

# Factores asociados al tiempo de permanencia en servicio del personal militar que porta Equipos de Protección Individual contra Agentes Nucleares, Biológicos, Químicos y Radiológicos

*Factors associated with time of permanence in activity of military personnel wearing Personal Protective Equipment against Nuclear, Biological, Chemical and Radiological Agents*

**Resumen:** El objetivo de este artículo fue investigar los factores que pueden aumentar o disminuir el tiempo en que los militares pueden permanecer en actividad utilizando Equipos de Protección Personal (EPP), así como brindar asistencia a los tomadores de decisiones a nivel táctico cuyas influencias pueden ser determinantes para el tiempo en el cumplimiento de las diversas misiones de Defensa Nuclear, Biológica, Química y Radiológica (DefNBQR). Este análisis se trata de una revisión de la literatura cuyos artículos revisados presentaron como factores influenciadores en el tiempo de tolerancia, en mayor grado, el estado de hidratación previo a la actividad, el clima, la demanda física de la tarea y el tipo de EPP; y, en menor grado, la condición aeróbica, el sexo, la composición corporal y la aclimatación. También se observó la efectividad de los métodos de enfriamiento extra e intracorpóreo en la prolongación de la permanencia.

**Palabras clave:** Equipo de protección personal; militar; desempeño profesional.

**Abstract:** The objective of the study was to investigate the factors that can increase or decrease the time in which the military can remain in activity using Personal Protective Equipment (PPE) and provide assistance to decision-makers at the tactical level of what influences can be decisive for the time in the field. fulfillment of the different missions of Nuclear, Biological, Chemical and Radiological Defense (DefNBQR). A review of the literature, where the reviewed articles presented as influencing factors in the tolerance time, to a greater degree the state of hydration prior to the activity, the climate, the physical demand of the task and the type of PPE; and to a lesser extent aerobic condition, sex, body composition and acclimatization. The effectiveness of extra and intracorporeal cooling methods in prolonging the length of stay was also observed.

**Keywords:** Personal Protective Equipment; Military Personnel; Work Performance.

**Felipe Kohn Martins**<sup>1,2</sup>   
felipe.kohn@marinha.mil.br

**Maria Elisa Koppke**<sup>1,3</sup>   
maria\_koppke@yahoo.com.br

**Bruno Ferreira Viana**<sup>1,2</sup>   
bferreiraviana@gmail

**Pedro Moreira Tourinho**<sup>1,2</sup>   
edromtourinho@gmail.com

**Ulisses Tirollo Taddei**<sup>1</sup>   
utaddei@gmail.com

**Priscila dos Santos Bunn**<sup>1,2</sup>   
priscilabunn@yahoo.com.br

---

<sup>1</sup>Marinha do Brasil, Centro de Educação Física Almirante Adalberto Nunes, Laboratório de Pesquisa em Ciências do Exercício e Performance. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

<sup>2</sup>Comando da Aeronáutica, Universidade da Força Aérea, Programa de Pós-Graduação em Desempenho Humano Operacional. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

<sup>3</sup>Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte e do Exercício. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

**Recibido: 31 Oct. 2022**

**Aprobado: 14 mar. 2023**

COLEÇÃO MEIRA MATTOS

ISSN on-line 2316-4891 / ISSN print 2316-4833

<http://ebrevistas.eb.mil.br/index.php/RMM/index>



## 1 INTRODUCCIÓN

El uso de Agentes Nucleares, Biológicos, Químicos y Radiológicos (NBQR) se remonta a los inicios de la guerra, como el uso del fuego griego por parte de la Armada bizantina en el siglo VII. Sin embargo, fue a partir de la Primera Guerra Mundial, con el uso del gas cloro, que los elementos químicos comenzaron a utilizarse de forma sistemática como arma de combate. Así, para hacer frente a estas diversas amenazas, la Marina de Brasil (MB) creó, en 2011, el Sistema de Defensa Nuclear, Biológica, Química y Radiológica (SisDefNBQR-MB) (BRASIL, 2011).

Se establecen tres requisitos básicos para hacer frente a las amenazas NBQR: alerta temprana (capacidad de anticiparse a las amenazas), protección (capacidad de protegerse de los efectos nocivos de los agentes) y recuperación (capacidad de mitigar los efectos sufridos por el agente) (BRASIL, 2020). Al abordar el desempeño físico de los militares en combate, con amenazas NBQR, se hace necesario observar el requisito de la protección, buscando disminuir los efectos fisiológicos de los agentes NBQR sobre los militares a través del uso de Equipos de Protección Personal (EPP) (BRASIL, 2020).

Sin embargo, la combinación de prendas de protección corporal con equipos de protección respiratoria reduce la capacidad del combatiente debido al desgaste físico resultante de su uso, además de provocar una reducción de la movilidad (BRASIL, 2020). La Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) considera que el uso de EPP genera daños en las funciones fisiológicas, así como provoca otros efectos en el cuerpo humano, lo que puede resultar en un aumento en el tiempo para realizar las tareas y una reducción en la precisión de sus ejecuciones, lo que lleva a la degradación del desempeño (NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION, 2004).

La MB adopta la clasificación de EPP para NBQR en cuatro niveles: el nivel A se caracteriza por estar cerrado herméticamente y totalmente encapsulado (incluidos guantes y botas), presenta presión positiva y protección facial completa, además, el suministro de aire respirable se da por el uso de cilindros de aire autónomos o suministro de aire externo, siempre que permita el mantenimiento de una presión positiva; el nivel B requiere el mismo nivel de protección respiratoria que el nivel A, pero un nivel más bajo de protección de la piel; el nivel C es el nivel medio de protección, cuando se requiere menos protección respiratoria y cutánea; finalmente, el nivel D caracterizado por el nivel más bajo de protección y, sin equipo de protección respiratoria (overoles o chaquetas y pantalones químicamente resistentes a salpicaduras parciales, con guantes y botas resistentes y gafas protectoras) (BRASIL, 2020).

Hay cuatro factores principales que se tienen en cuenta al realizar tareas que implican dichos EPP: el tiempo necesario para realizar la tarea, el nivel de protección de la ropa, las condiciones climáticas y la carga de trabajo (NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION, 2004). Sin embargo, existía una laguna con respecto a los factores asociados al tiempo vistiendo EPP en actividades NBQR, en especial, aquellos relacionados a las demandas físicas del operador NBQR. Por lo tanto, el objetivo de este artículo fue investigar los principales factores asociados al tiempo en que los militares logran permanecer trabajando con el EPP.

## 2 MÉTODO

Este artículo fue una revisión narrativa de la literatura basada en las recomendaciones de Sanra, con una búsqueda sistemática realizada en febrero de 2021 en las bases científicas

electrónicas: Scopus, National Library of Medicine (Medline) y Web of Science (BAETHGE; GOLDBECK-WOOD; MERTENS et al., 2019). Se definieron como variables independientes los factores asociados al tiempo de utilización de los EPP y la variable dependiente como tiempo de permanencia o tolerancia en actividad utilizando EPP. Los descriptores de búsqueda se obtuvieron de consultas en las bases de datos Health Sciences Descriptors (DeCS) y Medical Subject Headings (MeSH), como se muestra en el Cuadro 1.

