

LA EPISTEMOLOGÍA DE LA COMPLEJIDAD Y LAS CIENCIAS MILITARES EN BRASIL

Thiago da Rocha Passos Gomes*
Ana Luiza Bravo e Paiva*

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo relacionar las ciencias militares en el país con la epistemología de la complejidad. Este trabajo utilizó la metodología cualitativa, basada en la técnica de análisis de contenido, observando textos científicos, legislación nacional, además de datos de sitios web de las Fuerzas Armadas de Brasil, el Ministerio de Defensa y el Gobierno Federal. Inicialmente, los principales fundamentos y características de la epistemología de la complejidad se presentan en varios campos de estudio y, posteriormente, se caracterizan como los conceptos presentes en ese pensamiento se aplican en las ciencias militares, en general. Luego, el estudio identifica cómo se estructuran las ciencias militares en Brasil, y finalmente, se realiza un análisis de los datos y se presentan los principales aportes de la investigación.

Palabras clave: Epistemología. Ciencias militares. Complejidad.

THE EPISTEMOLOGY OF COMPLEXITY AND THE MILITARY SCIENCE IN BRAZIL

ABSTRACT

This research aims to relate the military sciences in the country with the epistemology of complexity. This work used the qualitative methodology, based on the technique of content analysis, it being observed scientific texts, national legislation, in addition to data from websites of the Brazilian Armed Forces, the Ministry of Defense and the Federal Government. Initially, the main foundations and characteristics of the epistemology of complexity are presented in several fields of study and, later, they are

* Doctorando por el Programa de Posgrado en Ciencias Militares (PPGCM) del Instituto Meira Mattos (IMM), Escola de Comando e Estado-Maior do Exército (ECEME), Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Actualmente es estudiante del Curso de Comando y Estado Mayor de ECEME. Correo electrónico: infagomes@yahoo.com.br

** Doctora en Historia Comparada del Programa de Posgrado en Historia Comparada (PPGHC/UFRJ). Profesora adjunta en el Programa de Posgrado en Ciencias Militares (PPGCM) del Instituto Meira Mattos (IMM), Escola de Comando e Estado-Maior do Exército (ECEME), Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Correo electrónico: albeipaiva@ppgcm.eceme.eb.mil.br

characterized as the concepts present in that thought apply in the military sciences, in general. Then, the study identifies how the military sciences are structured in Brazil, and finally, an analysis of the data is carried out and the main contributions of the investigation are presented.

Keywords: *Epistemology. Military science. Complexity.*

A EPISTEMOLOGIA DA COMPLEXIDADE E AS CIÊNCIAS MILITARES NO BRASIL

RESUMO

A presente pesquisa tem como objetivo relacionar as ciências militares no país com a epistemologia da complexidade. Este trabalho utilizou a metodologia qualitativa, com base na técnica de análise de conteúdo, sendo observados textos científicos, legislação nacional, além de dados constantes de sítios eletrônicos das Forças Armadas brasileiras, do Ministério da Defesa e do Governo Federal. Inicialmente, são apresentados os principais fundamentos e características da epistemologia da complexidade em diversos campos de estudo e, posteriormente, são caracterizados como os conceitos presentes nesse pensamento aplicam-se nas ciências militares, de uma forma geral. Em seguida, o estudo identifica como as ciências militares estão estruturadas no Brasil, sendo, por fim, realizada uma análise dos dados e apresentadas as principais contribuições da investigação.

Palavras-chave: Epistemologia. Ciências militares. Complexidade.

1 INTRODUCCIÓN

La ciencia es una de las grandes fuerzas de la sociedad moderna, ejerciendo mucha influencia en las expresiones económicas, militares, culturales y sociales, ya que, por ejemplo, puede generar tecnologías que impulsen las economías en la actualidad, crear elementos químicos y físicos que transformen la guerra, ayuden a resolver crímenes y desarrollen remedios para curar enfermedades. La producción de conocimiento científico se lleva a cabo a través de la observación, la interacción y la prueba de teorías, además del hecho de que los grandes científicos están interesados en resolver problemas prácticos (HELLYER, 2003).

La ciencia moderna tiene cuatro características: no reconoce autoridades, excepto la de la naturaleza misma; es experimental; explica los fenómenos naturales tanto como sea posible por analogía con un mecanismo; además de intentar describir o explicar cosas y eventos naturales en términos matemáticos

o cuantificando cualidades. Un concepto poco debatido en Brasil, pero muy importante en la literatura científica, es el de epistemología que groseramente podría definirse como el estudio de la naturaleza y los límites de la producción de conocimiento (HELLYER, 2003).

En este sentido, las ciencias militares, como aborda Franchi (2020), proporcionan reflexiones y análisis sobre lo que está sucediendo en el mundo, con el fin de fundamentar los cambios en las políticas de defensa, para fomentar nuevas estrategias y doctrinas militares, además de varias otras acciones. La colaboración de conocimientos y métodos científicos, junto con el conocimiento empírico derivado de experiencias prácticas, desarrolla investigaciones que piensan críticamente sobre los desafíos enfrentados, las respuestas y los resultados en cuestiones militares, con la consiguiente producción de aprendizaje para eventos futuros.

Y uno de los debates epistemológicos más desarrollados en el marco de las ciencias militares es el de la complejidad. Según Morin (2006), los modos simplificadores del conocimiento científico obstaculizan más que dilucidan las realidades y los fenómenos estudiados. Simplificar el pensamiento desintegra la complejidad de lo real, mientras que el pensamiento complejo integra, lo más posible, formas simplificadoras de pensar, aspirando al conocimiento multidimensional.

De esta forma, la presente investigación tiene como objetivo relacionar las ciencias militares en el país con la epistemología de la complejidad. Su principal motivación fue la siguiente pregunta: ¿cómo la epistemología de la complejidad ha influido en el desarrollo de la agenda de investigación de las ciencias militares en Brasil?

Para responder a esta pregunta, este trabajo utilizó la metodología cualitativa, basada en la técnica de análisis de contenido, observándose fuentes primarias y secundarias. Se realizó una encuesta de fuentes primarias en bases de datos y sitios electrónicos de las Fuerzas Armadas brasileñas, del Ministerio de Defensa y del Gobierno Federal. Además, se consideraron fuentes secundarias, como revistas, periódicos y artículos indexados, adheridos al tema, a través de los siguientes sitios electrónicos: SAGE¹, Periódicos CAPES² y Google Académico³.

