O Boletim de Conjuntura (BOCA) publica ensaios, artigos de revisão, artigos teóricos e empíricos, resenhas e vídeos relacionados às temáticas de políticas públicas.

O periódico tem como escopo a publicação de trabalhos inéditos e originais, nacionais ou internacionais que versem sobre Políticas Públicas, resultantes de pesquisas científicas e reflexões teóricas e empíricas.

Esta revista oferece acesso livre imediato ao seu conteúdo, seguindo o princípio de que disponibilizar gratuitamente o conhecimento científico ao público proporciona maior democratizacão mundial do conhecimento.



BOLETIM DE CONJUNTURA

BOCA

Ano VI | Volume 18 | Nº 54 | Boa Vista | 2024

http://www.ioles.com.br/boca

ISSN: 2675-1488

https://doi.org/10.5281/zenodo.13282147

BOLETIM DE CONJUNTURA

www.ioles.com.br/boca

ESTRESSE E VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM AMBIENTES EXTREMOS: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

Gustavo de Sá Oliveira Lima[1]

Leonardo Pereira da Silva[2]

Pedro Gabriel Dias Coêlho[3]

Thiago Teixeira Mendes[4]

Marcos Antonio do Nascimento[5]

Resumo

O objetivo deste estudo foi buscar na literatura as possíveis alterações fisiológicas no controle autonômico cardíaco - através da variabilidade da frequência cardíaca (VFC) - e marcadores de estresse - como o cortisol -, decorrentes da permanência em ambiente extremo - isolado, confinado e extremo (ICE). Por meio de uma pesquisa qualitativa, do tipo revisão sistemática da Literatura, utilizou-se a estratégia PICO, buscando estudos dos últimos 05 anos, disponíveis gratuitamente, com interação a temática, além disso, foram realizadas as buscas nas bases Biblioteca Virtual em Saúde (BVS), via MEDLINE e PubMed, foram utilizados os seguintes descritores DeCS/MeS combinados com o operador booleano "AND": "Confined environment and Antarctica", "Extreme environment and Antarctica", "Isolated and Antarctic environment", "heart rate variability and Antarctica", "stress and Antarctica", "stress and isolated environment", "heart rate variability and isolated environment". Ao todo, foram encontrados 328 estudos, após as etapas de elegibilidades restaram 4 estudos, estes incluídos em síntese qualitativa. É evidente os efeitos neuro psicofisiológicos decorrentes da permanência em ambientes ICE e os resultados apontam que há uma redução da ativação parassimpática durante o sono, afetando a qualidade do sono. Bem como, pode causar diminuição do cortisol diurno atrelado à fadiga e dificultar a capacidade de lidar com o estresse. Pesquisas futuras podem auxiliar essa compreensão e, portanto, são necessárias, bem como novas abordagens para investigação destes impactos à saúde humana e à qualidade de vida dos sujeitos expostos neste tipo de ambiente.

Palavras-chave: Antárctica; Efeitos Fisiológicos; Modulação Autonômica.

Abstract

The aim of this study was to investigate, through the literature, the possible physiological alterations in cardiac autonomic control - assessed through heart rate variability (HRV) - and stress markers - such as cortisol - resulting from exposure to extreme environments - isolated, confined, and extreme (ICE). A qualitative research approach, specifically an systematic Literature Review, was conducted using the PICO strategy, targeting studies from the last 05 years freely available and relevant to the topic. Searches were performed in the Virtual Health Library (VHL), via MEDLINE and PubMed, using the following DeCS/MeSH descriptors combined with the boolean operator "AND": "Confined environment and Antarctica," "Extreme environment and Antarctica," "Isolated and Antarctic environment," "heart rate variability and Antarctica," "stress and Antarctica," "stress and isolated environment," "heart rate variability and isolated environment." In total, 328 studies were initially identified, and after eligibility screening, 4 studies remained for qualitative synthesis. The neurophysiological effects of ICE environments are evident, with results indicating a reduction in parasympathetic activation during sleep, impacting sleep quality. Additionally, it may lead to decreased daytime cortisol levels associated with fatigue and hinder the ability to cope with stress. Future research is crucial to further understand these effects, necessitating new approaches to investigate the impacts on human health and the quality of life of individuals exposed to such environments.

Keywords: Antarctic; Autonomic Modulation; Physiological Effects.

[1] Mestrando em Educação Física pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). E-mail: lima.gustavo@discente.ufma.br

[2] Mestrando em Educação Física pela Universidade Federal do Maranhão (UFMA). E-mail: silva.leonardo1@discente.ufma.br

[3] Graduando em Educação Física pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). E-mail: pedrogabrieldiascoelho@gmail.com

[4] Docente da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Doutor em Ciências do Esporte. E-mail: thiagotemendes@gmail.com

[5] Docente da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) Doutor em Ciências. E-mail: marcosdonascimento@professor.uema.br

INTRODUÇÃO

Ambientes gelados, como encontrados em regiões polares, em exposições em montanhas ou lugares nevados, impõem desafios significativos à manutenção da homeostase corporal. Nesse contexto, a exposição prolongada ou aguda a estas condições extremas pode afetar não apenas a termorregulação, mas também influencia as respostas ao estresse fisiológico e emocional pela resposta do eixo hipotálamo-hipófise-adrenal estimulando a secreção do hormônio cortisol, e a atividade autonômica do sistema cardiovascular, em decorrência das condições muitas das vezes vivenciadas de isolamento, confinamento e situações extremas - ambiente ICE ("*isolated, confined and extreme environments*").

Em estudos recentes, têm-se investigado os possíveis efeitos desse ambiente nos parâmetros fisiológicos em situações extremas, tentando associar os processos adaptativos. Expedições controladas de diversos países realizadas anualmente na Antártica favorecem esse tipo de compreensão. Após o tratado antártico feito em 1959, com objetivo de reservar o continente para atividades pacíficas, incluindo a pesquisa científica, eclodiram-se inúmeros estudos no Continente Antártico. Entre os objetivos, está uma melhor compreensão da exposição humana nesse tipo de ambiente.

É válido ressaltar que dentro das respostas fisiológicas em ambientes ICE, temos as alterações autonômicas, que retratam de maneira eficaz a saúde cardiovascular. No caso do ambiente ICE Antártico, onde as condições ambientais são desafiadoras, faz-se necessário o monitoramento das alterações autonômicas, possível através da avaliação da modulação autonômica e variabilidade da frequência cardíaca (VFC) para garantir a saúde e o bem-estar das pessoas expostas nesse tipo de ambiente.

Por outro lado, em um ambiente tão extremo e desafiador quanto a Antártica, onde as condições são imprevisíveis e as demandas físicas e psicológicas podem ser intensas, devido aos dias, meses, e até anos, nos quais várias das expedições os indivíduos ficam totalmente confinados e isolados do mundo exterior, também são esperadas respostas ao estresse em marcadores hormonais como a liberação de hormônios como o cortisol e a adrenalina, preparando o corpo para condições adversas.

