

REALIDADE AUMENTADA: ANÁLISE DE PATENTES E PERSPECTIVAS TECNOLÓGICAS FUTURAS

AUGMENTED REALITY: PATENT ANALYSIS AND FUTURE TECHNOLOGICAL PERSPECTIVES

ARTHUR OLIVEIRA TAVARES

UFG - UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

ALEX FABIANNE DE PAULO

UFG - UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

Comunicação:

O XIII SINGEP foi realizado em conjunto com a 13th Conferência Internacional do CIK (CYRUS Institute of Knowledge), em formato híbrido, com sede presencial na UNINOVE - Universidade Nove de Julho, no Brasil.

REALIDADE AUMENTADA: ANÁLISE DE PATENTES E PERSPECTIVAS TECNOLÓGICAS FUTURAS

Objetivo do estudo

Compreender o desenvolvimento da Realidade Aumentada (RA) por meio da análise de 56.891 patentes, identificando padrões de inovação, tendências tecnológicas e atores-chave.

Relevância/originalidade

O estudo contribui ao integrar análise de patentes, prospecção tecnológica e Análise de Redes Sociais (ARS), oferecendo uma visão inédita da evolução da RA e de como países e empresas moldam sua trajetória global.

Metodologia/abordagem

A pesquisa foi conduzida com abordagem exploratória e quantitativa, aplicando o framework KDD adaptado, análise descritiva, textual e de redes. Utilizou-se Python, OpenRefine e Gephi para tratar, explorar e visualizar os dados.

Principais resultados

Os resultados apontam o domínio de China, Estados Unidos e Coreia do Sul, com empresas como Huawei, Samsung, Microsoft, Qualcomm, Meta e Apple. As áreas centrais incluem interfaces homem-máquina, visores ópticos, imagens 3D e integração com IA.

Contribuições teóricas/metodológicas

O trabalho articula conceitos de inovação, propriedade intelectual, prospecção tecnológica e RA, demonstrando como dados de patentes podem gerar conhecimento estratégico sobre evolução tecnológica, oferecendo bases metodológicas para estudos em inovação e Ciência da Informação.

Contribuições sociais/para a gestão

A pesquisa evidencia oportunidades em saúde, educação e Indústria 4.0, ressaltando como a RA pode otimizar processos, ampliar eficiência e gerar valor social, fornecendo subsídios para gestores e formuladores de políticas em tecnologia e inovação.

Palavras-chave: Realidade Aumentada, Análise de Patentes, Prospecção Tecnológica, KDD, Análise de Redes

AUGMENTED REALITY: PATENT ANALYSIS AND FUTURE TECHNOLOGICAL PERSPECTIVES

Study purpose

To understand the development of Augmented Reality (AR) through the analysis of 56,891 patents, identifying innovation patterns, technological trends, and key players shaping the global evolution of this technology.

Relevance / originality

The study integrates patent analysis, technology foresight, and Social Network Analysis (SNA), offering a novel perspective on AR's evolution and how countries and companies strategically influence its global trajectory.

Methodology / approach

Conducted as exploratory and quantitative research, the study applied an adapted KDD framework, combined with descriptive, textual, and network analysis. Python, OpenRefine, and Gephi were employed for data processing, mining, and visualization

Main results

Findings highlight the dominance of China, the United States, and South Korea, with companies such as Huawei, Samsung, Microsoft, Qualcomm, Meta, and Apple. Core areas include human-machine interfaces, optical displays, 3D imaging, and AI integration.

Theoretical / methodological contributions

The research articulates innovation, intellectual property, technology foresight, and AR, showing how patent data can produce strategic knowledge on technological evolution, while offering methodological insights for innovation studies and Information Science.

Social / management contributions

The study underscores AR's potential in health, education, and Industry 4.0, showing how it enhances processes, efficiency, and social value, while providing decision-making support for managers and policy-makers in innovation and technology.

Keywords: Augmented Reality, Patent Analysis, Technology Foresight, KDD, Social Network Analysis

REALIDADE AUMENTADA: ANÁLISE DE PATENTES E PERSPECTIVAS TECNOLÓGICAS FUTURAS

1 Introdução

Desde as revoluções tecnológicas da era do ferro, passando pelas revoluções industriais e até a atual era da transformação digital, o impacto das inovações tecnológicas é evidente em todos os aspectos da vida cotidiana (Hilbert, 2020). No entanto, no nosso cenário global, ainda temos desafios em diversas áreas importantes como na medicina, na educação, na indústria e tantas outras. Entre as tecnologias que podem se destacar nesse contexto para ajudar a solucionar alguns destes problemas, está a Realidade Aumentada (RA), com potencial de impacto em setores como saúde, educação, indústria e entretenimento (Azuma, 1997; Yuen et al., 2011). Os dispositivos de RA operam integrando recursos visuais, sensores e interfaces, permitindo que o usuário interaja de forma intuitiva com elementos virtuais sobrepostos ao mundo real (Arena et al., 2022; Carmigniani et al., 2011).

Apesar desse crescimento, ainda é limitado o entendimento sobre quais países, empresas e tecnologias lideram o avanço da RA e como essas inovações se conectam. Assim, o problema de pesquisa que orienta este estudo é analisar, com base nos dados de patentes coletados, como se caracteriza o desenvolvimento de tecnologias sobre RA por meio de patentes.

