

DOI 10.29327/230731.14.28-5

**PROSPECÇÃO DE PATENTES E TENDÊNCIAS TECNOLÓGICAS EM
AERONAVES NÃO TRIPULADAS DE RECONHECIMENTO,
OBSERVAÇÃO E COMBATE¹**

Charles Araujo de Souza², Ligia Maria Soto Urbina³ e Thiago Caliari Silva⁴

Resumo: Esta pesquisa tem por objetivo analisar as redes de colaboração tecnológicas associadas aos processos de patenteamento de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs). Nesse intuito, aplicaram-se técnicas de prospecção tecnológica a um conjunto de dados do escritório de patentes dos Estados Unidos da América (USPTO). Inicialmente, foi feita uma análise quantitativa descritiva sobre as patentes de VANTs. Em seguida, selecionou-se o subgrupo de patentes de VANTs com aplicação militar de reconhecimento, observação e combate. Foi aplicado um método para verificar a semelhança entre pares de documentos de patentes, acoplamento bibliográfico, bem como técnicas de medida de aproximação entre esses pares, similaridade por cosseno. Alguns resultados mostraram-se promissores. Foram identificadas, por exemplo, as empresas com mais aplicações publicadas no setor. De igual modo, foram evidenciadas as patentes que apresentavam o maior potencial inovativo, dentre as mais relevantes, conforme o critério de quantidade de citações.

Palavras-chave: Veículos Aéreos Não Tripulados, Patentes, Prospecção Tecnológicas

Abstract: This research aims to analyze the technological collaboration networks associated with the patenting processes of Unmanned Aerial Vehicles. In this sense, technological prospecting techniques were applied to a set of data from the USPTO patent office. Initially, a descriptive quantitative analysis of UAV patents was performed. Then, the subgroup of patents of UAVs with military application of reconnaissance, observation and combat was selected. A method was applied to verify the similarity between pairs of patent documents, bibliographic coupling, and approximation measurement techniques between these pairs, cosine similarity. Some results showed promise. For example, the companies with the most applications published in the sector were identified. Likewise, the patents that had the greatest innovative potential were highlighted, among the most relevant, according to the criterion of number of citations.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicles, Patents, Technological Prospecting.

¹ O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - 88887.285886/2018-00.

² Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Espaciais do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).

³ Professora Associada do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).

⁴ Professor Adjunto do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA).

INTRODUÇÃO

As transformações advindas da relação entre inovação e atividade industrial fizeram da tecnologia um fator de competitividade, muitas vezes decisivo, cujas características afetam todo sistema produtivo. O vínculo entre Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e tecnologia tornou-se sensivelmente mais estrito. Cada vez mais, assiste-se à interação entre tecnologia industrial, de natureza competitiva, e a pesquisa fundamental orientada que desempenha um papel primaz nesse processo (Chesnais, 1996).

Um dos exemplos mais claros dessa relação encontra-se nas tecnologias associadas aos Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), onde as pesquisas fundamentais estão em contato quase direto com os processos industriais. Os VANTs foram inicialmente desenvolvidos para as atividades militares (Watts, Ambrosia e Hinkley, 2012) e, posteriormente, essa tecnologia passou a ser perfilhada por outros setores da sociedade civil como o monitoramento e inspeção, agricultura, pesquisas acadêmicas, *delivery*, sensoriamento remoto, entre outras (Arantes, 2019).

A diversidade de tecnologias que o VANT comporta cria oportunidades de renovar (inovar) a concepção de muitos produtos e processos. Mais importante ainda, compele a transformação dos processos e das tecnologias dominantes de manufatura, assim como das técnicas de gestão de todo o processo industrial. Nessas circunstâncias, identifica-se a necessidade de investigar as novas tendências tecnológicas na indústria de VANTs, para orientar a tomada de decisões de investimento público-privadas no segmento da indústria de defesa brasileira com capacidade para produzir VANTs.

Nesse entendimento, informações de cartas de patentes têm sido utilizadas em estudos científicos como *proxies* das mudanças tecnológicas. Esse exame é comumente realizado pela análise prospectiva desses documentos, sobretudo pela acessibilidade das bases eletrônicas de registros públicos e abrangência mundial das patentes e, outrossim, pela variedade de métodos que transformam as variáveis da amostra em indicadores a partir dos registros bibliográficos, com a contagem do número de patentes e estratificação por depositantes, e.g., inventores, ano, classificação, países de origem e número de citações.

A patente é um título de propriedade concedido pelo Estado, que confere aos inventores ou autores, ou outras pessoas físicas, o direito temporário sobre a criação. Em contrapartida, o inventor se obriga a revelar detalhes do conteúdo técnico da matéria protegida pela patente (IMPE, 2023). As patentes possuem diferentes sistemas de classificação, que padronizam as informações e facilitam a compreensão

dos seus conteúdos tecnológicos. Destaca-se, por exemplo, o *The United States Patent and Trademark Office* (USPTO) que coleta e organiza os dados do escritório americano, incluindo as patentes concedidas desde 1976.

Dada a grande quantidade de patentes que surge a cada ano, é importante a utilização de tecnologias que facilitem a obtenção e o tratamento das informações. O *Patentsview* é uma plataforma de dados abertos que disponibiliza informações de patentes do USPTO. A ferramenta de API (*Application Programming Interface*) do site permite o acesso direto às informações por meio de programas como o Python e o R. Esses instrumentos de pesquisa favorecem a aplicação de metodologias consolidadas pela patentometria (Comins e Leydesdorff, 2018; Wang *et al.*, 2019; Bianchi, Galaso, Palomeque, 2020; Toole, Jones e Madhavan, 2021) e, ademais, permitem formular novos métodos e processos de investigação das invenções (Belz *et al.*, 2022; Binette *et al.*, 2023; Lampe, 2023).

Sob essas perspectivas, o objetivo do artigo é perscrutar a dinâmica do patenteamento de VANTs, incluindo o levantamento das principais fabricantes e as cartas de patentes mais relevantes entre 1976 até o primeiro semestre de 2023. Pretende-se, também, identificar as patentes de uso militar dessa indústria com perfil disruptivo, ou seja, os documentos que aduzem tecnologias que são referência no setor e, ao mesmo tempo, apresentam pouca similaridade com tecnologias precedentes.

Nesse sentido, aplicar-se-á o método de acoplamento bibliográfico para mensurar a proximidade entre as cartas de patentes comparando suas referências bibliográficas – quanto maior o número de referências que compartilham, maior será a similaridade entre elas, que pode ser temática, teórica, metodológica ou outra particularidade compartilhada (Lucas, Garcia-Zorita e Sanz-Casado, 2013). Este método mostrou-se robusto em análises da produção de artigos científicos (e.g., Kessler, 1963; Garfield, 2001; Zhao e Strotmann, 2008; Castanha, 2023). No entanto, há menos estudos que utilizam a técnica na patentometria (e.g. Huang, Chiang e Chen, 2003; Park *et al.*, 2015; Song, Kim e Lee, 2018) e, ademais, o levantamento bibliográfico deste artigo não identificou o método em estudos de documentos de patentes do setor em referência.

O artigo está dividido em quatro seções, além desta introdução. A primeira delas apresenta um panorama sobre VANTs, destacando algumas aplicações de uso militar. A segunda seção apresenta a metodologia da pesquisa. Em seguida, a seção três exibe as análises descritivas e os resultados da metodologia proposta. Por fim, a última seção abarca as considerações finais do artigo.

