

Emigração de cientistas e engenheiros da indústria de defesa russa nos anos 1990: consequências para a defesa nacional e a segurança internacional*

Emigration of scientists and engineers from the Russian defense industry in the 1990s: consequences for national defense and international security

Resumo: A indústria de defesa mantém uma relação intrínseca com a ciência, a tecnologia e a inovação (CT&I), o que torna o capital humano estratégico um elemento central, especialmente diante da crescente sofisticação tecnológica dos conflitos contemporâneos. Embora a literatura sobre migração qualificada costuma enfatizar benefícios mútuos entre países de origem e de destino, são escassas as análises sobre os efeitos da emigração de profissionais vinculados à base industrial de defesa. Este artigo procura examinar como a literatura acadêmica interpreta os impactos da emigração de cientistas e engenheiros da indústria de defesa russa na década de 1990, marcada pelo colapso da União Soviética. A metodologia adotada envolveu pesquisa bibliográfica e análise crítica da literatura em inglês disponível no Google Acadêmico. Os estudos analisados revelam interpretações diversas, influenciadas por interesses geopolíticos. Destaca-se, para a Rússia, a perda de capital científico, enquanto, no plano internacional, prevaleceu a preocupação com a proliferação de armas de destruição em massa.

Palavras-chave: Indústria de defesa; Emigração qualificada; Fuga de cérebros; Defesa nacional; Rússia.

Abstract: The defense industry maintains an intrinsic relationship with science, technology, and innovation, making strategic human capital a central element, particularly in light of the increasing technological sophistication of contemporary conflicts. While the literature on skilled migration often emphasizes mutual benefits for both origin and destination countries, analyses of the effects of emigration by professionals linked to the defense industrial base remain scarce. This article examines how academic literature interprets the impacts of the emigration of scientists and engineers from the Russian defense industry during the 1990s, following the collapse of the Soviet Union. The methodology involved bibliographic research and critical analysis of English-language literature retrieved via Google Scholar. The studies reviewed reveal diverse interpretations influenced by geopolitical interests. For Russia, the loss of scientific capital stands out, whereas at the international level, concerns are centered primarily on the proliferation of weapons of mass destruction.

Keywords: Defense industry; Skilled emigration; Brain drain; National defense; Russia.

Alex Guedes Brum 

Exército Brasileiro. Escola de Comando e Estado-Maior do Exército (ECEME).
Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
E-mail: alexbrum23@outlook.com

Recebido: 06 ago. 2025

Aprovado: 09 abr. 2026

COLEÇÃO MEIRA MATTOS

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

<https://colecaomeiramattos.com.br/>



Creative Commons
Attribution Licence

* Este trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

1 INTRODUÇÃO

Observa-se, no momento de elaboração deste artigo, uma disseminação ampla e acelerada do conhecimento científico, o que dificulta a manutenção da hegemonia tecnológica por qualquer Estado (Paarlberg, 2004). Nesse contexto, a indústria de defesa, por ser intensiva em conhecimento, mantém uma relação estreita com a ciência, a tecnologia e a inovação (CT&I) (Brasil, 2020). Diante da crescente complexidade tecnológica dos conflitos contemporâneos, o “capital humano estratégico” (Scott, 1997), altamente qualificado, torna-se um recurso fundamental para assegurar a defesa nacional, tanto na operação de sistemas de armas complexos (Paarlberg, 2004) quanto no desenvolvimento de inovações em um setor que demanda o domínio de tecnologias de ponta (Azevedo; Borba; Araújo, 2021; Koroglu; Eceral, 2015). Nesse sentido, a expressão militar do poder e o fortalecimento da Base Industrial de Defesa (BID) estão diretamente relacionados à capacidade de inovação do setor, a qual, por sua vez, depende da disponibilidade de recursos humanos qualificados (Azevedo, 2018).

No entanto, a emigração de profissionais vinculados à BID permanece pouco explorada na literatura, sendo raros os estudos que examinam suas características e implicações. O caso da Rússia nos anos 1990 é o mais analisado nesse campo e contribui para aprofundar o conhecimento desse fenômeno, embora ainda haja escassez de dados e de pesquisas científicas (Katsva, 2000). Após o colapso da União Soviética (URSS), o país mergulhou em uma profunda crise política, econômica e social (Edmond, 2025), cujos efeitos comprometeram tanto o sistema científico (Rabkin; Mirskaya, 1993; Yegorov, 2009) quanto a indústria de defesa (Davis, 2002), ambos então estruturados sob o regime soviético. Nesse contexto de instabilidade, um contingente expressivo de cientistas e engenheiros russos especializados em tecnologias militares passou a emigrar, principalmente para Israel, Alemanha e Estados Unidos (EUA), e, em menor medida, para Argélia, China, Coreia do Norte, Cuba, Egito, Irã, Iraque, Líbia, México e Paquistão (Katsva, 2000; Kramer, 2002; Shalkovskiy, 2002).

Este artigo tem como objetivo analisar como a literatura acadêmica interpreta os impactos da emigração de cientistas e engenheiros da indústria de defesa russa na década de 1990, especialmente no que se refere à defesa nacional e à segurança internacional. Quanto à metodologia, optou-se por combinar pesquisa bibliográfica e revisão crítica da literatura. A pesquisa bibliográfica abrangeu estudos sobre a migração internacional qualificada, a relação entre CT&I e Defesa, bem como a emigração russa no contexto da transição pós-soviética, permitindo apresentar um panorama teórico e histórico sobre o tema. Complementarmente, foi realizada uma revisão crítica da literatura focada especificamente nos impactos da emigração de cientistas e engenheiros da indústria de defesa russa na década de 1990. Como critérios de inclusão e exclusão, foram selecionados estudos que abordam diretamente o tema – no título, no resumo ou na introdução –, disponíveis em inglês na base de dados do Google Acadêmico, em um processo que abrangeu diferentes tipos de trabalhos, como artigos científicos, teses, trabalhos de conclusão de curso e relatórios de governos e *think tanks*; excluíram-se trabalhos que apenas mencionam a emigração de profissionais do setor sem aprofundar a análise.¹ Dos 1.790 resultados inicialmente encontrados,

¹ A busca foi realizada com a seguinte *string*: (“*brain drain*” OR “*scientific migration*” OR “*STEM migration*”) AND Russia AND (“*defense industry*” OR “*military-industrial complex*” OR “*WMD*”) AND (scientists OR engineers).

apenas onze atenderam aos critérios de inclusão, sendo submetidos à análise crítica com base no referencial teórico, permitindo identificar lacunas e contribuições relevantes.²

A pesquisa se justifica pela constatação de que, embora a corrente predominante da literatura sobre migração internacional qualificada enfatize a perspectiva de ganhos mútuos para os países de origem e de destino (Kone; Özden, 2017; Marsh; Oyelere, 2018), as teorias sobre migrações qualificadas não podem ser automaticamente aplicadas aos casos de emigração de profissionais da indústria de defesa. Segundo Silva *et al.* (2025), trata-se de um dos setores mais estratégicos para os Estados. Ademais, o artigo contribui com a literatura sobre defesa ao destacar a importância do capital humano estratégico e da capacidade de sustentação da BID em contextos de crise, oferecendo subsídios para a análise do caso brasileiro, sobre o qual não foram identificados estudos científicos. No Brasil, a BID está inserida em um contexto marcado por desafios estruturais, como as desigualdades tecnológicas no cenário global e a dependência externa de tecnologias críticas. Nesse contexto, embora o investimento em recursos humanos seja fundamental para mitigar tais desafios (Brasil, 2020; Brum, 2025), observa-se escassez de capital humano qualificado em determinados setores (Schmidt, 2013), o que compromete a capacidade de inovação militar (Azevedo, 2018), cenário agravado pela emigração de brasileiros qualificados (Brum, 2024).

Este artigo está dividido em quatro partes, além desta introdução. A primeira seção apresenta o fenômeno da emigração altamente qualificada de cientistas e engenheiros na Rússia pós-soviética. Em seguida, é apresentado o referencial teórico, que discute os impactos da migração internacional qualificada e o papel estratégico da CT&I para a defesa. Na terceira parte, realiza-se uma análise crítica das consequências da emigração de cientistas e pesquisadores da indústria de defesa russa na década de 1990. Por fim, são apresentadas as considerações finais.

2 EMIGRAÇÃO ALTAMENTE QUALIFICADA DE CIENTISTAS E ENGENHEIROS NA RÚSSIA PÓS-SOVIÉTICA

A dissolução da URSS, em 1991, inaugurou um período de transição e modernização que transformou profundamente a economia e o sistema político da Rússia (Minakov, 2016; Rabkin; Mirskaya, 1993). Essa transição desencadeou uma crise de grandes proporções nos âmbitos político, social e econômico (Edmond, 2025), com impactos severos sobre o sistema científico do país (Ball; Gerber, 2005; Rabkin; Mirskaya, 1993; Yegorov, 2009). Nesse contexto, a abertura das fronteiras e a possibilidade de emigração voluntária (Aleshkovski; Grebenyuc; Vorobyeva, 2018) levaram muitos profissionais altamente qualificados a buscar oportunidades profissionais no exterior (Arefev; Sheregi, 2015; Ganguli, 2014; Gokhberg; Nekipelova, 2001). Esta seção aborda os impactos da crise pós-soviética no ambiente científico da Rússia e discute a emigração de cientistas e pesquisadores ao longo da década de 1990.