O objetivo geral é desenvolver um panorama sobre o desenvolvimento tecnológico sobre RA com base em patentes. Como objetivos específicos, busca-se: (i) estabelecer um entendimento sobre os principais conceitos sobre inovação, RA e prospecção tecnológica; (ii) criar uma base de dados sobre RA baseada em patentes de invenção; (iii) realizar análise exploratória dos dados obtidos; (iv) avaliar as principais colaborações para o desenvolvimento de RA e tendências.

2 Referencial Teórico

2.1 Inovação e inovação aberta

A inovação desempenha um papel essencial no desenvolvimento econômico e social, servindo como um dos principais impulsionadores de avanços tecnológicos e melhorias em diversas áreas cruciais de nossa sociedade atualmente. No entanto, não é algo tão simples conceituar inovação ou tratar como um conceito estático, haja vista que as inovações passam por mudanças significativas ao longo de sua vida (Fagerberg, 2004). Para este estudo, consideramos inovação como a introdução ou aprimoramento significativo de produtos ou processos, distinguindo-se de versões anteriores (ou criado) e efetivamente disponibilizada para uso (Manual de Oslo 2018, 2018).

Essa definição evidencia que a inovação não se restringe apenas à criação de algo inédito, mas também ao aprimoramento significativo de soluções já existentes, desde que gerem diferenciação e valor. Ela pode se manifestar tanto em produtos, quanto em processos, ao melhorar métodos produtivos, operacionais ou de prestação de serviços. E ainda complementando a definição, Neely e Hii (1998) argumentam que as ideias são a base de todas as inovações, uma vez que a inovação se sustenta na exploração dessas novas ideias. Isso destaca o caráter dinâmico e evolutivo do processo de inovação.

Isso mostra que a inovação pode assumir várias formas e gerar diferentes impactos, dependendo do contexto e do objetivo. Dentro desse espectro, existem tipos como a

incremental, a radical, a de produto e a de processo, cada uma com características e implicações próprias. Contudo, para este estudo o foco está na inovação aberta que é baseada no uso planejado de conhecimentos internos e externos para impulsionar o desenvolvimento de inovações dentro da organização para ampliar suas oportunidades de mercado para essas inovações fora dela (Huizingh, 2011; Chesbrough; Appleyard, 2007). Esse tipo de inovação promove a integração de fontes externas e internas para acelerar a inovação e explorar novas oportunidades de mercado, ou seja, permite que empresas se ajudem.

2.2 Prospecção tecnológica

Embora a inovação já tenha impactado diversas áreas, o mercado sempre está em transformação de produtos e processos, o que sempre gera novas tecnologias. Um dos principais indicadores de progresso tecnológico é o registro de patentes. Em resumo, patente é o direito concedido ao criador para explorar sua invenção por um período de tempo específico, incentivando a inovação e protegendo a criatividade do inventor (Marco; Sarnoff; Grazia, 2019).

Para garantir a proteção das patentes, existe o Direitos de Propriedade Intelectual (Intellectual Property Rights - IPR) que não incentiva a inovação, mas também estimula investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D). Em contextos em que os direitos de propriedade intelectual são mais fortes, há maior atração de investimentos em inovação por parte das empresas (Fang; Lerner; Wu, 2017). Park (2008) concorda com a afirmação de Fang (2017), e além disso, o autor complementa que os direitos de propriedade intelectual mais fortes influenciam o comércio internacional e a transferência de tecnologia, bem como também o bem-estar nacional e global. Dessa forma, percebe-se que as patentes exercem um papel central não apenas na proteção dos inventores, mas também na criação de um ambiente que estimula a colaboração e a inovação contínua.

Nesse contexto, compreender e acompanhar o registro de patentes não apenas revela a dinâmica de proteção e estímulo à inovação, mas também oferece uma base rica para análises estratégicas. É a partir desse entendimento que a prospecção tecnológica emerge como ferramenta estratégica para identificar as tendências e possíveis futuros para determinadas tecnologias. Como afirmado por Hendrix (2019), a prospecção tecnológica é uma prática sistemática de investigação de mercado e do futuro, buscando identificar novas áreas de pesquisa e tecnologias emergentes. Canongia et al. (2004) ainda corrobora dizendo que a prospecção tecnológica utiliza ferramentas de gestão de conhecimento e informação para compreender o estado atual de um setor, e se possível obter alguns vislumbres de algumas tendências tecnológicas que, possam ter um maior ou menor grau de probabilidade. E para realizar prospecção tecnológica há diversos métodos, como: análise de patentes, pesquisa Delphi e dentre outras.

Nesse sentido, a análise de uma base de patentes pode capturar oportunidades ou reconhecer lacunas tecnológicas (Hendrix, 2019), permitindo antecipar movimentos do mercado e orientar estratégias de inovação. Dessa forma, a prospecção tecnológica se consolida como um recurso para compreender o cenário atual, projetar possíveis caminhos de evolução e apoiar a tomada de decisão em direção a inovações.

2.3 Realidade Aumentada

A Realidade Aumentada (RA) é uma tecnologia tem sido importante em diversas áreas do conhecimento, proporcionando aos usuários uma experiência imersiva e interativa, onde o mundo real é enriquecido com informações digitais em tempo real. A RA permite que o usuário

perceba o ambiente real enquanto elementos virtuais são integrados à sua visão, ao contrário da Realidade Virtual (RV), que transporta o usuário para um espaço completamente digital (Azuma, 1997). O autor ainda complementa que a RA complementa o mundo real e tem que possuir três características para ser considerada uma tecnologia de RA, sendo elas: combinação entre mundo real e virtual; interatividade em tempo real; registro em 3D. Resumidamente, pode-se entender RA como um tipo de tecnologia que integra a informação digital realisticamente no mundo físico (Javornik, 2016).