PANORAMA DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS

Os Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), conhecidos pelas siglas em inglês UAS (*Unmanned Aircraft Systems*) ou UAVs (*Unmanned Aerial Vehicles*), são aeronaves que podem ser controladas de forma autônoma ou remota (Watts, Ambrosia e Hinkley, 2012; Arantes, 2019; Brasil. Ministério da Defesa, 2023), a saber:

- os Veículos Aéreos Autônomos Não-Tripulados (VAANTs) são programados para realizar suas missões de forma autônoma, ou seja, não requerem controle em tempo real por um operador durante todo o voo. Eles são projetados com sistemas sofisticados de inteligência artificial e sensores avançados que permitem a tomada de decisões e a execução de tarefas de maneira independente. Os VAANTs podem ser programados para seguir rotas pré-determinadas, coletar dados, evitar obstáculos e tomar decisões com base em algoritmos de tomada de decisão. Em casos mais avançados, esses drones podem até aprender e se adaptar ao ambiente durante o voo;
- os Veículos Aéreos Remotamente Pilotados (ARPs), por outro lado, são drones que requerem controle em tempo real por um operador humano. Eles não possuem sistemas autônomos complexos, e todas as ações são comandadas e monitoradas por um piloto remoto utilizando um controle remoto ou estação de controle de solo. O piloto é responsável por todas as manobras, decisões e operações do drone durante o voo. Esses drones são amplamente utilizados em aplicações que demandam maior precisão e controle, onde a intervenção humana é essencial.

Quanto à operação, os VANTs remotamente pilotados são classificados em três categorias:

- i. BVLOS – operação em que o piloto não consegue manter o VANT dentro de seu alcance visual, mesmo com a ajuda de um observador;
- ii. VLOS – operação em que o piloto mantém contato visual direto com o VANT, sem o uso de lentes ou outros equipamentos; e
- iii. EVLOS – operação em que o piloto remoto só consegue manter contato visual direto com o VANT usando lentes ou outros equipamentos, e requer o auxílio de observadores de drone (ANAC, 2017).

Em alguns contextos, os VANTs apresentam vantagens sobre aeronaves tripuladas, especialmente em situações *Dull*, *Dirty* e *Dangerous* (DDD) (Austin, 2011).

- “*Dull*” refere-se a tarefas monótonas, repetitivas e entediantes que podem ser facilmente realizadas por uma máquina sem a necessidade de intervenção

humana constante. Isso pode incluir monitoramento prolongado de áreas ou vigilância contínua.

- “*Dirty*” refere-se a tarefas que envolvem riscos à saúde ou exposição a substâncias nocivas, como inspeção de áreas contaminadas, coleta de dados em ambientes poluídos ou mapeamento de locais perigosos para humanos, como usinas nucleares com vazamentos radioativos.
- “*Dangerous*” refere-se a situações de alto risco para a vida humana, como operações em zonas de conflito, missões de busca e salvamento em áreas inacessíveis ou transporte de materiais perigosos.

Os Veículos Aéreos Não Tripulados têm diversas aplicações militares devido às suas capacidades de vigilância, reconhecimento e operação em ambientes perigosos (Austin, 2011). Dentre as quais:

- Vigilância e reconhecimento: os VANTs são usados para obter informações em tempo real sobre as atividades inimigas, monitorar fronteiras, identificar alvos, coletar dados de inteligência e realizar reconhecimento em áreas de difícil acesso. Eles podem fornecer imagens aéreas detalhadas e transmitir informações para as equipes de operações em terra.
- Apoio aéreo próximo: VANTs podem ser usados para fornecer apoio aéreo próximo às tropas terrestres, identificando alvos inimigos, fornecendo cobertura e avaliando danos causados por ataques. Eles podem ajudar a minimizar o risco para as tropas terrestres e aumentar a precisão dos ataques.
- Ataques e operações especiais: alguns VANTs são equipados com armamentos, como mísseis ou bombas, e podem ser utilizados para realizar ataques precisos em alvos específicos. Além disso, eles podem ser usados em operações especiais, como o monitoramento de terroristas ou ações de contraterrorismo.
- Reconhecimento químico, biológico, radiológico e nuclear: os VANTs podem ser usados para detectar e identificar substâncias químicas, biológicas, radiológicas e nucleares, permitindo que as forças militares avaliem a presença de ameaças e tomem medidas adequadas para proteger suas tropas.
- Logística e abastecimento: VANTs também podem ser utilizados para transporte de carga, entrega de suprimentos e resgate de tropas feridas ou em situações de emergência. Eles podem operar em áreas remotas ou perigosas, evitando a exposição direta de tripulações humanas a riscos.

Além das aplicações militares, os VANTs são empregados em diversas áreas civis, por exemplo, em atividades como o monitoramento de terras agrícolas e espaços ambientais (Alsalam *et al.*, 2017; Albuquerque *et al.*, 2022); em operações de logística

(Klidzio *et al.*, 2020); no suporte a desastres naturais (Lopes, 2018); no sensoriamento remoto (Royo *et al.*, 2017); no mapeamento (Nex e Remondino, 2014); no auxílio da atividade médica (Lin *et al.* 2018; Ling e Draghic, 2019), e no transporte de pacotes (Amazon, 2023).

Esta dualidade de uso é de interesse da defesa militar, pois mesmo em países desenvolvidos a restrição que os orçamentos militares cadentes impõem aos investimentos em tecnologias de ponta tem sido progressivamente compensada pelas demandas emergentes do mercado, por inovações tecnológicas que beneficiam o setor. Dessa perspectiva, a escassez de recursos para a indústria pode ser atenuada definindo-se políticas de defesa de longo prazo (SMD, 2011) que assumam uma colaboração profícua entre o Estado e a indústria local de VANTs.

Uma das estratégias de desenvolvimento científico-tecnológico de longo prazo em ambientes de recursos escassos é restringir as iniciativas de investimento público para nichos especializados de menor escala, que orientem as opções de pesquisas de P&D das empresas, visando desenvolver as capacidades e atividades críticas (SMD, 2011) e que, conjuntamente, viabilizem parcerias com firmas que estão na fronteira tecnológica.

Para a defesa brasileira, por exemplo, a indústria de Veículos Aéreos Não Tripulados é estratégica pela importância que assumem os VANTs em conflitos recentes, como a Guerra da Ucrânia, e por existir no Brasil uma indústria aeroespacial com capacitação tecnológica de alta complexidade que pode contribuir para o crescimento deste segmento produtivo. Segundo o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), em 2021, havia no país 55 empresas desenvolvendo tecnologias e serviços intensivos em conhecimento associados a drones (Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2021). O quadro 1 apresenta as principais fabricantes desses equipamentos no Brasil.

Quadro 1 – Principais fabricantes de VANTs no Brasil

ACRUX Aerospace technologies	BRVANT	Santos Lab
AEL Sistemas	Brasil Aircrafts	Sensormap
AGX Tecnologia Ltda	FT Sistemas SA	SkyDrones
ARPAC	Gyrofly Innovations	Stella Tecnologia Industria
Avibras	Horus	XMobots
Avionics Services	Space Airships	

Fonte: Brasil. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (2017) e Brasil. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (2021).