1 Disponible en: <https://journals.sagepub.com>

2 Coordinación de entrenamiento avanzado de personal de nivel superior - Fundación del Ministerio de Educación responsable de obtener apoyo financiero para la realización de eventos científicos y tecnológicos en el país y en el extranjero; obtener autorización para la apertura de nuevos cursos de posgrado *stricto sensu* en Brasil, entre otros (BRASIL, 2020a). Disponible en: www-periodicos-capes-gov-br.ez1.periodicos.capes.gov.br/index.php?

3 Disponible en: <https://scholar.google.com.br/?hl=pt>

Las expresiones epistemología de la complejidad y ciencias militares se utilizaron como parámetro en la estrategia de búsqueda. Luego, se realizó el análisis de las fuentes recolectadas, con el fin de verificar su conexión con el objetivo de la investigación.

Como criterios de inclusión, se consideraron las fuentes publicadas en portugués, inglés y español. Respecto a los estudios seleccionados, se dio prioridad a los Qualis Periódicos de Brasil de gran relevancia y que abordan temas importantes para los estudios de seguridad y de defensa. El corte temporal del análisis de las ciencias militares en Brasil fue restringido a partir de 1996, con el fin de realizar un estudio más actualizado, teniendo como hito la ley de directrices y bases de la educación nacional.

Por la originalidad de los datos presentados y la limitación de los debates sobre el tema, se destaca la relevancia de la temática y la necesidad de mayor atención por parte de la comunidad académica. Muchos investigadores desconocen la epistemología de la complejidad, que ha contribuido a la evolución de numerosas áreas del conocimiento científico. Del mismo modo, desconocen la existencia de las ciencias militares, que pueden contribuir, en gran medida, para el desarrollo y la seguridad nacionales.

Inicialmente, se presentan los principales fundamentos y características de la epistemología de la complejidad en diversos campos de estudio y, posteriormente, se caracterizan como los conceptos presentes en esta corriente de pensamiento que se aplican en las ciencias militares, de manera general. Luego, el estudio identifica cómo se estructura todo el conocimiento de este ámbito en Brasil y se presentan, en ese momento, los principales aportes de la investigación.

2 LA EPISTEMOLOGÍA DE LA COMPLEJIDAD

Hasta alrededor del año 1900, la ciencia se ocupaba de cuestiones de dos variables, llamadas problemas de simplicidad, y después de este período, algunos científicos comenzaron a pensar en métodos analíticos capaces de tratar con numerosas variables. Estos eran conocidos por problemas de complejidad desorganizada. En este caso, cada una de las muchas variables tiene un comportamiento individualmente errático o, tal vez, totalmente desconocido y, a pesar de este comportamiento, el sistema en su conjunto tiene ciertas propiedades promedio ordenadas y analizables. Todavía existen los problemas de la complejidad organizada, que implican tratar simultáneamente un número considerado de

factores interrelacionados en un todo orgánico (WEAVER, 1948).

Por lo tanto, una de las formas de entender un sistema como un todo integrado es buscar la comprensión de los patrones de relación entre sus agentes. A través de la teoría de la complejidad, se encuentra que los sistemas tienen elementos, pero es la interdependencia añadida a las interacciones entre los elementos que crean la noción de todo y, por lo tanto, el estudio de estas relaciones, así como la unidad del propio sistema, proporciona inferencias críticas para comprender una organización y sus propiedades del sistema. De este modo, el método de estudio de caso puede ser utilizado para revelar esta interdependencia por observación directa, combinada con métodos de entrevista que exploran las explicaciones y análisis de los participantes que prestaron atención a las interdependencias entre pensamiento y acción. La ciencia de la complejidad sugiere, también, que se pueden obtener ideas importantes estudiando el comportamiento que ocurre más allá de los límites que definen el caso (ANDERSON *et al.*, 2005).

Para Richardson y Cilliers (2001), hay al menos tres comunidades que caracterizan el esfuerzo de investigación dirigido a los sistemas complejos: una rígida, otra blanda y algo intermedio. La primera, la reduccionista, está fuertemente aliada con la búsqueda de una teoría del todo, que tiene como objetivo descubrir los principios generales de los sistemas complejos, reduciendo la amplia riqueza de la realidad a ecuaciones de la física, con la ayuda de computadoras poderosas. El segundo grupo es el de la comunidad científica organizacional, en el que la complejidad proporciona una lente poderosa para ver las organizaciones, de modo que el mundo social es intrínsecamente diferente de lo natural, constituyéndose por medio del lenguaje y el significado, es decir, la antítesis de la visión naturalista. La tercera comunidad tiene una línea diferente, que se centra en las consecuencias epistemológicas de asumir la ubicuidad de este pensamiento y considera los límites de nuestro conocimiento a la luz de esta teoría, además del carácter limitado y provisional de todo entendimiento.

Hay dos contribuciones de la ciencia de la complejidad, para una concepción de lo que es ser científico. El primero de ellos se refiere al hecho de que las cuestiones complejas requieren pluralismo metodológico, sin otorgar un estatus superior a ningún método y requieren tanto ecuaciones matemáticas como descripciones narrativas. La segunda contribución se deriva del hecho de la finitud, la naturaleza no lineal de las interacciones en sistemas complejos, haciéndolas incomprensibles y, por lo tanto, no hay descripciones perfectas de sistemas complejos que sean más simples que los propios sistemas. Las descripciones y modelos científicos reducen

la complejidad para generar comprensión, y el énfasis cambia del desarrollo de una comprensión exacta y, por lo tanto, de la comprensión científica, para el desarrollo de una comprensión de los límites de nuestro conocimiento (RICHARDSON; CILLIERS, 2001).

La era actual es de la red, ya que, sea en términos socioeconómicos, tecnológicos o ideológicos, son tiempos cada vez más caracterizados por el surgimiento y difusión de formas fluidas y descentralizadas de organización social, en las que los dispositivos de información y telecomunicaciones juegan un papel fundamental. La creciente aplicación de las computadoras al estudio de problemas científicos, la exploración de las matemáticas no lineales y la extensión del análisis cibernético de sistemas a cuestiones de autoorganización abrieron el camino para nuevos enfoques científicos que, finalmente, se materializaron en teorías del caos y complejidad (BOUSQUET, 2008).