2 Na etapa inicial da busca, a maior parte da literatura identificada concentrava-se na Base Industrial de Defesa da Rússia, na proliferação de armas de destruição em massa ou na emigração qualificada de forma em geral, sem focar na emigração de cientistas e engenheiros da indústria de defesa russa.

2.1 Crise na Rússia pós-soviética e seus impactos no ambiente científico

A primeira onda de reformas na Rússia após o fim da URSS promoveu uma reestruturação econômica, caracterizada pela privatização e pela tentativa de implantação de um sistema de livre mercado (Edmond, 2025). Contudo, a experiência pós-soviética foi marcada por contradições estruturais, retrocessos e disputas permanentes em torno da redefinição da ordem política, econômica e social do país (Minakov, 2016), o que resultou em impactos profundos nessas esferas (Edmond, 2025).

Politicamente, o processo falhou em consolidar instituições democráticas sólidas (Edmond, 2025). No campo econômico, a década de 1990 foi marcada pela retração do PIB em aproximadamente 50% (Boettke, 1999). A privatização, longe de estimular a concorrência, favoreceu a apropriação de ativos estatais por um pequeno grupo de atores privilegiados, aprofundando a desigualdade e enfraquecendo as instituições (Edmond, 2025). Serviços básicos, como eletricidade e telefonia, estavam disponíveis de forma limitada (Ball; Gerber, 2005). No plano social, os custos também foram elevados: o aumento da pobreza, o colapso da saúde pública e o desmonte das redes de proteção social (Edmond, 2025). Como o bem-estar social soviético estava atrelado às empresas estatais, seu fechamento em massa deixou milhões sem acesso a serviços básicos. Como resultado, ao final dos anos 1990 cerca de 30% da população vivia abaixo da linha da pobreza, e a expectativa de vida caiu para pouco mais de 50 anos (Boettke, 1999).

Essa crise também atingiu a ciência e os cientistas (Ball; Gerber, 2005). Com o colapso da URSS e as reformas de Gorbachev, o sistema científico russo, outrora globalmente renomado, passou a enfrentar uma crise sem precedentes, caracterizada por um processo de reestruturação e retração, impulsionado principalmente pela profunda deterioração econômica do país (Rabkin; Mirskaya, 1993), o que resultou em um acentuado declínio de suas perspectivas e de seu status. Essa crise prolongada acarretou na queda dos salários, na drástica redução no financiamento à pesquisa e na deterioração generalizada de equipamentos e laboratórios (Ball; Gerber, 2005). Observou-se também o declínio do prestígio social da ciência. Em alguns casos, instituições científicas chegaram a se envolver em atividades criminosas, agravando ainda mais esse processo de desvalorização (Rabkin; Mirskaya, 1993). Como consequência, após décadas de propaganda estatal em favor da ciência, esta passou subitamente a não ser mais percebida como uma atividade socialmente útil (Rabkin; Mirskaya, 1993).

Ao longo da década de 1990, a produtividade científica na Rússia foi baixa, resultado, em grande parte, de dois fatores principais. O primeiro refere-se à drástica redução do financiamento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) durante o período, quando quase todo o orçamento disponível foi destinado ao pagamento de salários e contas básicas, como água e energia. Nesse contexto, a aquisição de equipamentos modernos tornou-se praticamente inviável, levando à interrupção de experimentos essenciais à continuidade de pesquisas (Yegorov, 2009). O segundo fator está associado à migração de pesquisadores para outros setores da economia e ao aumento da emigração, especialmente nesse intervalo de tempo (Yegorov, 2009), como consequência da incapacidade da economia russa de absorver os recursos humanos qualificados que ela formava (Shalkovskiy, 2002). Nesse novo cenário, institutos de pesquisa e cientistas passaram a buscar contratos de forma autônoma, inserindo-se em um ambiente altamente competitivo. No entanto, a drástica redução

das oportunidades disponíveis dificultou a adaptação de muitos (Yegorov, 2009), resultando, em diversos casos, na emigração de talentos.

2.2 A emigração de pesquisadores e cientistas na Rússia nos anos 1990

Na Rússia, a emigração voluntária começou no final da década de 1980, quando o país iniciou um processo de flexibilização do regime migratório e dos procedimentos de registro de saída. Até 1989, esse tipo de emigração era praticamente inexistente na URSS. A partir desse ano, no entanto, passaram a ser concedidas exceções, especialmente a indivíduos de origem alemã, judaica e grega. Um aumento expressivo no fluxo emigratório ocorreu a partir de 1993, com a entrada em vigor de normas mais liberais de entrada e saída do país, que garantiram aos cidadãos o direito de deixar livremente o território nacional e de retornar a ele (Aleshkovski; Grebenyuc; Vorobyeva, 2018).

Dado que o recorte temporal deste artigo é a década de 1990, serão analisadas apenas as duas primeiras ondas da emigração russa moderna, identificadas por Aleshkovski, Grebenyuc e Vorobyeva (2018), e diferentes quanto ao perfil dos emigrantes e às motivações envolvidas. A primeira onda (1990-1994) coincidiu com o colapso da URSS e foi impulsionada por uma grave crise política e econômica, resultante das reformas estruturais em curso. Nesse contexto, a emigração se intensificou, sobretudo entre migrantes étnicos – como judeus e alemães – e membros da elite intelectual e científica. Muitos deles buscavam melhores condições de vida no exterior e estavam em posição privilegiada para se beneficiar das políticas de imigração de Israel, Alemanha e EUA, que, em sua maioria, adotavam critérios étnicos como base para admissão. Portanto, esses países foram os principais destinos ao acolherem juntos mais de 94% dos emigrantes russos oriundos da antiga URSS em 1993 e 1994 (Aleshkovski; Grebenyuc; Vorobyeva, 2018).

A primeira onda migratória foi a maior da história pós-soviética russa, composta majoritariamente por indivíduos de classe média, em idade produtiva, com elevado nível educacional e qualificação profissional – incluindo cientistas com conhecimento técnico especializado. As estatísticas oficiais russas subestimaram significativamente esses fluxos quando comparadas aos dados dos países receptores. Estima-se que, entre 1992 e 1994, cerca de 1,5 milhão de pessoas tenham emigrado oficialmente, embora o número real possa ter alcançado 2,1 milhões (Aleshkovski; Grebenyuc; Vorobyeva, 2018). Projeções ocidentais indicavam que dezenas de milhões poderiam deixar a Rússia se a crise se agravasse, mas a estabilização após 1993 contribuiu para a desaceleração do fluxo migratório (Aleshkovski; Grebenyuc; Vorobyeva, 2018).

Na segunda metade dos anos 1990, a segunda onda de emigração russa (1995-2000) passou a ser caracterizada principalmente pela busca por trabalho temporário em países desenvolvidos, abrangendo desde ocupações de baixa qualificação até cargos que exigiam maior escolaridade (Aleshkovski; Grebenyuc; Vorobyeva, 2018). Nesse período, a migração laboral ultrapassou a repatriação e a migração étnica (Korobkov; Zaionchkovskaia, 2012). Embora o acúmulo de capital ainda fosse limitado na Rússia – o que dificultava a emigração de empreendedores em larga escala –, muitos russos começaram a desenvolver atividades comerciais e empreendedoras no exterior, frequentemente sem levar suas famílias. Observou-se também um aumento da migração educacional – muitas vezes utilizada como estratégia de integração nos países de destino – e um expressivo crescimento da migração por casamento, majoritariamente composta por mulheres (Aleshkovski; Grebenyuc; Vorobyeva, 2018).

Estima-se que cerca de 2 milhões de pessoas tenham emigrado nesse período, embora os registros oficiais contabilizem apenas 1,47 milhão. A redução no volume total de emigrantes em relação à onda anterior se deveu tanto à atenuação da crise quanto à saída prévia da parcela mais propensa à mobilidade. Nessa onda, houve uma diversificação das origens e dos destinos da emigração russa. Se no início da década de 1990 Moscou e São Petersburgo respondiam por 40% dos emigrantes, em 1999 essa participação caiu para apenas 11%, indicando o crescimento da emigração oriundas de outras regiões do país. Paralelamente, ampliou-se a diversidade geográfica dos destinos. Além de Alemanha, Israel e EUA, formaram-se comunidades significativas de emigrantes russos em diversos outros países (Aleshkovski; Grebenyuc; Vorobyeva, 2018).

Em síntese, nos anos 1990, o fluxo emigratório da Rússia aumentou de forma acentuada, ultrapassando, segundo estimativas oficiais, a marca de três milhões de pessoas (Aleshkovski; Grebenyuc; Vorobyeva, 2018), tendo como principais destinos a Alemanha e Israel, seguidos pelos EUA (Gokhberg; Nekipelova, 2001). De modo geral, os emigrantes que deixaram o país nas décadas de 1990 apresentavam perfis variados (Aleshkovski; Grebenyuc; Vorobyeva, 2018), com destaque para os profissionais altamente qualificados (Nekipelova; Ledneva, 2003 *apud* Yegorov, 2009).