O Brasil emerge, assim, como um *locus* produtivo fértil para o desenvolvimento dessa tecnologia. Nesses termos, é condição singular que a tomada de decisão de investimento nesse segmento seja preponderantemente direcionada para tecnologias emergentes e potencialmente inovativas. Sem a pretensão de ser excludente, a metodologia exposta na próxima seção objetiva delinear um método para evidenciar tendências tecnológicas em cartas de patente para VANTs de reconhecimento, observação e combate.

METODOLOGIA

Para verificar tendências tecnológicas mediante prospecção de patentes, empregou-se um conjunto de dados do escritório de patentes dos Estados Unidos da América, *The United States Patent e Trademark Office* (USPTO), proveniente da plataforma *PatentsView*.

Na recuperação de informações da base do USPTO, utilizou-se o código B64U da *Cooperative Patent Classification* (CPC) que contempla os documentos de patentes de VANTs e de equipamentos *ad hoc*. Além disso, selecionou-se as rubricas de subgrupos de drones adaptados para uso militar em reconhecimento, observação e combate, a saber:

- B64U2101/15 – para guerra convencional ou eletrônica;
- B64U2101/16 – para controlar, capturar ou imobilizar outros veículos;
- B64U2101/17 – para detectar, interromper ou neutralizar as comunicações;
- B64U2101/18 – para lançar bomba e disparar munição; e
- B64U2101/19 – para uso como alvos ou iscas.

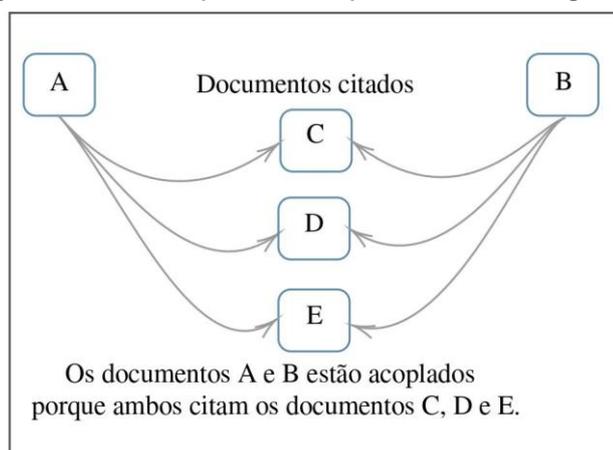
Convém pontuar que a escolha por esses subgrupos específicos tem um custo analítico. Geralmente, o responsável pelo depósito de patente direciona suas invenções para diversas áreas em diferentes grupos tecnológicos. Não é incomum encontrar patentes classificadas em grupos tecnológicos eminentemente distintos, sobretudo as inovações incrementais, ou seja, aquelas que representam melhorias nos produtos ou processos. Não obstante a isso, optou-se por analisar somente os subgrupos elencados por dois motivos principais. Em primeiro lugar, a iniciativa de prospectar as tecnologias em VANTs militares torna-se mais objetiva quando se analisam os subgrupos com menos intersecções setoriais. O segundo aspecto diz respeito ao método de acoplamento bibliográfico, o qual afere as referências bibliográficas que diferentes documentos têm em comum. Assim, a busca de tecnologias de aplicação militar em subgrupos distintos exponenciaria a análise, inviabilizando a execução do projeto.

Para a formação da amostra – cuja unidade de análise foram cartas de patentes identificadas por seus números de registro –, incluíram-se metadados como título, ano, depositante, patentes citadas, número total de patentes do depositante, data da patente e número de vezes que o documento foi citado.

Amparado nesse escopo, utilizou-se o *software* estatístico R, em especial o pacote *Patentsview*, para análises descritivas da amostra e para aplicação do método de acoplamento bibliográfico nos subgrupos que contemplam os VANTs com aplicação militar.

Segundo Kessler (1963), o acoplamento bibliográfico mensura a relação entre dois ou mais artigos com base no número de referências comum dos autores. Nesse entendimento, as cartas de patentes estão bibliograficamente acopladas quando diferentes depositantes comungam citações de uma ou mais patentes. A Figura 1 ilustra essas relações.

Figura 1 – Exemplo de acoplamento bibliográfico



Fonte: adaptada de Garfield (2001).

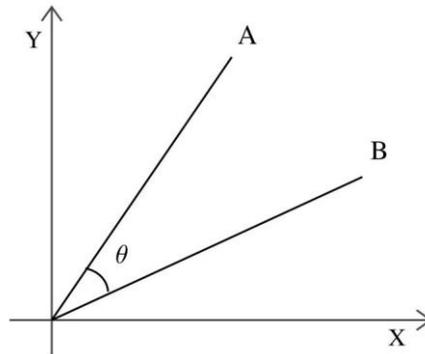
Dessarte, utilizou-se o método de similaridade por cosseno como medida de aproximação entre dois termos, precisamente os números das patentes citadas. O objetivo dessa técnica é mensurar o ângulo formado por dois vetores com uma aproximação de similaridade, segundo a equação:

$$Sim(A, B) = \cos\theta = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \times B_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n B_i^2}}$$

para n = patente citada.

No intervalo $[0,1]$, se a similaridade for um, o ângulo entre A e B é zero; e se essa medida for igual a zero, o ângulo entre os vetores é 90° . Ou seja, a distância entre os vetores (as patentes) é menor conforme o ângulo se aproxima de um. A Figura 2 exemplifica o exposto.

Figura 2 – Similaridade por cosseno



Fonte: elaborada pelos autores (2023).

Tendo-se identificado essas aproximações, o passo seguinte foi buscar por evidências de tecnologias singulares dentre as patentes da amostra. Nesse sentido, as citações foram normalizadas utilizando o ano de publicação da patente. Para evitar um modelo exaustivo com perquirições complexas e não objetivas, selecionaram-se as patentes com percentual de citações acima de 70% e com menos semelhanças tecnológicas com outras invenções. Posto de outro modo, a análise objetiva, por fim, verificar se as novas tecnologias adaptadas para VANTs de reconhecimento, observação e combate são realmente singulares, ou seja, disruptivas no sentido forte do termo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A observação das tecnologias em VANTs requer um mapeamento prévio da origem dos documentos e uma ponderação adequada sobre os principais responsáveis por essas tecnologias. Essa reconstrução, apresentada sucintamente nas páginas seguintes, tem o objetivo de familiarizar o leitor com os principais *players* do setor e com as tecnologias emergentes do segmento.