Com base nas definições acima, podemos entender como Realidade uma tecnologia híbrida que integra o mundo físico com elementos virtuais, criando uma experiência imersiva e interativa. Ela possibilita interações visuais e multissensoriais, ampliando a imersão e enriquecendo a forma como o usuário se relaciona com o ambiente e as informações digitais.

Para se criar uma tecnologia baseada em Realidade Aumentada, pode dividir os dispositivos em: Dispositivos de entrada, sensores e displays (Arena et al., 2022). Basicamente, os autores descrevem os dispositivos de entrada como sendo dispositivos que permitem que os usuários interajam com os sistemas de Realidade Aumentada (RA), sendo intermediados por uma interface de RA, que conecta o usuário e o sistema. E as entradas podem ser de vários tipos, desde falar, gesticular ou até mesmo piscar (Sauro, 2011; Dirin; Laine, 2018). Carmigniani et al. (2011) afirma que os dispositivos de entrada escolhidos dependem bastante do tipo de aplicação que o sistema de RA será utilizado. O autor traz o exemplo do antigo Sky Map, do Google, que utilizava a câmera do smartphone (android) para identificar estrelas ou planetas no céu.

Os sensores são dispositivos úteis nos mecanismos de rastreamento que permitem determinar a posição do usuário ou do objeto, sendo essa operação é essencial para o registro visual do ambiente físico e suas informações digitais (Arena et al., 2022). Os dispositivos de sensores (ou rastreamento) podem ser câmeras (ou outros sensores ópticos), GPS, bússolas de estado sólido etc. (Carmigniani et al., 2011). O autor ainda corrobora dizendo que depende muito do sistema que está sendo desenvolvido, para depois decidir qual será o dispositivo. No entanto, temos as tecnologias gerais de rastreamento para RA, sendo elas: sensores magnéticos, mecânica, GPS, ultrassônica, inercial e óptica (YI-BO et al., 2008). Carmigniani et al. (2011) afirma que se há três principais tipos de displays usados em RA, sendo eles: Displays montados na cabeça, Head-Mounted Display (HMD), displays portáteis e displays espaciais. Complementando a visão do autor, Arena et al. 37 (2022) reforça que monitores e dispositivos vestíveis (como luvas e óculos) se encaixam também nos dispositivos displays.

A criação de tecnologias baseadas em Realidade Aumentada envolve três grupos principais de dispositivos: entrada, sensores e displays (Arena et al., 2022). Os dispositivos de entrada permitem a interação do usuário por meio de gestos, voz ou outros comandos (Sauro, 2011; Dirin; Laine, 2018), sendo escolhidos conforme a aplicação (Carmigniani et al., 2011). Os sensores são dispositivos úteis nos mecanismos de rastreamento que permitem determinar a posição do usuário ou do objeto, sendo essa operação é essencial para o registro visual do ambiente físico e suas informações digitais (Arena et al., 2022). Os mesmos podem utilizar tecnologias como GPS, bússolas, sensores magnéticos e etc (Carmigniani et al., 2011; Yi-Bo et al., 2008). Já os displays são responsáveis por apresentar os elementos virtuais ao usuário, podendo ser montados na cabeça (Head-Mounted Displays – HMD), portáteis ou espaciais (Carmigniani et al., 2011). Entre eles, incluem-se monitores e dispositivos vestíveis, como óculos e luvas (Arena et al., 2022). Os HMDs podem ser ópticos transparentes, que permitem a visualização parcial do ambiente real por meio de combinadores ópticos, ou transparentes por vídeo, que capturam e exibem a cena real com a sobreposição de elementos virtuais (Azuma, 1997).

A Realidade Aumentada (RA) apresenta diversas aplicações em diversas áreas, como por exemplo educação, saúde indústria, transformando a forma como interagimos com o mundo

e otimizando processos. Na educação, pode-se destacar como exemplos o AugThat!, ARBio e ARChemistry Learning, que promovem aprendizado mais interativo, maior motivação e retenção de conhecimento, embora apresentem desafios como problemas de usabilidade (Ibáñez; Delgado-Kloos, 2018; Macariu; Iftene; Gîfu, 2020; Iftene; Trandabăţ, 2018; Radu, 2014; Bacca et al., 2014). Na saúde, Azuma (2001) relatou que a RA já foi utilizada para apoio em cirurgias laparoscópicas. Também, há relatos da RA em aplicações cirúrgicas para ablação térmica do fígado (Nicolau et al., 2019), e até mesmo tratamentos cirurgias ortopédicas, mais especificamente sobre artoplastia (Ogawa et al., 2018). Na Indústria 4.0, está presente em áreas como manutenção, montagem, colaboração humano-robô, fabricação, treinamento e logística (Relić et al., 2021). Em alguns estudos, tarefas de montagem foi possível economizar 30% do tempo utilizado em montagem (Hořejší, 2015), os trabalhadores foram 4% mais rápidos na seleção de tarefas (Reif et al., 2010) e até mesmo o tempo de manutenção foi reduzido em uma média de 43% (Erkoyuncu et al., 2017).

3 Metodologia

A pesquisa foi conduzida como exploratória e descritiva, de abordagem quantitativa, utilizando o framework Knowledge Discovery in Databases (KDD) em conjunto com Análise de Redes Sociais (ARS). O KDD foi escolhido por lidar com grandes volumes de dados, permitindo transformar informações em conhecimento (Fayyad; Piatetsky-Shapiro; Smyth, 1996). O processo foi adaptado às necessidades do estudo, envolvendo as etapas de seleção, transformação, pré-processamento, mineração e interpretação/avaliação dos dados.