**Cuadro 1 - Descriptores utilizados en la búsqueda en las bases de datos.**

DESCRIPTOR 1	DESCRIPTOR 2
nuclear, biological, and chemical (NBC) clothing	Work performance
OR	OR
NBC protective clothing	Dehydration
OR	OR
chemical defense clothing	Heat
OR	OR
Protective clothing ensembles	Heat stress
OR	OR
Biological and chemical protective clothing	Water stress
OR	OR
Chemical protective ensemble	Physiological
OR	
Chemical protective mask	
OR	
Chemical protective equipment	
OR	
Chemical, Biological, Radiological, and Nuclear	
OR	
CBRN	
OR	
Hazmat clothing	
OR	
Hazmat suit	
OR	
CBRN suit	
OR	
Encapsulated clothing	

Fuente: Elaborado por los autores, 2022

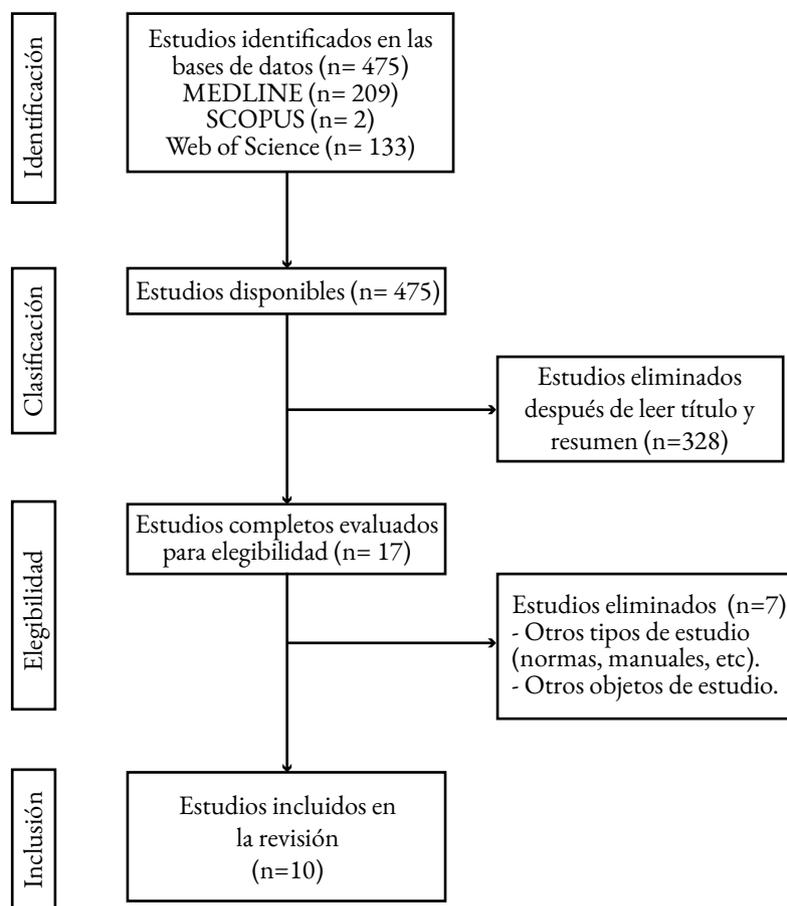
Se analizaron artículos que en su composición investigaron el tiempo de estancia como variable de estudio y se incluyeron artículos que utilizaban EPP desde el nivel C hasta el nivel A de protección NBQR contra el desgaste físico impuesto por los mismos. Con el fin de establecer parámetros comunes para elegibilidad de los artículos, se adoptó una estrategia a partir de análisis cuya población fue de militares y fuerzas de seguridad, que hiciera mención sobre la exposición de los oficiales a la utilización de ropa de protección NBQR en actividad con demanda física y que tuviera como resultado el tiempo de permanencia en actividad. Se incluyeron estudios realizados con población civil con grupo de edad y masa corporal semejantes, debido a los pocos artículos conducidos con militares y agentes de fuerzas de seguridad. Finalmente, para estandarizar la visualización de resultados, quienes utilizaron las

clasificaciones de EPP de la National Fire Protection Association (NFPA) (NFPA) o el Comité para la Estandarización de Productos para el Mercado Común Europeo tuvieron los resultados descritos en este artículo de manera equivalente a la clasificación EPP adoptada en la MB.

### 3 RESULTADOS

Los resultados de la búsqueda en las bases de datos se presentan en la Figura 1. Se consideraron artículos que analizaron el uso de EPP NBQR, desde el nivel C hasta el nivel A, durante alguna actividad físicamente exigente y que, entre sus observaciones, se encontraba el tiempo de permanencia, es decir, que se computara y analizara el tiempo de permanencia usando la ropa protectora hasta alcanzar algún criterio fisiológico o volitivo establecido para la interrupción de la prueba. A partir de los artículos analizados, fue posible obtener sus características en el Cuadro 2. Las Tablas 1 y 2 muestran los tiempos de tolerancia en minutos según el Consumo Máximo de Oxígeno ( $VO_{2max}$ ), medido en mililitros (mL) sobre Kilo (Kg) por minuto (min) alcanzado durante la actividad NBQR y los EPP utilizados, en diversos estudios.

Figura 1 - Flujograma de búsqueda en la literatura



Fuente: Elaborado por los autores, 2022.

Cuadro 2 - Características de los estudios incluidos en la revisión.

Autor	Tipo de Ropa de Protección	Muestra	Condición para finalizar la prueba y contar el tiempo de finalización	Grupo control	Factor investigado (variable independiente)	Exposición	Tiempo medio del grupo expuesto al factor investigado (min)	Tiempo medio del grupo de control (min)
MALEY <i>et al</i> (2020)	Nivel A	n = 8 hombres Edad: 24,0 ± 4,0 años Estatura: 180,2 ± 7,5 cm; MC: 77,1 ± 6,8 Kg %G: 13,8 ± 5,9%	Temperatura rectal > 39,0 °C; Frecuencia Cardíaca: ≥ 90% de la máxima medida; Tiempo de trabajo = 120,0 min Fatiga o náuseas.	Utilización únicamente del EPP	Enfriamiento por ropa exterior y/o enfriamiento intracorpóreo	Chaleco de hielo ICEPEAK (P > 0,05)	48,0 (IC 95% = 39,0 a 58,0)	39,0 (IC 95% = 30,0 a 48,0)
						Traje de cuerpo completo BCS-4 (P < 0,001)	62,0 (IC 95% = 53,0 a 70,0)	
						Chaleco refrigerante Kewl-Fit, modelo 6626-PEV (P = 0,018)	46,0 (IC 95% = 36,0 a 56,0)	
						Chaleco de Hielo ICE-PEAK asociado con ingesta previa de frozen (P < 0,001)	56,0 (IC 95% = 46,0 a 67,0)	
BACH <i>et al</i> (2019)	Nivel C	n = 8 hombres Edad: 23,6 ± 3,9 años; Estatura: 180,0 ± 7,0 cm; MC: 75,5 ± 6,4 Kg %G: 13,6 ± 5,2%	Temperatura rectal > 39,0 °C Frecuencia Cardíaca ≥ 90,0% de la medición máxima; Tiempo de trabajo = 120,0 min Fatiga o náuseas	Utilización únicamente del EPP	Enfriamiento por ropa exterior y/o enfriamiento intracorpóreo	Chaleco de hielo ICEPEAK (p < 0,05)	107,0 ± 16,0	89,0 ± 19,0
						Traje de cuerpo completo BCS-4 (P = 1,00)	93,0 ± 14,0	
						Chaleco refrigerante Kewl-Fit, modelo 6626-PEV (P < 0,05)	109,0 ± 13,0	
						Chaleco de Hielo ICE-PEAK asociado con ingesta previa de frozen (P < 0,005)	110,0 ± 9,0	