Embora haja diversas outras fontes de informações sobre patentes internacionais, por exemplo, o Escritório Europeu de Patentes (EPO) e a base de dados da *World Intellectual Property Organization* (WIPO) – além dos repositórios nacionais como o do Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI), que permite

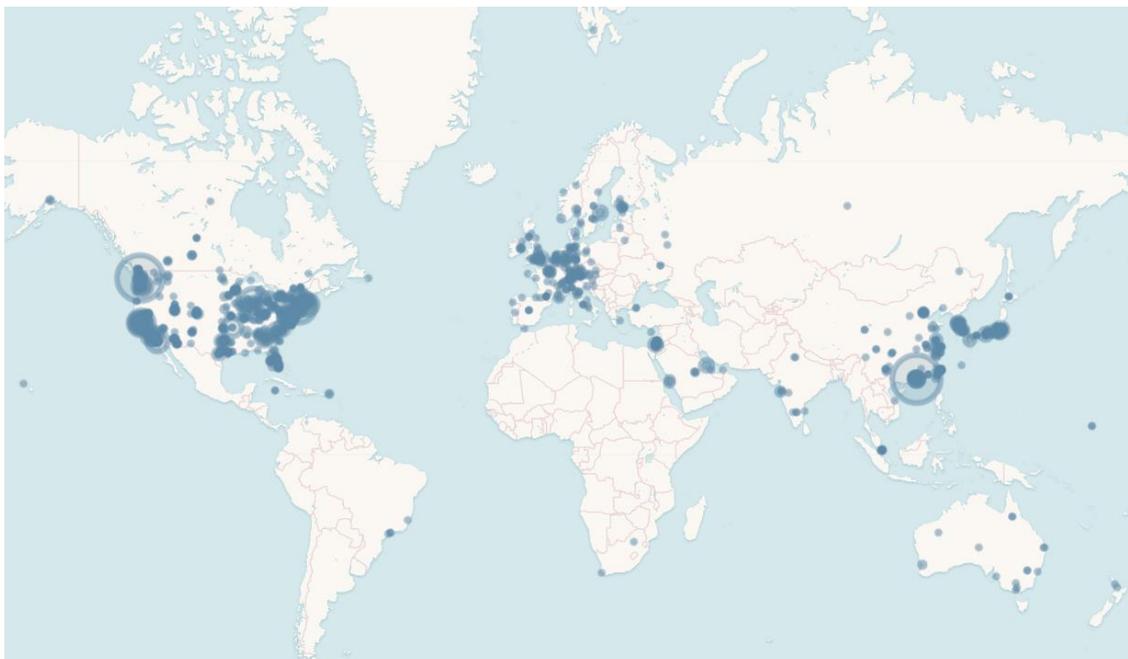
o acesso a documentos de patentes depositadas no Brasil –, por oportuno, é conveniente reiterar que os resultados apresentados refletem o conteúdo das bases do escritório americano USPTO. A instituição, que contém no seu acervo as mais importantes patentes do mundo, confere aos depositantes maior proteção e reconhecimento internacional. Assim, é natural que inventores com tecnologias inovativas e disruptivas tendam a depositar suas patentes na agência americana, qualificando-a como uma fonte de informação eminente em estudos sobre inovações tecnológicas (Morales Valera e Sifontes, 2014; Marco *et al.*, 2015; Guan, Zhang e Yan, 2015; CEPAL, 2016).

Isso posto, foram inicialmente analisados 7.524 documentos de patentes do subgrupo CPC B64U (*Unmanned Aerial Vehicles e Equipment Therefor*). No segundo momento, aplicou-se a metodologia proposta na seção anterior para o segmento de VANTs de uso militar.

Patentes de Aeronaves Não Tripuladas

Diante da metodologia apresentada na seção precedente e da rápida incursão sobre algumas particularidades dos VANTs, é conveniente iniciar a análise apresentando a distribuição geográfica dos depositantes. A Figura 3 evidencia o exposto.

Figura 3 – Distribuição geográfica das patentes do VANTs e seus equipamentos



Fonte: elaborada pelos autores (2023).

Verifica-se na figura anterior que a distribuição geográfica dos depositantes acompanha os grandes centros de tecnologia do ocidente, isto é, Estados Unidos e Europa, e as grandes economias da Ásia, China, Japão e Coreia do Sul. Esses resultados eram esperados. É natural que as regiões mais desenvolvidas e de maior PIB concentrem os principais depositantes. O aspecto crítico subjacente a esses resultados manifesta-se nas discrepâncias observadas entre as regiões. Em que pese as empresas de maior conteúdo tecnológico do Brasil possuírem sucursais e escritórios em outras nações e, eventualmente, conduzirem esse processo externamente, o país ficou na vigésima sexta posição (26^o) dentre as 48 nações da amostra, com apenas cinco aplicações¹.

À vista disso, a próxima etapa foi observar as empresas que protagonizaram esses depósitos e identificar quais delas são especialistas (ou estão especializando-se) no setor. A Tabela 1 evidencia as 10 principais depositantes de patentes em VANTs durante o interregno da amostra, bem como a relação entre esses depósitos e o total de depósitos da empresa.

Tabela 1 – Principais depositantes – CPC B64U

Depositante	VANT	Total	% do total
SZ DJI Technology	480	1.056	45,5
Amazon Technologies, Inc.	420	18.240	2,3
The Boeing Company	213	20.278	1,1
International Business Machines Corporation	197	156.654	0,1
Aerovironment, Inc.	147	326	45,1
Wing Aviation	113	134	84,3
Gopro, Inc.	85	1.259	6,8
Qualcomm Incorporated	85	31.525	0,3
Textron Innovations Inc.	82	1.091	7,5
Autel Robotics Co., Ltd.	79	130	60,8

Fonte: elaborada pelos autores (2023).

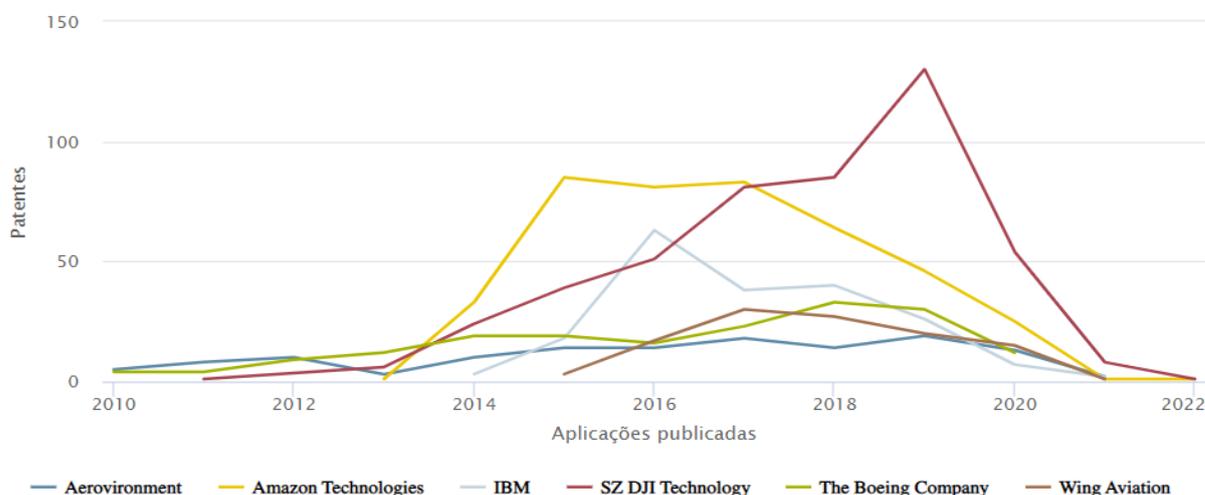
A tabela anterior reflete sobretudo dois aspectos. Em primeiro lugar, e de forma evidente, grandes multinacionais americanas com *expertise* em depósito de patentes

¹ Empresas brasileiras que registram patentes de VANTs no USPTO: Perkons S.A (1), Elio Tecnologia (1), Altave (2) e Embraer (1).

protagonizam a amostra, e.g., *Amazon Technologies*, *Boeing* e *IBM* que, respectivamente, depositaram 420, 213 e 197 patentes. Esses resultados indicam o crescente interesse em investimentos industriais em pesquisas de aplicação em veículos aéreos não tripulados.