A emigração representou um desafio para a Rússia (Gokhberg; Nekipelova, 2001), com maior gravidade no caso de cientistas e engenheiros (Yegorov, 2009), ao contribuir para o enfraquecimento do sistema científico e tecnológico do país (Yegorov, 2009). No caso russo, o número de emigrantes do setor de “Ciência e Serviços Científicos” variou entre 1.000 e 2.000 por ano (Gokhberg; Nekipelova, 2001). O colapso da URSS ampliou a liberdade aos cientistas, especialmente no que diz respeito à mobilidade internacional. Nesse contexto, a emigração passou a ser vista por eles como uma alternativa para a continuidade da carreira científica (Ganguli, 2014). Esse movimento foi impulsionado pelo agravamento das condições de financiamento doméstico em pesquisa e desenvolvimento, pela redução de empregos e salários, bem como pela perda de prestígio das carreiras em C&T (Gokhberg; Nekipelova, 2001). Paralelamente, cresceu a atratividade da emigração entre estudantes universitários, a maioria dos quais não demonstrava intenção de retornar (Arefev; Sheregi, 2015).

Esta seção teve como intenção demonstrar que o período de transição e modernização da economia e do sistema político da Rússia na primeira metade dos anos 1990 acarretou numa profunda crise econômica, social e política que perdurou ao longo de toda a década. Esse processo impactou severamente o ambiente científico russo, com aumento do desemprego, a deterioração dos equipamentos e laboratórios e a redução do financiamento público e da produtividade. Como consequência, um número expressivo de pesquisadores e cientistas emigrou em busca de melhores condições de vida e oportunidades profissionais. Embora inicialmente esses migrantes fossem oriundos das principais cidades russas e tivessem como destino a Alemanha, Israel e os EUA, na segunda metade da década observou-se a diversificação tanto das origens quanto dos destinos desse fluxo migratório.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

A literatura tem debatido amplamente a emigração qualificada, apresentando diferentes impactos sobre seus efeitos nos países de origem, como a “fuga de cérebros” (*brain drain*), os “ganhos de cérebros” (*brain gain*), a “circulação de cérebros” (*brain circulation*), as “redes de cérebros” (*brain*

networking) e o “desperdício de cérebros” (*brain waste*). No entanto, conforme será argumentado, esses conceitos não podem ser aplicados de forma automática a contextos que envolvem profissionais de setores estratégicos, como o de defesa, nos quais a autonomia nacional depende fortemente da capacidade científica, tecnológica e inovadora. Diante disso, este referencial teórico está dividido em duas partes: a primeira examina os principais conceitos relacionados aos efeitos da emigração qualificada; a segunda discute o papel estratégico da CT&I na defesa nacional.

3.1 Emigração qualificada e seus impactos

As discussões iniciais sobre a mobilidade acadêmica e científica surgiram na década de 1960, impulsionadas pelo aumento expressivo da emigração de docentes e pesquisadores europeus para os EUA. Esse movimento foi classificado como “fuga de cérebros” (Brandi, 2006). Nas décadas seguintes, o debate passou a focar na migração de profissionais qualificados de países em desenvolvimento para nações desenvolvidas (França; Padilla, 2019), consolidando o uso da expressão citada que caracterizou esse tipo de fluxo (Brandi, 2006). Até o início dos anos 1990, predominava a visão de que esse fenômeno era unidirecional, definitivo e permanente, no qual indivíduos altamente qualificados deixavam seus países de origem em direção ao mundo industrializado, o que implicava ganhos exclusivos para os países receptores e perdas significativas às nações de origem, reforçando, assim, uma concepção essencialmente negativa da emigração qualificada (Brzozowski, 2008; Santos, 2021).

Pesquisas mais recentes têm demonstrado que a emigração de profissionais qualificados pode gerar benefícios para os países de origem, dando origem a conceitos como “ganho de cérebros”, “circulação de cérebros” e “redes de cérebros” (Kone; Özden, 2017; Marsh; Oyeler, 2018). Desde o final da década de 1980, com a introdução da noção de “ganho de cérebros”, consolidou-se a percepção de que a saída de talentos não representa, necessariamente, uma perda irreversível para os países de origem (Brzozowski, 2008). Ao contrário, os migrantes altamente qualificados passaram a ser considerados recursos estratégicos, capazes de gerar retornos futuros (Meyer; Brown, 1999). Essa perspectiva se fortaleceu a partir de meados dos anos 1990, ao enfatizar os efeitos positivos de longo prazo da emigração, como o incentivo ao investimento em educação, os ganhos econômicos decorrentes do recebimento de remessas financeiras e de conhecimento, o aumento do investimento direto estrangeiro e o eventual retorno dos emigrados (Kone; Özden, 2017).

A partir dos anos 1990, e com mais intensidade nos anos 2000, consolidou-se um novo paradigma que passou a compreender a emigração qualificada como um processo circular, em vez de unidirecional. Esse entendimento decorre, em grande parte, da difusão da mobilidade internacional temporária como prática recorrente e estruturante das trajetórias profissionais no campo científico e acadêmico (Daugeliene; Marcinkeviciene, 2009). Nesse contexto, o conceito de “circulação de cérebros” valoriza a manutenção de vínculos e a cooperação científica internacional. Essa forma de mobilidade inclui tanto longos períodos de pesquisa e formação no exterior quanto a participação frequente em eventos acadêmicos, configurando uma dinâmica internacional intensiva e colaborativa (Jöns, 2007). Sob essa perspectiva, os fluxos de profissionais qualificados passam a ser compreendidos como geradores de benefícios mútuos entre os países de origem e destino, bem como para as instituições e os indivíduos envolvidos (Daugeliene; Marcinkeviciene, 2009; Saxenian, 2002).

No atual estágio da globalização, o foco do debate sobre mobilidade qualificada deslocou-se da localização física dos indivíduos para o impacto de suas contribuições para o desenvolvimento social, econômico e cultural dos países com os quais mantêm vínculos de pertencimento (Rizvi, 2005). Nesse contexto, ganha relevância o conceito de “redes de cérebros”, que se refere às redes formadas por cientistas e outros profissionais altamente qualificados em diferentes países (Ciomasu, 2010). Essas redes têm o potencial de ampliar a cooperação técnica, promover a transferência de recursos financeiros e de tecnologias entre países e viabilizar projetos de desenvolvimento científico e tecnológico (Santos, 2021).

No entanto, Cruz *et al.* (2025) observam que, no caso da diáspora acadêmica brasileira, é comum a ocorrência do chamado “desperdício de cérebros”, fenômeno que se refere à subutilização de competências, quando profissionais altamente qualificados exercem funções que não demandam seu nível de formação ou especialização, resultando em um processo de desvalorização de suas capacidades (Reitz, 2001). Esse desperdício raramente é resultado de uma decisão individual, mas sim da dificuldade de inserção dos migrantes nos mercados de trabalho estrangeiros, onde concepções de talento podem ser redefinidas e práticas discriminatórias limitam oportunidades – mesmo em contextos de alta demanda por qualificação (Elo; Aman; Täube, 2020).

Portanto, como demonstrado, prevalece atualmente a compreensão de que o retorno definitivo dos migrantes altamente qualificados aos seus países de origem não é condição necessária para que contribuam para o desenvolvimento nacional; o fundamental é a manutenção de vínculos ativos e produtivos com essas sociedades (Saxenian, 2002). Nesse contexto, a emigração qualificada passou a ser reinterpretada, deixando de ser vista exclusivamente como uma perda irreversível para os países emissores, como sugeria a abordagem da “fuga de cérebros” (Brum, 2024). Contudo, embora se reconheça o potencial das diásporas para gerar externalidades positivas, isso não implica que a emigração seja, em essência, um fenômeno benéfico para os países em desenvolvimento (Santos, 2021).

3.2 O Papel Estratégico da CT&I na Defesa Nacional e na Segurança Internacional

O século XX, a partir da Segunda Guerra Mundial, foi marcado pela consolidação de um sistema voltado à instrumentalização da ciência para fins estratégicos pelas grandes potências, conhecido como *Big Science*. Esse conceito designa a dimensão político-militar da ciência, voltada à formulação e execução de projetos de pesquisa destinados à preparação para a guerra e à manutenção da liderança científica no cenário internacional. Esse modelo passou a ser sustentado por uma vasta e articulada rede institucional, o chamado “complexo militar-industrial-acadêmico”, encarregada de coordenar pesquisas estratégicas e direcionar o desenvolvimento da ciência de ponta conforme os interesses de segurança e projeção de poder (Almeida, 2007). Nesse contexto, a atuação dos Estados foi fundamental. Amparados por financiamento público e planejamento estratégico em P&D, os governos articularam parcerias com universidades e indústrias, o que acelerou a aplicação do conhecimento científico no desenvolvimento de inovações tecnológicas. Esse processo reforçou o valor estratégico da mobilização científica e tecnológica como instrumento central para a defesa nacional e a competição geopolítica (Hounshell, 1997; Paarlberg, 2004).

Como consequência da centralidade da tecnologia militar na competição entre Estados (Koubi, 1999), a P&D em defesa deu origem a inovações que, posteriormente, beneficiaram amplamente a sociedade civil – um fenômeno conhecido como *spin-offs* –, contribuindo para o crescimento econômico dos países que as desenvolveram. Entre os exemplos mais expressivos estão os radares, motores aeronáuticos, aviões a jato, computadores, internet, fibras óticas e energia nuclear (Medeiros, 2004; Silva, 2022). Nesse contexto, consolidou-se o conceito de tecnologias de uso dual, que se refere a inovações originalmente concebidas para fins militares, mas com aplicações civis significativas (Mallik, 2004).