A etapa da seleção diz a respeito dos dados foram coletados da base Derwent Innovation, com o termo de busca “Augmented Reality”, resultando em 56.891 patentes. A transformação e o pré-processamento incluíram a organização das bases, remoção de duplicatas, padronização de nomes de empresas com a ferramenta OpenRefine, uso da linguagem Python para tratar valores em colunas de IPCs e detentores, além da criação de variáveis derivadas, como ano de depósito, país e continente. Também na etapa de transformação, foi feita uma base específica para geração de nuvem de palavras, com a limpeza de stopwords.

Na etapa de mineração, optou-se por análises descritivas e de redes, sem aplicação de modelos preditivos. A ARS foi empregada para mapear colaborações entre detentores de patentes, identificando atores centrais em ecossistemas de inovação (Martin; Moodysson, 2011). O software Gephi foi utilizado para visualização e análise das redes.

Na etapa de avaliação e interpretação do processo KDD, o objetivo foi atribuir significado aos padrões extraídos, indo além da simples descrição dos dados para compreender tendências tecnológicas, evolução temporal e áreas emergentes de inovação em Realidade Aumentada. Nesse sentido, foram investigados os escritórios que mais depositaram patentes, os períodos de maior produção, os IPCs mais recorrentes, as empresas líderes em depósitos e, adicionalmente, os resumos das patentes para identificar palavras recorrentes e padrões de conhecimento relevantes. Também foi realizada a análise das redes de colaboração entre os titulares de patentes, utilizando métricas como grau médio, que avalia o nível de conectividade de um nó (Arif, 2015); modularidade, que mede a qualidade da divisão da rede em comunidades (Lambiotte; Delvenne; Barahona, 2008); e pagerank, aplicado para indicar a importância relativa das conexões dentro da rede (Page et al., 1999).

4 Resultados

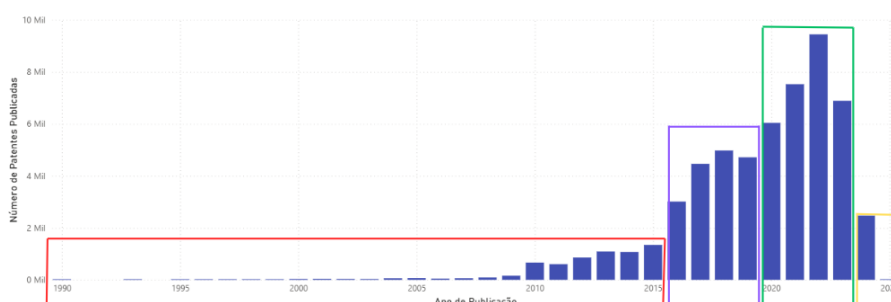
Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos a partir da análise dos dados das patentes, com foco na exploração dos padrões e tendências, com o objetivo de conseguir extrair conhecimento sobre Realidade Aumentada com base nos dados das patentes coletadas. A análise foi realizada em três etapas principais: análise exploratória descritiva, análise de textual dos resumos e análise de rede de colaboração. Essas análises visam fornecer conhecimentos sobre a RA, sobre os impactos nas áreas que essa tecnologia tem ao longo do tempo.

4.1 Análise exploratória

Com base nos dados já tratados, a base principal já trazia algumas respostas sobre os escritórios de patentes e sobre os anos que as patentes eram depositadas. As datas extraídas foram em um período de 35 anos, indo de 1990 até 2025. Um ponto importante para a análise foi retirar os anos que eram iguais a 0, pois para a descoberta dos anos dessas patentes, iria se demandar muito tempo e seria uma tarefa bastante manual. Logo, foram analisadas 55891 patentes das 56891 coletadas.

Figura 1

Número de patentes depositadas por ano



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

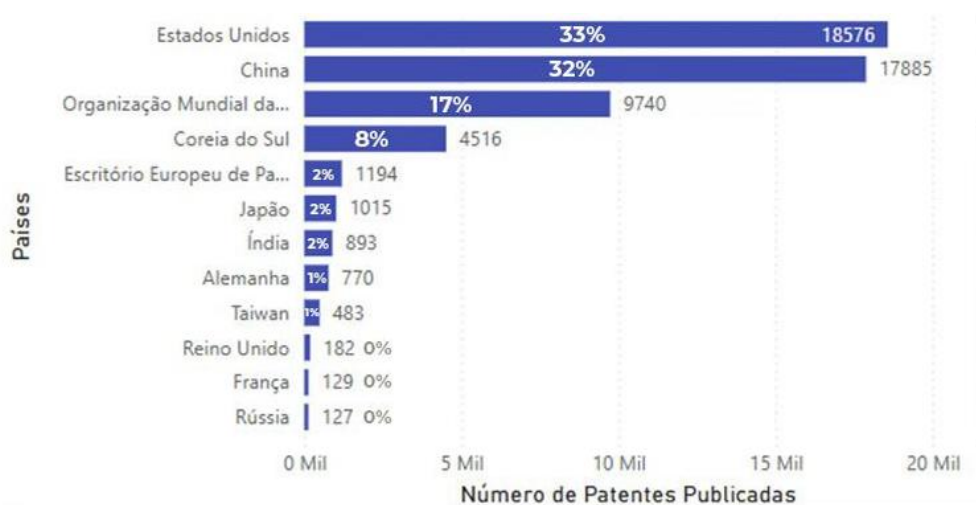
O desenvolvimento das patentes em Realidade Aumentada pode ser dividido em quatro períodos distintos. Entre 1990 e 2015, observa-se um crescimento ainda tímido, marcado pelo surgimento gradual do interesse pela tecnologia e por aplicações iniciais em diferentes campos. No período seguinte, de 2016 a 2019, há um aumento mais consistente, refletindo a maturação das pesquisas e o avanço das aplicações comerciais. Já entre 2020 e 2023 ocorre o ponto de maior inflexão, com um número recorde de depósitos de patentes — resultado direto do impacto da pandemia de COVID-19, que acelerou a adoção da RA como ferramenta para reduzir contatos físicos, garantir segurança operacional e aumentar a eficiência produtiva. Esse impulso também foi fortalecido pela consolidação da Indústria 4.0, que favoreceu a integração da RA nos processos industriais (A Voz da Indústria, 2020). Por fim, o período de 2024 a 2025 mostra