Em segundo lugar, as empresas chinesas *SZ DJI Technology* (45,5%) e *Autel Robotics* (60,8%) – sediadas em Shenzhen, a fronteira industrial da China e conhecida como a capital mundial dos drones – e as americanas *Aerovironment* (45,1%) e *Wing Aviation* (84,3%) obtiveram grande parte de suas concessões públicas de patentes em VANTs. A Figura 4 complementa essas informações ao apresentar o número de patentes dos últimos anos.

Figura 4 – Número de patentes das principais empresas – 2010 - 2022



Fonte: elaborada pelos autores (2023).

A Figura 4 sugere que, em média, houve um aumento importante do patenteamento no setor, com picos e vales entre 2013 e 2022. Não é possível inferir, por enquanto, se esse aumento foi um evento pontual ou se as tecnologias de VANTs continuarão em alta nos próximos anos, visto que no processo de obtenção da patente há o efeito de borda, os anos de sigilo entre o depósito e a publicação do documento na base de dados.

Patentes de VANTs adaptadas para reconhecimento, observação e combate.

Nas páginas seguintes, as patentes de VANTs adaptadas para reconhecimento, observação e combate militar serão analisadas. Há 122 patentes destes subgrupos que citam 2.790 documentos e estão presentes em 1.495 citações. Por questões de restrições metodológicas, as concessões públicas registradas de 2010 até o primeiro semestre de 2023 receberão maior destaque. É esperado que a

busca por tecnologias inovativas se concentre nos anos mais recentes. O apêndice A apresenta as patentes com maior percentil de citações entre 2010 e o primeiro semestre de 2023. Em caráter preliminar, cabe apresentar as principais empresas dessas categorias.

Principais empresas

Destaca-se, na Tabela 2, as principais empresas com aplicações publicadas nesse recorte.

Tabela 2 – Principais empresas com patentes de VANTs militares

Depositante	VANT	Total	% do total
Aerovironment, Inc.	17	326	5,2
The Boeing Company	9	20.278	0,0
Textron Innovations Inc.	7	1.091	0,6
Fortem Technologies, Inc.	6	24	25,0
Lockheed Martin Corporation	6	5.177	0,1
Imagekeeper Llc	5	17	29,4
Aurora Flight Sciences Corporation	2	162	1,2
Airbus Defence and Space Gmbh	2	347	0,6
Alliant Techsystems Inc.	2	494	0,4
Bae Systems Plc	2	852	0,2

Fonte: elaborada pelos autores (2023).

Com exceção das empresas europeias *Airbus Defence And Space* (8ª) e *Bae Systems* (10ª), as companhias americanas dominaram o depósito de patentes nos últimos anos. Destacam-se também a *Aerovironment* que registrou a maioria dos documentos da amostra e as empresas *Imagekeeper* e *Fortem Technologies* que concentraram parte importante de suas invenções no setor, respectivamente, 29,4% e 25%.

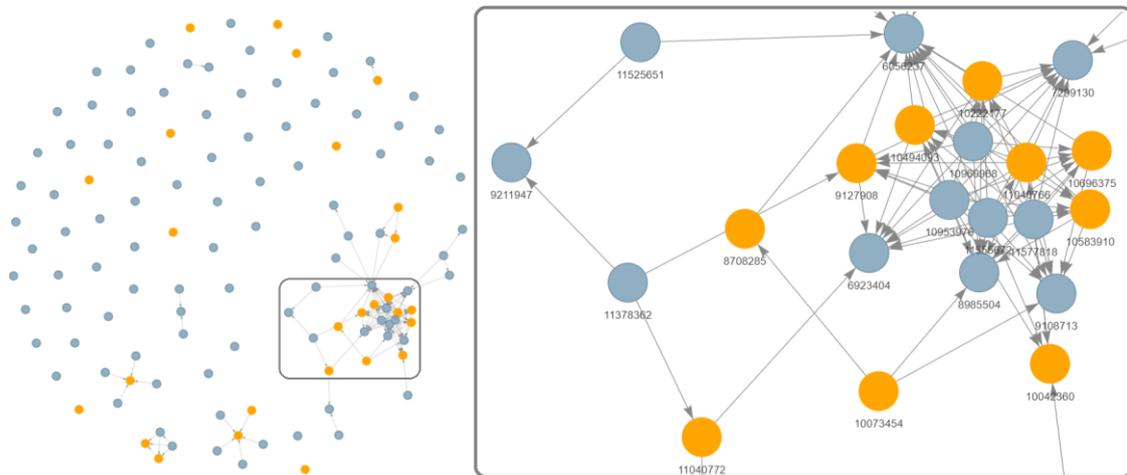
Rede de citações

Segundo Barabási (2014), uma rede pode ser resumida como um conjunto de nós ligados por arestas que permitem representar relações presentes na natureza e é um caminho para entendermos o mundo complexo ao nosso redor. Essa teoria ganhou notabilidade na física, estatística e biologia, e nas últimas décadas ganhou

relevância nas ciências sociais aplicadas por representar com acuracidade relações presentes na sociedade (Newman, 2003; Barabási, 2016).

A Figura 5 mostra um gráfico de rede. Os vértices (círculos) representam as patentes, enquanto as arestas direcionadas (setas) representam as citações.

Figura 5 – Rede de citação de VANTs militares



Fonte: elaborada pelos autores (2023).

Dentre as patentes selecionadas (em amarelo), destacam-se as patentes da *Aerovironment* 10222177, 9127908, 10494093 (*Multimode unmanned aerial vehicle*), 10696375, 10583910 (*Elevon control system*) que foram as mais citadas nos subgrupos em questão.

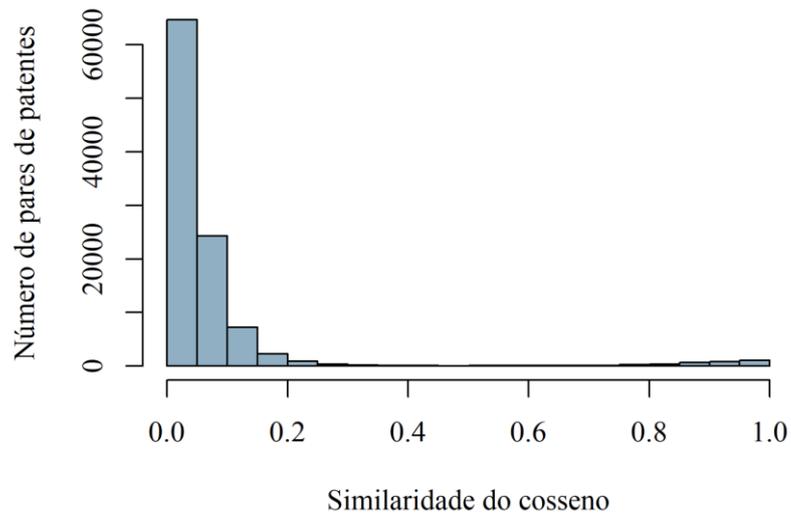
É importante pontuar que alguns documentos com expressiva quantidade de citações não estão em destaque por estarem fora do intervalo proposto (2010-2013), e.g., 6923404 da *Ziota Technology* e a número 7299130 da *Advanced Ceramics, Research* 6056237 (depositante não especificado) ou ainda, por não atingirem 70% de percentil de citação geral como as patentes identificadas pelos números 9108713 da *Aerovironment* e 8985504 (depositante não especificado).