Todavia, com a revolução nas tecnologias da informação, iniciada na década de 1970, observou-se uma inversão na direção da difusão tecnológica. Ao contrário do que ocorria anteriormente, tornou-se cada vez mais comum que tecnologias desenvolvidas no setor comercial fossem adaptadas para uso militar – um processo conhecido como *spin-on* (Chapman, 2003; Cohen, 2019; Mallik, 2004; Medeiros, 2004). Essa mudança ampliou a variedade de tecnologias com aplicações militares e permitiu que as Forças Armadas se beneficiassem dos investimentos privados em P&D, além dos custos reduzidos proporcionados por mercados civis mais amplos (Chapman, 2003). Diante dessa nova dinâmica, diferentes países passaram a incorporar avanços oriundos da P&D civil às suas capacidades operacionais e estruturas institucionais (Silva, 2022). Assim, a tecnologia de uso dual passa a ser descrita como uma inovação de origem civil com potencial de adaptação para fins militares (Mallik, 2004).

Em paralelo, a distinção entre o que é de uso militar e o que pertence ao setor civil torna-se cada vez mais difusa, o que torna obsoletas as definições tradicionais dessas áreas (Roland, 1995). Isso também implica que um número crescente de países possa adquirir capacidades militares que, no passado, eram exclusivas de algumas potências (Mallik, 2004). Nesse contexto, o controle de exportação de tecnologias emergentes de uso dual tornou-se um desafio cada vez mais complexo. Diversos países do Sul Global passaram a consolidar-se como mercados para produtos militares de alta tecnologia. No entanto, como muitos desses Estados não integram o chamado “club de fornecedores”, há receios de que as exportações levem à proliferação de tecnologias sensíveis (Mallik, 2004). Diante desse cenário, as transferências de conhecimento podem ser deliberadamente bloqueadas (Markowski; Hall; Wyllie, 2010), e as nações líderes em C&T, junto a seus aliados, recorrem ao cerceamento tecnológico – explícito ou velado – para limitar o acesso de terceiros a tecnologias consideradas sensíveis (Longo, 2007).

Apesar da crescente disseminação tecnológica em escala global, a diferença entre países no acesso às inovações de ponta tende a persistir – e, em alguns casos, até a se acentuar – devido aos elevados custos e à complexidade dessas tecnologias (Mallik, 2004). Há um entendimento generalizado de que a superioridade militar contemporânea está profundamente vinculada ao desenvolvimento científico, uma vez que as inovações mais relevantes do setor não se limitam à criação de armamentos, mas envolvem a integração de sistemas sofisticados de hardware e software (Paarlberg, 2004; Schmidt, 2013). O conceito de “sistema de armas” reflete essa lógica integradora, na qual a articulação eficiente entre componentes tecnológicos se torna mais determinante do que a performance individual de cada elemento (Cohen, 2019), resultando no aumento progressivo dos custos dos equipamentos militares (Schmidt, 2013).

Contudo, com o fim da Guerra Fria, o setor passou por uma reconfiguração, marcada pela redução dos orçamentos de defesa em vários países e pela mudança de foco: a prioridade

deixou de ser a produção em massa de novos sistemas e passou a ser a manutenção da superioridade tecnológica já existente. Nesse cenário, o investimento em P&D tornou-se essencial para viabilizar a modernização, o suporte logístico e o aprimoramento de sistemas de armamento e inteligência embarcada (Schmidt, 2013). Essa transformação marcou uma transição de uma “disputa quantitativa” – centrada na produção em larga escala – para uma “disputa qualitativa”, focada na inovação tecnológica como elemento estratégico central (Koubi, 1999). Dessa forma, determinados elementos do conhecimento podem se tornar rapidamente obsoletos devido ao contínuo desenvolvimento de novos conhecimentos (Markowski; Hall; Wyllie, 2010).

Nesse contexto, o capital humano ocupa uma posição central tanto na operação desses sistemas complexos, que exige profissionais altamente qualificados (Paarlberg, 2004), quanto no fomento à inovação na indústria de defesa, um setor intensivo em conhecimento e que demanda tecnologias de ponta (Koroglu; Eceral, 2015). Entre os principais fatores de suporte à inovação, destaca-se a presença de recursos humanos qualificados (Azevedo; Borba; Araújo, 2021). Scott (1997, p. 1, tradução nossa) introduz o conceito de “capital humano estratégico”, definido como “as habilidades, o treinamento e a experiência de trabalho agregadas entre funcionários de instituições públicas e indústrias privadas que são fundamentais para a consecução dos objetivos de segurança nacional”. Dessa forma, o capital humano tornou-se um elemento estratégico nas organizações de defesa, dado seu impacto direto nas capacidades militares e na segurança nacional, especialmente diante da crescente complexidade dos conflitos armados (Sarjito, 2023). Contudo, quando os conhecimentos são exclusivos de determinados indivíduos, há o risco de sua perda caso esses profissionais deixem suas funções (Markowski; Hall; Wyllie, 2010). Nas palavras de Duarte (2020, p. 123), “[...] entre todos os tipos de recursos voltados para a defesa, os humanos são os mais difíceis de serem recuperados”.

Como buscou-se demonstrar, grande parte da literatura sobre emigração qualificada passou a compreender esse fenômeno não apenas como uma perda para os países de origem e um ganho para os países de destino, mas como um fluxo potencialmente benéfico para todas as partes envolvidas. No entanto, quando se trata de setores estratégicos, como a indústria de defesa – cujo desenvolvimento depende diretamente de CT&I e, por consequência, de capital humano altamente qualificado – os impactos da emigração podem assumir contornos mais sensíveis, sobretudo no que diz respeito à segurança e à soberania nacionais. Nesse sentido, a próxima seção aborda, primeiramente, o contexto que levou à emigração altamente qualificada de pesquisadores e cientistas ligados à indústria de defesa russa ao longo da década de 1990, e, em seguida, realiza uma análise crítica da literatura sobre os impactos desse fenômeno tanto para a Rússia quanto para a comunidade internacional.

4 IMPACTOS DA EMIGRAÇÃO DE CIENTISTAS E ENGENHEIROS DA INDÚSTRIA DE DEFESA RUSSA NOS ANOS 1990: UMA ANÁLISE CRÍTICA DA LITERATURA

4.1 Reconfiguração da indústria de defesa russa e a emigração de seus cientistas e engenheiros

Desde o início do século XX, a Rússia tem mantido uma das maiores indústrias de defesa do mundo. Durante a Guerra Fria, a URSS consolidou um extenso complexo militar-industrial, ao conferir prioridade estratégica ao setor de defesa, que passou a receber expressivos investimentos

estatais para viabilizar e sustentar suas atividades. Esse esforço resultou na produção em larga escala de armamentos modernos, inovadores e eficazes (Davis, 2002; Kramer, 1992). Como consequência, uma parcela expressiva da economia soviética foi destinada aos gastos militares. Estima-se que a participação do setor militar no PIB soviético dos anos 1980 provavelmente ultrapassaria 20%, podendo chegar a 35% ou até 40% (Kramer, 1992). Além disso, a URSS se destacava pela expressiva exportação de armamentos e equipamentos militares. No entanto, a partir de 1976, a prioridade dada à defesa foi gradualmente reduzida, o que expôs o setor militar às limitações típicas de uma economia de escassez e intensificou os impactos negativos dos gastos militares sobre a economia civil (Davis, 2002).

Durante a *Perestroika*, o governo de Gorbachev introduziu um “novo pensamento” sobre as relações internacionais e uma nova estratégia de segurança nacional, priorizando a redução de ameaças através da diplomacia e do controle de armas, em detrimento do poder militar. Nesse contexto, buscou-se reformar o setor de defesa (Davis, 2002), com cortes significativos e sucessivos no orçamento de defesa a partir de 1989 (Kramer, 1992), além da redução do efetivo das Forças Armadas. Ao longo da maior parte do período de transição, o complexo militar-industrial russo foi severamente impactado pela perda de prioridade, pelos cortes nos gastos com defesa, pela instabilidade do sistema político-econômico em transição e pelo fraco desempenho econômico. Como consequência, a indústria de defesa foi progressivamente redirecionada para atender às demandas do mercado civil, enfrentando um processo de encolhimento acentuado, com queda expressiva em sua capacidade de produzir equipamentos e prestar serviços militares (Davis, 2002).

Após a fragmentação da URSS e ao longo da década de 1990, a indústria de defesa russa continuou sofrendo profundas transformações, decorrentes da baixa prioridade atribuída pelo governo ao setor e dos cortes drásticos nos gastos militares, o que resultou na deterioração dos salários e benefícios dos trabalhadores. Os mercados de defesa passaram por uma transição, aproximando-se de um modelo convencional em que preços passaram a ser influenciados pela oferta e pela demanda, embora de forma imperfeita. Diversas instituições foram privatizadas, e as principais reformas econômicas – estabilização, privatização e liberalização – tiveram efeitos negativos no complexo militar-industrial. Esse cenário foi agravado pelo fraco desempenho econômico do país, caracterizado por retração do PIB, inflação alta e queda nos investimentos (Davis, 2002). A pesquisa e o desenvolvimento para fins militares, anteriormente uma prioridade na URSS, passaram a sofrer com a perda de apoio estatal e com uma consequente redução drástica de recursos. Isso contribuiu para a queda na produção e nas exportações de armamentos, marcando um período de crise e declínio tecnológico no complexo de defesa russo (Dezhina; Graham, 2002; Yegorov, 2009).