En este contexto, el sistema adaptativo complejo es un concepto importante de la teoría de la complejidad, definido como una red dinámica de muchos agentes que actúan de forma simultánea, constantemente actuando y reaccionando a lo que otros agentes están haciendo. Tiene la capacidad de cambiar y aprender de la experiencia, tendiendo a ser muy disperso y descentralizado, y cualquier comportamiento coherente en el sistema surge de la competencia y la cooperación entre los propios agentes. Es la acumulación de todas las decisiones individuales tomadas por la multitud de agentes que producen el comportamiento general del sistema, lo que, por lo tanto, puede considerarse emergente (BOUSQUET, 2008).

Otra característica de esta teoría es el reconocimiento de la existencia de la dinámica de aumentar o reducir la complejidad. Por ejemplo, el ser humano busca construir sistemas complejos en tecnología debido a su mayor eficiencia. Muchos de los avances recientes en ciencia y tecnología apuntan a un *cluster* emergente de ingeniería de sistemas sociotécnicos, que buscan integrar prácticas profesionales con tecnologías avanzadas de investigación en áreas específicas. Por otro lado, el ser humano busca reducir las complejidades para poder describir, aprender a comprender los efectos de los sistemas que se construyen, es decir, los efectos indeseables e involuntarios que puedan tener. Por lo tanto, en este proceso coevolucionario de la ciencia y la sociedad, se necesita una comprensión teórica más profunda de la complejidad, no como una matemática, sino como un fenómeno social (NOWOTNY, 2005).

Larsen-Freeman (2013) sintetiza el paradigma de la complejidad de la siguiente manera: sin negar el principio de universalidad, también adopta el

principio complementario de que el individuo y el lugar son comprensibles en sí mismos; integra elementos en sus conjuntos o complejos; busca la autoorganización; busca relaciones; coloca al observador de nuevo en el ambiente experimental, en lugar de separar al sujeto del objeto y al observador del observado; considera las contradicciones como paradojas, como índices de una realidad más profunda, en lugar de tratar la contradicción como un error; y piensa dialógicamente, relacionando conceptos contrarios de manera complementaria. Para la autora, el principal aporte de esta perspectiva radica en su potencial para estimular formas alternativas de pensar y abrir los ojos a diferentes formas de ver el mundo y las cosas que lo componen.

3 LA EPISTEMOLOGÍA DE LA COMPLEJIDAD Y LAS CIENCIAS MILITARES

La guerra es uno de los fenómenos que aportan novedades de gran importancia, que inciden en la solución de complejos problemas cotidianos. El desarrollo de tecnologías flexibles, con gran capacidad y rapidez, es una de esas evidencias, ya que permiten hacer frente a problemas que antes eran muy complicados, justificando e inspirando el desarrollo de métodos de análisis aplicables a nuevos problemas de complejidad organizada. El segundo de los avances de la guerra es el enfoque de «equipo mixto» para el análisis de operaciones, con la participación de especialistas de diversos campos de la ciencia, y montado en un intento de responder a problemas tan amplios de táctica o estratégica. Se encontró que los miembros de grupos tan diversos podían trabajar juntos y formar una unidad mucho más grande que la mera suma de sus partes, enfrentando problemas de complejidad organizada para obtener respuestas útiles (WEAVER, 1948).

Los conceptos científicos y las estructuras teóricas han influido en el pensamiento y las prácticas militares desde el comienzo de la revolución científica, y el tráfico entre la ciencia y la guerra no ha sido totalmente unilateral, ya que las actividades militares también han estimulado los descubrimientos tecnológicos y científicos. La práctica de la guerra puede entenderse como el intento de imponer el orden en el caos, de ejercer el control donde más amenaza con escapar y de encontrar previsibilidad en medio de la incertidumbre. Pronto, se puede trazar un paralelo con la ciencia, ya que los científicos también se esfuerzan por extraer patrones, identificar regularidades en la neblina de la aleatoriedad, descubrir las leyes que rigen el comportamiento de la naturaleza y revelar el orden oculto detrás de su aparente caos (BOUSQUET, 2008).

En los años inmediatamente anteriores y durante la Segunda Guerra Mundial, como resultado de una larga unión del pensamiento científico modernista con las artes militares antiguas, surgió el análisis operativo. Este es un método científico de análisis, basado en el modelo matemático, que proporciona una ayuda útil para la acción ejecutiva efectiva, así como proporciona a los comandantes y jefes una base cuantitativa para las decisiones sobre las operaciones bajo su control. El análisis operativo trató de llevar la aplicación del razonamiento imparcial y la estructuración racional de los problemas para complementar la sabiduría y la intuición de los militares, siendo utilizado, durante la Guerra Fría, para otros fines, tales como justificar las decisiones de los compradores de equipos y de aquellos que deben equilibrar la inversión en Defensa (RICHARDSON; GRAHAM; CILLIERS, 2000).

El pensamiento de la complejidad destaca las limitaciones de la actitud positivista dominante que caracteriza la filosofía del análisis operativo militar contemporáneo. Para abordar adecuadamente los desafíos actuales, se debe construir una nueva institución sensible a la complejidad, es decir, una institución que reconozca la combinación única de capacidades que requieren los diferentes contextos. De esta manera, tres características de esta epistemología son importantes: la creencia de que la tecnología puede ser utilizada para resolver cualquier problemas sociales, debido a que muchos expertos creen que la tecnología de comunicaciones y procesamiento de información es la clave para el dominio en el campo de batalla moderno; el hecho de que el pensamiento de la complejidad problematiza el reconocimiento y la asignación de los límites; y el pensamiento pluralista, debiendo priorizar perspectivas múltiples, y buscando la capacidad de innovar y ser flexible, como un elemento clave de una filosofía analítica basada en la complejidad, ya que la capacidad se está erosionando por la actual institución analítica positivista (RICHARDSON, GRAHAM; CILLIERS, 2000).