continuará

Cuadro 2 – Continuación

Autor	Tipo de Ropa de Protección	Muestra	Condición para finalizar la prueba y contar el tiempo de finalización	Grupo control	Factor investigado (variable independiente)	Exposición	Tiempo medio del grupo expuesto al factor investigado (min)	Tiempo medio del grupo de control (min)
DENHAR-TOG <i>et al</i> (2017)	Nivel A	n = 40 hombres Edad: 36,7 ± 8,3 años; MC: 84,7 ± 9,5 Kg	Temperatura rectal > 39,0 °C Frecuencia Cardíaca > 90% de la máxima medida; Tiempo de trabajo = 60 min Fatiga o náuseas	Diferentes Uniformes (A-F)	Tipo de Ropa, Clima y Naturaleza de la Tarea	Traje A	55,99	NR
						Traje B*	44,29	
						Traje C	50,98	
						Traje D	56,66	
						Traje E	54,66	
						Traje F**	41,78	
						Clima moderado (24°C, 50% UR, 20°C TBU)	53,92	
						Calor húmedo (32°C, 60% HR, 30°C TBU)	40,44	
						Caliente y seco (45°C, 20% HR, 37°C TBU)#	26,96	

continuará

Cuadro 2 – Continuação

Autor	Tipo de Ropa de Protección	Muestra	Condición para finalizar la prueba y contar el tiempo de finalización	Grupo control	Factor investigado (variable independiente)	Exposición	Tiempo medio del grupo expuesto al factor investigado (min)	Tiempo medio del grupo de control (min)
JOVANOVI <i>et al</i> (2014a)	Nivel C	n = 10 hombres (militares) Edad: 25,8 ± 2,4 años	Temperatura rectal > 39,5 °C Frecuencia Cardíaca medida > 190,0 lpm Tiempo de trabajo = 45,0 min Fatiga o náuseas	Grupo con EPP sin ropa refrigerante	Enfriamiento por ropa exterior	Grupo con ropa refrigerante	10,0 minutos más promedio que el grupo control	NR
MCLELLAN <i>et al</i> (2013)	Nivel C	n = 4 hombres Edad: 26,8 ± 4,4 años; Estatura: 177,0 ± 5,0 cm; MC: 77,1 ± 8,9 Kg; % G: 13,8 ± 5,9 %	Temperatura rectal = 40°C; Frecuencia Cardíaca > 95% máxima medida durante 3 minutos; Tiempo de trabajo = 190min; Fatiga o náuseas	Grupo con EPP y camuflado	EPP incorporado en camuflaje y con apertura para refrigeración	Grupo utilizando EPP incorporado en camuflaje y con apertura para refrigeración (Uniforme A) (P < 0,05) Grupo utilizando EPP incorporado en camuflaje y con apertura para refrigeración (Uniforme B) (P < 0,05)	44,3 ± 21,9 47,0 ± 27,7	33,3 ± 16,1
CHEUNG e MCLELLAN (1998a)	Nivel C	n = 8 hombres Edad: 15 a 40 años	Temperatura rectal > 39,3 °C Frecuencia Cardíaca > 95% de la máxima medida durante 3 minutos Tiempo de trabajo = 240,0 min Fatiga o náuseas	Individuos moderadamente entrenados hidratados antes de la aclimatación	Capacidad Aeróbica, Estado de Hidratación y Aclimatación	Individuos moderadamente entrenados hidratados después de la aclimatación (P > 0,05) Individuos moderadamente entrenados hipohidratados antes de la aclimatación (P < 0,05)	101,4 ± 11,4 78,3 ± 16,9	96,6 ± 19,6

continuará

Cuadro 2 – Continuación

Autor	Tipo de Ropa de Protección	Muestra	Condición para finalizar la prueba y contar el tiempo de finalización	Grupo control	Factor investigado (variable independiente)	Exposición	Tiempo medio del grupo expuesto al factor investigado (min)	Tiempo medio del grupo de control (min)
MCLE-LLAN (1998)	Nivel C	n = 17 mujeres y 13 hombres Edad: 24,0 ± 4,0 años; Estatura: 180,2 ± 7,5 cm; MC: 77,1 ± 6,8 Kg %G: 13,8 ± 5,9%	Temperatura rectal > 39,3 °C Frecuencia Cardíaca > 95% de la máxima medida durante 3 minutos Tiempo de trabajo = 300,0 min Fatiga o náuseas	Individuos altamente entrenados hidratados antes de la aclimatación	Capacidad Aeróbica, Estado de Hidratación y Aclimatación	Individuos altamente entrenados hidratados después de la aclimatación (P > 0,05) Individuos altamente entrenados hipohidratados antes de la aclimatación (P < 0,05)	115,6 ± 18,4 100,9 ± 20,4	114,5 ± 27,4
				Hombres	Sexo	Mujeres	114,4 ± 17,4 (P < 0,05)	142,9 ± 24,4

continuará

Cuadro 2 – Continuação

Autor	Tipo de Ropa de Protección	Muestra	Condición para finalizar la prueba y contar el tiempo de finalización	Grupo control	Factor investigado (variable independiente)	Exposición	Tiempo medio del grupo expuesto al factor investigado (min)	Tiempo medio del grupo de control (min)
AOYAGI, <i>et al</i> (1998a)	Nivel B	n = 16 hombres Grupo 1: Edad: 29,0 ± 2,0 años; Estatura: 1,79 ± 0,02 m; MC: 82,6 ± 3,3 Kg; %G: 18,1 ± 1,5%	Temperatura rectal > 39,3 °C Frecuencia Cardíaca > 95% de la máxima medida durante 3 minutos	Grupo 2	Aclimatación	Grupo 1 después de la Aclimatación de 6 días	112,0 ± 6,0 (P < 0,05)	97,0 ± 4,0
		Grupo 2: Edad: 28,0 ± 1,0 años; Estatura: 1,78 ± 0,01 m; MC: 83,8 ± 2,6 Kg; %G: 19,8 ± 1,5%	Tiempo de trabajo = 150min Fatiga o náuseas	Grupo 2	Aclimatación	Grupo 2 después de la Aclimatación de 12 días	120,0 ± 10,0 (P < 0,05)	108,0 ± 10,0
AOYAGI, <i>et al</i> (1998b)	Nivel B	n = 16 hombres Grupo 1: Edad: 25,0 ± 1,0; Estatura: 1,76 ± 0,02 m; MC: 83,6 ± 3,8) Kg;	Temperatura rectal > 39,3 °C Frecuencia Cardíaca > 95% de la máxima medida durante 3 minutos	Grupo 2	Aclimatación y capacidad aeróbica	Grupo 1 después de la Aclimatación (P > 0,10)	49,0 ± 3,0	48,0 ± 2,0
		Grupo 2: Edad: 31,0 ± 1,0 años; Estatura: 1,76 ± 0,01 m; MC: 79,3 ± 4,1 Kg	Tiempo de trabajo = 120min Fatiga o náuseas	Grupo 2	Aclimatación y capacidad aeróbica	Grupo 2 después de la Aclimatación y Programa de Entrenamiento Aeróbico (P = 0,05 – 0,10)	52,0 ± 3,0	51,0 ± 2,0