Sob esse aspecto, cabe registrar algumas observações preliminares. Um dos objetivos da pesquisa é observar, ao menos tangencialmente, quais patentes se diferenciam por receberem muitas citações e, em simultâneo, citam poucos documentos do mesmo segmento. A despeito de algumas patentes da figura anterior cumprirem esse preceito, não é possível afirmar suas singularidades. Como dito anteriormente, duas patentes podem ser tecnologicamente semelhantes apenas por partilharem o mesmo referencial bibliográfico.

Análise das citações

A partir das evidências apresentadas, propõe-se a verificação da aproximação entre os documentos mediante a similaridade por cosseno. A Figura 6 apresenta o *score* de similaridade para todos os pares de patentes que compartilham pelo menos uma referência citada em comum.

Figura 6 – *Score* de similaridade entre patentes com aplicação militar

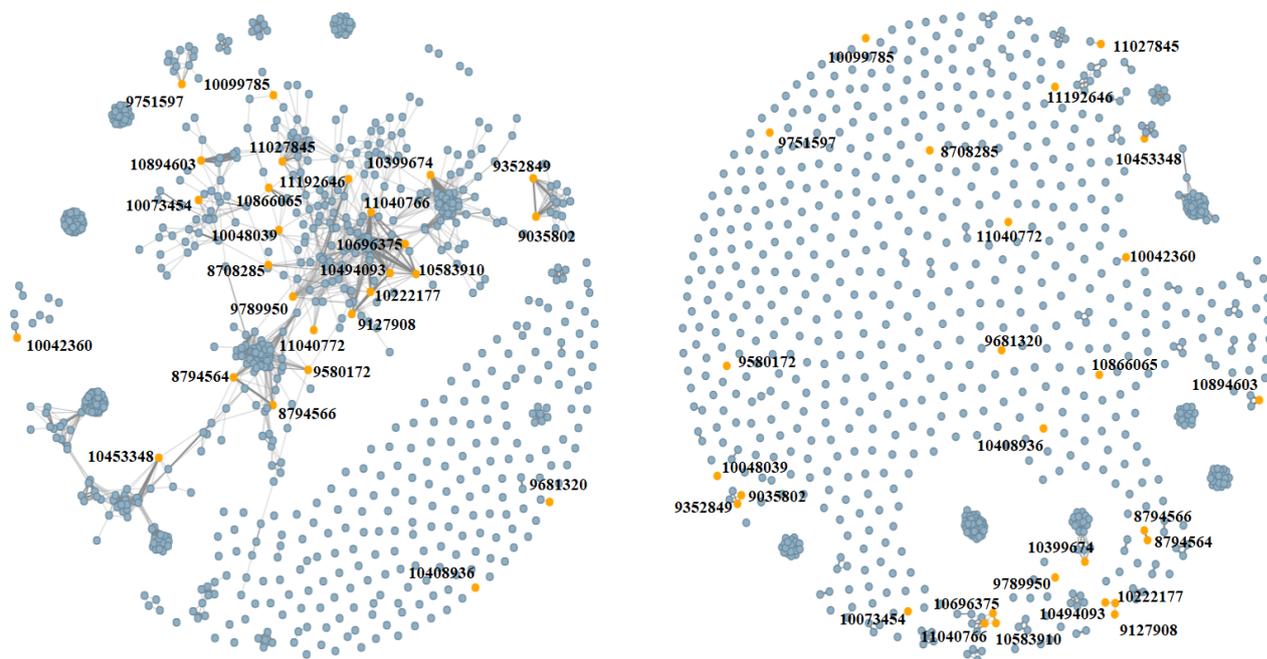


Fonte: elaborada pelos autores (2023).

Há uma quantidade expressiva de patentes que partilham os mesmos referenciais e, à medida que a similaridade do cosseno aumenta, o número de bibliografias em comum declina acentuadamente até o *score* 0,6, tornando a aumentar, de modo tímido, no intervalo seguinte.

Na Figura 7 há duas redes, a primeira simboliza as patentes com cosseno de similaridade maior do que 0,1 e a segunda, à direita, os números maiores que 0,8. Os vértices das redes representam os documentos de patentes e as arestas demonstram a relação de acoplamento, quanto mais espessas forem as arestas maior será essa relação. Destacam-se, em amarelo, as patentes com percentual de citação acima de 70% no período de 2010 a 2023.

Figura 7 – Rede de similaridade por cosseno



Fonte: elaborada pelos autores (2023).

Quando se observa a rede em um recorte mais amplo, similaridade maior do que 0,1, verifica-se que dentre as mais citadas se destacam duas patentes, a da *Raytheon BBN Technologies* 10408936 (*LIDAR light fence to cue long range LIDAR of target drone*) que não está acoplada a nenhuma outra, assim como a de número 9681320 da *PCTEL* (*System, apparatus, and method for the measurement, collection, and analysis of radio signals utilizing unmanned aerial vehicles*) que obteve apenas uma ligação por acoplamento, indicando que elas foram pouco inspiradas em tecnologias congêneres e, ao mesmo tempo, foram referências de muitas invenções.

As patentes número 10099785 (*Drone with ring assembly*), 10866065 (*Drone-assisted systems and methods of calculating a ballistic solution for a projectile*) e a patente número 10042360 da empresa *Aerovironment* (*Unmanned aircraft turn and approach system*) apresentaram poucas ligações nesse score, indicando ponderações semelhantes às discorridas anteriormente.

Também se verifica um grupo denso de pontos no centro da figura indicando uma alta familiaridade dessas patentes, a qual pode ser uma evidência de que grande parte dessas tecnologias consiste em melhorias incrementais no produto ou no processo.

A rede menos densa, com similaridade por cosseno acima de 0,8, também foi analisada. Optou-se por esse número porque o histograma da Figura 6 apontou um leve aumento do número de pares de documentos acoplados.

A maioria das patentes em destaque apresentou pouca ou nenhuma ligação por acoplamento nesse *score*, respaldando a inferência anteriormente apresentada que elas possuem características disruptivas. A exceção foi a patente número 10399674 da empresa *INSITU (Systems and methods countering an unmanned air vehicle)*, que está ligada a uma estrutura reticular densa, típica de rede de citação constituída por patentes com melhorias incrementais no produto ou processo, além das patentes da *Aerovironment* de números 11040766, 10696375 e 10583910 (*Elevon control system*) e o trio de documentos da mesma empresa, que estão acopladas entre si: 9127908, 10222117 e 10494093 (*Multimode unmanned aerial vehicle*). Esse quadro pode ser um indício de que a *Aerovironment* esteja investindo em uma família tecnológica distinta e protegendo-a da concorrência mediante carta-patente.

CONCLUSÃO

O objetivo geral deste artigo foi explorar as tecnologias relacionadas aos VANTs de uso militar. Nesse sentido, efetuou-se um levantamento das principais fabricantes do setor e da proximidade das tecnologias desse segmento mediante informações de cartas de patente.

A breve referência na primeira seção sobre as classificações e aplicações militares dos VANTs foi um ponto de partida conveniente para familiarizar o leitor com o objeto principal do estudo. Em linhas gerais, os VANTs são essenciais em situações *Dull*, *Dirty* e *Dangerous* e são indispensáveis nas atividades militares contemporâneas.