Así, un nuevo pensamiento basado en las ciencias no lineales emergentes comenzó a penetrar en la teoría militar, como la formulación del ciclo OODA (observar – orientar – decidir – actuar), describiendo el proceso de toma de decisiones en combate. Con ella, se trata de imponer una estructura general de orden al desorden, prescribiendo el flujo general de acción en lugar de tratar de controlar cada evento y observar la organización militar como un organismo vivo, para que nunca esté en un estado de equilibrio estable, sino que ajustándose continuamente. Debido a que la coordinación de arriba hacia abajo, inevitablemente, resulta en retrasos y errores

en los arreglos de fuerza, el ejército debe tratar de adquirir la capacidad de una fuerza bien informada para organizar y coordinar actividades de guerra complejas desde abajo hacia arriba (BOUSQUET, 2008).

En el escenario posterior a la Guerra Fría, las llamadas operaciones no bélicas, como las operaciones de paz y las operaciones de ayuda militar a las autoridades civiles, proporcionan mucha menos estabilidad en términos del contexto político y social del conflicto y apuntan a lograr objetivos políticos, a menudo, confusos y variables. En este contexto, los sistemas sobre los que se pide pensar al análisis operativo son complejos y culturales, tanto que el pensamiento sistémico ingenuo y basado en la mecánica no es suficiente. El análisis operativo se ve obligado a reconocer el conflicto como una interacción social entre diversas organizaciones de personas, en lugar del choque de dos titanes tecnológicos opuestos. Por lo tanto, se encuentran métodos confiables que parecen incapaces de lidiar con todo el problema y hay enfoques de ciencias sociales que abarcan todo el problema, pero a menudo carecen del nivel de rigor que el análisis operativo tradicionalmente requiere (RICHARDSON; GRAHAM; CILLIERS, 2000).

En la década de 2000, el Pentágono adoptó la doctrina de la guerra centrada en la red y expuso su visión de unidades de combate autónomas como cúmulos y autosincronizadas, conectadas entre sí por enlaces de datos de alta velocidad y conocimiento superior del campo de batalla. Sin embargo, el enemigo en la actualidad también está más conectado, más descentralizado, como se observó en los movimientos insurgentes en Irak y Afganistán. Por lo tanto, se necesita una red mejorada para vencer a otra red (BOUSQUET, 2008).

Hay varios debates en torno al pensamiento militar y uno de ellos gira en torno a racionalistas versus reflexivos. Numerosos países siguieron las enseñanzas del pensador clásico Jomini, que concebía la guerra como un arte y buscó descubrir sus leyes generales para el desarrollo y entrenamiento de las Fuerzas Armadas, siendo el proceso de toma de decisiones militares uno de los productos de esta tradición racionalista (BEAULIEU-B; DUFORT, 2017).

Sin embargo, hay quienes dicen que los conflictos contemporáneos, las formas híbridas de guerra, ofrecen una fuerte resistencia a este ideal. Y, para ello, surge la importancia de cavar raíces más profundas de un problema, como cuestionar el marco, las políticas o las normas subyacentes. La reflexividad, por lo tanto, anima a los profesionales de la defensa a pensar en el metanivel sobre las acciones, sus implicaciones y sus posibles consecuencias. Esto les permite cuestionar la definición de un problema, en lugar de tratar de corregirlo directamente o, incluso, traer a

la conciencia compromisos ontológicos profundos, como principios, identidades o valores, como parte de un problema. Ellos pueden encontrar formas de resolver estos problemas cambiando estos compromisos profundos. Para Israel, por ejemplo, la transición de los conflictos convencionales a los asimétricos durante la Primera Guerra del Líbano (1982-1985) y la primera Intifada (1987-1993) generó un giro reflexivo, consolidado por el Operational Theory Research Institute⁴ entre 1995 y 2005 (BEAULIEU-B; DUFORT, 2017).

4 CIENCIAS MILITARES EN BRASIL

Con el fin de verificar la relación del debate epistemológico, presentado hasta ahora, con las ciencias militares en Brasil, esta sección del artículo tiene como objetivo presentar cómo se estructura en el país y un poco de cómo se produjo su evolución, para que las inferencias puedan ser realizadas.

La Ley n.º 9.394 del 20 de diciembre de 1996, o ley de directrices y bases de la educación nacional, en su artículo 83, aborda que la educación militar está regulada en una ley específica, admitida la equivalencia de los estudios, de conformidad con las normas establecidas por los sistemas educativos (BRASIL, 1996).

De esta forma, en el Ejército brasileño, la ley de enseñanza fue regulada por el Decreto n.º 3.182 del 23 de septiembre de 1999, con el fin de cualificar los recursos humanos necesarios para la ocupación de los puestos previstos y el desempeño de las funciones definidas en su estructura organizativa (BRASIL, 1999). Con respecto a los cursos de posgrado *stricto sensu* 9.171, que se relacionan a las áreas de investigación en las ciencias militares, estos fueron incluidos en el Decreto n.º 9.171 del 17 de octubre de 2017, otorgando al personal militar el diploma de maestro profesional y, a militares y civiles, el título de maestro académico, doctor o certificado de posdoctor debido al tipo de trabajo específico requerido para el curso (BRASIL, 2017a).

La Ordenanza n.º 734, del Comandante del Ejército, del 19 de agosto de 2010, conceptualiza el término ciencias militares como el sistema de conocimiento relacionado con el arte de la guerra, obtenido a través de la investigación científica, las prácticas en la esfera militar, la experiencia y la observación de los fenómenos de las guerras y los conflictos, utilizando la metodología de la educación militar superior. Es un sistema integrado a la gran área de conocimiento de defensa e incluido en la lista de ciencias estudiadas en el país, protegido los aspectos

4 El grupo de reflexión dedicado al nivel operativo en el Departamento de Doctrina del Estado Mayor General de las Fuerzas de Defensa de Israel fracasó debido a una discrepancia entre las intenciones del instituto y sus capacidades reales. (LIBEL, 2010, p. 321, p. 323). Actualmente, el principal *think tank* acerca de la política y la estrategia en el país es el *The Dado Center for Interdisciplinary Military Studies* (THE DADO CENTER, 2020).

de guerra únicos de las Fuerzas Armadas. El estudio de las ciencias militares en el Ejército de Brasil tiene como objetivos: la formulación de la doctrina militar terrestre, el avance del conocimiento de la defensa y la preparación de líderes militares, investigadores, planificadores y administradores de los recursos puestos a disposición de la institución para el cumplimiento de su misión constitucional, en tiempo de paz y guerra. En esta ordenanza, una serie de disciplinas constituyen áreas de concentración de los estudios cubiertos por las ciencias militares (BRASIL, 2010).