continuará

Cuadro 2 – Continuación

Autor	Tipo de Ropa de Protección	Muestra	Condición para finalizar la prueba y contar el tiempo de finalización	Grupo control	Factor investigado (variable independiente)	Exposición	Tiempo medio del grupo expuesto al factor investigado (min)	Tiempo medio del grupo de control (min)
CHEUNG e MCLE- LLAN (1998b)	Nivel C	n = 8 hombres Edad: 29,3 ± 6,4 Estatura: 178,0 ± 7,0 cm; MC: 75,6 ± 9,7 Kg. %G: 12,4 ± 2,8%.	Temperatura rectal = 39,3 ° C Frecuencia Cardíaca > 95% de la máxima medida durante 3 minutos Tiempo de trabajo	Individuos previamente hipohidratados con reposición de agua durante el período de trabajo	Estado de hidratación en Ejercicios ligeros	Grupo previamente hidratado sin reposición de agua durante el período de trabajo (P > 0,05)	93,1 ± 20,8	87,1 ± 14,2
				Individuos previamente hipohidratados con reposición de agua durante el período de trabajo		Grupo previamente hidratado sin reposición de agua durante el período de trabajo (P < 0,05)	58,3 ± 11,1	
					Estado de hidratación	Grupo previamente hidratado con reposición de agua durante el período de trabajo (P > 0,05)	59,7 ± 9,5	53,3 ± 8,9

Leyenda: n = tamaño de la muestra; Kg = kilogramos; cm = centímetros; EPP = Equipo de protección personal; IC 95 % = intervalo de confianza a 95 %; ± = desviación estándar; MB = masa corporal; lpm = latidos por minuto; %G: porcentaje de grasa corporal; \*Reducción significativa en la duración de permanencia con EPP usando ropa B en comparación con A (P = 0,002) y E (P = 0,04); \*\*Reducción significativa en la duración de permanencia con EPP usando ropa F en comparación con A (P = 0,019), D (P = 0,014) y E (P = 0,0015). # Reducción de la duración de permanencia en climas cálidos y secos en comparación con climas templados y cálidos húmedos (P < 0,001); NR = no informado.

Fuente: Elaborado por los autores, 2022

Tabla 1 – VO<sub>2max</sub> y tiempo de tolerancia en EPP Nivel B

VO <sub>2max</sub> (mL.Kg <sup>-1</sup> .min <sup>-1</sup> )		Tiempo de tolerancia (min)		Autor	EPP
Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar		
45,1	1,5	48,0	2,0	AOYAGI, MCLELLAN e SHEPHARD (1998)	Nivel B
45,7	2,1	49,0	3,0	AOYAGI, MCLELLAN e SHEPHARD (1998)	Nivel B
46,0	1,9	52,0	3,0	AOYAGI, MCLELLAN e SHEPHARD (1998)	Nivel B
46,3	2,3	47,0	2,0	AOYAGI, MCLELLAN e SHEPHARD (1998)	Nivel B
47,2	1,7	120,0	10,0	AOYAGI, MCLELLAN e SHEPHARD (1995)	Nivel B
48,1	1,8	112,0	6,0	AOYAGI, MCLELLAN e SHEPHARD (1995)	Nivel B
48,6	2,1	108,0	10,0	AOYAGI, MCLELLAN e SHEPHARD (1995)	Nivel B
49,5	2,2	97,0	4,0	AOYAGI, MCLELLAN e SHEPHARD (1995)	Nivel B

VO<sub>2max</sub> = consumo de oxígeno máximo; EPP = equipo de protección individual .

Fuente: Elaborado por los autores, 2022

Tabla 2 – VO<sub>2max</sub> y tiempo de tolerancia en minutos en EPP Nivel C

VO <sub>2max</sub> (mL.Kg <sup>-1</sup> . min <sup>-1</sup> )		Tiempo de tolerancia (min)		Autor	EPP
Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar		
46,0	2,9	96,6	19,6	CHEUNG e MCLELLAN (1998a)	Nivel C
48,4	4,9	145,2	26,7	MCLELLAN (1998)	Nivel C
59,8	2,8	114,5	27,4	CHEUNG e MCLELLAN (1998a)	Nivel C
51,6	4,0	89,0	19,0	BACH <i>et al</i> (2019)	Nivel C

VO<sub>2max</sub> = consumo de oxígeno máximo; EPP = equipo de protección individual .

Fuente: Elaborado por los autores (2022)

#### 4 DISCUSIÓN

A partir de los resultados analizados, fue posible relacionar el tiempo en que un militar pudo permanecer operando en un ambiente con la presencia de agentes del NBQR. En el caso, se observaron los factores individuales del combatiente (capacidad aeróbica, el sexo y el estado

de hidratación) y factores externos (clima del ambiente operacional, tipo de trabajo a ser ejecutado y el tipo de EPP necesario a la tarea). Además, también fue posible relacionar este tiempo con factores que pueden ser insertados para prolongar la capacidad militar de permanencia en la acción militar, como métodos de enfriamiento intra y extracorpóreo y aclimatación.

#### 4.1 Capacidad Aeróbica

La capacidad aeróbica es ciertamente un factor preponderante cuando se requiere esfuerzo físico, sin embargo, esta percepción proviene del análisis de actividades en las que el individuo tiene la posibilidad de intercambiar calor con el ambiente, lo que no ocurre cuando se utilizan equipos de protección que pretenden contener el intercambio de fluidos entre la persona y el medio exterior. Así, los estudios analizados buscaron entender si esa premisa también sería válida para ese tipo de actividad.

Al comparar individuos con VO promedio de  $_{2max}$  de  $46.1 \pm 2.9 \text{ mL.Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  con personas con VO promedio de  $_{2max}$  de  $59.8 \pm 2.8 \text{ mL.Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , los investigadores Cheung y McLellan (1998a) señalaron que, además del mayor tiempo de permanencia en actividad utilizando EPP, los individuos tuvieron sus pruebas interrumpidas después de alcanzar el límite ético de temperatura abdominal ( $39,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ), además de aquellos que tuvieron la prueba terminada por solicitud propia debido a la percepción de agotamiento.