Os dados que apoiaram a metodologia da pesquisa originaram-se do USPTO. Como mencionado, há inúmeras classificações e repositórios de cartas de patente, contudo, a escolha do escritório americano ocorreu por dois motivos principais, o acesso direto aos dados mediante programas específicos e, principalmente, por ser amplamente utilizado em pesquisas científicas.

Com relação às empresas depositantes, observou-se um perfil diversificado das líderes nessa matéria. Entre as principais, há grandes corporações com atuação multissetorial como a *Amazon*, *IBM* e *Boeing* e empresas especializadas como a *SZ DJI*, *Aerovironment* e *Wing Aviation*.

Também foram verificadas as principais empresas com patentes de VANTs com aplicação militar. Destacou-se o predomínio das empresas norte-americanas, em destaque a *Aerovironment* que apresentou os melhores resultados.

O passo seguinte foi verificar as patentes dessa categoria que apresentassem pouca similaridade com suas congêneres e, ao mesmo tempo, eram referência no setor. Com esse propósito, procurou-se mensurar a proximidade das tecnologias descritas nas cartas de patente pelo método de similaridade por cosseno. Para isso, as patentes mais citadas foram normalizadas em relação à data de sua publicação e, posteriormente, selecionaram-se os documentos com percentil acima de 70% no período de 2010 a 2023.

A pesquisa identificou algumas patentes com características singulares, ou seja, com importante influência referencial no setor e com pouca proximidade bibliográfica com o mesmo. No entanto, sublinha-se que os resultados aqui apresentados apenas ajudam a conhecer as tecnologias proeminentes e que merecem ser observadas com atenção pela indústria brasileira de VANTs, pois têm potencial inovativo. Ademais, no contexto de rápida mudança tecnológica, é necessária a conjugação de múltiplos estudos para identificar a trilha que a tecnologia irá seguir.

Há de se considerar algumas limitações analíticas encontradas, em primeiro lugar, a incorporação no modelo da medida de similaridade por cosseno teve um preço analítico. Implicou em introduzir limites claros na escolha das observações, em função da quantidade e diversidade de informações que moldam o comportamento das variáveis. Outra restrição refere-se à ausência de análises com outras bases, pois apesar do repositório da USPTO apresentar uma amostra confiável, a incorporação de outras fontes robusteceria o trabalho.

Além disso, é importante memorar que conhecimentos e informações sensíveis relacionados à fabricação, tecnologia e operação de equipamentos militares são protegidos por segredo industrial. Alguns VANTs de defesa são desenvolvidos com tecnologias inusuais e conhecimentos especializados, visando garantir a superioridade e segurança das forças armadas. Nesse contexto, o segredo industrial desempenha um papel significativo ao proteger a propriedade intelectual, salvaguardar a vantagem competitiva e garantir a segurança nacional, o que explica, em parte, o modesto patenteamento no setor.

Não obstante a isso, a pesquisa avançou no sentido de identificar os principais *players* do processo inovativo no segmento de VANTs e trazer à luz um conjunto singular de patentes com potencial de influenciar as tendências tecnológicas e, em tese, conduzir o investimento no setor. Nesse entendimento, o estudo abre um leque

de possibilidades de investigação nesse segmento, e.g., qual o potencial das firmas locais? Qual estratégia para incorporação das inovações no processo produtivo nacional? Como induzir o *catch up* tecnológico no segmento de VANTs? Qual o papel das forças armadas nesse processo? Isso posto, pretende-se avançar nesses temas em pesquisas futuras.

REFERÊNCIAS

- Albuquerque, R. W., Vieira, D. L. M., Ferreira, M. E., Soares, L. P., Olsen, S. I., Araujo, L. S. e Grohmann, C. H. 2022. Mapping Key Indicators of Forest Restoration in the Amazon Using a Low-Cost Drone e Artificial Intelligence. *Remote Sensing* 14 (4): 830.
- Alsalam, B. H. Y., Morton, K., Campbell, D. e Gonzalez, F. 2017. Autonomous UAV with Vision Based On-Board Decision Making for Remote Sensing and Precision Agriculture. In *2017 IEEE Aerospace Conference*, 1–12. IEEE.
- Amazon. 2023. *Amazon Prime Air*. Amazon Web Services. Disponível em: <https://acesse.one/amazon-air>. Acesso em: 18 jul. 2023.
- ANAC. 2017. *Regras Da ANAC Para Uso de Drones Entram Em Vigor*. Brasília: Agência Nacional de Aviação Civil. Disponível em: <https://acesse.one/kJmRB>. Acesso em: 16 jul. 2023.
- Arantes, J. S. 2019. Sistema Autônomo Para Supervisão de Missão e Segurança de Voo Em VANTs. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo.
- Austin, R. 2011. *Unmanned Aircraft Systems: UAVS Design, Development and Deployment*. John Wiley & Sons.
- Barabási, A. 2014. *Linked: How Everything Is Connected to Everything Else and What It Means for Business, Science, and Everyday Life*. New York: Basic Books.
- Barabási, A. 2016. *Network Science*. Glasgow: Cambridge University Press. Disponível em: <http://networksciencebook.com/>. Acesso em: 15 jul. 2023.
- Belz A., Graddy-Reed A., Shweta F., Giga A., Murali S.M. 2022. Patentopia: A multi-stage patent extraction platform with disambiguation for certain semantic challenges Proceedings - 2022 IEEE International Conference on Big Data, Big Data 2022, pp. 3478-3485.
- Bianchi, Carlos; Galaso, Pablo; Palomeque, Sergio. 2020. Invention and collaboration networks in Latin America: evidence from patent data. *Serie Documentos de Trabajo*; 04/20.
- Binette, O., York, S. A., Hickerson, E., Baek, Y., Madhavan, S., & Jones, C. 2023. Estimating the Performance of Entity Resolution Algorithms: Lessons Learned Through PatentsView. org. *The American Statistician*, 1-11.

Universidade Federal Fluminense
Instituto de Estudos Estratégicos

Brasil. Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação. 2021. Brazilian Aerospace Industry Catalogue. Brasília, DF: MTCI. Disponível em: <https://acesse.one/aerospace-catalogue>. Acesso em: 20 jul. 2023.

Brasil. Ministério da Defesa. 2023. Aeronaves Não Tripuladas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro, ICA 100-40. Brasília, DF: MD. Disponível em: <https://11nq.com/ica-100-40>. Acesso em: 18 jul. 2023.

Brasil. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. 2017. Relatório Estudo Sobre a Indústria Brasileira e Europeia de Veículos Aéreos Não Tripulados. Brasília, DF: MDIC. Disponível em: <https://acesse.one/relatorio-mcti-drones>. Acesso em: 20 jul. 2023.

Castanha, R. G. 2023. The Coupler: uma nova ferramenta bibliométrica para análises relacionais de citação, acoplamento bibliográfico e cocitação. RDBCI: *Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, 20.

CEPAL, NU. 2016. Ciencia, Tecnología e Innovación En La Economía Digital: La Situación de América Latina y El Caribe.

Chesnais, F. 1996. *A Mundialização Do Capital*. 1st ed. São Paulo: Editora Xamã.

Comins, J., e Leydesdorff, L. 2018. Data-mining the foundational patents of photovoltaic materials: an application of patent citation spectroscopy. *arXiv preprint arXiv:1801.09479*.

Garfield, E. 2001. From Bibliographic Coupling to Co-Citation Analysis via Algorithmic Historio-Bibliography: A Citationist's Tribute to Belver c. Griffith, Lazerow Lecture Presented at Drexel University, Philadelphia, PA. November 27, 2001. *PA. Retrieved March 5: 2015*.