uma queda no volume de registros, o que indica certo arrefecimento no ritmo de inovações, mas sem comprometer a relevância da RA, que se mantém como tecnologia consolidada e aplicada em diversos setores estratégicos.

O cenário das patentes em RA é dominado por Estados Unidos e China, que juntos concentram mais de 65% dos depósitos. Historicamente, os EUA lideraram desde os anos 1990, mas a partir de 2016 a China apresentou forte crescimento, superando os norte-americanos em 2021 e mantendo a liderança desde então. Esse avanço reflete não apenas o volume de registros, mas também a qualidade técnica e o reconhecimento internacional do país, reforçado por líderes do setor tecnológico, como o CEO da Apple, que destacam a relevância estratégica dos desenvolvedores chineses para o futuro da Realidade Aumentada (Exame, 2023).

Figura 2

Número de patentes publicadas por país



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Já sobre os IPCs, as análises foram divididas em 2 tipos, as subclasses dos IPCs (um nível mais macro) e os subgrupos do IPCs (o nível mais micro). Obteve-se 464 subclasses diferentes.

Tabela 1

Subclasses dos IPCs da base.

IPC	Contagem de Número da Patente	Proporção	Frequencia Relativa Acumulada
G06F	42145	0,154485373	0,154485373
G06T	41545	0,152286032	0,306771404
G02B	24938	0,09141194	0,398183344
H04N	22131	0,08112269	0,479306035
H04W	13656	0,050057	0,529363034
G06Q	11130	0,040797774	0,570160808
G06V	10098	0,037014908	0,607175716
H04L	9374	0,034361036	0,641536753
G06K	7604	0,027872981	0,669409734
A61B	7172	0,026289455	0,695699189
G06N	5863	0,021491226	0,717190415
A63F	5784	0,021201647	0,738392062
H01L	5452	0,019984678	0,75837674
G09G	5225	0,019152594	0,777529334
H10K	3455	0,012664538	0,790193872
G01S	3358	0,012308978	0,80250285
G09B	3061	0,011220304	0,813723154
G01C	2588	0,009486491	0,823209645
G10L	2470	0,009053953	0,832263598

Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Aqui se pode notar que as 5 primeiras subclasses de IPCs representam aproximadamente 53% da base, e indo mais além, as 16 primeiras subclasses de IPCs representam 80% da base total. Isso evidencia que a maior parte das inovações patenteadas estão concentradas em um conjunto pequeno, mas que pode haver diversas especificações dentro dessas subclasses de IPCs. Os 5 primeiros IPCs tem um grande foco em processamento de dados (G06F e G06T), Comunicação (H04N e H04L) e Infraestrutura de sistemas ópticos (G02B), notando-se um grande domínio dessas áreas, assim sendo uma das áreas de mais relevância para inovações futuras. No entanto nota-se temas que aparecem com menos frequência (cerca de 2% cada) porém sendo uma área que possa ter um maior foco no futuro, como a área da saúde, com diagnóstico e até mesmo cirurgia (A61B) e em jogos, como jogos de cartas, tabuleiros ou até mesmo de roleta (A63F).

A análise dos principais IPCs dos países que mais depositaram patentes de Realidade Aumentada (RA), entre 2018 e 2023, evidencia que Estados Unidos, China e Coreia do Sul compartilham uma base tecnológica comum, com ênfase em manipulação e modelagem de imagens 3D (G06T-19/00 e G06T-19/20), interfaces homem-máquina (G06F-003/01) e infraestrutura óptica (G02B-027/01). Nos EUA, além dessas áreas, observa-se também relevância em processamento de dados administrativos (G06Q) e comunicação sem fio (H04W), refletindo a força em sistemas digitais e integração tecnológica.

A China segue um padrão semelhante, mas se diferencia pela forte incorporação de inteligência artificial e redes neurais. IPCs como G06N (modelos biológicos de aprendizagem) e G06V (reconhecimento de imagens e vídeos) destacam a busca chinesa por sistemas capazes de interpretar dados em tempo real e oferecer experiências personalizadas. Esse direcionamento mostra um ecossistema tecnológico mais integrado e alinhado às tendências de IA e Machine Learning, apontadas pela TI Inside (2024) como fundamentais para aplicações de RA em dispositivos como óculos inteligentes.

Já a Coreia do Sul, embora mantenha foco em tecnologias visuais semelhantes às duas potências, se diferencia pela aplicação prática de suas inovações em áreas comerciais, de marketing e de serviços, como turismo e comércio eletrônico (G06Q-030/06; G06Q-050/10). Além disso, o país investe em tecnologias voltadas à análise e orientação de objetos em 3D (G06T-007/70) e distribuição seletiva de conteúdos interativos, como a televisão digital. Assim, enquanto EUA e China priorizam a infraestrutura digital e a integração com IA, a Coreia do Sul aposta na aplicação prática e no direcionamento de mercado, revelando diferentes estratégias para a consolidação da Realidade Aumentada no cenário global.