Aoyagi, McLellan y Shephard. (1998), al observar a las personas que se sometieron a un programa de entrenamiento físico basado en correr en interiores o en cinta rodante en sesiones de 30 a 45 minutos y de tres a cuatro días a la semana durante ocho semanas, alcanzando del 60% al 80% del VO  $_{2mas}$  inicial de cada participante, y que como resultado tuvieron sus VO  $_{2max}$  aumentados de  $39,9 \pm 1,7 \text{ mL.Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$  para  $46,3 \pm 2,3 \text{ mL.Kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ , no constataron un aumento significativo del tiempo de permanencia, sin embargo, se verificó que la temperatura rectal para individuos entrenados se mantuvo menor durante el ejercicio con el EPP, siendo ese un determinante crítico en el tiempo de permanencia. Una posible explicación para este cambio significativo en el tiempo de permanencia de los individuos mejor acondicionados es señalada por la acumulación de sudor en el interior de la ropa y la imposibilidad de intercambio efectivo de calor con la evaporación del sudor, lo que termina superponiendo el efecto del entrenamiento sobre la capacidad aeróbica de los individuos, manteniendo índices de frecuencia cardíaca elevados, lo que resulta ser el factor determinante para la finalización del ejercicio. Ambas pruebas utilizaron como ejercicio caminar en una cinta rodante a 4,8 kilómetros por hora (km/h), variando entre sí en la inclinación adoptada, Aoyagi, McLellan y Shephard (1998) utilizaron una única inclinación del 2%, mientras que Cheung y McLellan (1998b) inclinaciones entre 3 y 7% y, posiblemente, esta variación de inclinaciones y un mayor número de pruebas han llevado a comprobar una pequeña variación en el tiempo de permanencia de los individuos más condicionados en el segundo estudio.

Jovanović *et al.* (2014a) corroboran la importancia de la capacidad aeróbica al desarrollar una prueba con militares y compararlos con los resultados verificados por Nag *et al* (1997). Los datos de Nag *et al* (1997) señalaron que los hombres sometidos a trabajos en los que la temperatura abdominal es de  $39^{\circ} \text{C}$  logran permanecer en trabajo de 40 a 45 min, mientras que en las pruebas de Jovanović *et al.* (2014a) una cantidad mínima de militares tuvo la prueba finalizada antes de los 45 minutos, estableciendo una relación con la regularidad en que los militares estudia-dos realizan actividades físicas extenuantes relacionadas a la profesión.

Aunque es bien conocido que una mejor capacidad aeróbica promueve beneficios para la realización de actividades con demanda física (NINDL *et al.*, 2017), la evidencia sobre cómo los índices fisiológicos aeróbicos se relacionan con la duración de la estancia es aún escasa, por lo que requiere mayor investigación.

#### 4.2 Sexo

Ante la limitación de los análisis que investigaban las diferencias entre sexos al usar ropa de protección NBQR, se destaca el estudio de McLellan (1998), que encontró una desventaja termorreguladora para las mujeres, lo que influiría en la reducción del tiempo de estancia para el sexo femenino. Sin embargo, como la ventaja térmica que presentan los hombres estaría basada en la cantidad de sudor que pueden producir y, en consecuencia, presentar una mayor eficiencia reguladora, el uso de EPP para aislar la evaporación podría compensar tales diferencias, dando lugar a una capacidad de almacenamiento de calor similar entre hombres y mujeres. Por lo tanto, este artículo hizo una división por similitud del porcentaje de grasa asociado con el  $VO_{2max}$  y, con esta división, los tiempos de tolerancia se volvieron similares independientemente del sexo de los participantes.

Por lo tanto, aunque el sexo puede influir debido a las diferencias en la composición corporal general entre las medias femeninas y masculinas, cuando se trata de un ejercicio en el que no hay compensación de calor frente a los EPP, dichas diferencias se minimizan. De esa forma, prevaleciendo así aspectos referentes a la composición corporal y capacidad aeróbica para la variación en el tiempo de permanencia, hombres y mujeres con índices similares de porcentaje de grasa y  $VO_{2max}$  parecen tener tiempos de tolerancia similares.

#### 4.3 Estado de hidratación

McLellan (1998); Jovanović *et al.* (2014a); e Aoyagi, McLellan y Shephard (1998) observaron el aumento de la tasa de sudor cuando en actividad utilizando EPP NBQR, lo que posibilita inferir que hay de hecho un aumento de la deshidratación durante ese tipo de actividad. Unido a esto, debido a la necesidad de aislar, principalmente, las vías respiratorias del medio ambiente, el consumo de agua durante la operación en un ambiente contaminado es extremadamente difícil, teniendo así al operador NBQR como únicas oportunidades de hidratación en los momentos previos al inicio del trabajo y durante las pausas de descanso en un área descontaminada.

A partir de esto, Cheung y McLellan (1998a) observaron que el estado de hipohidratación al inicio de la actividad aumentó significativamente los efectos del estrés por calor, incluso en individuos aclimatados. Del mismo modo, aquellos que tenían un estado de hidratación normal al comienzo del ejercicio tenían la capacidad de mantenerse activos con EPP más tiempo que los hipohidratados, independientemente de los beneficios de la aclimatación y la condición aeróbica. Por lo tanto, es importante que al iniciar las operaciones, los individuos se encuentren en buenas condiciones de hidratación. También es posible considerar si la hidratación durante la ejecución de la tarea trae consigo alguna ganancia efectiva en el tiempo de tolerancia, ya que

según otro estudio de Cheung y McLellan (1998b) sí existe esta correlación cuando se da durante la práctica de ejercicios ligeros con EPP, sin embargo no hay un efecto determinante en el alargamiento del tiempo de permanencia cuando esta hidratación durante la actividad se produce al realizar trabajos de alta intensidad. Esta investigación corroboró, por lo tanto, con la evidencia de que el nivel de hidratación anterior al inicio del ejercicio afecta el tiempo de operación.

Así, se destaca también la importancia de la hidratación durante los periodos de descanso, para que el militar pueda volver a la actividad con el nivel de hidratación necesario para no ver reducido su tiempo de tolerancia ante el proceso de hipohidratación. Sin embargo, aunque de forma menos evidente, es importante evitar la hiperhidratación durante el descanso. Rubenstein *et al.* (2017) al analizar una variedad de individuos, vistiendo EPP nivel A, en diferentes climas y realizando diversas actividades, concluyeron que durante los períodos de descanso después de 60 minutos de actividad, la hidratación con 0,7 litros (L) de agua rehidrata de forma segura al 90% de los operadores y evita el riesgo de hipo e hiperhidratación para los próximos ciclos de trabajo. Vale la pena mencionar que este estudio también encontró que la rehidratación excesiva (1,5 L en cada ciclo de descanso alternando con un ciclo de trabajo de 60 min) aumenta el riesgo de hiperhidratación a un 39% a partir del tercer ciclo de trabajo/descanso en adelante.

#### 4.4 Clima del entorno operativo y tipo de trabajo a realizar

DenHartog *et al.* (2017) analizaron diferentes cargas de trabajo aliadas a las condiciones climáticas sobre el tiempo de tolerancia. Considerando tres climas e intensidades de trabajo (climas moderado, cálido y húmedo y cálido y seco; y trabajo – 127 W.m<sup>-2</sup>, 205 W.m<sup>-2</sup> e 314 W.m<sup>-2</sup>).

