

# Desafios e Perspectivas da Modernização Militar: Impacto das Tecnologias Emergentes no Desempenho Humano

Pedro Gabriel Dias Coêlho<sup>1</sup>, Italo Silva Barros<sup>2</sup>, Camila Maria Vieira De Carvalho<sup>3</sup>, Maria Keiliane Fernandes de Souza da Silva<sup>4</sup>, Marcos Antonio do Nascimento<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual do Maranhão, São João dos Patos/Maranhão

<sup>2</sup> Universidade Estadual do Maranhão, São João dos Patos/Maranhão

<sup>3</sup> Universidade Estadual do Maranhão, São João dos Patos/Maranhão

<sup>4</sup> Universidade Estadual do Maranhão, São João dos Patos/Maranhão

<sup>5</sup> Universidade Estadual do Maranhão, São João dos Patos/Maranhão

**Resumo** – Com o avanço da tecnologia, as Forças Armadas enfrentam uma rápida modernização, influenciando o caráter da guerra e as operações militares. Nos últimos anos, o campo militar tem testemunhado uma rápida evolução tecnológica, com a introdução de uma variedade de novas tecnologias projetadas para melhorar o desempenho e a eficácia dos soldados em operações de combate. Objetivos: Este estudo bibliográfico pretende abordar as novas exigências de pesquisa sobre o desempenho humano militar, à medida que novas tecnologias disruptivas emergem no campo de batalha. Métodos: A pesquisa baseia-se na análise de artigos científicos sobre o impacto de tecnologias emergentes, como robótica, inteligência artificial (IA) e melhorias humanas, nas operações militares, publicados em bases científicas como Scielo, Pubmed e Lilacs, considerando os últimos 5 anos. Resultados: Previsões recentes destacam a crescente influência de tecnologias como computação em nuvem, IA e sistemas autônomos, que devem revolucionar o campo de batalha. Além disso, a interação entre humanos e máquinas, especialmente em equipes humanas-máquinas, será fundamental para a eficácia operacional. Conclusão: A pesquisa indica que a rápida evolução tecnológica está alterando as demandas sobre os soldados, com um deslocamento gradual das habilidades físicas para as cognitivas, especialmente ao nível tático. Diante disso, é crucial adotar uma abordagem prospectiva na pesquisa sobre o desempenho humano militar, a fim de garantir a preparação adequada para os desafios futuros. Além disso, é necessário considerar as implicações éticas, legais e morais do uso crescente de tecnologias autônomas e da inteligência artificial no campo de batalha.

**Palavras-Chave** – Forças armadas, militares, soldados, inteligência artificial, sistemas autônomos.

## I. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, testemunha-se avanços sem precedentes nas tecnologias emergentes, que estão transformando rapidamente diversos aspectos da sociedade. Um dos setores mais impactados por essas mudanças é o militar, onde a modernização é essencial para enfrentar novas ameaças e garantir a segurança nacional. No entanto, à medida que as Forças Armadas buscam integrar essas inovações tecnológicas em suas operações, surgem desafios significativos, especialmente no que diz respeito ao impacto dessas tecnologias no desempenho humano.

O presente artigo propõe uma análise dos desafios e perspectivas associados à modernização militar, com um enfoque específico no impacto das tecnologias emergentes no desempenho humano. Esta análise se torna cada vez mais relevante à medida que inteligência artificial, realidade aumentada, biotecnologia e outras tecnologias emergentes se tornam partes integrantes das estratégias militares.

Ao explorar as implicações dessas mudanças, procuramos compreender como as tecnologias emergentes estão moldando não apenas as capacidades técnicas das Forças Armadas, mas também a dinâmica interna e as experiências dos indivíduos que compõem essas instituições. Isso inclui não apenas soldados em campo, mas também aqueles envolvidos em funções de suporte e logística.

A compreensão dos desafios e oportunidades apresentados por essa interseção entre tecnologia e humanidade é fundamental para o planejamento de políticas, estratégias de treinamento e o desenvolvimento de sistemas que não apenas aumentem a eficácia operacional, mas também protejam e promovam o bem-estar dos membros das Forças Armadas.

Desta forma, este artigo visa contribuir para o debate em curso sobre a modernização militar, fornecendo informações valiosas sobre como as tecnologias emergentes estão moldando o futuro das operações militares e o papel do ser humano nesse contexto desafiador.

## II. TECNOLOGIAS EMERGENTES NA MODERNIZAÇÃO MILITAR

O ritmo da modernização militar e o surgimento de novas capacidades decorrentes da inovação tecnológica terão um impacto significativo no caráter da guerra e em como as operações militares serão conduzidas, incluindo o papel fundamental do combatente humano (Kott et al. 2015).

Antecipar os novos requisitos de pesquisa sobre o desempenho humano militar que acompanharão o surgimento de novas e disruptivas tecnologias de campo de batalha serão necessários para apoiar o papel futuro do combatente humano (Billing et al. 2021).

O'Hanlon descreveu três graduações de inovação tecnológica esperada, incluindo avanços modestos resultando em até 20% de melhoria no desempenho em relação aos níveis atuais; avanços elevados resultando em 50-100% de melhoria no desempenho em relação aos níveis atuais; e avanços revolucionários onde o tipo e ritmo de progresso tornariam armas antigas, táticas e abordagens operacionais obsoletas, ao mesmo tempo, em que possibilitariam a realização de novas e importantes tarefas em campo de batalha que atualmente nem sequer podem ser tentadas. Em seu estudo, concluiu que suas previsões de que o hardware e o software de computador teriam um impacto revolucionário (O'Hanlon 2000), mas observou, em retrospecto, que deveria ter adicionado os robôs à lista de tecnologias suscetíveis a mudanças radicais.

Espera-se que as tecnologias emergentes mudem todos os papéis e tarefas no campo de batalha. De fato, novas tarefas serão criadas, tarefas antigas serão eliminadas ou pelo menos realizadas com menos frequência, o que alterará os requisitos de desempenho humano militar em todos os níveis. Por exemplo, ajudas automatizadas à tomada de decisão podem permitir que escolhas sejam feitas mais rapidamente, reduzindo assim a carga cognitiva e melhorando o comando e controle (Parasuraman, Cosenzo e Visseret 2009; Signorelli 2018).

Os campos de treinamento e os campos de batalha continuam a ser proliferados com tecnologias emergentes que visam aprimorar o desempenho das tarefas militares. Algumas tecnologias, como veículos terrestres não tripulados, já estão sendo avaliadas e adotadas por militares. Outras estão atualmente em um nível de prontidão mais baixo, mas estão sendo desenvolvidas por parceiros de defesa e da indústria e provavelmente se tornarão mais comuns na próxima década. Isso incluiria computadores neuromórficos, robótica em nuvem, como, por exemplo, *Cloudminds* e várias outras ferramentas analíticas assistidas por inteligência artificial (Cassidy et al. 2018).

Até 2017, estimava-se que havia mais de 20.000 veículos não tripulados em uso rotineiro pelo Departamento de Defesa dos Estados Unidos para uma variedade de missões, incluindo vigilância persistente, combate a incêndios, ataques críticos no tempo, proteção de forças, contra-dispositivos explosivos improvisados, limpeza de rotas e apoio aéreo próximo (Hall 2017).