Guan, J., Zhang, J. e Yan, Y. 2015. The Impact of Multilevel Networks on Innovation. *Research Policy* 44 (3): 545–59.

Huang, M. H., Chiang, L. Y., e Chen, D. Z. 2003. Constructing a patent citation map using bibliographic coupling: A study of Taiwan's high-tech companies. *Scientometrics*, 58(3), 489-506.

IMPE. 2023. *Patentes*. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Propriedade Industrial – INPI. Disponível em: <https://acesse.one/TTulc>. Acesso em: 12 jul. 2023.

Kessler, M. M. 1963. Bibliographic Coupling Between Scientific Papers. *American Documentation* 14 (1): 10–25.

Klidzio, A. M., Kageyama, M. H. A., Oliva, S. H. e Silveira, S. O. 2020. Uso de Drones Em Logística. *XI FATECLOG: Os Desafios da Logística Real no Universo Virtual*.

Lampe, Hannes W. 2023. Crowdsourcing in patent examination: overcoming patent examiners' local search bias. *R&D Management*.

Lin, C. A., Shah, K., Mauntel, L. C. C. e Shah, S. A. 2018. Drone Delivery of Medications: Review of the Landscape and Legal Considerations. *The Bulletin of the American Society of Hospital Pharmacists* 75 (3): 153–58.

- Ling, G. e Draghic, N. 2019. Aerial Drones for Blood Delivery. *Transfusion* 59 (S2): 1608–11.
- Lopes, T. S. F. 2018. Análise Da Aplicabilidade de Sistema Mini-VANT Comercial no Diagnóstico da Geração de Resíduos de Desastres No Brasil. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo.
- Lucas, E. O., Garcia-Zorita, J. C. e Sanz-Casado, E. 2013. Evolução histórica de investigação em informetria: ponto de vista espanhol Historical evolution of research in informetrics: a spanish view. *Liinc em Revista*; v. 9, n. 1: Estudos Métricos da Informação em Ciência e Tecnologia, v. 24, n. 2.
- Marco, A. C., Myers, A., Graham, S. J., D'Agostino, P. e Apple, K. 2015. The USPTO Patent Assignment Dataset: Descriptions and Analysis.
- Morales Valera, R. M. e Sifontes, D. A. 2014. Las Patentes Como Resultado de La Cooperación En I+ D En América Latina: Hechos y Desafíos. *Investigación & Desarrollo* 22 (1): 2–18.
- Newman, M. E. J. 2003. The Structure and Function of Complex Networks. *SIAM Review* 45 (2): 167–256.
- Nex, F. e Remondino, F. 2014. UAV for 3D Mapping Applications: A Review. *Applied Geomatics* 6: 1–15.
- Park, I., Jeong, Y., Yoon, B., e Mortara, L. 2015. Exploring potential R&D collaboration partners through patent analysis based on bibliographic coupling and latent semantic analysis. *Technology Analysis & Strategic Management*, 27(7), 759-781.
- Patentsview. 2023. Relationships. USPTO. 2023. Disponível em: <https://www.patentsview.org/>. Acesso em: 10 jul. 2023.
- R Core Team. 2023. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <https://www.r-project.org/>. Acesso em: 20 jul. 2023.
- Royo, P., Pastor, E., Barrado, C., Cuadrado, R., Barrao, F. e Garcia, A. 2017. Hardware Design of a Small UAS Helicopter for Remote Sensing Operations. *Drones* 1 (1): 3.
- SMD. 2011. The Defence of the Future: Innovation, technology and industry. Madrid: *Spanish Ministry of Defense*. Disponível em: <https://l1nq.com/SMD-defense>. Acesso em: 10 jul. 2023.
- Song, K., Kim, K., e Lee, S. 2018. Identifying promising technologies using patents: A retrospective feature analysis and a prospective needs analysis on outlier patents. *Technological Forecasting and Social Change*, 128, 118-132.
- Toole, A., Jones, C., e Madhavan, S. 2021. Patentsview: An open data platform to advance science and technology policy. *USPTO Economic Working Paper*.

Wang, Q., Du, W., Ma, J., & Liao, X. 2019. Recommendation mechanism for patent trading empowered by heterogeneous information networks. *International Journal of Electronic Commerce*, 23(2), 147-178.

Watts, A. C., Ambrosia, V. G. e Hinkley, E. A. 2012. Unmanned Aircraft Systems in Remote Sensing and Scientific Research: Classification and Considerations of Use. *Remote Sensing* 4 (6): 1671–92.

Zhao, D., e Strotmann, A. 2008. Evolution of research activities and intellectual influences in information science 1996–2005: Introducing author bibliographic-coupling analysis. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 59(13), 2070-2086.

APÊNDICE A – PATENTES COM MAIOR PERCENTIL DE CITAÇÕES

Tabela 3 – Patentes de VANTs de reconhecimento, observação e combate

Número	Nome da patente	Percentual de citação
10399674	<i>Systems and methods countering an unmanned air vehicle</i>	0.9940855
10099785	<i>Drone with ring assembly</i>	0.9904092
10583910	<i>Elevon control system</i>	0.9853052
9580172	<i>Multiple environment unmanned vehicle</i>	0.9820467
10696375	<i>Elevon control system</i>	0.9747551
10222177	<i>Multimode unmanned aerial vehicle</i>	0.9572338
10042360	<i>Unmanned aircraft turn and approach system</i>	0.9437340
10048039	<i>Sighting and launching system configured with smart munitions</i>	0.9437340
9681320	<i>System, apparatus, and method for the measurement, collection, and analysis of radio signals utilizing unmanned aerial vehicles</i>	0.9407540
9751597	<i>Unmanned fluid-propelled aerial vehicle</i>	0.9407540
10494093	<i>Multimode unmanned aerial vehicle</i>	0.9367607
11040766	<i>Elevon control system</i>	0.9228000
11040772	<i>Unmanned aerial vehicle</i>	0.9228000

Número	Nome da patente	Percentual de citação
10073454	<i>Machine vision enabled swarm guidance technology</i>	0.9008951
10866065	<i>Drone-assisted systems and methods of calculating a ballistic solution for a projectile</i>	0.8948757
9789950	<i>Unmanned aerial vehicle (UAV) with multi-part foldable wings</i>	0.8931777
9127908	<i>Multimode unmanned aerial vehicle</i>	0.8907104
9035802	<i>Power safety instrument system</i>	0.8743169
10453348	<i>Unmanned aerial vehicle management</i>	0.8280255
10894603	<i>Detachable projectile module system for operation with a flying vehicle</i>	0.8064000
11027845	<i>Device and method to intercept an aerial vehicle</i>	0.8064000
11192646	<i>Anchored aerial countermeasures for rapid deployment and neutralizing of target aerial vehicles</i>	0.8064000
8708285	<i>Micro-unmanned aerial vehicle deployment system</i>	0.7926829
8794566	<i>Vehicle capable of stabilizing a payload when in motion</i>	0.7743902
9352849	<i>Power safety instrument system</i>	0.7622951
8794564	<i>Vehicle capable of in-air and on-ground mobility</i>	0.7560976
10408936	<i>LIDAR light fence to cue long range LIDAR of target drone</i>	0.7493176

Fonte: elaborada pelos autores.