Sendo assim, avaliar e monitorar essas condições pode trazer respostas interessantes sobre as respostas agudas e crônicas do corpo humano quando exposto ao ambiente ICE. Podendo se utilizar de ferramentas não invasivas como o uso de questionários validados pela literatura, ou até mesmo dispositivos eletrônicos como os monitores da variabilidade da frequência cardíaca e determinação da concentração de cortisol em amostras de saliva refletindo os níveis de estresse sob essas condições.

Nesse sentido, com o intuito de facilitar a compreensão, o artigo está estruturado em seções, começando pela introdução, revisitando pontos iniciais para a relação das variáveis do estudo.

Posteriormente, são descritas as informações do referencial teórico relacionado a alguns conceitos sobre o estresse e a variabilidade em ambientes ICE. A seção seguinte representa os materiais e métodos realizados no estudo com intuito de obtenção dos dados, incluindo processo de seleção, coleta e a forma de análise dos dados. Em sequência, temos os resultados obtidos, incluindo informações sobre autor/ano, tipo de estudo, país e principais desfechos acerca do estresse e/ou variabilidade da frequência cardíaca em ambientes ICE. Seguida da discussão destes achados, com posteriormente conclusão dos dados, principais limitações, além de sugestões para pesquisas futuras.

Com isso, temos como objetivo desse estudo buscar na literatura as possíveis alterações fisiológicas do estresse e variabilidade da frequência cardíaca em ambientes ICE.

ADAPTAÇÕES FISIOLÓGICAS EM AMBIENTES ICE

Os ambientes ICE possuem características peculiares que incluem diversos desafios aos sujeitos expostos. Alguns estudos têm investigado os efeitos das adaptações, sobretudo, em como minimizar as possíveis complicações vistas anteriormente, como distúrbios de sono, comprometimento cognitivo, como resultado uma piora do desempenho sensório motor (LE ROY *et al*., 2023; FRANTZIDIS *et al*., 2019).

Sendo assim, ambientes operacionais extremos, são caracterizados em dois domínios da carga alostática, sendo eles, pessoal e ambiental (contexto); O domínio ambiental se refere a lugares onde as condições são adversas representam uma ameaça à presença humana, exemplos são extremos de altitude, pressão atmosférica, gravidade, ameaças químicas ou biológicas e temperatura (SCHMIDT; JONES; MASON, 2023).

Os humanos podem se adaptar a ambientes frios e condições extremas. Nos estágios iniciais da exposição a esses ambientes, a fim de reduzir a perda de calor, uma vasoconstrição é estimulada, como resultado da redução da temperatura da pele (Tsk). Posteriormente, a redução do fluxo sanguíneo periférico acarreta uma queda na temperatura de mãos e pés, sendo esses os primeiros sinais de estresse causados pelo frio (LEE *et al.,* 2023).

Entretanto, as respostas não passam somente pelos efeitos tegumentares, bem como níveis de ansiedade, estresse e alterações cardiovasculares, para que se permita observar e prevenir os efeitos deletérios da exposição humana e garantir a integridade fisiológica. Nesse contexto, é válido destacar que em outras investigações o processo de aclimatação parece ser mais longo a medida da exposição, o que indica, em alguns casos, ao invés de se tratar de um fator patológico, há uma tentativa de adequação até adquirir estabilidade fisiológica (STREWE *et al*., 2018).

VARIABILIDADE DA FREQUÊNCIA CARDÍACA EM SITUAÇÕES EXTREMAS

Dentro da modulação autonômica, temos a variabilidade da frequência cardíaca (VFC), um potente marcador da saúde cardiovascular. Que em situações sob estresse pode ter uma maior ativação simpática, em resposta ao agente estressor, mas quando ocorre de maneira prolongada pode prejudicar o equilíbrio simpatovagal, provocando uma maior hiperatividade simpática bem relacionada a problemas na estrutura cardiovascular (LE ROY *et al*., 2024).

Além disso, pode estar relacionada a outros parâmetros da qualidade de vida, em meio a esse tipo de exposição, como a apneia obstrutiva do sono, observada em alguns estudos no ambiente ICE (QIN *et al*., 2021). Bem como, os marcadores de estresse podem variar em intensidade e relevância. Em exemplo, as expedições polares nos acampamentos, onde os sujeitos podem sofrer com o regime de luz dependendo da estação do ano (verão ou inverno), o que pode ter relação com o equilíbrio simpatovagal diurno e noturno (MORAIS; MENDES; ARANTES, 2021).

ESTRESSE DURANTE CONFINAMENTO E ISOLAMENTO EM AMBIENTE EXTREMO

Ambientes extremos, como o antártico, se caracterizam talvez como um dos ambientes mais inóspitos do planeta. Clima extremo, isolamento, confinamento são apenas alguns pontos observáveis, principalmente durante as expedições na Antártica. Os possíveis efeitos têm sido associados com as condições análogas que os astronautas vivenciam no espaço. Nesse contexto, existem estressores sistêmicos (ruído, isolamento) ou possessivos (falta de privacidade, monotonia), tudo isso pode envolver ameaças fisiológicas relacionadas aos marcadores de estresse (LE ROY *et al*., 2023).

De maneira geral, nas expedições polares são observados impactos temporais, psiquiátricos, psicológicos, de saúde, cognitivos, fisiológicos, neurofisiológicos, sensoriais e pós-missão. Em ambientes ICE o estresse pode ser divididos em algumas categorias interativas, sendo elas: 1- estressores ambientais - relacionados ao ambiente extremo; 2 - Estressores físicos e psicológicos - relacionados ao ambiente confinado, pouco espaço, excesso de carga de trabalho, desconforto físico; 3 - os estressores sociais - relacionadas às relações interpessoais, como a comunicação interação entre os participantes; 4 - estressores sazonais - relacionados a passagem do tempo (LE ROY *et al*., 2023).

Além disso, é válido ressaltar a adaptação geral nesse contexto a Síndrome de Adaptação Geral (SAG) em resposta ao organismo a situações de estresse crônico como vivenciados nessas expedições

em resposta a adaptação nesse tipo de ambiente, podendo destacar em três fases: 1- Alarme- onde o corpo percebe o agente estressor, e começa o processo de liberação dos hormônios de estresse 2- Resistência- aqui já se pode identificar uma tentativa de reerguer o equilíbrio, ainda assim com a estimulação hormonal da fase anterior. 3 - Exaustão - se esse estímulo persistir, começa o processo de esgotamento dessa sobrecarga. Surge nesse tipo de ambiente a necessidade de lidar com o estresse de maneira eficaz (BORITZA; BARTH, 2024).

A ativação do componente simpático do sistema nervoso autônomo (SNA) e dos sistemas adrenomedular e adrenocortical desempenha um papel crucial na adaptação ao estresse físico e psicológico. Um sistema simpático e adrenomedular íntegro é essencial para proteger o corpo do frio, mantendo a temperatura corporal e a homeostase por meio de efeitos cardiovasculares e metabólicos. Os seres humanos têm uma notável capacidade de se ajustar a ambientes estressantes, como exposição prolongada ao frio, o que resulta em respostas modificadas, como adaptação, aclimatação, condicionamento, habituação ou tolerância (MCEWEN, 2003).