Além disso, uma categoria adicional e notável que foi prevista para ter um impacto de alto nível até 2040 foram os “dispositivos de aprimoramento humano, assim como substâncias bioativas”. Essa previsão é fundamentada na taxa em que avanços tecnológicos estão sendo feitos no domínio biológico (Billing et al. 2021).

Os avanços em bioinformática e a contínua expansão do poder de computação apoiam o desenvolvimento de modelos cada vez mais sofisticados, integrados e generalizáveis. Esses esforços levam a um modelo abrangente de avaliação do soldado que prevê com precisão resultados de saúde e desempenho para muitas condições possíveis. Por exemplo, um modelo de multitarefa cognitiva ajuda os desenvolvedores de combate a considerar quantos drones remotos um operador humano pode gerenciar efetivamente (Block, Hancock e Zakay 2010).

Para o sucesso do combatente em operações de combate e treinamento, é o desempenho cognitivo. Assim como a resiliência, o desempenho cognitivo é um construto

multidimensional que consiste em múltiplas modalidades, como memória, tempo de reação e vigilância atencional (Vrijkotte et al. 2016).

Nações que não se apropriarem dos avanços tecnológicos estarão totalmente expostas e em desvantagem àquelas que estão na ponta da adequação tecnológica aos meios de defesa e combate militar.

A desvantagem seria ainda mais ampliada em uma luta contra um oponente com pouca tecnologia que sempre treinou para operar em ambientes privados de energia e comunicações, como, por exemplo, habilidades de orientação (Ruginski et al. 2019).

A finalidade do desenvolvimento de tecnologia militar é aumentar a eficácia do soldado; começou com pedras e lanças e hoje inclui uma sofisticação que excede a capacidade de qualquer pessoa criar ou decifrar. Um ponto importante é que os humanos empregam a tecnologia e são responsáveis por seu uso, mesmo para um sistema de armas operado autonomamente (Billing et al. 2021).

### III. O IMPACTO DAS TECNOLOGIAS EMERGENTES NO DESEMPENHO HUMANO

A presença de fatores de risco, a complicação de funções, a ampliação do leque de processos controlados, o aumento do ritmo de atividade, a monotonia do trabalho em condições de espera de um sinal para agir, a combinação de diferentes ações em uma atividade (combinadas atividades), o processamento de grandes volumes de informação, a falta de tempo para realizar as ações necessárias permitem-nos definir as atividades altamente extremas (Bocharov et al. 2023).

Nos princípios da organização da luta armada das forças de defesa da maioria dos países, é dada considerável atenção a esta questão. Objetivos interligados da luta armada, como a realização máxima do potencial de combate e a minimização das perdas de pessoal, condicionam este procedimento (Bocharov et al. 2023).

A prontidão militar no século XXI se beneficiará da adequada utilização de tecnologias integrativas e holísticas de monitoramento do desempenho do soldado e de estruturas analíticas de dados que proporcionem aos líderes militares informações fisiológicas em tempo real para tomada de decisões com maior assertividade (Nindl e Kyröläinen 2022; Michael et al. 2022).

Em condição de combate, a qualidade do planejamento militar, baseado numa avaliação realista das capacidades, incluindo as capacidades fisiológicas do pessoal, é de grande importância (Bocharov et al. 2023).

A pesquisa histórica e atual sobre o desempenho humano militar tende a se concentrar, quase inteiramente, no componente humano da guerra. Embora haja um crescente esforço para atividades de pesquisa práticas, no estilo laboratório de batalha, para examinar o uso de robótica, tecnologia da informação e inteligência artificial (IA), porém com resultados reativos. Certamente, a comunidade de pesquisa poderia se beneficiar com um trabalho mais proativo e visionário durante a priorização da pesquisa, o que levará a mudanças transformacionais na natureza dos requisitos de desempenho humano (Kott et al. 2015).

O método de análise comportamental (metodologia de diagnóstico visual e observação, entrevista de comandantes), conhecido desde a época da Guerra do Vietnã (Moskos 1975), é básico neste contexto, mas envolve a avaliação

subjetiva de um número significativo de especialistas com um certo nível de conhecimento e habilidades, portanto não é prático com o início de hostilidades intensas. Contudo, são necessárias tecnologias práticas baseadas no registro e análise de sinais biológicos e funcionais de maneira objetiva.

A condição funcional do militar é a capacidade de desempenhar funções oficiais. É claro que o estado funcional de uma pessoa muda com o tempo. Como resultado do estresse físico ou mental, pode deteriorar-se, ou seja, a reserva funcional diminui. Esta redução da reserva é um preço fisiológico da atividade (Bolcharov et al. 2023).

As demandas ocupacionais vivenciadas durante ambientes operacionais e treinamentos multissensoriais para o serviço militar são significativas tanto fisiológicas quanto psicologicamente. A subsequente tensão na fisiologia do soldado pode degradar a saúde e o desempenho, aumentando a probabilidade de fadiga e lesões, o que pode impactar negativamente a prontidão e a capacidade de combate (Nindl et al. 2013).

Ao longo dos últimos 20 anos, as forças armadas têm observado um rápido aumento nos problemas de saúde mental e na busca por ajuda (Stevellink et al. 2019). Isso tem sido impulsionado por uma maior conscientização sobre saúde mental e um reconhecimento aumentado da necessidade de manter a prontidão operacional da força em pé. Para lidar com esse aumento, há uma clara demanda por soluções personalizadas e adaptativas que visem as necessidades individuais para melhorar os resultados tanto para o indivíduo quanto para a comunidade das forças armadas em geral (Leightley et al. 2022).

No campo da psicologia militar indicam quatro componentes da prontidão psicológica dos soldados para desempenhar missões e tarefas de combate: motivacional, emocional, pessoal e funcional. Ao mesmo tempo, o componente funcional tem o valor aplicado mais significativo: é a capacidade de calcular os recursos das próprias forças em relação às forças e meios do inimigo, conhecimento dos métodos táticos de combate, resistência física (permanência prolongada em um espaço confinado), trabalho de longa duração em condições de operações de combate intensivas e em períodos monótonos de atividades, integração de todos os recursos para o desempenho das atividades profissionais (Prykhodko et al. 2021).

Nos estudos de Leightley et al. (2022), foram identificadas cinco áreas principais em que a tecnologia digital pode apoiar a provisão de saúde mental nas forças armadas: (1) minimizando o uso evitável de serviços por meio de sinalização para serviços adequados precocemente, (2) análise proativa de riscos, (3) foco na prevenção, (4) promoção da independência do paciente e (5) melhoria dos resultados do paciente.

Compreender as consequências fisiológicas dos estressores também pode levar ao desenvolvimento de contramedidas potenciais para manter a prontidão e mitigar resultados negativos durante treinamentos militares árduos. Por exemplo, a restrição energética muitas vezes é induzida de forma intencional como parte dos objetivos de treinamento ou devido a restrições logísticas, mas pode afetar negativamente a saúde e o desempenho (O'Leary, Wardle e Greeves 2020).

Estratégias para monitorar biomarcadores fisiológicos que incluem uma abordagem integrativa e holística de avaliação de vários domínios de otimização do desempenho

humano que sejam viáveis, aceitáveis e adequados são necessárias para o meio militar (Nindl et al. 2015).