Segundo Davis (2002, p. 172), “[o] mercado de trabalho da indústria de defesa deixou de ser privilegiado para se tornar marginalizado”. Os salários e os benefícios não monetários oferecidos aos trabalhadores do setor foram gradualmente superados pelos das áreas civis mais bem-sucedidas, ao mesmo tempo em que se tornaram frequentes os atrasos nos pagamentos. Entre 1992 e 2000, a força de trabalho da indústria de defesa foi reduzida pela metade, passando de 4,8 milhões para 2,4 milhões de pessoas. Muitos profissionais qualificados migraram para o setor civil privado em busca de melhores oportunidades. O crime na indústria de defesa cresceu significativamente. Tornou-se comum que trabalhadores desviassem produtos civis, armas leves e estoques de reserva para vendê-los no mercado negro. Em escala maior, esquemas organizados de roubo de

equipamentos, tecnologias militares e suprimentos passaram a ser conduzidos por gestores corruptos (Davis, 2002).

Após a fragmentação da URSS, a Rússia assumiu o controle dos recursos militares localizados em seu território, incluindo todo o arsenal nuclear, além da maior parte dos ativos militares remanescentes nos demais Estados sucessores (Davis, 2002). Herdou também a maioria dos principais centros de produção e desenvolvimento de armas químicas e biológicas, embora grande parte dessas instalações tenha sido desativada ao longo da década de 1990. A partir de 1992, os antigos programas soviéticos de armas de destruição em massa (ADM) passaram por processos de reestruturação, enfrentando escassez de recursos, cortes de pessoal e diminuição do controle do governo russo (Parachini *et al.*, 2005; Shalkovskyi, 2002). Assim, embora tenha herdado o maior complexo de ADM do mundo, a Rússia passou a dispor de apoio governamental limitado para mantê-lo (Ball; Gerber, 2005).

Em paralelo, cientistas russos com conhecimentos em ADM receberam, em 1992 e pela primeira vez, permissão para deixar o país, o que lhes permitiu participar de conferências internacionais e, em muitos casos, emigrar (Ball; Gerber, 2005; Katsva, 2000). Durante a era soviética, a emigração de capital humano estratégico era praticamente inexistente: cientistas, engenheiros e técnicos do setor de defesa eram rigidamente controlados, tinham mobilidade internacional extremamente restrita e qualquer contato com empresas estrangeiras era sujeito a severa supervisão estatal. Além disso, esses profissionais figuravam entre os mais bem pagos do país, e os que viviam em cidades fechadas recebiam benefícios adicionais como compensação pelo isolamento (Moody, 1996). Com a democratização e o colapso da ordem estatal, o controle sobre a emigração enfraqueceu. Sem legislação ou mecanismos de contenção, muitos desses especialistas buscaram oportunidades no exterior (Katsva, 2000; Shalkovskyi, 2002).

Diante desse cenário, muitos cientistas especializados em armamentos emigraram (Katsva, 2000), em sua maioria para Israel, Alemanha e EUA (Shalkovskyi, 2002; Kramer, 2002). Sabe-se, contudo, que alguns deles passaram a trabalhar para programas militares de diversos países, como Argélia, China, Coreia do Norte, Cuba, Egito, Irã, Iraque, Líbia, México e Paquistão (Katsva, 2000). No entanto, no campo da defesa, ao contrário do que se temia (Hymans, 2010), não ocorreu um êxodo em massa de cientistas e engenheiros russos (Fomin; Oswald; Voronkov, 1995; Moody, 1996). Algumas instalações dedicadas às ADM conseguiram preservar certo grau de estabilidade, o que se deve, por um lado, à continuidade do financiamento estatal e, por outro, à capacidade de cientistas e técnicos de complementar sua renda (Parachini *et al.*, 2005).

4.2 As consequências da emigração de cientistas e pesquisadores da indústria de defesa russa na década de 1990: uma revisão crítica da literatura

A emigração de cientistas e pesquisadores da indústria de defesa russa ao longo da década de 1990 recebeu expressiva atenção política e foi objeto de debate por diversos autores, sob distintas perspectivas teóricas e geopolíticas. Com base na revisão bibliográfica realizada, foi possível identificar um conjunto limitado de estudos que analisam os impactos desse processo, tanto para a Rússia quanto para a comunidade internacional. Observa-se, contudo, uma assimetria nos enfoques: apenas quatro trabalhos abordam diretamente as consequências internas para o país de origem (cf.

Shalkovskyi, 2002; Shkolnikov, 1994, 1995; Stanley; Lock; Gonschar, 1992), enquanto a maior parte da literatura concentra-se na avaliação dos riscos à segurança internacional, sobretudo no que se refere à possível proliferação de ADM (cf. Ball; Gerber, 2005; Fomin; Oswald; Voronkov, 1995; Hymans, 2010; Katsva, 2000; Kramer, 2002; Moody, 1996; Parachini *et al.*, 2005). Esta seção busca apresentar e problematizar as principais interpretações identificadas, ressaltando os consensos, as controvérsias e as lacunas existentes no debate acadêmico.

4.2.1 Consequências para a Rússia

Shkolnikov (1994) argumenta que, num primeiro momento, a emigração de profissionais altamente qualificados da ex-URSS não resultaria no subaproveitamento de tecnologias, dado o elevado número de cientistas em relação à infraestrutura disponível – havia, segundo ele, “cérebros demais”. No entanto, o autor adverte que a Rússia poderia sofrer com a perda de lideranças científicas, uma vez que muitos dos potenciais emigrantes figuram entre os mais brilhantes e, apesar da juventude, já ocupam posições de destaque em suas áreas. Ele enfatiza que a excelência científica depende da interação entre gerações e que a saída de jovens compromete a transmissão de conhecimento por parte dos cientistas mais experientes, afetando negativamente a continuidade e a qualidade da produção científica em setores nos quais a Rússia ainda detém relevância internacional. Em síntese, Shkolnikov (1995) considera que a emigração de especialistas em armamentos cujas pesquisas são relevantes para a segurança nacional representa uma perda para o país.

De forma semelhante, Shalkovskyi (2002) destaca que as consequências para a Rússia seriam predominantemente negativas, sendo o principal impacto a perda de capital científico. Um contingente expressivo de pesquisadores levou consigo conhecimentos acumulados ao longo de anos em instituições e laboratórios de P&D, o que poderia, a longo prazo, tornar o país dependente de expertise estrangeira em setores estratégicos. Complementando essa perspectiva, Katsva (2000) observa que, uma vez inseridos no exterior, esses cientistas frequentemente atuam como vetores de recrutamento de seus pares.

Shkolnikov (1994, 1995) também chama atenção para outros efeitos, como a tendência de jovens cientistas – por manterem vínculos mais frágeis com o país de origem – se engajarem menos em colaborações científicas com colegas russos, a não ser que recebam incentivos específicos. Soma-se a isso a saída de capital financeiro, dado que muitos emigrantes transferiram seus recursos para o exterior. No plano político, a perda de indivíduos com perfil pró-Occidente e favorável às reformas poderia enfraquecer internamente os movimentos reformistas.

Em contraponto, Stanley, Lock e Gonschar (1992) adotam uma visão mais cautelosa quanto aos impactos negativos da emigração. Para os autores, os efeitos devem ser avaliados à luz do contexto da profunda crise social, política e econômica enfrentada pela Rússia naquele período. Argumentam que muitos dos profissionais altamente qualificados não encontrariam colocação em suas áreas no país, o que relativiza a “perda” para o sistema científico e tecnológico russo. No caso específico dos especialistas em pesquisa e desenvolvimento militar, suas competências poderiam até ser consideradas um “fardo”, dado o alto custo de manutenção e a escassez de recursos disponíveis, a menos que houvesse um esforço deliberado do Estado em manter ou expandir tais capacidades.

Além disso, os autores também apontam que os efeitos da emigração dependem da natureza do deslocamento: se permanente ou temporário. No segundo caso, a emigração poderia beneficiar a Rússia, ao possibilitar que cientistas continuassem atuando em suas áreas de especialização e estabelecessem redes internacionais de colaboração. Esses vínculos poderiam futuramente favorecer a indústria de defesa russa, seja por meio da exportação de armamentos, seja pela realização de projetos conjuntos após o eventual retorno desses profissionais (Stanley; Lock; Gonschar, 1992). Shkolnikov (1994, 1995) também reconhece esse potencial, ao observar que, embora o retorno nem sempre seja fácil – especialmente em termos de reinserção no mercado de trabalho –, muitos profissionais conseguem aplicar no país de origem as competências adquiridas no exterior, aumentando sua renda e contribuindo para o desenvolvimento local.

Como buscou-se demonstrar, poucos autores analisaram de forma aprofundada as consequências do fenômeno para a Rússia, restringindo-se, em grande medida, aos trabalhos de Shalkovskyi (2002), Shkolnikov (1994, 1995) e Stanley, Lock e Gonschar, (1992). Não há uma visão consensual sobre o fenômeno: enquanto Shalkovskyi (2002) enfatiza os efeitos negativos da perda de capital científico – alinhando-se à perspectiva de “fuga de cérebros” –, Stanley, Lock e Gonschar (1992) argumentam que os impactos variam de acordo com as possibilidades de cooperação científica, aproximando-se da noção de “redes de cérebros”. A perspectiva de “circulação de cérebros” também está presente nos estudos analisados, ao sugerirem que a Rússia poderia se beneficiar da emigração, desde que os profissionais retornassem ao país de origem e conseguissem se reinserir no mercado de trabalho em suas áreas de especialização (Shkolnikov, 1994; Stanley; Lock; Gonschar, 1992).