Figura 3

Vantagens e desvantagens dos IPCs de cada país

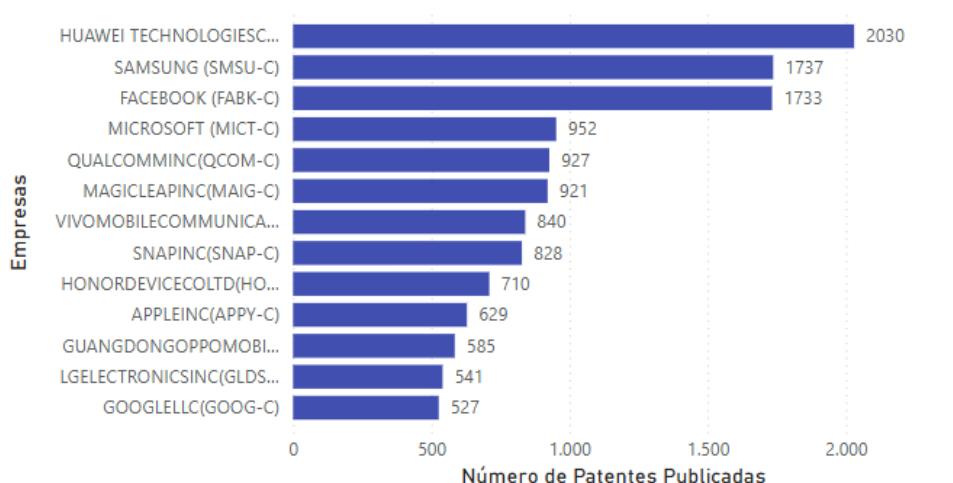
Aspectos/Escritórios	ESTADOS UNIDOS	CHINA	COREIA DO SUL
Manipulação de Imagens 3D	Forte (G06T-019/00, G06T-019/20)	Forte (G06T-019/00, G06T-019/20)	Forte (G06T-019/00, G06T-019/20)
Estrutura de dispositivos para RA	Forte (G02B-027/01, G02B-027/00)	Forte (G02B-027/01)	Forte (G02B-027/01)
Interface Homem-Máquina	Forte (G06F-003/01)	Forte (G06F-003/01)	Forte (G06F-003/01)
Reconhecimento de Padrões	Forte (G06K-009/00)	Forte (G06K-009/00, G06K-009/62)	Moderado (G06N)
Inteligência Artificial (IA)	Fraco	Forte (G06N-003/08, G06V-010/82)	Fraco
Sistemas Administrativos (Comércio/Serviços)	Moderado (G06Q)	Moderado (G06Q)	Forte (G06Q-030/06, G06Q-050/10, G06Q-030/02, G06Q-050/20)
Distribuição Multimídia (Interatividade)	Moderado (H04N)	Moderado (H04N)	Forte (H04N-021/81)

Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Após a análise dos principais escritórios que mais depositam patentes, torna-se relevante analisar os principais detentores dessas patentes. A partir da análise, destacam-se nomes como Huawei Technologies (China), Samsung (Coreia do Sul), Facebook (Estados Unidos), Microsoft (Estados Unidos) e Qualcomm (Estados Unidos), que concentram um volume expressivo de inovações. E seguem o padrão explorado na análise acima, em que os 3 principais escritórios de patentes se repetem nos principais detentores que mais aparecem na base. Cada uma dessas organizações atua em nichos estratégicos relacionados à tecnologia, como dispositivos móveis, telecomunicações, redes sociais, software corporativo e semicondutores. A Huawei, por exemplo, é reconhecida por sua forte atuação em infraestrutura de redes e dispositivos móveis; a Samsung destaca-se em eletrônicos de consumo, como TV e smartphones, e displays avançados; o Facebook (Meta) lidera o desenvolvimento de plataformas sociais e ambientes imersivos; a Microsoft integra computação em nuvem; enquanto a Qualcomm fornece a base tecnológica com chips e soluções para comunicação wireless. Essas empresas, além de refletirem o dinamismo dos seus respectivos países de origem, também afetam diretamente a evolução da realidade aumentada em escala global.

Figura 4

Número de patentes publicadas por empresas



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Entre 2018 e 2024, a análise dos principais IPCs dos maiores detentores de patentes em Realidade Aumentada evidencia como cada empresa alinha suas estratégias ao seu nicho de mercado. A Huawei concentra esforços em comunicação sem fio e gerenciamento de redes, priorizando H04L-005/00 (transmissão de dados), H04W-072/04 (alocação eficiente de recursos), H04W-052/02 (otimização energética), além de investir em dispositivos de visualização como G02B-027/01 (head-up displays).

A Samsung, por sua vez, se destaca no desenvolvimento de hardware e experiências imersivas, com forte atuação em G02B-027/01 (visores ópticos), G06T-019/00 (manipulação de imagens 3D), G06F-003/01 e G06F-003/00 (interfaces homem-máquina), além de G06F-001/16 (detalhes construtivos de dispositivos eletrônicos).

O Facebook (Meta) revela foco na criação de plataformas de visualização e interação, reforçando investimentos em G02B-027/01 e G02B-027/00 (dispositivos head-up), G06T-019/00 (modelagem 3D), G06F-003/01 (interfaces de interação) e F21V-008/00 (tecnologias ópticas de guias de luz para exibição avançada), fundamentais para consolidar o metaverso.