Estudos em populações habituadas ao frio sugerem a possibilidade de aclimatação nesses indivíduos. Durante a exposição ao frio, as mudanças cardiovasculares, influenciadas pelo sistema nervoso simpático, contribuem tanto para conservar o calor quanto para fornecer oxigênio e substratos metabólicos para atender às demandas aumentadas do organismo (RACKOVÁ *et al*., 2024).

Nesse contexto, o estresse pode ocorrer de maneira sistemática no que chamamos de eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, por meio do qual uma situação homeostática é desafiada, levando a um desequilíbrio, neste caso, dos parâmetros fisiológicos. Intuitivamente, essa região do cérebro quando excitada pelo estresse pode liberar uma substância chamada corticotropina (CRH), a partir daí uma cadeia de reações através da glândula pituitária, estimula a produção da adrenocorticotropina (ACTH), que por sua vez viaja pela corrente sanguínea até a glândula adrenal estimulando substâncias como o cortisol e algumas catecolaminas como a noradrenalina, relativa a uma ativação simpática (SUGAMA; KAKINUMA, 2020; LU; WEI; LI, 2021).

METODOLOGIA

Este estudo se caracteriza como uma revisão sistemática, com objetivo central sintetizar informações acerca de uma temática. Permite, portanto, realizar uma síntese das evidências, realizando a inclusão de diversos estudos para realizar uma análise comparativa e contextualização teórica para preencher algumas lacunas no conhecimento (DANTAS *et al*., 2022; SOUSA *et al*., 2021).

A revisão sistemática, por sua vez, combina também dados da literatura teórica de forma ampla, sistemática, para buscar facilitar a compreensão sobre determinado tema com base na pergunta norteadora, busca na literatura, extração dos dados, análise e interpretação dos dados (SOUSA *et al*., 2021).

Para o estudo, foi utilizado o protocolo PICO (paciente = expedicionários na antártica; intervenção= análise do estresse, e variabilidade da frequência cardíaca; comparação= não houve comparação; e desfecho = possíveis alterações em virtude da exposição) para estabelecer e garantir que os critérios de seleção sejam claros e consistentes (BEZERRA *et al*., 2024). A pergunta da pesquisa foi: Quais as principais alterações observadas sobre o estresse e a variabilidade da frequência cardíaca no corpo humano em ambientes ICE?

O estudo foi realizado entre abril e maio de 2024 por meio de um levantamento bibliográfico utilizando as bases de dados PUBMED e MEDLINE por intermédio dos seguintes descritores DECS/MESH: “Confined environment and Antarctica” “Extreme environment and Antarctica” “Isolated and Antarctic environment” “heart rate variability and Antarctica” “stress and Antarctica” “stress and isolated environment” “heart rate variability and isolated environment” dessa forma, foi utilizado o protocolo prisma, ao todo foram encontrados 328 estudos.

Utilizando os critérios de inclusão: - Artigos disponíveis gratuitamente, texto completo, sem restrição de língua, publicados nos últimos 05 anos, que abordassem a temática. E exclusão dos estudos: - pesquisas qualitativas, estudos de prevalência, revisões, livros e documentos, artigos duplicados ou redundantes, sem relação com a temática de estresse e variabilidade da frequência cardíaca em ambiente isolado, confinado, e extremo - ICE, sendo assim, dois revisores de maneira independente avaliaram inicialmente os títulos e resumos dos artigos identificados nas buscas.

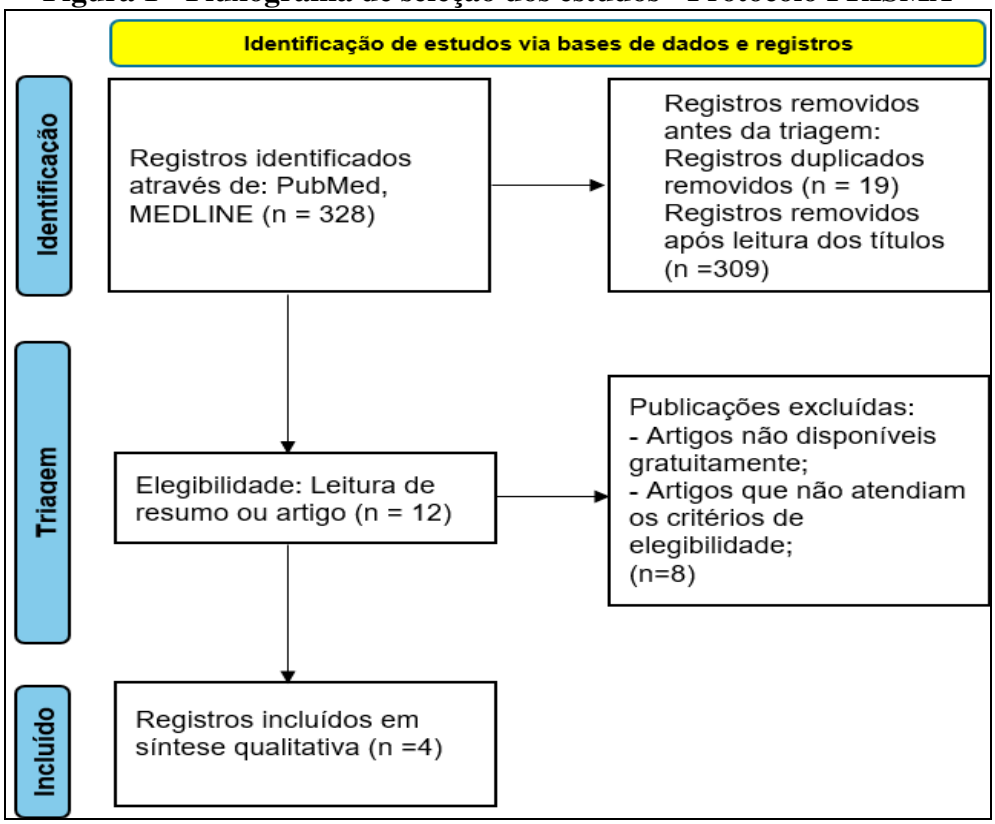
Logo em seguida, os artigos selecionados foram submetidos a uma leitura completa destes para avaliar a elegibilidade conforme os critérios de inclusão. Qualquer divergência, adicionalmente com auxílio de um terceiro revisor, as etapas do estudo estão descritas na figura 1, com o fluxograma do estudo.

Após a seleção dos estudos, foi constituído um corpus textual a partir dos resultados encontrados nos estudos incluídos em síntese qualitativa, na medida que sintetizam os principais achados do presente estudo, proporcionando uma visão abrangente em contexto dessa investigação. O corpus textual foi analisado com base no software Interface de *R por Analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionneires* (IRAMUTEQ) (SALVADOR *et al*., 2018).

Este software livre proporciona a análise de dados qualitativos, com base na estrutura e a organização do texto, assim para esse estudo, é possível realizar a análise de similitude, que busca

observar as coocorrências entre as palavras e o seu resultado, bem como, a nuvem de palavras com objetivo de agrupar e organizar as palavras graficamente em função da sua frequência (SALVADOR *et al*., 2018; MARTINS *et al*., 2022).

Figura 1 - Fluxograma de seleção dos estudos - Protocolo PRISMA



Fonte: Elaboração própria.