Contudo, um ponto de convergência entre os estudos é o contexto em que foram produzidos: todos se baseiam em diagnósticos elaborados ainda na década de 1990 ou nos primeiros anos do decênio seguinte, quando a Rússia atravessava um período de transição e crise. Embora as perdas de capital humano sofridas pelo país não tenham sido plenamente recompostas até, pelo menos, 2020 (Aleshkobski; Gasparishvili; Grebenyuk, 2023), nenhum desses trabalhos examina de forma sistemática os desdobramentos desse fluxo migratório para as capacidades militares russas – um hiato significativo, sobretudo diante do fato de que a superioridade militar contemporânea passou a depender crescentemente da CT&I e, por conseguinte, da disponibilidade de capital humano altamente qualificado (Paarlberg, 2004). A ausência de análises sobre os impactos dessa emigração na reestruturação e modernização da base industrial de defesa russa nas décadas subsequentes revela uma importante lacuna na literatura, limitando a compreensão dos efeitos de longo prazo da emigração de profissionais da área de defesa sobre a segurança nacional e o desenvolvimento autônomo da Rússia em setores estratégicos.

4.2.2 Consequências para a comunidade internacional

Shkolnikov (1994) observa que os países de destino se beneficiaram apenas marginalmente da imigração russa, devido às dificuldades enfrentadas por esses profissionais para se inserirem nos mercados de trabalho dos principais países receptores, como Israel e EUA. Esse contexto resultou em altas taxas de desemprego e salários inferiores aos de outros grupos de imigrantes. De modo semelhante, Shalkovskyi (2002) destaca que a maioria dos cientistas russos que emigraram

para os EUA e para a Europa Ocidental não conseguiu emprego em sua área de atuação. No caso específico dos especialistas em armas químicas e biológicas, Shkolnikov (1995) aponta que apenas 20% conseguiram permanecer na área após a migração.

Apesar dessas dificuldades de inserção profissional, a maioria dos autores destaca que a emigração de cientistas da ex-URSS representou, ao menos em parte, um risco potencial à segurança internacional. Moody (1996, p. 93) adverte que cientistas do setor de defesa, ao permanecerem desempregados ou sem perspectiva de transição profissional, poderiam se tornar uma ameaça ao regime de não proliferação, enquanto sua expertise permanecesse “adormecida”. Parachini *et al.* (2005) reforçam essa preocupação ao destacar o interesse de diferentes atores – Estados ou grupos não estatais – que demonstraram interesse pelo conhecimento técnico russo relacionado a armas nucleares, biológicas e químicas. Segundo os autores, as demandas por conhecimento especializado variam conforme o perfil dos atores envolvidos: enquanto Estados tecnologicamente avançados buscam expertise tecnológica de alta complexidade, países em estágios iniciais de desenvolvimento – ou mesmo grupos terroristas – tendem a se satisfazer com capacidades mais rudimentares, porém adequadas aos seus objetivos estratégicos ou operacionais.

Nesse contexto, Shkolnikov (1995) salienta que, devido ao número expressivo de russos que trabalharam anteriormente em Estados considerados “párias”, seria plausível a existência de diversos intermediários com acesso a especialistas em defesa. Além disso, os recursos financeiros necessários para atrair esses especialistas tenderiam a ser relativamente baixos. Shalkovskyi (2002) observa que, embora a emigração de especialistas russos em armas químicas e biológicas tenha sido numericamente limitada nos anos 1990, há indícios de que países como Irã e Síria conseguiram integrar cientistas russos a seus programas de ADM. Por sua vez, Katsva (2000) destaca que esses programas – especialmente os biológicos – exigem menos recursos humanos e técnicos do que os nucleares, o que reforça a sensibilidade do tema mesmo diante de fluxos migratórios reduzidos.

Por outro lado, uma parte da literatura sustenta que não houve disseminação significativa de ADM como consequência direta da emigração de cientistas russos (Kramer, 2002; Shalkovskyi, 2002). Moody (1996) observa que a mobilidade de muitos desses especialistas ocorreu dentro de marcos institucionais, por meio de projetos sancionados pelo Estado russo ou de contratos com países que não ameaçavam o regime internacional de não proliferação. Hymans (2010) aprofunda esse debate ao criticar modelos simplificados de proliferação presentes em parte da literatura. Segundo ele, a mera presença de cientistas estrangeiros não garante, por si só, o sucesso de programas de ADM, sobretudo em países com fraca capacidade institucional. Nesses contextos, a identificação, o recrutamento e a mobilização efetiva dos profissionais altamente qualificados exigem capacidades organizacionais superiores às requeridas para equipes locais. Por essa razão, a atuação de emigrados tende a ter impacto limitado e, em alguns casos, pode até atrasar os projetos.

Diversos obstáculos também limitaram a emigração de cientistas russos ao longo da década de 1990. Fomin, Oswald e Voronkov (1995) destacam que muitos especialistas experientes – geralmente com mais de 50 anos e carreira consolidada em uma única instituição – relutaram em recomençar a vida em contextos científicos, culturais e linguísticos distintos. Além disso, as profundas diferenças entre os sistemas industriais de defesa russo e ocidental restringiram ainda mais suas possibilidades de reinserção profissional no exterior. Ball e Gerber (2005) ressaltam ainda que a maioria desses especialistas demonstrava elevado senso de responsabilidade ética quanto à

disseminação de conhecimentos sensíveis, evitando colaborar com regimes autoritários ou emigrar para Estados considerados párias. Kramer (2002) reforça esse ponto ao mostrar que os destinos mais rejeitados correspondiam justamente aos países que mais preocupavam a comunidade internacional: Iraque (59%), Paquistão (42%), Líbia (33%), Irã (24%) e Coreia do Norte (16%). Como sintetizam Parachini *et al.* (2005), esse conjunto de barreiras contribuiu para limitar a transferência ilícita de conhecimentos estratégicos.

Mesmo diante desses argumentos, parte da literatura adota uma abordagem pessimista. Autores como Ball e Gerber (2005), Parachini *et al.* (2005) e Shalkovsky (2002) argumentam que, mesmo sendo uma minoria, os cientistas dispostos a colaborar com regimes autoritários representam um risco concreto. Para esses autores, a mera possibilidade de que uma fração desses profissionais compartilhe seus conhecimentos sensíveis já seria suficiente para justificar a vigilância da comunidade internacional.

Como procurou-se demonstrar, uma pequena parcela da literatura analisada argumenta que a emigração qualificada da Rússia pós-soviética gerou benefícios limitados para os países de destino, em razão do chamado “desperdício de cérebros” – ou seja, da subutilização do potencial técnico-científico dos migrantes. Predomina, contudo, um consenso relativo quanto à existência de um risco de proliferação de ADM associado à mobilidade internacional desses especialistas, ainda que haja divergências sobre a escala e a probabilidade de concretização desse risco. Importa destacar que grande parte dessa produção está inserida no campo de estudos sobre a não proliferação e foi elaborada por instituições financiadas por governos ocidentais, como a Rand Corporation. Consequentemente, observa-se uma perspectiva fortemente orientada pelos interesses ocidentais. A definição de “fuga de cérebros” proposta por Katsva (2000), por exemplo, é seletiva: o autor restringe o conceito aos casos em que cientistas migram para colaborar com programas de ADM de Estados classificados como párias, desconsiderando situações em que países aliados ou neutros também se beneficiaram da expertise russa sem que isso fosse problematizado. Essa abordagem revela um viés geopolítico e uma lógica de segurança internacional ancorada na visão ocidental do sistema internacional.

Esses estudos refletem um contexto em que as fronteiras entre tecnologias civis ou militares se tornam cada vez mais difusas (Roland, 1995), e em que o acesso a tecnologias sensíveis por um número crescente de países gera preocupação. Ainda assim, é importante notar que a complexidade e os altos custos dos sistemas de armamentos têm acentuado as desigualdades tecnológicas entre os países (Mallik, 2004), o que, por sua vez, dificulta a proliferação. Esse argumento está em consonância com a parcela menos pessimista da literatura, que destaca os obstáculos técnicos, financeiros e organizacionais como barreiras à difusão irrestrita de capacidades militares.