Teniendo en cuenta que la carga de trabajo aumenta cuando hay uso de EPP NBQR (Dorman; Havenith, 2009), es posible predecir una relación inversamente proporcional entre la carga de trabajo y el tiempo de permanencia. De tal forma que el estudio de DenHartog *et al.* (2017) mostró una fuerte relación entre la carga de trabajo y el tiempo de tolerancia, en proporción inversa.

Finalmente, vale la pena confirmar la relación de que a mayor temperatura de la región, menor tiempo de trabajo. En relación a la humedad del aire, se supone que no habrá una influencia directa en el tiempo en virtud del bajo o ningún intercambio de fluidos entre el individuo y el ambiente, sin embargo la falta de literatura acerca de esa relación específica no permite la confirmación de esa suposición. Así, dentro de un mismo clima, el tiempo de permanencia se presenta, según DenHartog *et al.* (2017) inversamente proporcional a la demanda de trabajo.

Sin embargo, como consecuencia de algunas limitaciones del artículo de DenHartog *et al.* (2017), la edad apareció como otro posible factor influyente de la duración de la permanencia. La relación edad/tiempo de tolerancia se verificó estadísticamente, mostrando una relación mínima de variación directamente proporcional, es decir, las personas mayores aguantarían más tiempo en operación. Sin embargo, debido a que dicha investigación se realizó con bomberos profesionales, se puede discutir si las personas con más experiencia operando con EPP a lo largo de los años han desarrollado alguna adaptación fisiológica para soportar una mayor cantidad de tiempo en condiciones de estrés térmico no compensado.

#### 4.5 Tipo de EPP utilizado

Las Fuerzas Armadas, cuando tienen la necesidad de emplear los niveles C y B de protección, utilizan el sistema de capas, o sea, al ser detectada alguna amenaza NBQR, la ropa de protección, normalmente de carbón activado, se usa por encima del uniforme de combate. A partir de esta concepción, McLellan *et al.* (2013) compararon el actual sistema de capas a un uniforme de combate con capacidad de filtrar agentes NBQR y que presenta aberturas para ventilación (Protective Assault Uniform), siendo necesario solamente el cierre de esas aberturas cuando de la detección de amenaza NBQR para la efectiva protección del combatiente. Al comparar estos dos sistemas de protección, fue evidente que el uso continuo en actividad de un uniforme de combate único y que posibilite rápida transición de una condición normal a una condición de protección NBQR aumenta significativamente el tiempo en operación de los militares en un entorno contaminado usando el EPP. De esta forma, aunque el militar permanezca a lo largo de toda la operación con un uniforme de menor intercambio gaseoso con su entorno, las partes abiertas del uniforme permiten un intercambio de calor con el ambiente y hay un beneficio significativo cuando el militar necesita protección NBQR. Aunque esa ventaja existe, en Brasil esa tecnología militar aún no está disponible y, tratándose de un estudio con militares canadienses, difícilmente sería aplicable ese tipo de EPP en operaciones de nuestras Fuerzas Armadas.

El uso de ropa de protección de nivel A en las fuerzas armadas es similar al uso por los cuerpos de bomberos y empresas de la industria química, con mayor disponibilidad comercial. DenHartog *et al.* (2017) investigaron si existen diferencias considerables entre diversas ropas de nivel A disponibles en el mercado, con el tiempo de tolerancia. La única diferencia observada se dio con un traje en relación a los demás en clima moderadamente cálido, cuyas diferencias significativas con este traje son una doble capa de protección química (contra una capa de las otras) y su capa exterior reflectante aluminizada. Esta ropa tenía un tiempo de permanencia reducido, como lo señalaron DenHartog *et al.* (2017), lo que podría deberse a que sus dos capas aumentan el estrés térmico y/o por tratarse de un clima medio, la capa de aluminio impedía el intercambio de calor de la ropa al ambiente. En un ambiente cálido, esta ropa no mostró diferencias significativas con respecto a las demás, en este caso indicando la eficacia en la reflexión del calor por la capa aluminizada.

Las ropas reflectantes suelen ser empleadas en servicios en que haya incendios aliados a la liberación de agentes NBQR, y es más orientada a la utilización de bomberos. Sin embargo, cuando se trata de las fuerzas armadas, queda latente la necesidad de verificar la importancia de la cantidad de capas protectoras en los trajes de nivel A, considerando que una ropa multicapa tenderá a disminuir el tiempo de permanencia de los militares en operación.

Por último, Xu *et al.* (2019) observaron que es posible todavía el perfeccionamiento de las propiedades térmicas de los tejidos utilizados actualmente en EPP militares a fin de reducir el estrés térmico y conseguir aumentar el tiempo de permanencia, pero aún así esas ventajas dependen del clima del ambiente en que se desarrollan las operaciones.

#### 4.6 Métodos de enfriamiento

La elevación de la temperatura corporal es un factor intrínseco al ejercicio y que se hace aún más evidente cuando el intercambio de calor con el ambiente es reducido por el EPP.

Por lo tanto, la refrigeración del cuerpo puede presentarse como una buena alternativa para reducir los efectos del estrés térmico derivado de las operaciones con amenaza NBQR. Bach *et al.* (2019) y Maley *et al.* (2020) investigaron tres vestimentas gaseosas y una vestimenta asociada a la ingestión de *frozen* por los sujetos 30 minutos antes del inicio del ejercicio. El primer estudio utilizando EPP nivel C y el segundo EPP nivel A, con una discordancia entre la eficiencia de dos trajes en relación al tiempo de permanencia en el EPP. Mientras que el chaleco con hielo mostró una mejora significativa durante las pruebas con el nivel C de EPP, no se observó el mismo resultado en la prueba con el nivel A de EPP; en cambio, la prenda de cuerpo completo con perfusión de agua mostró una mejora en el tiempo de permanencia solo al utilizar la prenda de nivel A.

Para discutir esta diferencia, es importante señalar que el chaleco de hielo se diferencia de la prenda de cuerpo completo con respecto al área de superficie corporal cubierta, el área de contacto efectivo con el cuerpo, la temperatura de almacenamiento y el estado físico del método de enfriamiento. Las ropas de nivel A, al encapsular al individuo, aislándolo de cualquier intercambio gaseoso con el ambiente, respiración limitada por el caudal de la válvula de aire acoplada al cilindro y cantidad de aire respirable restringida por la capacidad del cilindro, tienen como regla un tiempo menor de permanencia en relación a la ropa de nivel C.

Por tanto, para este traje, la prenda de perfusión de agua favorece que la superficie de intercambio de calor entre el fluido y el cuerpo sea mayor, debido a que su fluido pasa a través de unos pequeños conductos por toda la superficie corporal, siendo más eficaz a la hora de mantener todo el cuerpo refrigerado en poco tiempo. Al analizar el uso del nivel C, los tiempos promedio de permanencia en relación al nivel A son mucho mayores, dando tiempo a que todo el fluido tenga su temperatura elevada y balanceada con la alta temperatura del cuerpo, haciendo que el individuo pierda por ende el beneficio de enfriamiento externo. Sin embargo, al analizar el chaleco de hielo (almacenado a  $-18^{\circ}\text{C}$ ), aunque solo se refrigere el torso, el tiempo que pasará el chaleco absorbiendo el calor de la persona hasta alcanzar el equilibrio térmico será mucho mayor que el del traje con agua, beneficiándose así al utilizar EPP de nivel C. A pesar de estas diferencias, no se puede decir que, de alguna manera, cierta ropa refrigerante no sea adecuada, pero estas características deben tenerse en cuenta cuando sea necesario utilizar refrigeración con diferentes niveles de EPP.