Se elaborado corretamente, os sistemas centrados no soldado "apoiam a criação de soldados e formações militares mais competitivos e ágeis." A vantagem decisiva das tecnologias de IA nas operações modernas de múltiplos domínios, observando que a disposição dos soldados em lutar com sistemas de armas tradicionais pode não proporcionar ao Exército a vantagem estratégica (Carter e Robert 2020).

A IA é cada vez mais usada em biomecânica para prever com precisão variáveis biomecânicas externas a partir de dados movimento baseado em laboratório (MBL) 3D (Halilaj et al. 2018; Saxby et al. 2020).

O uso de IA para transformar dados MBL em variáveis biomecânicas de interesse pode permitir a previsão rápida de variáveis biomecânicas, simplificar potencialmente os caminhos de modelagem e permitir que os pesquisadores usem um conjunto reduzido de medições (por exemplo, usando apenas trajetórias de marcadores), utilizando os métodos de IA juntamente com visão computacional ou sensores vestíveis para prever medidas biomecânicas externas (Johnson et al. 2021), ou seja, ângulos e momentos articulares no mundo real em tempo real, mas também estender isso para estimar cargas e deformações internas do tecido (Lloyd et al. 2023).

Estimativas em tempo real de carga ou tensão tecidual podem informar imediatamente o treinamento ou reabilitação individualizada para prevenir lesões teciduais ou facilitar o reparo tecidual, visando a mecanobiologia tecidual terapêutica (Pizzolato et al. 2019).

Indivíduos altamente treinados, com uso das capacidades cuidadosamente selecionadas, contribuem para o sucesso, mas, em última análise, a eficácia operacional é entregue por equipes colaborando nos níveis estratégico, operacional e tático. Além disso, todas as tarefas militares são inerentemente variáveis, pois têm componentes físicos e cognitivos, sendo a contribuição relativa dependente da tarefa. A guerra contemporânea nos níveis estratégico e operacional pode ser categorizada como predominantemente cognitiva, enquanto no nível tático, os atributos físicos do combatente humano continuam sendo o habilitador crítico para a conclusão bem-sucedida das tarefas e deveres no campo de batalha. No entanto, os avanços tecnológicos estão forçando o equilíbrio cognitivo-físico das demandas a mudar, principalmente no nível tático, tendendo a partir de uma demanda extremamente física para uma mais cognitiva conforme representação da Fig. 1 (Billing et al. 2021).

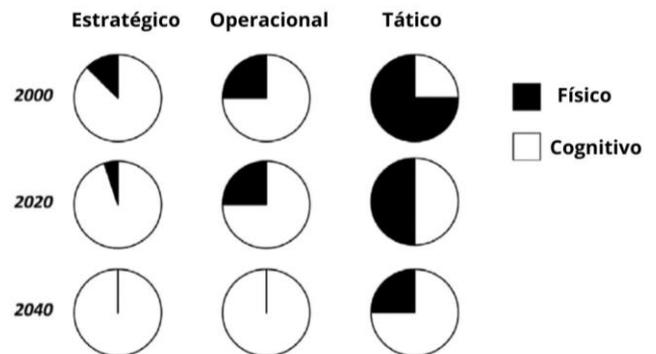


Fig. 1. Evolução do equilíbrio cognitivo-físico das demandas para o combatente humano nos níveis estratégico, operacional e tático em 2000 e 2020, projetada até 2040.

(Billing et al. 2021).

É provável que os requisitos de desempenho físico e cognitivo mudem, em geral, com o maior impacto ocorrendo no nível tático. Também vale ressaltar que a maioria das pesquisas atuais sobre desempenho humano militar está focada em indivíduos realizando tarefas de nível tático. Isso pode ser porque as tarefas táticas realizadas individualmente são facilmente mensuráveis (por exemplo, tempo para completar movimento, número de tiros disparados, número de erros). Alternativamente, pode ser porque a comunidade de pesquisa usa principalmente métodos de pesquisa monodisciplinares que tendem fortemente ao reducionismo cartesiano. Embora tal abordagem seja compreensível do ponto de vista experimental, ela evita cuidadosamente a complexidade do campo de batalha, tornando os resultados estatisticamente robustos, mas difíceis de relacionar com o mundo real (Ryan 2018).

Foram documentados prejuízos significativos na vigilância, memória de trabalho e tempos de reação durante operações militares (Tait et al. 2022; Vrijkotte et al. 2016), e o desempenho cognitivo diminuído tem sido associado a altas taxas de acidentes militares; portanto, a capacidade de manter níveis adequados de desempenho cognitivo ao experimentar estresse físico e psicológico está diretamente relacionada à prontidão operacional de um combatente (Tait et al. 2022)

Estudos, como os realizados pela série de estudos dos US Army Rangers, têm fornecido observações importantes sobre os déficits energéticos prolongados no desempenho do soldado, composição corporal e respostas de biomarcadores hormonais. Os dados obtidos desses estudos podem fornecer informações mecanicistas importantes sobre o impacto dos estressores militares na fisiologia, para serem utilizados como parte de um perfil de triagem ou avaliação de risco, e/ou identificar potenciais alvos para estratégias de intervenção visando otimizar a saúde e o desempenho durante treinamento e ambientes operacionais (Friedl et al. 2000).

O aprimoramento do desempenho humano pode ser dividido em duas categorias principais: (1) aprimoramento das capacidades humanas com tecnologias assistivas e (2) modificação da biologia humana para expandir as capacidades humanas (Billing et al. 2021).

O aumento do desempenho humano envolve principalmente sistemas externos, incluindo sistemas vestíveis como um exoesqueleto motorizado (Mooney, Rouse e Herr 2014), monitores internos e externos, ferramentas de apoio à decisão (Friedl 2018), bem como, trajes de fibra funcional que controlam a temperatura, perda de água e exposição a produtos químicos (Larsen 2019). Na fig. 2, citam-se alguns biomarcadores de monitoramento contínuo durante ambientes de treinamento militar com múltiplos estressores, relacionados à saúde, desempenho e prontidão dos membros do serviço (Koltun et al. 2023).

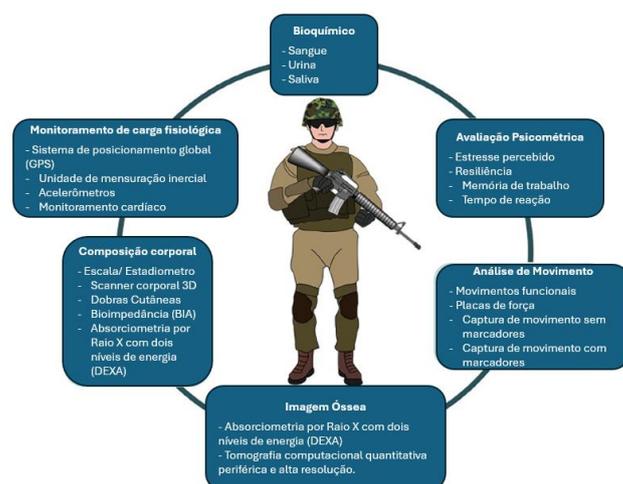


Fig. 2. Domínios de biomarcadores provenientes de triagem e monitoramento contínuo durante ambientes de treinamento militar com múltiplos estressores, relacionados à saúde, desempenho e prontidão dos membros do serviço.