A análise da literatura evidencia que as consequências da emigração de especialistas da indústria de defesa russa na década de 1990 foram interpretadas sob prismas diversos, refletindo tanto os interesses estratégicos dos países ocidentais quanto as distintas concepções sobre segurança internacional e migração qualificada. Para a Rússia, os estudos sugerem que os efeitos variaram conforme o perfil dos emigrantes e o grau de articulação institucional, oscilando entre perdas significativas de capital humano e oportunidades de cooperação científica. No plano internacional, embora haja um consenso relativo quanto ao risco potencial de proliferação de ADM, parte da literatura relativiza esse perigo ao destacar os obstáculos técnicos, políticos e éticos à transferência

de conhecimento sensível. Por fim, observa-se uma lacuna importante: poucos estudos investigaram de forma sistemática os efeitos de longo prazo dessa emigração sobre as capacidades militares e tecnológicas da Rússia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo analisar criticamente como a literatura acadêmica interpreta os impactos da emigração de capital humano estratégico da Rússia na década de 1990, com ênfase nas implicações para a defesa nacional e a segurança internacional. Buscou-se demonstrar que parte significativa da literatura sobre migração qualificada passou a compreender esse fenômeno não apenas como uma perda para os países de origem e um ganho para os de destino, mas como um processo complexo, capaz de gerar benefícios mútuos por meio de mecanismos como a “circulação de cérebros” e a formação de “redes de cérebros”. Contudo, paralelamente, a superioridade militar contemporânea está fortemente vinculada ao avanço científico, uma vez que as inovações mais importantes para o setor envolvem a integração de sistemas de armas cada vez mais complexos, o que requer mão de obra altamente qualificada. Nesse contexto, quando se trata da indústria de defesa – cujo desenvolvimento depende diretamente da CT&I e, portanto, de capital humano estratégico – os efeitos da emigração assumem contornos mais sensíveis, podendo gerar implicações diretas para a segurança e a soberania dos Estados.

Ao analisar o contexto russo, o estudo teve o intuito de evidenciar que, ao longo da década de 1990, a Rússia sofreu com uma profunda crise social, econômica e política, que impactou diretamente o sistema científico do país. Esse cenário foi marcado pelo aumento do desemprego, pela deterioração da infraestrutura e pela queda no financiamento e na produtividade científica. Como consequência, muitos pesquisadores e cientistas emigraram em busca de melhores condições de vida e de trabalho. Além disso, com o colapso da URSS, embora a Rússia tenha herdado o maior complexo de armas de destruição em massa do mundo, o apoio governamental para sua manutenção foi limitado. A indústria de defesa russa enfrentou cortes orçamentários, perda de prioridade estatal e deterioração das condições de trabalho. Nesse contexto, embora não existam dados amplos e precisos sobre a emigração de capital humano estratégico, diversos profissionais especializados em armamentos deixaram o país.

A análise da literatura visou revelar que os desdobramentos da emigração de especialistas da indústria de defesa russa nos anos 1990 foram interpretados de forma heterogênea, refletindo tanto interesses dos países ocidentais quanto distintas concepções sobre segurança internacional e migração qualificada. Para a Rússia, a principal consequência apontada foi a perda de capital científico acumulado durante o período soviético, embora alguns estudos considerem possíveis impactos positivos caso esses especialistas retornassem ao país ou mantivessem cooperação à distância. No plano internacional, o foco principal recaiu sobre o risco de que parte desses migrantes contribuísse para programas militares de Estados considerados párias, potencialmente favorecendo a proliferação de ADM, ainda que parte da literatura relativize esse perigo. De modo geral, quase toda a literatura analisada concentrou-se nas implicações desse fluxo para o regime internacional de não proliferação.

A análise do caso russo – o mais explorado pela literatura, ainda que com número limitado de estudos – contribui para ampliar a compreensão do fenômeno e dos impactos da emigração

qualificada sobre a defesa nacional de países do Sul Global, incluindo o Brasil. Embora em escala menor e em contexto distinto, a indústria de defesa brasileira tem enfrentado, na última década, alguns dos desafios observados na Rússia nos anos 1990, como defasagem tecnológica de suas Forças Armadas, as desigualdades tecnológicas internacionais e as restrições orçamentárias (Brasil, 2020; Brum, 2025). Ademais, a crise econômica e política vivenciada pelo país a partir de 2014 impactou negativamente os setores industrial e científico (Oliveira, 2019), contribuindo para a intensificação da emigração de brasileiros, inclusive de profissionais qualificados (Brum, 2024).

Estudos futuros poderiam aprofundar a compreensão da emigração qualificada de profissionais que atuam na indústria de defesa, bem como de seus desdobramentos para os países de origem, especialmente nos países em desenvolvimento, como o Brasil, cujas Bases Industriais de Defesa enfrentam desafios estruturais significativos. Nesse sentido, são fundamentais análises que considerem as particularidades desses países e os desafios associados à inserção de suas indústrias de defesa no mercado internacional. No caso da Rússia, são necessárias pesquisas que examinem os impactos de longo prazo desse fluxo migratório sobre os esforços de revitalização de sua indústria de defesa nas décadas subsequentes. Por fim, recomenda-se cautela na aplicação automática de referenciais teóricos da migração internacional à análise da emigração qualificada no setor de defesa, uma vez que esse campo possui especificidades relevantes, sendo estratégico para a segurança nacional e, portanto, demandando uma abordagem analítica própria.

REFERÊNCIAS

- ALESHKOVSKI, I.; GASPARISHVILI, A.; GREBENYUK, A. The changing landscape of Russia's emigration from 1990 to 2020: Trends and determinants. **Journal of Globalization Studies**, v. 14, n. 1, p. 42-65, 2023. DOI: <https://doi.org/10.30884/jogs/2023.01.04>.
- ALESHKOVSKI, I.; GREBENYUK, A.; VOROBYEVA, O. The evolution of Russian emigration in the post-soviet period. **Social Evolution & History**, v. 17, n. 2, p. 140-155, 2018. DOI: <https://doi.org/10.30884/seh/2018.02.09>.
- ALMEIDA, M. E. O desenvolvimento biológico em conexão com a guerra. **PHYSIS: Revista de Saúde Coletiva**, v. 17, n. 3, p. 545-564, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-73312007000300008>.
- AREF'EV, A. L.; SHEREGI, F. E. Migration structure of Russian intellectuals within the academic and industry environment. **Mediterranean Journal of Social Sciences**, v. 6, n. 4, s.4, p. 39-48, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5901/mjss.2015.v6n4s4p39>.
- AZEVEDO, C. E. F. Os elementos de análise da cultura de inovação no setor de Defesa e seu modelo tridimensional. **Coleção Meira Mattos**, v. 12, n. 45, p. 145-167, 2018.
- AZEVEDO, C. E. F.; BORBA, G. A.; ARAÚJO, L. E. Desafios para a política de inovação no setor de defesa brasileiro: óbices e barreiras culturais e estruturais. **Revista da Escola de Guerra Naval**, v. 27, n. 1, p. 121-160, 2021.
- BALL, D. Y.; GERBER, T. P. Russian scientists and rogue states: does western assistance reduce the proliferation threat? **International Security**, v. 29, n. 4, p. 50-77, 2005.
- BOETTKE, P. J. The Russian crisis: Perils and prospects for the pos-soviet transition. **The American Journal of Economics and Sociology**, v. 58, n. 3, p. 371-384, 1999.
- BRANDI, M. C. La historia del brain drain. **CTS**, v. 3, n. 7, p. 65-85, 2006.
- BRASIL. Ministério da Defesa. **Política Nacional de Defesa e Estratégia Nacional de Defesa**. Brasília, DF: Ministério da Defesa, 2020. Disponível em: https://www.gov.br/defesa/pt-br/arquivos/estado_e_defesa/pnd_end_congresso_.pdf. Acesso em: 16 abr. 2026.
- BRUM, A. G. A história das políticas do Brasil para sua diáspora científica e tecnológica. **Revista Educação e Políticas em Debate**, v. 13, n. 2, p. 1-20, 2024. <https://doi.org/10.14393/REPOD-v13n2a2024-70518>.

BRUM, A. G. O papel da ciência, tecnologia e inovação (CT&I) na política de defesa do Brasil: uma análise dos documentos estratégicos brasileiros. **Tempo do Mundo**, n. 37, p. 81-107, 2025. <https://dx.doi.org/10.38116/rtm37art3>.

BRZOZOWSKI, J. Brain drain or brain gain? The new economics of brain drain reconsidered. **SSRN Electronic Journal**, 2008. DOI: <https://doi.org/10.2139/ssrn.1288043>.

CHAPMAN, G. An Introduction to the Revolution in Military Affairs. *In*: Amaldi Conference on Problems in Global Security, 15., Helsinki, 2003.

CIUMASU, I. M. Turning brain drain into brain networking. **Science and Public Policy**, v. 37, n. 2, p. 135-146, 2010. DOI: <https://doi.org/10.3152/030234210X489572>.

COHEN, E. A. Technology and Warfare. *In*: BAYLIS, J.; WIRTZ, J. J.; GRAY, C. S. (ed.). **Strategy in the Contemporary World**. 6. ed. Oxford: Oxford University Press, 2019. p. 127-143.

CRUZ, E. P. *et al.* Diáspora acadêmica brasileira: Perfil e mobilidade de pesquisadores no exterior. **Educação: Teoria e Prática**, v. 35, n. 69, 2025. DOI: <https://doi.org/10.18675/1981-8106.v35.n.69.s18144>.

DAUGELIENE, R.; MARCINKEVICIENE, R. Brain circulation: Theoretical considerations. **Engineering Economics**, v. 63, n. 3, p. 49-57, 2009. DOI: <https://doi.org/10.5755/j01.ee.63.3.11646>.

DAVIS, C. Country survey XVI the defence sector in the economy of a declining superpower: Soviet Union and Russia, 1965-2001. **Defence and Peace Economics**, v. 13, n. 3, p. 145-177, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1080/10242690210978>.

DUARTE, E. E. **Estudos estratégicos**. Curitiba: InterSaberes, 2020.