Según Serrano (2008), el nivel de posgrado al nivel *stricto sensu*, en el Ejército brasileño, debe restringirse a asuntos de nivel político-estratégico o a asuntos administrativos que impacten a la fuerza terrestre de manera general. Los objetivos de este posgrado son producir conocimientos útiles para la fuerza y para el país, promover el intercambio con instituciones académicas civiles, así como insertar y promover los puntos de vista del Ejército en el debate nacional sobre defensa y seguridad.

Para lograr estos objetivos, se creó el Instituto Meira Mattos (IMM) mediante la Ordenanza n.º 724 del Comandante del Ejército brasileño del 6 de septiembre de 2012, como parte integral de la Escola de Comando e Estado-Maior do Exército (ECEME) (BRASIL, 2012). Con esto, el Ministerio de Educación reconoció a través de la Ordenanza n.º 1.009 del 10 de octubre de 2013, la maestría en ciencias militares en ECEME (BRASIL, 2013). Y el 17 de febrero de 2017, a través de la Ordenanza n.º 242, el curso de doctorado en ciencias militares en la misma institución educativa (BRASIL, 2017b), y donde ambos reconocimientos ocurrieron dentro del área de conocimiento de la ciencia política.

La ley de enseñanza de la Marina de Brasil fue regulada por la Ley n.º 11.279 del 9 de febrero de 2006. La Escuela de Guerra Naval (EGN) es la institución educativa responsable de los cursos de posgrado de educación superior en ciencias navales (BRASIL, 2006). En este campo del conocimiento científico, la EGN conduce el programa de posgrado en estudios marítimos, contando con los cursos de maestría profesional y doctorado profesional en estudios marítimos, reconocidos por CAPES (BRASIL, 2021a).

En la Fuerza Aérea brasileña, la Ley n.º 12.464 del 4 de agosto de 2011 es la ley de enseñanza en vigor. La fase de posentrenamiento, descrita en esta ley, tiene como objetivo calificar, dentro de cada nivel educativo, militares y civiles de la Aeronáutica para el desempeño de cargos y el ejercicio de funciones que requieren habilidades y conocimientos específicos, que se desarrollan a través de cursos de especialización, perfeccionamiento, de altos estudios militares y programas de posgrado (BRASIL, 2011). La Universidad de la Fuerza Aérea (UNIFA) es la institución educativa responsable de realizar el programa de posgrado en ciencias

aeroespaciales, con cursos de maestría y doctorado, para civiles y militares, en la modalidad profesional y, de la misma manera, reconocidos por CAPES (BRASIL, 2021b).

Se verifica que las Fuerzas Armadas observan la Estrategia de Defensa Nacional con respecto a la valorización de las ciencias militares. Esto se debe a que el objetivo nacional de defensa VI, que es ampliar la participación de la sociedad brasileña en las cuestiones de defensa nacional, se relaciona con la estrategia de defensa n.º 13, que es promover el tema de la defensa en la educación. Esta estrategia de defensa ha tomado las siguientes acciones estratégicas: buscar la inserción del tema de la defensa en el sistema educativo nacional; conducir, promover y fomentar las actividades educativas relacionadas con el tema de la defensa del país; contribuir a la expansión del programa de apoyo para la investigación científica y tecnológica relacionada con los temas de defensa nacional; apoyar los esfuerzos para reconocer el tema de la defensa como una subárea de conocimiento junto con las agencias de desarrollo del nivel de posgrado; y consolidar la Escuela Superior de Guerra como institución nacional académica, en los campos de la educación, la investigación y formación de recursos humanos sobre el pensamiento de la defensa, así como el Instituto de Pandiá Calógeras⁵ como institución de estudios de defensa, dedicada a la promoción de la participación académica y social (BRASIL, 2020b).

Corroborando este pensamiento, Domingos (2006) aborda que la sociedad brasileña necesita ampliar y profundizar el conocimiento sobre las instituciones militares, las necesidades de defensa, el pensamiento militar, el comportamiento y las cuestiones relacionadas con la soberanía. Afirma que un paso importante sería el reconocimiento de la defensa y la seguridad como un área del conocimiento científico. Para este, la clasificación de las áreas de conocimiento adoptada por los organismos públicos ya no corresponde a las direcciones tomadas por el desarrollo científico y tecnológico brasileño y debe incluir una actualización de conceptos, nuevos acuerdos jerárquicos y el reconocimiento de áreas emergentes.

La propuesta presentada por el Ministerio de Defensa a la CAPES y al Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq)⁶, y que está incluido en el plan Nacional de Posgrado (PNPG) 2011-2020, define el área de conocimiento

5 «El Instituto Pandiá Calógeras (IPC) es un organismo de asistencia directa e inmediata al Ministro de Estado de Defensa. Su misión es ofrecer a la carpeta asesoramiento estratégico preciso, útil y oportuno en el área de defensa, basado en altos estudios y amplia participación académica, institucional y social» (BRASIL, 2020c).

6 Entidad vinculada al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovaciones para fomentar la investigación en el país (BRASIL, 2020d).

científico de defensa y seguridad nacionales, con la división en las siguientes subáreas: políticas y estrategias de defensa nacional; tecnologías de defensa; ciencias militares conjuntas; ciencias militares navales; ciencias militares terrestres; ciencias militares aeroespaciales; y seguridad pública. Así, el Ministerio de Defensa posiciona las ciencias militares, constituyentes de las tres fuerzas singulares, como un área científica, con autonomía al pensamiento militar en defensa (CUNHA; MIGON, 2019).

Cunha y Migon (2019) enfatizan que existe un enfoque científico por parte de las ciencias militares y una comunidad epistémica aglutinada según el objeto de los estudios de defensa, y ciertos investigadores señalan la defensa como dependiente de un breviario teórico multidisciplinario o la observan con complejidad en términos de su conceptualización o identificación de delimitación de su campo de acción. Los estudios de defensa aún presentan deficiencias estructurales, ausentes en las ciencias en proceso de consolidación. Para ellos, en el ámbito de la CAPES, es decir, nivel de educación de posgrado *stricto sensu*, los esfuerzos deben estar dirigidos a fortalecer la inserción de ambas perspectivas, desde el área científica de las ciencias militares y la inserción del campo de los estudios de defensa. En el marco del CNPq, donde se sistematiza la investigación en curso, es decir, los objetos de estudio, el tema defensa o estudios de defensa tiene una mayor posibilidad de ser insertado.

