity levels on aerobic and anaerobic exercise performance in athletes. **Journal of Exercise Science & Fitness**, v. 11, p. 35-41, 2013.