(Koltun et al. 2023)

Apesar da profundidade das informações obtidas a partir de fatores bioquímicos, o processo de coleta pode ser difícil de implementar devido aos custos associados, à experiência necessária e à invasividade, especialmente para amostras de sangue. Portanto, adquirir amostras menos onerosas, como saliva, tornou-se um método amplamente aceito que é utilizado em configurações laboratoriais e aplicadas, tornando-se uma medida prática e confiável (Kirschbaum e Hellhammer 1994).

A coleta de saliva apresenta uma alternativa não invasiva, enquanto ainda é válida e confiável para determinadas análises, facilitando assim avaliações mais frequentes ao longo de períodos consistentes para caracterizar melhor os efeitos fisiológicos do treinamento. Em populações militares, a saliva tem sido coletada sequencialmente ao longo do curso de treinamento básico intensivo, bem como durante um exercício de treinamento em campo para rastrear o estresse fisiológico e psicológico (Tait et al. 2022).

Os modelos de imagens estacionárias permitem uma avaliação antropométrica automatizada, utilizando luz visível e infravermelha para produzir um avatar do corpo humano. Ao fornecer mais de 200 medidas do tamanho do corpo de um indivíduo em menos de 1 minuto e fornecer estimativas precisas de circunferência e volume (Tinsley et al. 2020), essa tecnologia pode servir para coletar variáveis antropométricas comuns usadas para avaliar os padrões de composição corporal militar (Harty et al. 2020).

Sistemas de treinamento usando realidade virtual juntamente com monitoramento fisiológico em tempo real fornece *biofeedback* para desenvolver capacidades aprimoradas de autorregulação mental e fisiológica; as mesmas tecnologias podem ser usadas para adaptar informações ao estado fisiológico do operador individual, por exemplo, "cognição aumentada" (Schmorrow e Kruse 2002).

Um modelo metabólico separado dos efeitos do exercício exaustivo prolongado no cérebro e no comportamento fornece uma ferramenta para planejamento de missões militares. (Vrijkotte et al. 2016).

Equipes podem treinar e operar com sistemas compartilhados, utilizando sensores e efetores vestíveis, por exemplo, uma internet mental (Rao et al. 2014).

O componente de confiança é crucial para a cooperação dos soldados com seus companheiros virtuais e é outro tema de pesquisa chave por si só. O transporte de carga e a velocidade de movimento podem ser aprimorados com tecnologias assistivas, como botas com exoesqueleto motorizado, acelerando o deslocamento de uma pequena unidade em terrenos acidentados; no entanto, pode haver riscos de atrofia muscular associada ao desuso de elementos musculoesqueléticos devido à dependência excessiva de um sistema de exoesqueleto. Além disso, interações sintéticas com máquinas podem revelar aspectos até então desconhecidos da biologia social essenciais para o funcionamento ótimo, incluindo o de indivíduos e equipes isolados (Olf et al. 2013).

Avanços tecnológicos recentes em modelagem neuro musculoesquelética personalizada, imagens médicas, dispositivos vestíveis, IA, realidade aumentada e gamificação podem agora ser usados para criar sistemas integrados que podem prever estresse e/ou tensões localizadas em tempo real fora do ambiente de laboratório e fornecer feedback instantâneo para o clínico/treinador/usuário. É, portanto, possível imaginar que o treino e a reabilitação poderão em breve ser orientados por sistemas de *bio feedback* baseados em um “gêmeo digital” do sistema músculo-esquelético do soldado que ajuda a garantir que uma dose específica de carga mecânica é aplicada ao tecido de interesse (Lloyd et al. 2023).

Tecnologias de pesquisa relevantes vão desde sistemas de monitoramento fisiológicos vestíveis até avatares humanos virtuais (“gêmeos digitais”) que duplicam o desempenho de humanos individualmente (Billing et al. 2021).

À medida que os modelos se expandem e se combinam, o efeito do trabalho físico e de outros estressores metabólicos nas capacidades de tomada de decisão de um soldado pode ser previsto e a carga de trabalho redistribuída dentro de equipes humano-máquina para manter a eficácia. Essas simulações preditivas podem estar em execução em tempo real em um modelo de “gêmeo digital” do soldado individual que inclui informações personalizadas, como fisiologia, característica, comportamento e resiliência neurofisiológica do indivíduo (Bruynseel, Santoni e Van-Den-Hoven 2018).

Para quantificar a carga fisiológica e capturar avaliações em tempo real da posição de um indivíduo durante o treinamento ou tarefas operacionais discretas, estão surgindo estratégias e tecnologias para monitoramento contínuo por meio de dispositivos vestíveis. Os dispositivos vestíveis podem ser categorizados como dispositivos de monitoramento interno ou externo e foram extensivamente revisados quanto ao seu papel na compreensão dos componentes de desempenho e resiliência (Adesida, Papi e McGregor 2019; Impellizzeri, Marcora e Coutts 2019).

O monitoramento interno pode incluir frequência cardíaca (FC), variabilidade da frequência cardíaca (VFC) e saturação de oxigênio por meio de relógios ou tiras torácicas para fornecer informações sobre as demandas fisiológicas internas impostas ao sujeito pelas condições externas. Alternativamente, o monitoramento via sistema de posicionamento global (GPS), acelerômetros e unidades de medição inercial (IMUs) usados em segmentos do corpo podem avaliar a carga externa (Seshadri et al. 2019).

A modelagem biofísica já foi demonstrada para melhorar diretamente o desempenho humano. Por exemplo, o suporte à decisão baseado em IA fornecido a partir de modelos térmicos combinados com monitores fisiológicos vestíveis oferece um ritmo de marcha em tempo real, otimizado para os requisitos da missão (Buller et al. 2015).

Na pesquisa de Anuradha et al. (2018), foi proposto um sistema de comunicação segura e alerta de emergência para soldados durante a guerra, utilizando eletrocardiograma (ECG) como recurso biométrico. O sistema envolve um walkie-talkie com rede de sensores sem fio e monitoramento baseado em internet das coisas para detectar ECG e conectar-se à estação de controle com base na pulsação do soldado. Ele também possui sistema de posicionamento global (GPS) embutido para identificar a localização do soldado, bem como, visa aumentar a segurança por meio da autenticação biométrica, por meio de ECG, único para cada indivíduo e pode detectar o ferimento ou a morte de um soldado. A estação de controle recebe uma mensagem de atualização do walkie-talkie do soldado a cada 2 minutos e alerta o chefe do batalhão em situações críticas.

O monitoramento externo, por meio de acelerômetros ou GPS, pode fornecer medidas baseadas em volume (por exemplo, distância percorrida, contagem de passos), bem como medidas de intensidade (por exemplo, distância percorrida acima de 90% da velocidade máxima, tempo gasto em atividade física moderada a vigorosa) para rastrear a carga fisiológica. A actigrafia é comumente usada em pesquisas e ambientes clínicos para monitorar os níveis de atividade física e, dependendo do modelo específico implementado, pode ser usada no pulso ou no quadril para determinar a contagem diária de passos, classificar a intensidade da atividade física, estimar o gasto energético e/ou monitorar a atividade sono/vigília (Koltun et al. 2023).