5 ANÁLISIS DE DATOS

Entre los propósitos centrales de un análisis cualitativo están: explorar los datos; imponer una estructura sobre estos, organizándolos en unidades y categorías; comprender el contexto que involucra los datos y vincular los resultados con el conocimiento disponible (SAMPIERI; COLLADO; LUCIO, 2014).

Así, debido a la naturaleza conceptual y teórica de este tema y con el objetivo de cumplir con los propósitos citados, esta sección del artículo buscó responder a la pregunta de estudio, con los datos presentados, a través de tres preguntas de investigación y a partir de las ideas puestas en la formulación del problema y del objetivo de la investigación. La primera pregunta de investigación tuvo como objetivo responder a la siguiente pregunta: ¿se reconocen las ciencias militares como un área del conocimiento científico en Brasil?

Weaver (1948) muestra que el desarrollo tecnológico está estrechamente relacionado con la existencia de la guerra. Bousquet (2008) traza un paralelo entre la ciencia y la guerra, ya que tratan de encontrar previsibilidad en medio de la incertidumbre, además de identificar regularidades en la niebla de lo aleatorio.

Cuando Hellyer (2003) señala que la ciencia también transforma la guerra, se cierra un ciclo, lo que demuestra a la comunidad científica la importancia de las ciencias militares para explicar este fenómeno social, que también busca entender todo lo relacionado con la defensa y la seguridad de una nación.

Por lo tanto, las ciencias militares en Brasil fueron reconocidas por el Ministerio de Educación, de acuerdo con la ley de directrices y bases de la educación nacional y la ley de enseñanza del Ejército. Se les reconocieron las ciencias navales y las ciencias aeroespaciales, a través de la misma legislación nacional y a través de sus leyes de enseñanza, a la Marina y la Aeronáutica. En este sentido, Domingos (2006) señala que la clasificación de áreas de conocimiento adoptada por los organismos públicos debe incluir una actualización de conceptos, nuevos acuerdos jerárquicos y el reconocimiento de áreas emergentes, como la defensa y la seguridad.

¿Y qué características y conceptos relacionados con la epistemología de la complejidad tienen relación con las ciencias militares en Brasil? Esta fue la segunda pregunta de investigación que tuvo como objetivo dilucidar el problema del trabajo.

La ley educativa del Ejército brasileño, con gran cantidad de disciplinas que constituyen las áreas de concentración de los estudios, demuestra una peculiaridad del pensamiento de la complejidad. Se trata de la necesidad de acercarse a los equipos mixtos para el análisis de las operaciones, de acuerdo con las consideraciones de Weaver (1948), para que el trabajo en equipo forme una unidad mucho mayor que la mera suma de las partes, con el fin de enfrentar problemas de complejidad organizada y con el objetivo de obtener respuestas útiles. Tal característica, por ejemplo, se observa en la realización de operaciones conjuntas del Ministerio de Defensa, en operaciones interinstitucionales en la franja fronteriza o, incluso, en operaciones de mantenimiento del orden público.

En las operaciones mencionadas, en los entrenamientos realizados y en las operaciones de paz, a modo de ejemplo, las Fuerzas Armadas brasileñas tratan con oponentes complejos por naturaleza, es decir, contra organizaciones que tienen patrones de relación, interdependencias e interacciones entre sus agentes o contra comportamientos individualmente erráticos y, a veces, desconocidos, materializando lo que se observa en la epistemología de la complejidad, conforme lo mencionado por Anderson *et al.* (2005). Del mismo modo, las propias Fuerzas Armadas son un complejo sistema adaptativo, otro concepto de este pensamiento, ya que busca la autoorganización frente a los problemas, sin un equilibrio estable y ajustándose continuamente, según la visión de Bousquet (2008).

Este mismo autor también dice que el enemigo, en operaciones de guerra, o la fuerza opositora, en operaciones no bélicas, están mucho más conectados, actuando de manera descentralizada, y se necesita una red mejor que la de estos para ganar. Por lo tanto, se enfatiza la importancia del uso de la tecnología y el

montaje de equipos multidisciplinarios, además de la necesidad de formar fuerzas bien informadas y organizadas.

De acuerdo con este pensamiento, referente a la segunda pregunta de investigación, y en vista de la dinámica no lineal y las soluciones singulares y/o mecánicas para responder al comportamiento complejo de las amenazas identificadas en la Política Nacional de Inteligencia, Santos, Silva e Gallera (2020) presentan, por ejemplo, un estudio que propone un modelo empírico para la gestión global de la seguridad nacional, haciendo hincapié en la necesidad de una Política Nacional de Seguridad Integrada y con miras a la implementación de un enfoque sistémico y la armonización de las operaciones entre agencias dentro de las tres esferas de gobierno.

La tercera y última pregunta de investigación para ayudar en la reflexión de esta investigación fue: ¿cuáles son las influencias concretas de la epistemología de la complejidad en las ciencias militares en Brasil?

La primera de ellas es la existencia del objetivo de la Estrategia Nacional de Defensa de ampliar la participación de la sociedad brasileña en los asuntos de defensa nacional. La promoción de la investigación científica en la escuela de posgrado *stricto sensu* en la Marina, el Ejército y en la Aeronáutica, con la participación de civiles, se asocia a las tres características de la ciencia de la complejidad descritas por Richardson y Cilliers (2001), es decir, el aumento del pluralismo metodológico, la expansión de los límites del conocimiento y la importancia del lenguaje y el significado, proporcionando otra lente poderosa para ver las organizaciones.

Refiriéndose a Larsen-Freeman (2013), hay un estímulo a formas alternativas de pensar y a abrir los ojos a diferentes formas de ver el mundo y las cosas. Y este estímulo es aún mayor con el reconocimiento, por parte de CAPES, de la maestría y del doctorado académicos del IMM, en ECEME, así como de las maestrías y doctorados profesionales impartidos por EGN y UNIFA.