RESULTADOS

Com base nos métodos descritos neste estudo, a tabela a seguir retrata de maneira objetiva os principais resultados da pesquisa realizada, descrevendo de maneira integrada e abrangente as possíveis alterações fisiológicas encontradas em relação à variabilidade da frequência cardíaca e/ou estresse em ambientes ICE. Destacando uma melhor aclimatação para diminuir os efeitos agudos e crônicos de exposição neste tipo de ambiente, descritos no Quadro 1.

A partir dos resultados aqui observados, a análise de parâmetros da modulação autonômica cardíaca como a variabilidade da frequência cardíaca, e do estresse, induzem respostas diferentes entre cada público analisado, e os possíveis impactos na saúde humana quando exposto às condições do ambiente ICE.

Quadro 1 - Descrição dos estudos incluídos por autor /ano, tipo de estudo, país e principal desfecho (n=4)

Autor/ano	Participantes (n)	Tipo de estudo	País	Principal desfecho
Maggioni *et al.* (2020)	25	Observacional longitudinal prospectivo	Alemanha	Diminuição gradual significativa no tônus parassimpático
Ráčková *et al.* (2024)	16	Estudo longitudinal	República Checa	Maior estresse, redução da atividade do sistema nervoso parassimpático durante o sono
Kuwabara *et al.* (2021)	172	Estudo longitudinal prospectivo	Japão	Efeitos negativos para superar as dificuldades de estresse
Morais *et al.* (2020)	10	Abordagem longitudinal descritiva	Brasil	Redução do cortisol pela manhã e alterações bifásicas no sistema parassimpático

Fonte: Elaboração própria.

Observando os resultados obtidos com base no quadro 1, é válido ressaltar uma série de situações interessantes, incluindo, sobretudo, as respostas adaptativas do corpo ao estresse e aos parâmetros cardiovasculares, inteiramente interconectados, observando uma diminuição da ativação vagal consequentemente maior ativação do sistema nervoso simpático, ou seja, interação do sistema nervoso autônomo durante o sono, bem como alterações em relação ao hormônio produzido durante o estresse, como no caso o cortisol, podendo levar a condições positivas ou negativas em cada um dos estudos apresentados.

Em relação ao quantitativo de participantes de cada investigação, houve variabilidade entre os voluntários, com "n" bem diferentes entre os estudos (25, 16, 172, 10), vale destacar que para esse tipo de ambiente, na maioria das vezes não é possível fazer análises com grandes quantitativos de voluntário, em virtude das características extremas, conforme observado o grande quantitativo no estudo de Kuwabara *et al*., (2021), foi decorrente de diversas expedições ao longo dos anos, acumulando 172 voluntários incluídos na análise.

Todos os estudos contidos nesta investigação são estudos longitudinais, onde o objetivo envolve a coleta de informações que podem ser repetidas ao longo dos dias, meses e anos. Que neste tipo de pesquisa, devido à complexidade de coleta de dados em regiões extremas como a Antártica, podem favorecer a análise dos dados, identificando posteriormente os possíveis efeitos encontrados.

Adicionalmente, 4 foram os países que fizeram parte das investigações no continente antártico, as investigações (Alemanha, República Checa, Japão e Brasil). Além disso, é possível perceber o levantamento de percepções importantes para compreensão da exposição em ambiente ICE, embora não tenha sido investigado em um dos estudos os efeitos diretos, mas sim uma compreensão abrangente da exposição em si e sua relação com o estresse.

Por outro lado, queixas de insônia, dores de cabeça, e alterações bifásicas na variabilidade da frequência cardíaca, redução do cortisol, encontrados nas investigações podem auxiliar a compreensão desses efeitos tornando uma ferramenta útil para associar efeitos agudos e crônicos em humanos quando expostos em condições extremas.

Essas respostas psicofisiológicas devidas à exposição e todas as características presentes, incluindo o confinamento na Antártida, sobretudo, os sujeitos podem ter alterações psicológicas, metabólicas e cardiovasculares. Talvez por isso, faça-se analogia às viagens espaciais.

É possível observar ainda com base no estudo de Maggioni *et al*., (2020) Houve uma diminuição gradual e significativa no tônus parassimpático, estabilizando-se após cerca de dois terços da missão, e uma mudança concomitante para a predominância simpática, ou seja, devido à exposição os voluntários tiveram alterações na atividade autonômica, com predominância simpática.

Já no estudo de Ráčková *et al*. (2024), o campo antártico mudou significativamente os estados de humor dos participantes e de concentrações de hormônios associados ao estresse e às respostas metabólicas, o que resultou em maiores índices de estresse percebido, bem como redução da atividade parassimpática durante o sono, que poderia intervir na qualidade do sono dos voluntários expostos ao ambiente antártico.

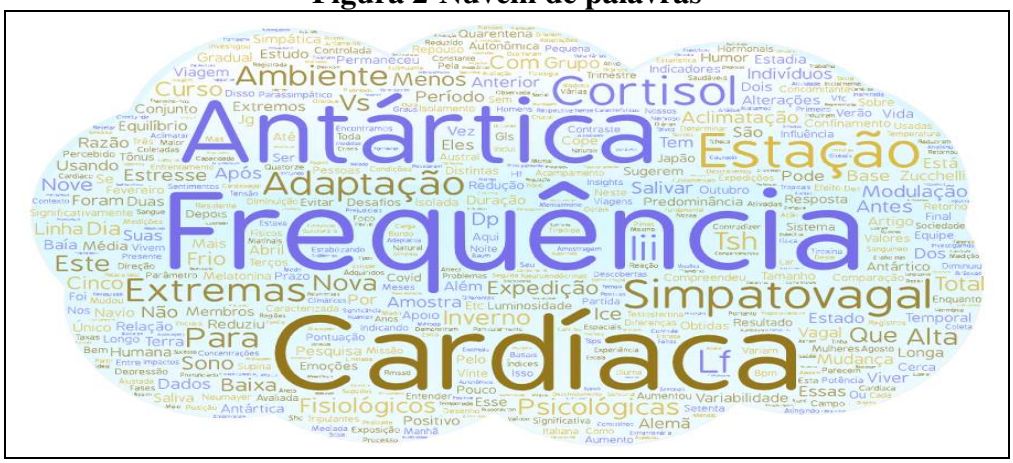
Por outro lado, no estudo de Kuwabara *et al*. (2021), função do ambiente confiando e desafiador da antártica, os tripulantes enfrentaram dificuldades de lidar com estresse percebido durante a expedição, o que de maneira geral a influência das emoções afetou as atividades da expedição, sendo indicativo negativo da exposição ao ambiente extremo.

Por fim, o estudo de Morais *et al*., (2020) a redução do cortisol pela manhã e alterações bifásicas no sistema parassimpático de sono evidenciaram que em uma expedição de verão em uma pequena estação na antártica, bem como a quarentena relacionada à COVID-19 anterior à entrada na Antártida podem influenciar essas alterações.

A nuvem de palavras ilustrada na figura, gerada pelo software Iramuteq, é resultado da incidência das palavras, com maior frequência: frequência cardíaca; Antártica; Simpatovagal; Cortisol e adaptação.