Ambientes extremos também proporcionam um grande estresse físico e fisiológico aos militares. O interesse no Ártico está aumentando devido ao aquecimento global e ao derretimento do gelo, resultando na abertura de novas rotas oceânicas, aumentando o acesso às reservas minerais e petrolíferas e à exploração de outros recursos potenciais do Ártico (Lackenbauer 2009). Um interesse crescente pela região do Ártico aumenta a probabilidade de esta ser mais frequentada e contestada. Isto aumenta a necessidade de uma capacidade de resposta eficaz para conflitos, emergências, segurança e preocupações ambientais. Os soldados devem ser altamente especializados, bem treinados, bem equipados e autossuficientes para operar com sucesso e sobreviver neste ambiente remoto e extremo (Sullivan-Kwantes et al. 2021).

No estudo de Sullivan-Kwantes et al. (2021), foram listados alguns pontos que carecem de desenvolvimento tecnológico para melhoria do desempenho humano no ártico, são elas: Maior proteção das mãos, permitindo destreza manual e reduzindo o risco de lesões por frio intenso (incluindo métodos para aumentar o fluxo sanguíneo periférico para extremidades quentes); Sistema de gerenciamento de suor/tecidos em roupas e botas; Estratégias termogênicas de base biológica para prevenir a hipotermia (por exemplo, protocolo eficaz para aclimação ao frio; suplementos dietéticos que aumentam a termogênese sem tremores); Monitoramento fisiológico vestível que funciona em frio extremo; Óculos antiembaçantes e melhor proteção facial; Treinamento de equipes de realidade virtual para doutrinação segura de soldados novatos nas operações no

Ártico e no conceito de “frio confortável”; abrigos de proteção com baixas assinaturas térmicas e nova tecnologia de aquecedor/fogão para aquecimento rápido e eficiente, aquecimento de água e secagem de roupas (com redução do risco de incêndio e CO) e Protocolos de tratamento médico e equipamentos médicos para tratamento traumático no Ártico.

A segunda categoria de aprimoramento de desempenho humano envolve biotecnologias que realmente modificam a biologia humana para alcançar um desempenho individual extraordinário. Isso inclui drogas e engenharia genética, como inibidores de miostatina ou alterações em genes que codificam a miostatina para criar indivíduos com massa muscular massivamente aumentada; drogas e microbiota sintética que alteram o humor e a cognição e retardam a fadiga; e modificações cirúrgicas, incluindo a modelagem da córnea para alterar a acuidade visual (Billing et al. 2021).

O medicamento acetazolamida tem um uso aprovado para a prevenção do mal da montanha agudo, encontrado quando soldados não acostumados sobem rapidamente para altitudes elevadas para enfrentar um oponente. Isso representa um significativo potencializador de desempenho na guerra de montanha (Forwand et al. 1968).

O aprimoramento do desempenho biológico ("de dentro para fora") requer níveis adicionais de rigor, além da certificação de tecnologias de aumento ("de fora para dentro") devido aos riscos imprevisíveis para a saúde e o desempenho humano. Considerações bioéticas adicionam outra camada essencial, mas mesmo um inimigo antiético seria tolo ao se precipitar para tentar melhorar a biologia. Exércitos há muito tempo contemplam a criação de super soldados modificados biologicamente, e algumas lições-chave foram aprendidas (Friedl 2015; Rasmussen 2011).

Existem potenciais vantagens no aprimoramento biotecnológico de seres humanos saudáveis; algumas das abordagens promissoras estão realmente focadas em prevenir os decréscimos no desempenho que ocorrem em condições extremas (Friedl 2009).

Frequentemente os estressores são inevitáveis ou não podem ser alterados no meio militar; portanto, outros esforços têm examinado a eficácia da suplementação hormonal farmacológica para mitigar as consequências do treinamento. Especificamente, a eficácia da reposição de testosterona exógena durante um déficit energético no desempenho físico e cognitivo tem sido testada como uma estratégia para combater declínios na testosterona, massa corporal magra e função física. Embora os resultados desta investigação em particular não tenham apoiado uma recomendação para suplementação de testosterona, essa linha de investigação forneceu uma justificativa para investigações de acompanhamento (Koltun et al. 2023).

Há um caso bem atual, o conflito entre Ucrânia e Rússia, que se iniciou em 2022 foi revelada a insuficiente capacidade tecnológica das unidades das Forças de Defesa da Ucrânia para monitorizar o estado psicológico dos soldados. Além disso, os preconceitos da maioria das lideranças das unidades quanto à viabilidade do monitoramento da fisiologia dos soldados, em primeiro lugar, da saúde mental, são óbvios, apesar do fato bem conhecido de que as perdas psicogênicas podem chegar a 30% das perdas sanitárias (Chen e Melwani, 2022).

O estudo de Mansikka et al. (2016), os pesquisadores examinaram a relação entre carga de trabalho mental do piloto (CTMP), frequência cardíaca (FC), variabilidade da

frequência cardíaca (VFC) e desempenho durante abordagens de instrumentos em um simulador de alta fidelidade. Os resultados mostraram que a FC e a VFC poderiam distinguir o nível de CTMP e diferenciar abordagens de desempenho abaixo do padrão de abordagens de alto desempenho. Portanto, a FC e a VFC podem ser usadas como medidas de CTMP e para avaliar a capacidade dos pilotos de lidar com as crescentes demandas de tarefas em um ambiente de aviação de caça.

É importante ressaltar que a maioria dos estudos até o momento foi conduzida em homens, mas agora há uma necessidade urgente de investigar as respostas específicas de sexo aos diversos programas de treinamento, especialmente aqueles que anteriormente eram proibidos para mulheres. A supressão do eixo hipotálamo-hipofisário-gonadal, indicada por distúrbios menstruais sutis e clinicamente evidentes, tem sido documentada em mulheres membros das forças armadas durante o treinamento militar (Gifford et al. 2021).

Embora seja crítico entender o impacto da tecnologia emergente nos requisitos de desempenho humano militar em si, também é importante perceber que os resultados da pesquisa podem e devem ser explorados em outros lugares. De fato, os resultados impactarão decisões de aquisição de capacidades baseadas em evidências, desenvolvimento de conceitos e doutrinas, treinamento e desenvolvimento de forças (Billing et al. 2021).

#### IV. PERSPECTIVAS FUTURAS

Ao realizar uma descrição sobre o campo de batalha de 2030, Kott et al. (2015) descreveram que ele será "povoado por menos combatentes humanos, e esses humanos serão físico e cognitivamente aprimorados com capacidades aprimoradas para detectar, entender seu ambiente e interagir e colaborar entre si, bem como com robôs de várias formas."

Além disso, sistemas não tripulados juntamente com equipes humano-máquina (incluindo interfaces humano-computador) podem ter um impacto de longo alcance nos requisitos de desempenho do combate de primeira linha. As forças do futuro serão implantadas com muitas e variadas tecnologias robóticas. As decisões, tomadas pelos comandantes no terreno, portanto, serão fortemente influenciadas pela IA (Parasuraman, Cosenzo e Visseret 2009).

No nível operacional, as tarefas geralmente incluem planejamento e os processos de aquisição, análise e interpretação de informações para alocar recursos disponíveis. Avanços na análise assistida por IA e aprendizado de máquina estão levando à criação de capacidades completamente novas (Murray et al. 2019).

No nível estratégico, onde decisões de alto nível a médio prazo (2-5 anos) são tomadas, a tecnologia emergente pode praticamente remover o ser humano do ciclo de tomada de decisões. Pode ser o caso de que o papel humano seja agir com base em recomendações derivadas pela robótica em nuvem, que organizam e dão sentido aos dados transmitidos continuamente. Essas capacidades de computação de próxima geração podem imitar as funções do cérebro humano e, portanto, anular a necessidade dele. O papel humano na guerra futura pode ser apenas tomar decisões políticas estratégicas (Cassidy 2018).