La segunda de las influencias concretas es el incentivo para crear institutos como Meira Mattos, Pandiá Calógeras, así como otros cursos y programas de investigación en instituciones civiles, con el reconocimiento de CAPES y CNPq, que discuten estudios estratégicos, defensa y seguridad nacionales. Todo de acuerdo con la característica reflexiva del pensamiento de la complejidad, que estudia las raíces más profundas para resolver problemas actuales, como lo abordan Beaulieu-B y Dufort (2017).

Por lo tanto, la propuesta presentada por el Ministerio de Defensa a la CAPES y al CNPq en 2010, que es la tercera influencia, se alinea con la epistemología de la complejidad, porque discrimina cuatro ciencias militares: conjunta, naval, terrestre y aeroespacial. Todas estas tienen autonomía para pensar en defensa y seguridad. Por lo tanto, esta propuesta refuerza las ideas de esta teoría, con

respecto a la importancia de los equipos mixtos y de la multidisciplinariedad, además de proporcionar una mejor comprensión por parte de la sociedad civil, que no diferencia, por ejemplo, las ciencias militares de las ciencias navales o de las ciencias aeronáuticas.

6 CONSIDERACIONES FINALES

Se observa que existe una relación muy fuerte entre la epistemología de la complejidad y las ciencias militares, en general, en el mundo. Respondiendo al problema de investigación, que busca verificar cómo esa lente de investigación ha influido en las ciencias militares en Brasil, se verifica que, en el país, la Política y la Estrategia Nacional de Defensa, directa o indirectamente, abarcan los conceptos de esa teoría. Del mismo modo, el desempeño de las Fuerzas Armadas y el trabajo realizado en sus escuelas e institutos demuestran la influencia de esta epistemología, resultado del gran número de investigadores que utilizan esta lente para llevar a cabo sus estudios.

Los conceptos de pensamiento de complejidad ayudaron a reflejar las ciencias militares en Brasil y muestran que están en constante progreso, buscando resolver problemas prácticos en el área del conocimiento científico, la defensa y la seguridad nacionales. Las ciencias militares requieren cada vez más la participación de la sociedad brasileña en estos debates.

A través de la reflexión de esta teoría, se verifica la importancia de las Fuerzas Armadas para intensificar el desempeño de operaciones conjuntas y entre agencias, además de participar en la creación de centros integrados de operaciones permanentes. Estas estructuras permitirían el trabajo constante de equipos mixtos y multidisciplinarios, utilizando la mejor tecnología disponible, con el fin de mantener sus fuerzas capacitadas, informadas y organizadas, para mejorar la coordinación y el control frente a los desafíos complejos y las fuerzas adversas que enfrentan o pueden enfrentar.

Otra contribución del presente estudio se refiere a la necesidad de ampliar la comunidad epistémica que se ocupa de esta área del conocimiento científico. En esta misma línea de razonamiento, es importante reconocer las cuatro ciencias militares propuestas por el Ministerio de Defensa a la CAPES en 2010. En cuanto a futuros trabajos que puedan complementar este artículo, se sugiere una investigación que verifique la influencia de otras epistemologías en las ciencias militares en el mundo y en el país.

REFERENCIAS

ANDERSON, Ruth A, et al. Case study research: the view from complexity science. *Qualitative Health Research*. SAGE Publishing, Salt Lake City, University of Utah, v. 15, n. 5, p. 669-685, 2005.

BEAULIEU-B, Philippe; DUFORT, Philippe. Introduction: revolution in military epistemology. *Journal of Military and Strategic Studies*, Calgary, Centre of Military and Strategic Studies, v. 17, n. 4, 2017.

BOUSQUET, Antoine. Chaoplectic warfare or the future of military organization. *International Affairs*. *Journal Compilation Blackwell Publishing Ltd*, Londres, v. 84, n. 5, p. 915-929, 2008.

BRASIL. Casa Civil de la Presidencia de la República. Decreto n.º 3.182 del 23 de septiembre de 1999. Regula la Ley n.º 9.786 del 8 de febrero de 1999. Ley de educación del Ejército Brasileño. *Diário Oficial da União*, 24 set. 1999. Disponible en: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1999/decreto-3182-23-setembro-1999-345069-norma-pe.html>. Acceso: 12 dic. 2020.

BRASIL. Casa Civil de la Presidencia de la República. La ley N.º 9,394 de 20 de diciembre de 1996. Ley de directrices y bases de la Educación Nacional. *Diário Oficial de la Unión*, 23 de diciembre 1996. Disponible en: www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9394.htm. Acceso: 12 dic. 2020.

BRASIL. Casa Civil de la Presidencia de la República. Ley N.º 11.279 del 9 de febrero de 2006. Dispone sobre la educación en la Marina *Diário Oficial da União*, 10 feb. 2006. Disponible en: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20042006/2006/lei/l11279.htm#:~:text=1%C2%BA%20O%20ensino%20na%20Marinha,profissional%20e%20militar%2Dnaval%20necess%C3%A1rio. Acceso: 21 ene. 2021.

BRASIL. Casa Civil de la Presidencia de la República. Ley n.º 12.464 del 4 de agosto de 2011. Ley de educación de Aeronáutica. *Diário Oficial da União*, 5 ago. 2011. Disponible en: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12464.htm. Acceso: 21 ene. 2021.

BRASIL. Ministerio de Defensa. Ejército Brasileño. Ordenanza del Comandante del Ejército n.º 734 del 19 de agosto de 2010. Conceptualiza las ciencias militares, establece su propósito y delimita el alcance de su estudio. *Boletim do Exército*, nº 34, 27 ago. 2010. Disponible en: www.deceex.eb.mil.br/port_/leg_ensino/2_educacao_eb-deceex/29_port_734_CmtEB_19Ago2010_ConcCienciasMil.pdf. Acceso: 11 dic. 2020.

BRASIL. Ministerio de Defensa. Ejército Brasileño. Ordenanza del Comandante del Ejército n.º 724 del 6 de septiembre de 2012. Crea el Instituto Meira Mattos, extingue el Centro de Estudios Estratégicos y cambia el reglamento de la Escuela de la Escola de Comando e Estado-Maior do Exército. *Boletim do Exército*, nº 37, 14 set. 2012. Disponible en: http://www.eceme.eb.mil.br/images/docs/imm/port-724-cmt_ex_06_set_12.pdf. Acceso: 11 dic. 2020.