Ao retomar aos artigos, a palavra “frequência cardíaca” esteve associada principalmente pela narrativa de que nesse tipo de ambiente a exposição aguda ou crônica pode interferir na adaptação do indivíduo, entre os parâmetros fisiológicos, a frequência cardíaca, está entre as principais variáveis a sofrer alterações na antártica. Já o termo “Antártica”, em virtude do tipo de ambiente isolado, confiado e extremo – ICE, é um local propício para compressão dos objetivos do estudo.

Figura 2-Nuvem de palavras



Fonte: Elaboração própria.

O termo “Simpatovagal” esteve fortemente associado à adaptação da modulação autonômica ao ambiente extremo, especialmente na sua relação com fatores estressantes como isolamento e confinamento, que poderiam alterar a dinâmica dos fatores autonômicos diurnos e noturnos. Já o termo “Cortisol” esteve presente, denotando algumas das alterações de pico desse hormônio, especialmente, nas primeiras horas da manhã, denotando menores capacidades dos voluntários de lidarem com as atividades do dia a dia.

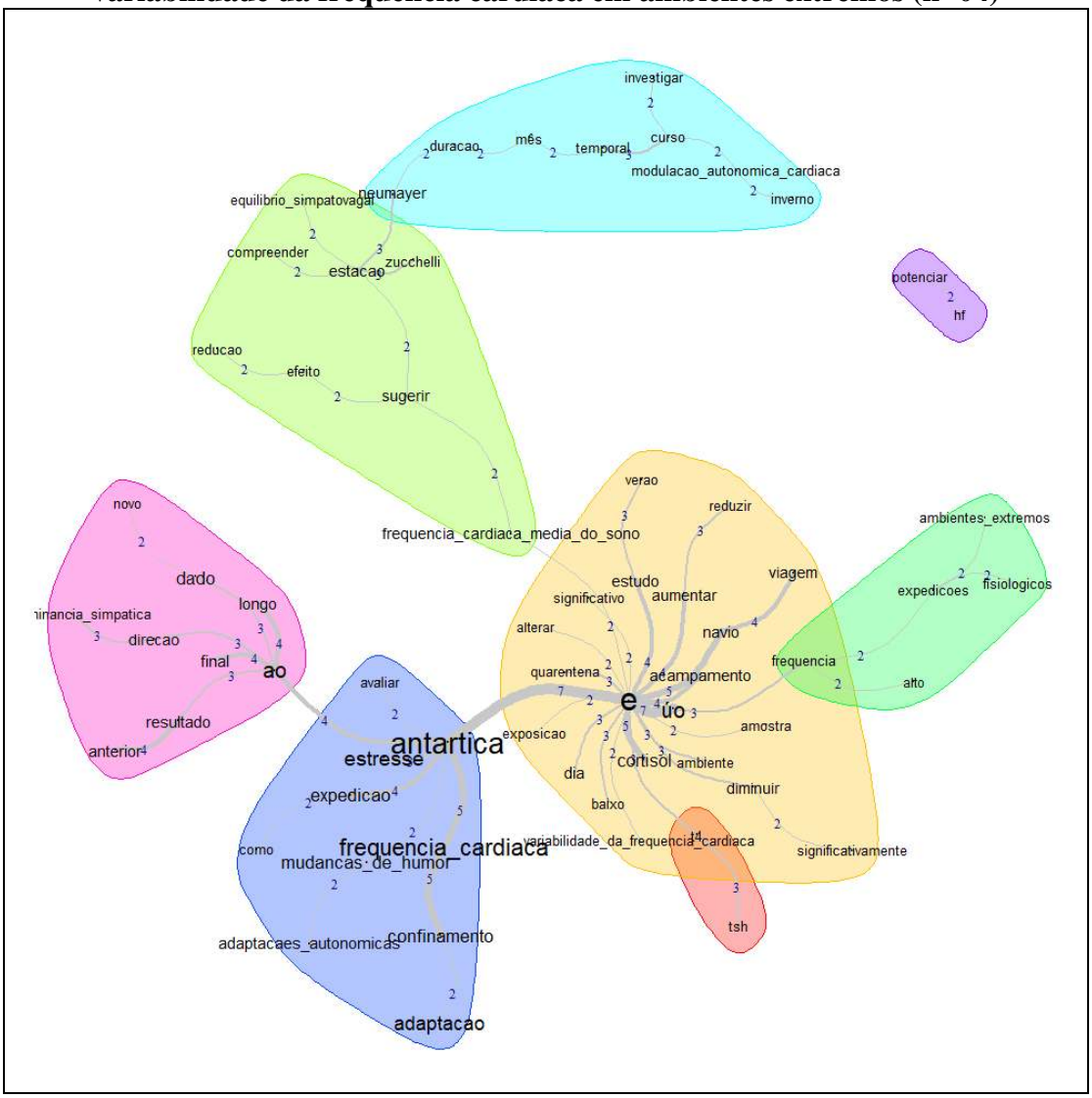
A utilização do termo “adaptação” vem da importância de um planejamento e estratégias de enfrentamento ativo, o que poderia interferir nas possíveis respostas de humor dos indivíduos expostos a essas situações. Após a análise dos resultados, que incluíram os 4 estudos na síntese qualitativa, revelaram pontos importantes denotando características adaptativas a exposição como consequência a alterações nos níveis de estresse, humor e variabilidade da frequência cardíaca, que neste caso está sendo representado pela modulação autonômica, além disso, estratégias de enfrentamento ativo, aclimatação deve ser incorporadas com intuito de minimizar as reações adaptativas em condições extremas.

A partir da análise do diagrama de análise de similitude, ilustrado na figura 3 que se segue, gerado também pelo software Iramuteq obteve coocorrência de conexidade entre as palavras: frequência cardíaca; Antártica; adaptação; ambientes extremos; e estresse, entre os estudos selecionados.

Os termos frequência cardíaca; Antártica; adaptação; ambientes extremos, e estresse, logo em seguida adaptações autonômicas, mudanças de humor, frequência cardíaca média do sono, se apresentaram com uma maior relação com as características do presente estudo de identificar as possíveis alterações fisiológicas devido à exposição em ambiente ICE. A conectividade entre os termos evidencia que, entre os 4 estudos incluídos em síntese qualitativa, todos apresentam uma relação com

predominância a uma preocupação emergente com as possíveis alterações, sejam elas físicas ou psicológicas.

Figura 3 –Análise de similitude do estresse e variabilidade da frequência cardíaca em ambientes extremos (n=04)



Fonte: Elaboração própria.

As palavras adaptação, ambiente extremo, estresse e variabilidade da frequência cardíaca mostraram-se como fatores imprescindíveis para compreensão das variáveis do contexto do estudo, a medida em que enumeram elementos em diferentes contextos de exposição, no verão ou inverno antártico, ou até mesmo exposição em navio, ou acampamento.

De qualquer modo, a conectividade presente nos estudos, mostram que a compreensão da adaptação humana em contextos extremos, neste caso, parâmetros autonômicos e metabólicos, deve ser

incorporada predominantemente em qualquer tipo de exposição na tentativa de minimizar os riscos dos expedicionários submetidos nessas condições.