Deve-se observar aqui que existem consideráveis desafios morais, legais e éticos associados à "permissão" de máquinas

para tomar decisões. Isso se deve na maioria à incapacidade da tecnologia atual de replicar com precisão os processos de tomada de decisão cognitiva humana. Isso também demonstra uma necessidade imperativa de pesquisa colaborativa interdisciplinar entre subdisciplinas, incluindo ciência da complexidade, neurociência e ciências computacionais (Billing et al. 2021).

Além disso, considerar o momento em que os computadores "ultrapassam as capacidades humanas" revela questões contraditórias e controversas, especialmente porque existem muitas suposições ocultas e limitações no entendimento atual do cérebro (Signorelli 2018).

É concebível que a seção/esquadrão de combate próximo possa passar de uma unidade tática desmontada de 8 a 10 homens para uma unidade montada de três homens, cada um responsável por três sistemas de armas remotos. Não é difícil, portanto, imaginar um campo de batalha futuro onde os atributos físicos robustos do soldado de infantaria atual se tornem menos críticos em favor dos aspectos mais cognitivos. Embora existam benefícios claros da automação e de ferramentas de processamento sofisticadas, deve-se notar que explorar o efeito da redução da tomada de decisão humana no campo de batalha futuro não é novo (Adams 2001).

Ao reconhecer que não é possível prever com precisão os futuros requisitos físicos e cognitivos de desempenho humano militar, não é irrazoável esperar que as tecnologias emergentes continuem a mudar constantemente os papéis e tarefas no campo de batalha em todos os níveis, mas serão mais disruptivas no nível tático. A transição para a "era dos dados" provavelmente envolverá uma mudança organizacional significativa. Isso será crucial para acomodar a natureza cada vez mais complexa, dinâmica e não linear da guerra e o volume crescente de dados sendo criados. Além disso, haverá uma forte necessidade de "entregar de forma persuasiva conceitos inovadores em toda uma organização, que provavelmente permanece fortemente ligada a conceitos desatualizados ou irrelevantes" (Zweibelson 2019).

Novas oportunidades em tecnologia médica, como engenharia genética e drogas desenvolvidas para o tratamento de doenças musculares, não devem imediatamente provocar reações precipitadas para criar humanos melhorados geneticamente. Antes de seguir por esse caminho, os desenvolvedores biomédicos devem considerar por que tentar melhorar a biologia humana pode ser útil, necessário ou sensato. Com base nas tendências da tecnologia militar, o soldado ideal do futuro provavelmente não é apenas um "animal de carga humano" melhorado, mas sim um companheiro fisiologicamente otimizado, inteligente, ágil e resistente ao estresse (Billing et al. 2021).

Tecnologias emergentes podem ampliar significativamente as capacidades dos soldados com o uso de novos fármacos, mas existem riscos associados à superdependência, incluindo a falha em sustentar as habilidades e capacidades apoiadas pela tecnologia (Billing et al. 2021).

Agentes virtuais fisiologicamente conscientes podem fornecer uma capacidade de treinador ou conselheiro confiável, incluindo a avaliação por máquina do estado mental do soldado e do desempenho da equipe, redistribuindo a carga cognitiva ou modificando a apresentação de informações dentro das equipes. No entanto, ainda resta descobrir como essa estrutura social sintética afetará a

resiliência mental humana e a dinâmica da equipe (De Costanza et al. 2018).

Pesquisas anteriores que examinaram as relações entre resiliência psicológica, estresse e desistência de treinamentos militares avançados e básicos relataram que escores mais altos de resiliência estavam relacionados à conclusão bem-sucedida do treinamento e a níveis mais baixos de estresse percebido (Ledford et al. 2020; Sefidan et al. 2021). Portanto, aqueles que ingressam no treinamento militar com maior resiliência podem se adaptar de forma mais favorável ao treinamento militar rigoroso do que aqueles com menor resiliência (Bezdjian et al. 2017).

No ambiente de treinamento e na preparação para missões, novas tecnologias já estão sendo utilizadas para exposições estressantes e realistas em um ambiente de realidade virtual seguro, mas precisamos entender os riscos das exposições estressantes, que podem sensibilizar alguns indivíduos ao estresse futuro ou "inocular", e garantir que as habilidades artificialmente treinadas se traduzam corretamente para aplicações no mundo real (Swartout et al. 2006). Por outro lado, para os veteranos, a tecnologia está sendo usada para tratar, gerenciar e monitorar a saúde mental, especialmente condições como transtorno de estresse pós-traumático (TEPT) (Kuhn et al. 2017) e abuso de álcool (Leightley et al. 2022).

À medida que as tecnologias emergentes continuam a permear o campo de batalha do futuro, o papel do combatente humano, especialmente no nível tático, inevitavelmente evoluirá para garantir que a tecnologia de ponta seja totalmente aproveitada para realizar uma vantagem de capacidade. A comunidade de pesquisa em desempenho humano militar tem um papel crítico a desempenhar para garantir que as melhores tecnologias sejam rapidamente aceitas, absorvidas e operacionalizadas pelo combatente humano, e esse apoio será fundamental para continuar sendo valorizado por nossas autoridades militares (Billing et al. 2021).

## V. CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES

**Pedro G. D. Coêlho:** Contribuiu com a concepção e desenho da pesquisa; realizou a revisão de literatura e com a elaboração do manuscrito.

**Italo S. Barros:** Realizou a revisão de literatura e aquisição dos dados em bases confiáveis e fidedignas.

**Camila M. V. Carvalho:** realizou a busca de dados com devido cuidado e contribui na elaboração do manuscrito.

**Maria K. F. S. Silva:** Contribuiu com a elaboração do manuscrito e com a revisão intelectual do manuscrito.

**Marcos A. Nascimento:** Realizou a revisão intelectual do manuscrito e aprovação final da versão submetida ao congresso.

## Referências

- Adams, Thomas K. "Future warfare and the decline of human decision-making." *Parameters* 2001 (Winter): 57–71.
- Adesida Y, Papi E, McGregor AH. "Exploring the role of wearable technology in sport kinematics and