BRASIL. Ministerio de Educación. Ordenanza n.º 1.009 del 10 de octubre de 2013. Se reconocen los cursos de posgrado *stricto sensu*. *Diário Oficial da União*, 11 oct. 2013. Disponible en: https://www.prg.usp.br/images/Downloads/Legislacao/Portarias_MEC/Port.MEC_1.099_10.10.13.pdf. Acceso: 11 dic. 2020.

BRASIL. Ministerio de Educación. Ordenanza n.º 242 del 17 de febrero de 2017b. Reconocimiento de programas de posgrado *stricto sensu* recomendados por el Consejo Técnico y Científico (CTC) de la Fundación Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), en la reunión celebrada del 30 de mayo al 3 de junio de 2016 (164ª Reunión). Disponible en: https://www.udesc.br/arquivos/ceart/id_cpmenu/9441/Portaria_MEC_242_2017_Aprova_Curso_na_CAPES_15946487102476_9441.pdf. Acceso: 11 dic. 2020.

BRASIL. Ministerio de Educación. Coordinación del entrenamiento avanzado del personal de nivel superior. Disponible en: www.gov.br/pt-br/orgaos/fundacao-coordenacao-de-aperfeiçoamento-de-pessoal-de-nivel-superior. Acceso: 13 dic. 2020a.

BRASIL. Ministerio de Defensa. Política Nacional de Defensa y Estrategia Nacional de Defensa. Enviadas el 22 de julio de 2020, para la consideración del Congreso Nacional. Disponible en: www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/copy_of_estado-e-defesa/politica-nacional-de-defesa. Acceso el 10 dic. 2020b.

BRASIL. Ministerio de Defensa. Instituto Pandiá Calógeras. Disponible en: www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/ensino-e-pesquisa/estudo-estrategicos/instituto-pandia-calo-geras-ipc. Acceso el 14 dic. 2020c.

BRASIL. Ministerio de Educación. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Disponible en: www.gov.br/cnpq/pt-br. Acceso el 14 dic. 2020d.

BRASIL. Ministerio de Defensa. Marina de Brasil. Programa de posgrado en estudios marítimos. Disponible en: www.marinha.mil.br/ppgem/. Acceso: 21 ene. 2021a.

BRASIL. Ministerio de Defensa. Fuerza Aérea Brasileña. Programa de posgrado en ciencias aeroespaciales. Disponible en: www2.fab.mil.br/unifa/ppgca/. Acceso: 21 ene. 2021b.

BRASIL. Secretaría General de la Presidencia de la República. Decreto n.º 9.171 del 17 de octubre de 2017a. Modifica el Decreto n.º 3.182 del 23 de septiembre de 1999, que regula la Ley n.º 9.786 del 8 de febrero de 1999, que prevé la educación en el Ejército Brasileño. *Diário Oficial da União*, 18 oct. 2017. Disponible en: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D9171.htm. Acceso: 12 dic. 2020.

CUNHA, Rafael Soares Pinheiro da; MIGON, Eduardo Xavier Ferreira Glaser. As ciências militares e a configuração dos estudos de defesa como área do conhecimento científico. Coleção Meira Mattos. *Ebrevistas*, Rio de Janeiro, v. 13, n. 46, p. 9-28, ene./abr. 2019.

DOMINGOS, Manuel. “Defesa e Segurança” como área do conhecimento científico. Tensões Mundiais. *Observatório das Nacionalidades*, Fortaleza, v. 2, n. 3, jul./dic. 2006.

FRANCHI, Tássio. As ciências militares frente à pandemia do Covid-19. Coleção Meira Mattos. *Ebrevistas*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 50, p. v-viii, mayo/ago. 2020.

HELLYER, Marcus. *The scientific revolution: the essential readings*. Malden: Blackwell Publishing Ltd, 2003.

LARSEN-FREEMAN, Diane. Introduction complexity theory: a new way to think. *Revista Brasileira de Linguística Aplicada*, Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, v. 13, n. 2, p. 369-373, 2013.

LIBEL, Tamir. IDF operational-level doctrine and education during the 1990s. *Defense & Security Analysis*, Londres, Routledge Taylor & Francis Group, v. 26, n. 3, p. 321-324, 2010.

MORIN, Edgar. *Introdução ao pensamento complexo*. Tradução do francês por Eliane Lisboa. Porto Alegre: Sulina, 2006.

NOWOTNY, Helga. The increase of complexity and its reduction: emergent interfaces between the natural sciences, humanities and social sciences. *Theory, Culture & Society*, Londres, Thousand Oaks and New Delhi, SAGE, v. 22, n. 5, p. 15-31, 2005.

RICHARDSON, Kurt A.; CILLIERS, Paul. Special editors' introduction: what is complexity science? A view from different directions. *Emergence: Complexity and Organization. Litchfield Park: Lawrence Erlbaum Associates, Inc*, v. 3, n. 1, p. 5-23, 2001.

RICHARDSON, Kurt A.; GRAHAM, Mathieson; CILLIERS, Paul. The theory and practice of complexity science: epistemological considerations for military operational analysis. *SysteMexico*, v. 1, n. 1, p. 25-68, 2000.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, María del Pilar Baptista. *Metodología de la investigación*. 6. ed. Cidade do México: Mc Graw Hill Education, 2014.

SANTOS, Daniel Mendes Aguiar; SILVA, Fernando Augusto Valentini da; GALLERA, Alexandre dos Santos. Segurança e defesa no Brasil: desafios complexos e a demanda por respostas integradas. *Revista da Escola Superior de Guerra, Ebrevistas*, Rio de Janeiro, v. 35, n. 73, p. 124-146, ene./abr. 2020.

SERRANO, Marcelo Oliveira Lopes. Pesquisar com relevância. *PADECEME. Ebrevistas*, Rio de Janeiro, n. 17, q. 1. 2008.

THE DADO CENTER. *The Dado Center for Interdisciplinary Military Studies*. Disponível em: www.idf.il/en/minisites/dado-center/. Acesso: 13 dic. 2020.

WEAVER, Warren. *Science and complexity. American Scientist*, New York City, Rockefeller Foundation, v. 36, n. 536, 1948. Disponível em: <https://people.physics.anu.edu.au/~tas110/Teaching/Lectures/L1/Material/WEAVER1947.pdf>. Acesso: 27 oct. 2020.