DISCUSSÃO

Diante dos achados, é evidente relatar que, em geral, os estudos encontrados divergem entre os resultados, entretanto apontam para queda progressiva e significativa na atividade do sistema nervoso parassimpático, especialmente durante o sono dos avaliados durante a exposição no ambiente ICE, o que pode prejudicar a qualidade de vida dos indivíduos expostos. Ademais, é possível notar níveis alterados de cortisol diurno. Ao mesmo tempo que, há perspectiva para melhor adaptar nesse contexto, especialmente ao processo de aclimatação.

A diminuição gradual do tônus parassimpático em ambientes ICE durante o sono, como observada no estudo de Ráčková *et al*. (2024), tem sido associada principalmente à exposição do indivíduo àquele tipo de ambiente. As características de isolamento e confinamento propiciam essa alteração visto que durante a grande maioria das expedições polares os impactos do frio intenso, das mudanças da temperatura corporal, redução da água potável e contato mínimo intragrupo, podem promover mudanças na ativação parassimpática (LE ROY *et al.*, 2023).

À medida que há uma redução do tônus parassimpático, na maioria das vezes de maneira inversamente proporcional ocorre um aumento de atuação do sistema nervoso simpático, o que pode de maneira crônica prejudicar o sistema cardiovascular estimulando a produção de catecolaminas, estas podem aumentar o ritmo do nosso marcapasso natural, nó sinoatrial, aumentando a frequência cardíaca em situações extremas e o próprio impacto de fatores cardiovasculares e neuropsicológicos em virtude da exposição em ambiente novo (TIWARI *et al*., 2021).

Entretanto, estudos anteriores, Maggioni *et al*. (2020) e Morais *et al*. (2020), investigaram apenas a associação durante o dia, e tampouco puderam generalizar esses achados, bem como não apresentaram valores significativos. Mas é possível perceber que exposições nesse ambiente extremo podem afetar o equilíbrio autonômico de uma maneira geral, sugerindo maiores estudos com "n" mais robustos, de maneira específica, para poder comprovar essa tese (FARRACE *et al*., 2003; ARAÚJO *et al*., 2020).

De qualquer modo, as alterações observadas entre os estudos de Maggioni *et al*., (2020) e Morais *et al*. (2020), uma diminuição gradual significativa no tônus parassimpático, especialmente durante o sono, e uma redução do cortisol pela manhã como consequência a alterações bifásicas no sistema parassimpático, o que pode dificultar a adaptação entre os sujeitos.

Entre outras investigações o estresse contínuo em expedicionários colombianos induzido pela exposição aguda evidenciou alterações nos níveis de atividade física comportamento sedentário, como consequência alterações nos níveis de estresse, e da modulação autonômica, enfatizando uma maior ativação simpática (HERRERA, 2017). Por outro lado, o gerenciamento do comportamento seguro nesse tipo de exposição é fundamental, à medida que ocorra o monitoramento de avaliações psicológicas e de variáveis psicofisiológicas (BARROS-DELBEN *et al.,* 2020).

No estudo de Kuwabara *et al*. (2021), os autores buscam esclarecer essa relação de adaptação, partindo do pressuposto do contexto anterior a rotina dos participantes, como minimizar a diferença do estilo de vida anterior embora trataria de outro contexto de exposição ou um ajuste flexível ao novo ambiente de maneira gradual, isso foi investigado entre 5 equipes que realizaram a expedição consequentemente, e mostrou ser interessante a adaptação formada pelo enfrentamento ativo, podendo ter relação com a diminuição dos níveis de estresse e até mesmo os marcadores da modulação autonômica cardíaca (PALINKAS *et al*., 2008; KUWABARA *et al*., 2021).

Dificuldades de lidar com estresse, tem sido reportado em estudos anteriores efeitos sobre a exposição as alterações por períodos prolongados da luz solar, ao confinamento, e isolamento dos voluntários, tem se observado que a influência do fotoperíodo, muito comum nesse tipo de ambiente, tem prejudicado não somente os padrões do sono, como os níveis de estresse (BARROS-DELBEN *et al*., 2019).

Alterações nos padrões de ritmo biológico, provocados por esta exposição tem sido associado com fatores primordiais para alterações nos ciclos de sono-Virgília permitindo aos expedicionários maiores suscetibilidades a erros em suas missões, além também de possibilidade de repercussão na produção de vitamina D, influenciando o desenvolvimento de problemas de saúde mental (BARROS-DELBEN *et al*., 2019).

Além disso, conforme observado no estudo de Silva *et al.,* (2024), a exposição repetitiva em ambiente antártico pode induzir distúrbios do sono e um aumento da pressão arterial, indicando estresse cardiovascular, o que poderia promover alterações nos marcadores hemodinâmicos, e possíveis respostas adaptativas a esse tipo de ambiente.

Por outro lado, na grande maioria dos processos adaptativos do corpo humano durante estresse contínuo, seja em ambientes extremos ou não, ocorre em princípio uma perturbação fisiológica com subsequente tentativa de adaptação para manter níveis homeostáticos (ILARDO; NIELSEN, 2018). Tudo isso ajuda a esclarecer que a adaptação é subjetiva de cada sujeito e ambiente aos quais este pertencia antes de ficar exposto, ou seja, toda a adaptação anterior. Por exemplo, países com clima

extremamente frio em algumas partes do ano podem ser beneficiados pelo efeito tegumentar, como na República Checa e Alemanha (MAGGIONI *et al*., 2020; RÁČKOVÁ *et al*., (2024).

No estudo de Morais *et al*. (2020), os autores observaram que alterações neuroendócrinas e autonômicas podem ter relação à exposição em ambiente ICE, embora, em relação à VFC, não foi apresentada diferença significativa. Além disso, foi observada redução da concentração de cortisol pela manhã, o que pode ter relação com a incidência de luminosidade, mediada neste ambiente pela redução na maior parte do ano, ou seja, podendo ter efeitos diretamente relacionados ao ciclo circadiano.

As alterações neste ciclo podem estar negativamente associadas a distúrbios psicofisiológicos, alterações das atividades de trabalho e concentração (TEIXEIRA *et al.,* 2024). Ademais, em se tratando das concentrações do cortisol, retratado anteriormente como possivelmente afetado pelas alterações do ciclo circadiano, é caracterizado como um hormônio fundamental que faz parte de um processo catalisador em relação à indução de algum agente estressor (JEFFERSON, 2023).

A falta de luz natural no inverno, devido à exposição em ambiente como na Antártica, gera na maioria das vezes ao indivíduo principalmente disfunções do sono, podendo estar ligado a uma maior sonolência diurna ou até mesmo insônia. A melatopsina liberada pela via retino hipotalâmica, induzida especialmente pela incidência de luz, implica em menores índices da melatonina, hormônio associado à qualidade do sono (SPINELLI; WERNER-JUNIOR, 2022).

Outro fator crucial, atrelado tanto a qualidade do sono, e as alterações hormonais, se dá pelas condições prejudicadas a exposição, variações imunológicas, cardiovasculares e metabólicas são observadas frequentemente, o frio por sua vez pode estimular as células sensíveis ao frio para maiores produções de hormônio tireoestimulante (TSH), maiores efeitos termogênicos, e maior ativação da noradrenalina, promovendo constrição dos vasos (PONOMAREV *et al.*, 2021).