- kinetics: a systematic review." *Sensors* 2019;19(7):1597.
- Akarsu, Mustafa, e Omer Ozbas. "Monte Carlo Simulation for Electron Dynamics in Semiconductor Devices." *Mathematical and Computational Applications*, 2005: 19-26.
- Anuradha, M., Sheryl Oliver, A., Jean Justus, J., & Maheswari, N. "IOT Based Monitoring System to Detect the ECG of Soldiers Using GPS and GPRS." *Biomedical Research* 29 (2018): 3708–14. <https://www.alliedacademies.org/articles/iot-based-monitoring-system-to-detect-the-ecg-of-soldiers-using-gps-and-gprs.pdf>.
- Bezdjian S, Schneider KG, Burchett D, et al. "Resilience in the United States Air Force: psychometric properties of the Connor–Davidson Resilience Scale (CD-RISC)." *Psychological Assessment* 2017;29(5):479–485.
- Billing, Daniel C., Graham R. Fordy, Karl E. Friedl, Henriette Hasselstrøm. "The implications of emerging technology on military human performance research priorities." *Journal of Science and Medicine in Sport* 24 (2021): 947–953.
- Block, Richard A., Hancock, Peter A., Zakay, Dan. "How cognitive load affects duration judgments: a meta-analytic review." *Acta Psychologica* 134 (2010): 330–343.
- Bloom, Allan. *The Closing of the American Mind*. 2013.
- Bocharov, M., Stasiuk, V., Osyodlo, V., Ryzhenko, T., Malanin, V., Chumachenko, D., & Chaikovskiy, I. (2023). Assessment of the activities physiological cost of the defense forces officers in Ukraine using miniature ECG device. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 10, 1239128. doi: 10.3389/fcvm.2023.1239128.
- Bruynseels, Kris, Santoni de Sio, Filippo, van den Hoven, Jeroen. "Digital twins in health care: ethical implications of an emerging engineering paradigm." *Frontiers in Genetics* 9 (2018): 31.
- Buller, Mark J., Welles, Andrew P., Stevens, Michelle, et al. "Automated guidance from physiological sensing to reduce thermal-work strain levels on a novel task." 2015 IEEE 12th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN) 2015: 1–6. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7299352>.
- Carter III, Robert C. "Artificial Intelligence Applications for Soldiers in Multi-Domain Operations." Program Research Project, Carlisle Barracks, Pennsylvania, United States Army War College, 2020, 29 pp.
- Cassidy, Alexander S., Sawada, Jun, Merolla, Paul A., et al. "TrueNorth: a high-performance, low-power neurosynaptic processor for multi-sensory perception, action, and cognition." *Proceedings of the Government Microcircuits Applications & Critical Technology Conference*, 2018, p. 14–17.
- Chen, A., & Melwani, M. "Battle against the mind: the mental health of Ukraine's soldiers." *British Medical Journal* 378 (2022): o1921. <https://doi.org/10.1136/bmj.o1921>.
- DeCostanza, Anthony H., Marathe, Aakanksha R., Bohannon, Andrew, et al. "Enhancing Human-Agent Teaming with Individualized, Adaptive Technologies: A Discussion of Critical Scientific Questions." Technical Report No. ARL-TR-8359. Aberdeen Proving Ground, MD: US Army Research Laboratory, 2018.
- Forward SA, Landowne M, Follansbee JN, Hansen JE. "Effect of acetazolamide on acute mountain sickness." *New England Journal of Medicine* 279 (1968):839–845.
- Friedl, Karl E. "Military applications of soldier physiological monitoring." *Journal of Science and Medicine in Sport* 21 (2018): 1147–1153.
- Friedl, Karl E. "Overview of the HFM-181 symposium programme: medical technology repurposed to enhance human performance." In: Workshop on Human Performance Enhancement for NATO Military Operations (Science, Technology, and Ethics). Technical Report RTO-HFM/WS-181. Neuilly-sur-Seine Cedex, France, Research and Technological Organization, North Atlantic Treaty Organization, 2009. p. 1.1–1.20. Disponible em: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a568074.pdf>.
- Friedl, Karl E. "US Army research on pharmacological enhancement of soldier performance: stimulants, anabolic hormones, and blood doping." *Journal of Strength and Conditioning Research* 29 (2015): S71–6.
- Friedl, K. E., Moore, R. J., Hoyt, R. W., et al. "Endocrine markers of semistarvation in healthy lean men in a multistressor environment." *Journal of Applied Physiology* (1985) 2000; 88(5): 1820-1830.
- Gifford RM, O'Leary TJ, Wardle SL, et al. "Reproductive and metabolic adaptation to multistressor training in women." *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism* 2021;321(2):E281-E291.
- Grossberg, Lawrence. "Another Boring Day in Paradise: Rock and Roll and the Empowerment of Everyday Life." *Popular Music* 4, perform (1984): 255-258.

- Harty PS, Sieglinger B, Heymsfield SB, et al. "Novel body fat estimation using machine learning and 3-dimensional optical imaging." *European Journal of Clinical Nutrition* 2020;74(5):842-845.
- Halilaj, E., Rajagopal, A., Fiterau, M., et al. "Machine Learning in Human Movement Biomechanics: Best Practices, Common Pitfalls, and New Opportunities." *Journal of Biomechanics* 81 (2018): 1-11.
- Hall, Brian K. "Autonomous weapons systems safety." *Joint Forces Quarterly* 86 (3rd quarter 2017): 86–93. <https://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/jfq/jfq-86/jfq-86-86-93-Hall.pdf>.
- Impellizzeri FM, Marcora SM, Coutts AJ. "Internal and external training load: 15 years on." *International Journal of Sports Physiology and Performance* 2019;14(2):270-273.
- Johnson, W.R., Mian, A., Robinson, M.A., et al. "Multidimensional Ground Reaction Forces and Moments from Wearable Sensor Accelerations via Deep Learning." *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 68 (2021): 289-297.
- Kirschbaum C, Hellhammer DH. "Salivary cortisol in psychoneuroendocrine research: recent developments and applications." *Psychoneuroendocrinology* 1994;19(4):313-333.
- Kott Alexander, Alberts David, Zalman Albert et al. "Visualizing the Tactical Ground Battlefield in the Year 2050: Workshop Report (ARL-SR-0327)", Adelphi, Maryland: U.S. Army Research Laboratory, 2015. <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a621223.pdf>.
- Koltun, Kristen J., Matthew B. Bird, Jennifer N. Forse, Bradley C. Nindl. "Physiological biomarker monitoring during arduous military training: Maintaining readiness and performance." *Journal of Science and Medicine in Sport* 26 (2023): S64–S70.
- Kuhn E, Kanuri N, Hoffman JE, et al. "A randomized controlled trial of a smartphone app for posttraumatic stress disorder symptoms." *J Consult Clin Psychol* 2017;85:267–73.
- Lackenbauer, P. Whitney. *From Polar Race to Polar Saga: An Integrated Strategy for Canada and the Circumpolar World*. Toronto: Canadian International Council, 2009.
- Larsen, Gunnar L., "An Analysis of the Technology in Frank Herbert's Dune." Tese Publicada, Universidade Norueguesa de Ciência e Tecnologia, 2019. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2610027/no.ntnu%3Ainspera%3A2302082.pdf>.
- Ledford AK, Dixon D, Luning CR, et al. "Psychological and physiological predictors of resilience in Navy SEAL training." *Behavioral Medicine* 2020;46(3–4):290-301.
- Leightley, D., & Murphy, D. "Personalised digital technology for mental health in the armed forces: the potential, the hype and the dangers." *BMJ Military Health* (2022).
- Leightley D, Williamson C, Rona RJ, et al. "Evaluating the efficacy of the drinks:ration mobile app to reduce alcohol consumption in a help-seeking military veteran population: randomized controlled trial." *JMIR Mhealth Uhealth* 2022;10:e38991.
- Lloyd, David G., Saxby, David J., Pizzolato, Claudio, Devaprakash, Daniel, Lenton, Gavin, & Barrett, Rodney S. "Maintaining Soldier Musculoskeletal Health Using Personalised Digital Humans, Wearables and/or Computer Vision." *Review*, vol. 26, no. 1, June 2023, pp. S30-S39.
- Mansikka, H., Simola, P., Virtanen, K., Harris, D., & Oksama, L. "Fighter Pilots' Heart Rate, Heart Rate Variation and Performance During Instrument Approaches." *Ergonomics* 59 (2016): 1344–52. doi:10.1080/00140139.2015.1136699.
- Maxwell, J. Clerk. *A Treatise on Electricity and Magnetism*. Oxford: Clarendon, 1892.
- Michael, Scott W., Andrew G. Siddall, Timothy J. O'Leary, et al. "Monitoring Work and Training Load in Military Settings – What's in the Toolbox?" *European Journal of Sport Science* 22, no. 1 (2022): 58-71.
- Mooney, Luke M., Rouse, Elliot J., Herr, Hugh M. "Autonomous exoskeleton reduces metabolic cost of human walking during load carriage." *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 11 (2014): 1-1.
- Moskos CC. The American combat soldier in Vietnam. *J Soc Issues*. (1975) 31:25–37. 10.1111/j.1540-4560.1975.tb01009.x
- Murray, James, Sargent, Ian, Holland, David, et al. "Opportunities for machine learning and artificial intelligence in national mapping agencies: enhancing ordnance survey workflow." *Proceedings of XXIV Congress of the International Society for Photogrammetry and Remote Sensing*, 2019. <https://eprints.soton.ac.uk/440719/>.
- Nindl BC, et al. Human performance optimization metrics: consensus findings, gaps, and recommendations for future research. *J Strength Cond Res* 2015;29(Suppl 11):S221-S245