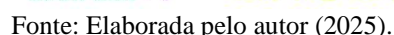
Já a Microsoft combina hardware e software, investindo em G02B-027/01 (head-up displays, como no HoloLens), G06F-003/01 e G06F-003/0481 (interfaces gráficas de interação), G06T-019/00 (ambientes tridimensionais) e G06K-009/00 (reconhecimento de padrões, como imagens e fala).

Por fim, a Qualcomm se posiciona como fornecedora de infraestrutura para redes móveis e sistemas de localização, com H04W-064/00 (localização de usuários em redes móveis), H04L-005/00 (otimização de transmissão de dados digitais), G01S-005/02 (geolocalização via ondas de rádio), H04W-004/02 (serviços adaptados a redes móveis com base em localização) e H04W-072/04 (alocação de recursos sem fio).

Esse panorama demonstra que, embora todas atuem no ecossistema de RA, cada empresa explora pontos fortes específicos: Huawei e Qualcomm priorizam infraestrutura de redes e mobilidade, Samsung e Microsoft fortalecem o hardware e a interação homem-máquina, enquanto o Facebook (Meta) foca na imersão digital e interfaces ópticas avançadas.

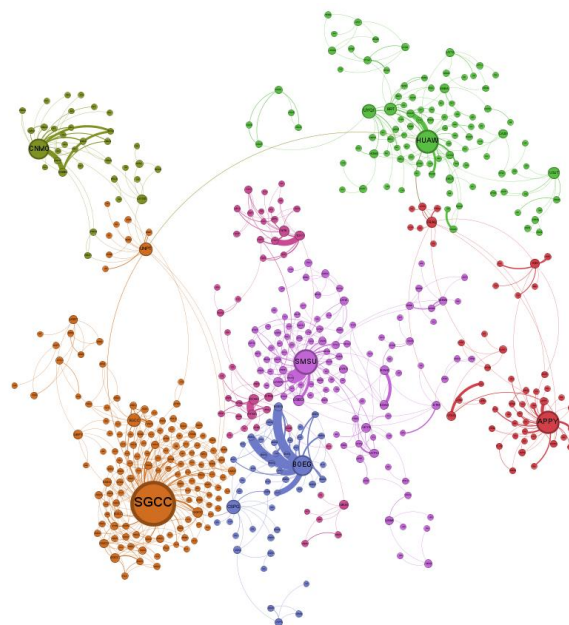
Por fim, para completar a análise exploratória dos dados foi realizada uma análise textual dos resumos das patentes, a fim de se extrair algo que iria de acordo com as análises anteriores, que complementasse ou traria algo de novo da base. Com o script executado em Python, com a biblioteca WordCloud.

Figura 5
Nuvem de palavras dos resumos das patentes



Esses resultados reforçam que a evolução da RA não depende apenas do avanço de hardware, mas também de métodos de interação, personalização e integração de dados contextuais, consolidando-a como tecnologia estratégica em diferentes setores.

Rede de colaboração entre os titulares



Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

Tabela 2

Métricas da Rede

ID	Grau	Grau ponderado	Eccentricity	Closeness Centrality	Harmonic Closeness Centrality	Betweenness PageRank	Modularity Class
STATEGRIDCORPCHINA(SGCC-C)	87	140.0	7.0	0.3213	0.4629	0.2557 0.0437	0
SAMSUNG (SMSU-C)	37	153.0	7.0	0.3746	0.5116	0.0660 0.0220	10
HUAWEI TECHNOLOGIESCOLTD(HUAW-C)	28	84.0	7.0	0.3207	0.3830	0.3173 0.0195	15
BOE TECHNOLOGY GROUP COLTD(BOEG-C)	27	247.0	9.0	0.2045	0.2687	0.0634 0.0166	1
APPLE INC(APPY-C)	26	91.0	10.0	0.1805	0.2387	0.0635 0.0201	5

Fonte: Elaborada pelo autor (2025).

A análise da rede de colaborações em patentes revelou uma estrutura densa e modularizada, composta por comunidades de inovação interconectadas. Empresas como State Grid Corporation of China (SGCC), Samsung, Huawei, BOE Technology e Apple se destacam pelo alto grau de conexões, evidenciando forte centralidade na rede. O grau médio (2,855) e o grau ponderado médio (6,305) reforçam que além da quantidade de vínculos, algumas conexões são mais intensas, enquanto a modularidade elevada (0,864) confirma a existência de agrupamentos coesos em torno de nichos tecnológicos.

Os resultados mostraram que empresas asiáticas, especialmente chinesas, dominam a articulação de colaborações, com destaque para a SGCC, Huawei, BOE e China Mobile, ao lado da Apple como representante norte-americana. O grau ponderado revelou a BOE como ator mais influente, enquanto a métrica de PageRank destacou a SGCC, seguida de Samsung, Apple e China Mobile, indicando que suas conexões se dão com outros detentores igualmente centrais no ecossistema global de inovação.

A análise dos IPCs dos principais atores confirmou estratégias alinhadas a seus nichos de mercado: a SGCC combina energia e digitalização, com destaque para G06Q-50/06 (gestão de serviços públicos), G06V-10/82 (redes neurais para reconhecimento de imagens) e H02J-13/00 (controle remoto de distribuição de energia). A BOE, por sua vez, concentra-se em tecnologias ópticas e interfaces, com foco no G02B-27/01 (sistemas head-up), G06F-3/01 (interfaces de entrada/saída homem-máquina) e H10K-59/131 (painéis emissores de luz

orgânicos). Já a Apple direciona esforços para a experiência visual e usabilidade, com o G06F-3/01 (interfaces de entrada como toques e gestos), G02B-27/01 (sistemas ópticos head-up) e G06T-19/00 (processamento gráfico e imagens 3D).