DEZHINA, I.; GRAHAM, L. Russian basic science after ten years of transition and foreign support. **Carnegie Endowment for International Peace**, n. 24, p. 1-38, 2002.

EDMOND, C. Post Soviet Russia: Challenges to transition and modernization. **Political Science & Geography Faculty Publications**, v. 70, p. 1-30, 2025. DOI: <https://doi.org/10.25776/eqb5-5a12>.

ELO, M.; AMAN, R.; TÄUBE, F. Female migrants and brain waste – A conceptual challenge with societal implications. **International Migration**, v. 63, n. 1, e12783, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/imig.12783>.

FOMIN, E.; OSWALD, I.; VORONKOV, V. **Armament, Migration, and Brain Drain**. The military industrial complex and scientific institutions in Russia. St. Petersburg: Centre for Independent Social Research, 1995.

FRANÇA, T.; PADILLA, B. ¿Por qué seguimos estudiando y debatiendo la movilidad académica internacional? *In*: AUPETIT, S. D.; FRANÇA, T.; PADILLA, B. (ed.). **Geoestrategia de la internacionalización y espacialidad de las migraciones académicas**. Ciudad de México: UDUAL, 2019. p. 15-24.

GANGULI, I. Scientific brain drain and human capital formation after the end of the Soviet Union. **International Migration**, v. 52, n. 5, p. 95-110, 2014.

GOKHBERG, L.; NEKIPELOVA, E. International migration of scientists and engineers in Russia. *In*: ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **International mobility of the highly skilled**. Paris: OECD, 2001. p. 177-188.

HOUNSHELL, D. The Cold War, RAND, and the generation of knowledge, 1946-1962. **Historical studies in the physical and biological sciences**, v. 27, n. 2, p. 237-267, 1997. DOI: <https://doi.org/10.2307/27757779>.

HYMANS, J. E. C. **Beautiful stranger**: The proliferation implications of footloose nuclear scientists. Washington, D.C.: APSA, 2010.

JÖNS, H. Transnational mobility and the spaces of knowledge production: A comparison of global patterns, motivations and collaborations in different academic fields. **Social geography**, v. 2, n. 2, p. 97-114, 2007. DOI: <https://doi.org/10.5194/sg-2-97-2007>.

KATSVIA, M. Weapons of mass destruction brain drain from Russia: Problems and perspectives. **The Journal of Slavic Military Studies**, v. 13, n. 1, p. 46-67, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1080/13518040008430427>.

KONE, Z. L.; ÖZDEN, Ç. Brain drain, gain and circulation. *In*: REINERT, K. A. (ed.). **Handbook of Globalization and Development**. Cheltenham: Edward Elgar, 2017. p. 349-370.

KOROBKOV, A. V.; ZAIONCHKOVSKAIA, Z. A. Russian brain drain: myths v. reality. **Communist and Post-Communist Studies**, v. 45, n. 3-4, p. 327-341, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postcomstud.2012.07.012>.

KOROGLU, B. A.; ECERAL, T. O. Human capital and innovation capacity of firms in defense and aviation industry in Ankara. **Procedia**, v. 195, p. 1583-1592, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.196>.

KOUBI, V. Military Technology Races. **International Organization**, v. 53, n. 3, p. 537-565, 1999.

KRAMER, M. Demilitarizing Russian weapons scientists: The challenge. *In*: SOKOLSKI, H. D.; RIISAGER, T. (ed.). **Beyond Nunn-Lugar**: Curbing the next wave of weapons proliferation threats from Russia. Carlisle: US Army War College, 2002. p. 115-194.

KRAMER, M. Military conversion and economic reform: Implications for the Post-Soviet Era. **The RUSI Journal**, v. 137, n. 2, p. 43-49, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1080/03071849208445587>.

LONGO, W. P. Tecnologia militar: Conceituação, importância e cerceamento. **Tensões Mundiais**, v. 3, n. 5, p. 111-143, 2007. DOI: <https://doi.org/10.33956/tensoesmundiais.v3i5.722>.

MALLIK, A. **Technology and security in the 21st century**: a demand-side perspective. Solna: Sipri, 2004.

MARKOWSKI, S.; HALL, P.; WYLLIE, R. (ed.). **Defence Procurement and Industry Policy**: a small country perspective. London: Routledge, 2010.

MARSH, R. R.; OYELERE, R. U. Global migration of talent: Drain, gain, and transnational impacts. *In*: DASSIN, J. R.; MARSH, R. R.; MAWER, M. (ed.). **International Scholarships in Higher Education**: Pathways to Social Change. London: Palgrave Macmillan, 2018. p. 209-234.

MEDEIROS, C. A. O desenvolvimento tecnológico americano no pós-guerra como um empreendimento militar. *In*: FIORI, J. L. (org.). **O poder americano**. Petrópolis: Vozes, 2004. p. 225-262.

MEYER, J.; BROWN, M. **Scientific diasporas**: a new approach to the brain drain. Paris: Unesco, 1999.

MINAKOV, M. The de-modernization current: An approach to understand ethical and political challenges. *In*: TURCHYNOSKY, O. B.; ORYSYA, B. (ed.). **Ethics & Global Political Theory**: the encyclical letter caritas in veritate and critical perspectives on integral human development. Lviv: Ukrainian Catholic University Press, 2016. p. 62-78.

MOODY, R. A. Report: Reexamining brain drain from the former Soviet Union. **The Nonproliferation Review**, v. 3, n. 3, p. 92-97, 1996.

OLIVEIRA, T. As políticas científicas na era do conhecimento: Uma análise de conjuntura sobre o ecossistema científico global. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 24, n. 1, p. 191-215, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-5344/3520>.

PAARLBERG, R. L. Knowledge as power: Science, military dominance, and US security. **International Security**, v. 29, n. 1, p. 122-151, 2004.

PARACHINI, J. V. *et al.* **Diversion of nuclear, biological, and chemical weapons expertise from the former Soviet Union: understanding an evolving problem.** Santa Monica: RAND Corporation, 2005.

RABKIN, Y. M.; MIRSKAYA, E. Z. Science and scientists in post-Soviet disunion. **Social Science Information**, v. 32, n. 4, p. 553-579, 1993. DOI: <https://doi.org/10.1177/053901893032004002>.

REITZ, J. G. Immigrant skill utilization in the Canadian labour market: Implications of human capital research. **Journal of International Migration and Integration**, v. 2, p. 347-378, 2001. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12134-001-1004-1>.

RIZVI, F. Rethinking “brain drain” in the era of globalisation. **Asia Pacific Journal of Education**, v. 25, n. 2, p. 175-192, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1080/02188790500337965>.

ROLAND, A. Science, technology, and war. **Technology and Culture**, v. 36, n. 2, p. 83-100, 1995. DOI: <https://doi.org/10.2307/3106691>.

SANTOS, A. N. (coord.). **Fuga de cérebros, circulação internacional da ciência e diáspora científica de pesquisadores brasileiros: contribuições para o debate.** São Paulo: CEMJ, 2021.

SARJITO, A. The impact of changes in international dynamics on defense policy. **Jurnal Administrasi Publik & Bisnis**, v. 5, n. 2, p. 63-70, 2023. DOI: <https://doi.org/10.36917/japabis.v5i2.89>.

SAXENIAN, A. Brain circulation. How high-skill immigration makes everyone better off. **The Brookings Review**, v. 20, n. 1, p. 28-31, 2002. DOI: <https://doi.org/10.2307/20081018>.

SCHMIDT, F. H. Ciência, tecnologia e inovação em Defesa: Notas sobre o caso do Brasil. **Radar: Tecnologia, Produção e Comércio Exterior**, n. 24, p. 37-50, 2013.

SCOTT, L. M. Strategic Human Capital: Preserving a Vital National Asset. **Strategic Forum**, n. 116, p. 1-5, 1997.

SHALKOVSKYI, V. **An analysis of the brain drain phenomenon in the field of development of chemical and biological weapons in Russia during the 1990s.** Tese (Doutorado) – Naval Postgraduate School, Monterey, 2002.

SHKOLNIKOV, V. D. **Potential Energy: Emergent Emigration of Highly Qualified Manpower from the Former Soviet Union.** Santa Monica: RAND, 1995.

SHKOLNIKOV, V. D. **Scientific Bodies in Motion**: The Domestic and International Consequences of the Current and Emergent Brain Drain from the Former USSR. Santa Monica: RAND, 1994.

SILVA, P. F. Governança da Base Industrial de Defesa: Panorama sobre a relação entre CT&I e poder militar na atualidade. **Revista Brasileira de Estudos Estratégicos**, v. 14, n. 28, p. 155-174, 2022. DOI: <https://doi.org/10.29327/230731.14.28-7>.

SILVA, Y. G. S. *et al.* Mapeamento da Base Industrial de Defesa: Análise de conteúdo comparada do modelo RARBID. **Coleção Meira Mattos**, v. 19, n. 66, p. 497-521, 2025.

STANLEY, R.; LOCK, P.; GONSCHAR, K. **The migration of scientists and engineers from the former Soviet Union**: will it lead to weapons proliferation? Berlim: Berghof Foundation, 1992.

YEGOROV, I. Post-Soviet science: Difficulties in the transformation of the R&D systems in Russia and Ukraine. **Research Policy**, v. 38, n. 4, p. 600-609, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.respol.2009.01.010>.