El método que demostró un mayor aumento del tiempo de tolerancia en ambos estudios fue la combinación del chaleco refrigerante con la ingestión de *frozen* en una proporción de  $7,5 \text{ g.Kg}^{-1}$  a  $-2^{\circ}\text{C}$  (2,2% de carbohidratos), siendo ingeridos  $1,25 \text{ g.Kg}^{-1}$  cada cinco minutos, 30 minutos antes del inicio del ejercicio. Jovanović *et al.* (2014b) señalaron, al estudiar vestimentas refrigerantes para EPP de las Fuerzas Armadas serbias, que el uso de estos implementos que enfrían el área del torso hace que la temperatura abdominal aumente más lentamente y que la temperatura promedio de la piel sea significativamente menor. Por lo tanto, su uso debajo de la ropa de protección NQBR mejora la estabilidad fisiológica de los militares, contribuyendo a la confianza y eficiencia en las misiones militares contra las amenazas NBQR.

Al analizar la realidad militar nacional, se resalta que la ingestión de *frozen* se puede realizar con facilidad, ya que se dispone en el mercado de máquinas para la producción de este tipo de alimentos o incluso utilizando medios improvisados para su producción, manteniendo la proporción hielo/peso indicada en los estudios. En cuanto a la ropa refrigerante, aunque no es habitual su uso en misiones NBQR en la Infantería de Marina, el Batallón de Ingenieros de la Infantería

de Marina dispone actualmente de ropa refrigerante de perfusión de agua para realizar misiones de desactivación de artefactos explosivos con el uso del traje antibomba (EOD -9), siendo, por lo tanto, adaptable a su uso con EPP NBQR.

#### 4.7 Aclimatación

Operar con EPP para agentes NBQR requiere trabajar a temperaturas superiores a la media, por lo que vale la pena observar la influencia de la aclimatación al calor por parte de los individuos y si existe una relación con el tiempo de tolerancia. Tres estudios observaron la relación entre aclimatación y tiempo de permanencia, conforme a los protocolos de aclimatación especificados en los resultados.

Aoyagi, McLellan y Shephard (1995) constataron un significativo aumento del tiempo de tolerancia en los individuos aclimatados, contrariamente a su propio trabajo (1998) que indicó no haber variación del tiempo de permanencia para individuos aclimatados, así como Cheung y McLellan (1998a). Analizando estas diferentes perspectivas, el estudio de Cheung y McLellan (1998a) promovió la rehidratación de los sujetos estudiados en intervalos continuos, por lo tanto, tal hidratación continua puede haber superado el efecto beneficioso de la aclimatación. Comparando los dos artículos de Aoyagi, McLellan y Shephard, queda claro que la aclimatación ayuda a reducir los efectos fisiológicos causados por el estrés térmico en virtud del uso de EPP. Sin embargo, todavía hay ciertas dudas en cuanto al impacto directo en el tiempo de permanencia, ya que, en sus conclusiones, Aoyagi, McLellan y Shephard (1998) verificaron que, cuanto mayor el esfuerzo requerido en el ejercicio, menor el efecto de la aclimatación en la prolongación del tiempo de tolerancia. Posiblemente, esta disminución se deba a la mayor tasa de sudoración en ejercicios de alta intensidad sin intercambio de calor con el ambiente, haciendo que el aumento de temperatura en el microclima dentro del EPP sea lo suficientemente alto como para eliminar las diferencias fisiológicas entre individuos aclimatados y no aclimatados. Otras investigaciones señalan ventajas de la aclimatación en situaciones de actividades que resultan en estrés térmico, ayudando en la reducción de la frecuencia cardíaca, del consumo de oxígeno, de la percepción de esfuerzo y de la sensación térmica (Thake *et al.*, 2009)

Entonces, se puede suponer que el tiempo de aclimatación de los protocolos de los estudios no habrían sido suficientes para una adaptación fisiológica que efectivamente promoviera la aclimatación necesaria, sin embargo Aoyagi, McLellan y Shephard (1995) observaron que no hubo diferencias fisiológicas significativas entre los grupos estudiados, con aclimataciones de seis y 12 días, ya que las adaptaciones al calor ocurrieron en los primeros días.

Por lo tanto, se necesitarían más análisis para confirmar la efectividad real de la aclimatación al calor para extender la duración de la permanencia, a pesar de los beneficios ya probados. Para la realidad de las fuerzas armadas, es posible establecer protocolos de aclimatación sencillos, similares a los señalados en estudios para mejorar el desempeño de militares cuando se dispone de suficiente tiempo, previo a una misión específica de defensa NBQR.

## 5 CONCLUSIÓN

De todos los datos analizados, es posible concluir que se deben tener en cuenta varios factores importantes cuando es necesario el uso de EPP NBQR, algunos más relacionados con el

tiempo dedicado a la actividad (capacidad aeróbica, sexo, estado de hidratación, clima del ambiente operativo y tipo de actividad realizada) y otros que prolongan el tiempo de tolerancia indirectamente al actuar sobre la adaptación fisiológica del individuo y su percepción del esfuerzo (refrigeración y aclimatación intra y extracorpórea). De esta forma, se hace necesario destacar el estado de hidratación inicial del individuo como condición básica para el desarrollo de las tareas, una vez que un estado deshidratado reducirá de forma significativa su permanencia en el trabajo, sugiriéndose ingestas de 0,7 L de agua a cada ciclo de 60 minutos de trabajo.

El tipo de tarea y el tipo de EPP también aparecen como factores que influirán en el tiempo de trabajo, ya que cuanto mayor sea la intensidad del trabajo y menor sea la permeabilidad del EPP a la transferencia de calor entre el individuo y el entorno, menor será la influencia de otros factores, ya que los niveles de sudor y su no evaporación harán que los tiempos de permanencia se reduzcan drásticamente, independientemente de otros factores fisiológicos y perceptuales. Aliado a estos dos factores está el ambiente operacional, que, a medida que aumenta la temperatura, reduce la capacidad de permanecer activo, sin embargo, sin tener una gran influencia de la humedad en vista del raro intercambio de fluidos entre ambiente e individuo.

Los métodos de refrigeración, ya sea con la ayuda de ropa refrigerada o mediante la ingestión de *frozen* se mostraron efectivos en la reducción del estrés térmico y consecuente extensión del tiempo de permanencia en actividad con EPP, siendo así una herramienta eficaz para aumentar el tiempo de trabajo de los especialistas en actividad, y, por lo tanto, bastante importante para tareas que exijan largos tiempos de exposición a agentes NBQR.

Finalmente, el sexo no parece influir en el tiempo de uso de EPP. Aunque de forma incipiente, se puede considerar que los individuos con mejor acondicionamiento aeróbico y con menor porcentaje de grasa presentaron mejor rendimiento con EPP y mayores períodos de permanencia, lo que puede optimizarse si se da la aclimatación en caso de actividades realizadas en altas temperaturas.