Ao passar do tempo de exposição, o frio e os determinantes hormonais e hemodinâmicos podem influenciar a produção do hormônio liberador de corticotrofina (CRH), que consequentemente vai provocar uma maior produção, de hormônio adrenocorticotrófico (ACTH), estes hormônios estão diretamente relacionados aos níveis produzidos de cortisol (SPINELLI; WERNER-JUNIOR, 2022).

Sobre a adaptação crônica de exposição, mecanismos adjacentes como uma melhor adaptação da glândula Pituitária e Sensibilidade ao ACTH, provocam o que muitos autores chamam de adaptação exata, que mesmo sob exposição crônica, mecanicamente há uma observação e controle desse mecanismo através do feedback negativo, o próprio cortisol produzido, entra em relação ao mecanismo inicial de sua produção no núcleo paraventricular (PONOMAREV *et al.*, 2021; SPINELLI; WERNER-JUNIOR, 2022).

Nesse contexto, de maneira geral, o cortisol participa da degradação de enzimas proteases, por meio do qual há a quebra de proteínas e subsequente inserção proteica na cadeia muscular, estimulada pelo marcador de estresse. Entretanto, diferentemente do estudo, em outras condições extremas e principalmente exposição ao confinamento da expedição no navio e nas imediações da antártica podem favorecer ou não a estimulação de maiores níveis de cortisol durante o dia, pois os impactos podem variar individualmente (JEFFERSON, 2023; ABREU; OLIVEIRA; SANTOS, 2024).

Não foi possível observar algum tipo de comparação entre as concentrações de cortisol durante o dia antes da expedição, durante e pós-expedição, surge, portanto, a necessidade de estudos mais específicos, visto a complexidade da exposição em ambientes extremos como este. Compreendendo a influência dos fatores externos, como a imprevisibilidade e alocação da demanda energética/hormonal para o local de exposição do agente estressor (JEFFERSON, 2023).

No estudo de Costa *et al*. (2023), o estresse provocado aguda ou tem cronicamente sido relacionado com o desenvolvimento de doenças. Entretanto, durante cada pico em relação ao ser humano e o ambiente estressor, as respostas mediadas pelo sistema nervoso autônomo e eixo hipotálamo-hipófise-adrenal podem ser diferentes e dependendo da recorrência e intensidade da exposição estariam relacionados a prejuízos antecipados aos mecanismos controladores dos sistemas neuroendócrinos, imunológicos e cardiovasculares, tendo como resultado alteração da resposta do estresse.

Em outro estudo de Ponovarev *et al.* (2021), de maneira análoga, o aspecto confinamento vivenciado em voos espaciais pode surgir como ambientes extremos e levar à exposição prolongada a alterações imunitárias com risco de morte, necessário, portanto, um bom processo de aclimatação. Sem contar que em ambientes extremos existem inúmeros estressores e múltiplos estresses, induzindo comprometimento não somente fisiológico, mas cognitivo, através da redução da neuroplasticidade, especialmente expedições de longos períodos (YIN *et al.*, 2023).

Sendo assim, a redução da modulação parassimpática durante a noite e a redução do cortisol diurno podem levar a comprometimentos à probabilidade de distúrbios de sono em ambiente ICE, já relatados em estudos anteriores (ZIVI; GENNARO; FERLAZZO, 2020). Podem levar ainda maiores níveis de fadiga e cansaço, comprometendo os trabalhos nas expedições polares, como deslocamentos, tarefas, aumento do risco operacional e de acidentes, e ainda, afetar a imunidade e o humor dos sujeitos expostos. Entretanto, faz-se necessária a conduta para maiores investigações neste tipo de ambiente, compreendendo estes efeitos continuamente, por diferentes grupos em diferentes contextos.

Portando, cada um destes parágrafos retrata de modo objetivo os resultados encontrados nesta investigação, relatando nuances acerca da adaptação em ambientes extremos como ICE, levando à tona

fatores imprescindíveis de estresse e modulação autonômica cardíaca, para compreender os efeitos a saúde cardiovascular, neuropsicológica e hormonal da exposição aguda ou prolongada.

CONCLUSÃO

Diante dos resultados encontrados, os principais achados reiteram os efeitos fisiológicos de estresse e modulação autonômica, em exposição ao ambiente ICE, a redução da ativação parassimpática durante o sono, como consequente diminuição da qualidade do sono. Bem como, redução do cortisol diurno, o que pode ocasionar maiores índices de fadiga e cansaço e até mesmo reduzir a capacidade de lidar com o estresse.

O estudo identificou que, como tentativa de minimizar estes efeitos, pode-se utilizar a estratégia de enfrentamento ativo, revisitando a exposição de maneira gradual ou realizando treinamentos anteriores com as principais características dos ambientes extremos.

Os resultados também reforçam a necessidade de se avaliar quaisquer efeitos de exposição em ambiente ICE de maneira individualizada, observando as diversas características dos sujeitos, incluindo todo o processo de aclimatação anterior.

Além disso, o estudo destaca a necessidade de maiores investigações com intuito de expandir a tentativa de compreender de maneira específica, os efeitos sob estresse do próprio confinamento e isolamento vivenciado ao longo da maioria das expedições polares, bem como na modulação autonômica, surge, portanto, a necessidade maior de investigações para enfatizar o compartilhamento de conhecimentos e acelerar a compreensão da complexidade da temática.

Por fim, as considerações finais do artigo retratam valiosamente a contribuição desses achados para o meio científico, a compreensão aprofundada dos efeitos da redução do cortisol diurno, e redução da modulação parassimpática noturna oferece percepções significativas não apenas para o ramo da fisiologia, mas também para a prática clínica. Oferecendo um entendimento válido sobre os impactos da exposição em ambiente ICE na saúde.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. M. *et al*. “Variabilidade da Frequência Cardíaca como biomarcador do estresse: revisão integrativa”. **Research, Society and Development**, vol. 9, n. 12, 2020.

BARROS-DELBEN, P. *et al*. “Coping e padrões biológicos de sono em expedicionários antárticos”. **Revista Psicologia em Pesquisa**, vol. 13, n. 2, 2019.

BARROS-DELBEN, P. *et al*. Gerenciamento do comportamento seguro para manutenção da vida na Estação Antártica Brasileira. **Revista Psicologia Organizações e Trabalho**, vol. 20, n. 1, 2020.

BEZERRA, H. S. *et al*. "Acesso aos serviços de saúde mental entre homens e mulheres: uma revisão sistemática". **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, vol. 17, n. 51, 2024.

BORITZA, O. R.; BARTH, E. "O estresse no ambiente de trabalho do policial penal". **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, vol. 17, n. 3, 2024.

COSTA, B. I. F. *et al*. "Relação entre estresse e o desequilíbrio imunológico: uma atualização". **Cadernos Acadêmicos**, vol. 9, n. 1, 2023.

DANTAS, H. L. L. *et al*. "Como elaborar uma revisão integrativa: sistematização do método científico". **Revista Científica de Enfermagem**, vol. 12, n. 37, 2022.

FARRACE, S. *et al*. "Reduced sympathetic outflow and adrenal secretory activity during a 40-day stay in the Antarctic". **International Journal of Psychophysiology**, vol. 49, n. 1, 2003.