- Nindl, Bradley C., Travis J. Williams, Patricia A. Deuster, et al. "Strategies for optimizing military physical readiness and preventing musculoskeletal injuries in the 21st century." *US Army Medical Department Journal*, 2013: 5-23.
- Nindl, Bradley C., and Heikki Kyröläinen. "Editorial: Military Human Performance Optimization: Contemporary Issues for Sustained and Improved Readiness." *European Journal of Sport Science* 22, no. 1 (2022):1-3.
- O'Hanlon, Michael E. *Technological Change and the Future of Warfare*. Washington DC: Brookings Institution Press, 2000.
- O'Leary, T. J., Wardle, S. L., Greeves, J. P. "Energy deficiency in soldiers: the risk of the athlete triad and relative energy deficiency in sport syndromes in the military." *Frontiers in Nutrition* 2020; 7: 142.
- Olf M, Frijling JL, Kubzansky LD et al. "The role of oxytocin in social bonding, stress regulation and mental health: an update on the moderating effects of context and interindividual differences." *Psychoneuroendocrinology* 38 (2013): 1883–1894.
- Parasuraman, Raja, Cosenzo, Karen A., De Visser, Ewart. "Adaptive automation for human supervision of multiple uninhabited vehicles: effects on change detection, situation awareness, and mental workload." *Military Psychology* 21 (2009): 270–297.
- Pizzolato, C., Lloyd, D.G., Zheng, M.H., et al. "Finding the Sweet Spot via Personalised Achilles Tendon Training: The Future is Within Reach." *British Journal of Sports Medicine* 53 (2019): 11-12.
- Prykhodko, I., Lyman, A., Matsehora, Y., Yurieva, N., Balabanova, L., Hunbin, K., et al. "The Psychological Readiness Model of Military Personnel to Take Risks During a Combat Deployment." *Brain Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience* 12 (2021): 64–78. doi:10.18662/brain/12.3/220.
- Ramalho, Antonio Jorge. "Inovações na era digital: usos e riscos para a ação do Estado na política internacional." *Centro Brasileiro de Relações Internacionais*, Setembro de 2023: 17-40.
- Rasmussen, Nicolas. "Medical science and the military: the Allies' use of amphetamine during World War II." *Journal of Interdisciplinary History* 42 (2011): 205–233.
- Rao, Rajesh P. N., Stocco, Andrea, Bryan, Matthew, et al. "A direct brain-to-brain interface in humans." *PLoS One* 9, no. 11 (2014): e111332.
- Regev, Motti, e Edwin Seroussi . *Popular Music and National Culture in Israel*. Berkeley: University of California Press, 2004.
- Ruginski, Ian T., Creem-Regehr, Sarah H., Stefanucci, Jeanine K., et al. "GPS use negatively affects environmental learning through spatial transformation abilities." *Journal of Environmental Psychology* 64 (2019): 12–20.
- Ryan, Michael. *Human-Machine Teaming for Future Ground Forces*. Washington DC: Center for Strategic and Budgetary Assessments (CSBA), 2018. <https://csbaonline.org/uploads/documents/HumanMachineTeamingFinalFormat.pdf>.
- Saxby, D.J., Killen, B.A., Pizzolato, C., et al. "Machine Learning Methods to Support Personalized Neuromusculoskeletal Modelling." *Biomechanics and Modeling in Mechanobiology* 19 (2020): 1169–1185.
- Seshadri DR, Li RT, Voos JE, et al. "Wearable sensors for monitoring the internal and external workload of the athlete." *NPJ Digital Medicine* 2019;2(1):1-18.
- Schmorrow, Darren D., Kruse, Alan A. "DARPA's augmented cognition program-tomorrow's human-computer interaction from vision to reality: building cognitively aware computational systems." Proceedings of the IEEE 7th Conference on Human Factors in Power Plants, 2002, 7-7.
- Sefidan S, Pramstaller M, La Marca R, et al. "Resilience as a protective factor in basic military training, a longitudinal study of the Swiss Armed Forces." *International Journal of Environmental Research and Public Health* 2021;18(11):6077.
- Signorelli, Carlos M. "Can computers become conscious and overcome humans." *Frontiers in Robotics and AI* 5 (2018): 5. DOI: 10.3389/frobt.2018.00121.
- Stevellink SAM, Jones N, Jones M, et al. "Do serving and ex-serving personnel of the UK armed forces seek help for perceived stress, emotional or mental health problems?" *European Journal of Psychotraumatology* 2019;10:1556552.
- Sullivan-Kwantes, W., Haman, F., Kingma, B. R. M., Martini, S., Gautier-Wong, E., Chen, K. Y., & Friedl, K. E. "Human performance research for military operations in extreme cold environments." *Journal of Science and Medicine in Sport*, Elsevier, October 2021.
- Swartout, W., Hill, R., Gratch, J., et al. *Toward the Holodeck: Integrating Graphics, Sound, Character and Story*. Technical Report, Marina del Rey, California, Institute for Creative Technologies,

University of Southern California, 2006.  
<https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a459186.pdf>.

- Tait JL, Aisbett B, Corrigan SL, et al. "Recovery of cognitive performance following multi-stressor military training." *Human Factors* 2022;187208221086686. doi:10.1177/00187208221086686.
- Tait JL, Drain JR, Corrigan SL, et al. "Impact of military training stress on hormone response and recovery." *PLoS One* 2022;17(3):e0265121.
- Tinsley GM, Moore ML, Dellinger JR, et al. "Digital anthropometry via three-dimensional optical scanning: evaluation of four commercially available systems." *European Journal of Clinical Nutrition* 2020;74(7):1054-1064.
- Vrijkotte, Susan, Roelands, Bart, Meeusen, Romain, et al. "Sustained military operations and cognitive performance." *Aeromedical and Health Performance* 87 (2016): 718–727.
- Zweibelson, Benjamin. "Fostering deep insight through substantive play." In *Design Thinking Applications for the Australian Defence Force*, editado por Jackson AP, Weston, ACT, Austrália: Australian Defence Force Publications, 2019, p. 105–136.

Apêndice