## REFERENCIAS

AOYAGI, Y.; MCLELLAN, T. M.; SHEPHARD, R. J. Effects of 6 versus 12 days of heat acclimation on heat tolerance in lightly exercising men wearing protective clothing. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Bethesda, v. 71, n. 2–3, p. 187–196, 1995. Disponível: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7588688/>. Acesso en: 28 mar. 2023.

AOYAGI, Y.; MCLELLAN, T. M.; SHEPHARD, R. J. Effects of endurance training and heat acclimation on psychological strain in exercising men wearing protective clothing. **Ergonomics**, Bethesda, v. 41, n. 3, p. 328–357, 1998. Disponível: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9520629/>. Acesso en: 28 mar. 2023.

BACH, A. J. E. *et al.* An Evaluation of Personal Cooling Systems for Reducing Thermal Strain Whilst Working in Chemical/Biological Protective Clothing. **Frontiers in Physiology**, Bethesda, v. 10, n. 424, p. 1–11, 2019. Disponível: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6474400/>. Acesso en: 28 mar. 2023.

BAETHGE, C.; GOLDBECK-WOOD, S.; MERTENS, S. SANRA —a scale for the quality assessment of narrative review articles. **Research Integrity and Peer Review**, London, v. 4, n. 1, p. 2–8, 2019. Disponível: <https://researchintegrityjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s41073-019-0064-8>. Acesso en: 28 mar. 2023.

BRASIL. Marinha do Brasil. **Portaria n. 83, de 5 de maio de 2011**. Implanta o Sistema de Defesa Nuclear, Biológica, Química e Radiológica da MB (SisDefNBQR-MB), e dá outras providências. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2011.

BRASIL. Exército Brasileiro. **Manual de Defesa Química, Biológica, Radiológica e Nuclear**. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2017.

BRASIL. Marinha do Brasil. **Manual de Defesa Nuclear, Biológica, Química e Radiológica**. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2020.

CHEUNG, S. S.; MCLELLAN, T. M. Heat acclimation, aerobic fitness, and hydration effects on tolerance during uncompensable heat stress. **Journal of Applied Physiology**, Rockville, v. 84, n. 5, p. 1731–1739, 1998a. Disponível: <https://journals.physiology.org/doi/full/10.1152/jappl.1998.84.5.1731>. Acesso en: 28 mar. 2023.

CHEUNG, S. S.; MCLELLAN, T. M. Influence of hydration status and fluid replacement on heat tolerance while wearing NBC protective clothing. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Bethesda, v. 77, n. 1–2, p. 139–148, 1998b. Disponível: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9459534/>. Acesso en: 28 mar. 2023.

DENHARTOG, E. A. *et al.* Variability in Heat Strain in Fully Encapsulated Impermeable Suits in Different Climates and at Different Work Loads. **Annals of Work Exposures and Health**, Oxford, v. 61, n. 2, p. 248–259, 2017. Disponible: <https://academic.oup.com/annweh/article/61/2/248/2765107>. Acceso en: 28 mar. 2023.

DORMAN, L. E.; HAVENITH, G. The effects of protective clothing on energy consumption during different activities. **European Journal of Applied Physiology**, Oklahoma, v. 105, n. 3, p. 463–470, 2009. Disponible: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00421-008-0924-2>. Acceso en: 28 mar. 2023.

JOVANOVIĆ, D. *et al.* Physiological tolerance to uncompensated heat stress in soldiers: effects of various types of body cooling systems. **Military-Medical and Pharmaceutical Review**, Bethesda, v. 71, n. 3, p. 259–264, 2014a. Disponible: [https://www.researchgate.net/publication/261368600\\_Physiological\\_tolerance\\_to\\_uncompensated\\_heat\\_stress\\_in\\_soldiers\\_Effects\\_of\\_various\\_types\\_of\\_body\\_cooling\\_systems](https://www.researchgate.net/publication/261368600_Physiological_tolerance_to_uncompensated_heat_stress_in_soldiers_Effects_of_various_types_of_body_cooling_systems). Acceso en: 28 mar. 2023.

JOVANOVIĆ, D. *et al.* Physiological tolerance to uncompensated heat stress in soldiers: effects of various types of body cooling systems. **Vojnosanitetski Pregled**, Belgrad, v. 71, n. 3, p. 259–264, 2014b. Disponible: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24697012/>. Acceso en: 28 mar. 2023.

MALEY, M. J. *et al.* Extending work tolerance time in the heat in protective ensembles with pre-and per-cooling methods. **Applied Ergonomics**, Amsterdam, v. 85, p. 1-6, 2020. Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003687018306379?via%3Dihub>. Acceso en: 28 mar. 2023.

MCLELLAN, T. M. Sex-related differences in thermoregulatory responses while wearing protective clothing. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology**, Oklahoma, v. 78, n. 1, p. 28–37, 1998. Disponible: <https://link.springer.com/article/10.1007/s004210050383>. Acceso en: 28 mar. 2023.

MCLELLAN, T. M.; BOSCARINO, C.; DUNCAN, E. J. S. Physiological strain of next generation combat uniforms with chemical and biological protection: importance of clothing vents. **Ergonomics**, London, v. 56, n. 2, p. 327–337, 2013. Disponible: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00140139.2012.746738>. Acceso en: 28 mar. 2023.

NAG, P.K. *et al.* Human heat tolerance in simulated environment. *Indian J Med Res*, v. 105, p. 226-234, 1997. Disponible: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9183079/>. Acceso en: 04 de abr. de 2023.

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION. Individual protection equipment on individual and unit performance. **GlobalSpec**, New York, 2004. Disponible: <https://standards.globalspec.com/std/14362438/ATP-65>. Acceso en: 5 mar. 2023.

NINDL, B. *et al.* Executive Summary From the National Strength and Conditioning Association's Second Blue Ribbon Panel on Military Physical Readiness: Military Physical Performance Testing. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, Bethesda, v. 29, n. 11, p. 216-220, 2017. Disponível: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26506191/>. Acesso em: 28 mar. 2023.

RUBENSTEIN, C. D. *et al.* Fluid replacement advice during work in fully encapsulated impermeable chemical protective suits. **Journal of Occupational and Environmental Hygiene**, London, v. 14, n. 6, p. 448-455, 2017. Disponível: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15459624.2017.1296230>. Acesso em: 28 mar. 2023.

THAKE, C. D. *et al.* The effect of heat acclimation on thermal strain during Explosives Ordnance Disposal (EOD) related activity in moderate and hot conditions. **In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENVIRONMENTAL ERGONOMICS**, 13., 2009, Boston. **Conference** [...] Boston, 2009. Disponível: <https://pureportal.coventry.ac.uk/en/publications/the-effect-of-heat-acclimation-on-thermal-strain-during-explosive-3>. Acesso em: 28 mar. 2023.

XU, X. *et al.* Heat strain in chemical protective ensembles: Effects of fabric thermal properties. **Journal of Thermal Biology**, Amsterdam, v. 86, p. 1-7, 2019. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030645651930381X?via%3Dihub>. Acesso em: 28 mar. 2023.