FRANTZIDIS, C. A. *et al*. "Current trends and future perspectives of space neuroscience towards preparation for interplanetary missions". **Neurology India**, vol. 67, n. 2, 2019.

HERRERA, J. M. C. "Efectos del ejercicio aeróbico en la composición corporal, resistencia cardiovascular, ciclo circadiano, síndrome T3 Polar en la primera misión de Colombia a la Antártida". **Ciencia y Poder Aéreo**, vol. 12, n. 1, 2017.

ILARDO, M.; NIELSEN, R. "Human adaptation to extreme environmental conditions". C**urrent opinion in genetics & development**, vol. 53, 2018.

JEFFERSON, J. "Cyclical connection between transgenerational trauma, hostile environment, epigenetic mechanisms and cortisol hormone". **Health and Society**, vol. 3, n. 4, 2023.

KUWABARA, T. *et al*. "Human change and adaptation in Antarctica: Psychological research on Antarctic wintering-over at Syowa station". **International Journal of Circumpolar Health**, vol. 80, n. 1, 2021.

LE ROY, B. *et al*. "Human challenges to adaptation to extreme professional environments: A systematic review". **Neuroscience and Biobehavioral Reviews**, vol. 146, 2023.

LE ROY, B. *et al*. "The right stuff: Salutogenic and pathogenic responses over a year in Antarctica". **Acta Astronautica**, vol. 219, n. 1, 2024.

LEE, J. K. W. *et al.* "Biomarkers for warfighter safety and performance in hot and cold environments". **Journal of Science and Medicine in Sport**, vol. 26, n. 1, 2023.

LU, S.; WEI, F.; LI, G. "The evolution of the concept of stress and the framework of the stress system". **Cell Stress**, vol. 5, n. 6, 2021.

MAGGIONI, M. A. *et al*. "Reduced vagal modulations of heart rate during overwintering in Antarctica". **Scientific Reports**, vol. 10, n. 1, 2020.

MARTINS, K. N. *et al*. "O software IRaMuTeQ como recurso para a análise textual discursiva". **Revista Pesquisa Qualitativa**, vol. 10, n. 24, 2022.

MCEWEN, B. S. *et al*. "Interacting mediators of allostasis and allostatic load: towards an understanding of resilience in aging". **Metabolism**, vol. 52, n. 1, 2003.

MORAIS, M. M. *et al*. "Hormonal, autonomic cardiac and mood states changes during an Antarctic expedition: From ship travel to camping in Snow Island". **Physiology and Behavior**, vol. 224, n. 1, 2020.

MORAIS, M. M.; MENDES, T. T.; ARANTES, R. M. E. "Smart wearables for cardiac autonomic monitoring in isolated, confined and extreme environments: A perspective from field research in antarctica". **Sensors**, vol. 21, n. 4, 2021.

PALINKAS, L. A. *et al*. "Psychological effects of polar expeditions". **The Lancet**, vol. 371, n. 9607, 2008.

PATTARINI, J. M. *et al*. "Primary care in extreme environments: Medical clinic utilization at Antarctic stations, 2013–2014". **Wilderness and Environmental Medicine**, vol. 27, n. 1, 2016.

PONOMAREV, S. *et al*. "Immunological aspects of isolation and confinement". **Frontiers in Immunology**, vol. 12, n. 1, 2021.

QIN, H. *et al*. "Heart rate variability during wakefulness as a marker of obstructive sleep apnea severity". **Sleep**, vol. 44, n. 5, 2021.

RÁČKOVÁ, L. *et al*. "Physiological evidence of stress reduction during a summer Antarctic expedition with a significant influence of previous experience and vigor". **Scientific Reports**, vol. 14, n. 1, 2024.

SALVADOR, P. T. C. O. *et al*. "Uso do software iramuteq nas pesquisas brasileiras da área da saúde: uma scoping review". **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, vol. 31. n. 1, 2018.

SCHMIDT, M. A.; JONES, J. A.; MASON, C. E. "Optimizing human performance in extreme environments through precision medicine: From spaceflight to high-performance operations on Earth". **Cambridge Prisms. Precision Medicine**, vol. 1, n. 1, 2023.

SILVA, L. P. *et al*. "Pressão arterial, sono e exercício físico em ambientes extremos: uma revisão integrativa". **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, vol. 18, n. 53, 2024.

SOUSA, K. A. A.; ARAÚJO, T. M. E. "Prevalência do vírus da imunodeficiência humana em estudantes universitários: revisão sistemática". **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, vol. 7, n. 21, 2021.

SPINELLI, E.; WERNER-JUNIOR, J. "Human adaptative behavior to Antarctic conditions: A review of physiological aspects". **WIREs Mechanisms of Disease**, vol. 14, n. 5, 2022.

STREWE, C. *et al*. "Modulations of neuroendocrine stress responses during confinement in Antarctica and the role of hypobaric hypoxia". **Frontiers in Physiology**, vol. 9, n. 1, 2018.

SUGAMA, S.; KAKINUMA, Y. "Stress and brain immunity: Microglial homeostasis through hypothalamus-pituitary-adrenal gland axis and sympathetic nervous system". **Brain, Behavior, and Immunity-Health**, vol. 7, n. 1, 2020.

TEIXEIRA, K. M. *et al*. "Qualidade do sono, ciclo circadiano e obesidade". **Research, Society and Development**, vol. 13, n. 1, 2024.

TIWARI, R. *et al*. "Analysis of heart rate variability and implication of different factors on heart rate variability". **Current Cardiology Reviews**, vol. 17, n. 5, 2021.

YIN, Y. *et al*. "Long-term spaceflight composite stress induces depression and cognitive impairment in astronauts-insights from neuroplasticity". **Translational Psychiatry**, vol. 13, n. 1, 2023.

ZIVI, P.; GENNARO, L.; FERLAZZO, F. "Sleep in isolated, confined, and extreme (ICE): A review on the different factors affecting human sleep in ICE". **Frontiers in Neuroscience**, vol. 14, n. 1, 2020.



BOLETIM DE CONJUNTURA (BOCA)

Ano VI | Volume 18 | Nº 54 | Boa Vista |2024

http://www.ioles.com.br/boca

Editor chefe:

Elói Martins Senhoras

Conselho Editorial

Antonio Ozai da Silva, Universidade Estadual de Maringá

Vitor Stuart Gabriel de Pieri, Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Charles Pennaforte, Universidade Federal de Pelotas

Elói Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima

Julio Burdman, Universidad de Buenos Aires, Argentina

Patrícia Nasser de Carvalho, Universidade Federal de Minas Gerais

Conselho Científico

Claudete de Castro Silva Vitte, Universidade Estadual de Campinas

Fabiano de Araújo Moreira, Universidade de São Paulo

Flávia Carolina de Resende Fagundes, Universidade Feevale

Hudson do Vale de Oliveira, Instituto Federal de Roraima

Laodicéia Amorim Weersma, Universidade de Fortaleza

Marcos Antônio Fávaro Martins, Universidade Paulista

Marcos Leandro Mondardo, Universidade Federal da Grande Dourados

Reinaldo Miranda de Sá Teles, Universidade de São Paulo

Rozane Pereira Ignácio, Universidade Estadual de Roraima