5 Conclusões

Este estudo teve como objetivo compreender o desenvolvimento tecnológico da Realidade Aumentada (RA) a partir da análise de mais de 56 mil patentes da base Derwent Innovation, utilizando a metodologia KDD combinada com análises exploratórias, textuais e de redes. O trabalho articulou conceitos de inovação, propriedade intelectual, prospecção tecnológica e RA, inserindo-se no campo da Ciência da Informação ao demonstrar como dados de patentes podem gerar conhecimento estratégico sobre a evolução tecnológica e tendências futuras.

Os resultados evidenciam o domínio dos Estados Unidos e, sobretudo, de países asiáticos como China e Coreia do Sul, com destaque para empresas como Huawei, Samsung, Facebook, Microsoft, Qualcomm, State Grid Corporation of China, BOE Technology Group e Apple. As análises de IPCs revelaram maior concentração em manipulação gráfica, interfaces homem-máquina, visores ópticos e sensores de movimento, além de integração crescente com Inteligência Artificial e redes neurais. A análise textual reforçou a centralidade da experiência do usuário, enquanto a análise de redes destacou o protagonismo colaborativo das empresas asiáticas, em contraste com estratégias mais isoladas de Facebook e Microsoft, mas com participação relevante da Apple em parcerias.

A evolução temporal da RA foi marcada por quatro fases: uma inicial com registros dispersos; uma de expansão com dispositivos móveis e visores ópticos; uma mais recente, caracterizada pela integração com sistemas inteligentes e interativos; e uma fase atual de consolidação. As principais tendências apontam para a intensificação da interação entre RA e IA, ampliação em setores de serviços, educação e saúde, avanço de dispositivos móveis e vestíveis com interfaces aprimoradas e fortalecimento de redes colaborativas. Entre as limitações, destacam-se a dependência exclusiva da base Derwent e o processo manual de padronização de nomes de empresas. Como trabalhos futuros, sugere-se investigar os impactos sociais da RA, especialmente em saúde e educação, além de análises setoriais em contextos da Indústria 4.0 e estudos longitudinais sobre a evolução da tecnologia.

6 Referências

A Voz da Indústria. (2020, 2 de dezembro). O crescimento da realidade aumentada na indústria pós-crise. A Voz da Indústria. <https://avozdaindustria.com.br/artigos/o-crescimento-da-realidade-aumentada-na-industria-ps-crise/>. Acesso em 20 abr. 2025.

Arif, T. (2015). The mathematics of social network analysis: metrics for academic social networks. *International Journal of Computer Applications Technology and Research*, 4(12), 889-893.

Arena, F., Collotta, M., Pau, G., & Termine, F. (2022). An overview of augmented reality. *Computers*, 11(2), 28.

Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(4), 355-385.

Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., & MacIntyre, B. (2002). Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(6), 34-47.

Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., & Graf, S. (2014). Augmented reality trends in education: a systematic review of research and applications.

Canongia, C., Santos, D. M., Santos, M. M., & Zackiewicz, M. (2004). Foresight, inteligência competitiva e gestão do conhecimento: instrumentos para a gestão da inovação. *Gestão & Produção*, 11, 231-238.

Carmigniani, J., Furht, B., Anisetti, M., Ceravolo, P., Damiani, E., & Ivkovic, M. (2011). Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimedia Tools and Applications*, 51(1), 341-377.

Dirin, A., & Laine, T. H. (2018). User experience in mobile augmented reality: emotions, challenges, opportunities and best practices. *Computers*, 7(2), 33.

Erkoyuncu, J. A., Del Amo, I. F., Dalle Mura, M., Roy, R., & Dini, G. (2017). Improving efficiency of industrial maintenance with context aware adaptive authoring in augmented reality. *CIRP Annals*, 66(1), 465-468.

Exame. (2023, outubro 16). CEO da Apple diz que chineses alcançarão sucesso global na era da realidade aumentada. Exame. <https://exame.com/inteligencia-artificial/ceo-da-apple-diz-que-chineses-alcancara-sucesso-global-na-era-da-realidadeaumentada/>

Fagerberg, J. (2006). *Innovation: A guide to the literature*.

Fang, L. H., Lerner, J., & Wu, C. (2017). Intellectual property rights protection, ownership, and innovation: Evidence from China. *The Review of Financial Studies*, 30(7), 2446-2477.

Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., & Smyth, P. (1996). From data mining to knowledge discovery in databases. *AI Magazine*, 17(3), 37-37.

Hendrix, T. (2019). Technology foresight of patent management: an overview on big data for repository fields. *Jurnal Bisnis dan Manajemen*, 20(2), 175-193.

Hilbert, M. (2020). Digital technology and social change: the digital transformation of society from a historical perspective. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 22(2), 189-194.

Huizingh, E. K. (2011). Open innovation: State of the art and future perspectives. *Technovation*, 31(1), 2-9.

Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109-123.

Iftene, A., & Trandabăţ, D. (2018). Enhancing the attractiveness of learning through augmented reality. *Procedia Computer Science*, 126, 166-175.

Javornik, A. (2016). Augmented reality: Research agenda for studying the impact of its media characteristics on consumer behaviour. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 30, 252-261.

Lambiotte, R., Delvenne, J. C., & Barahona, M. (2008). Laplacian dynamics and multiscale modular structure in networks. *arXiv preprint arXiv:0812.1770*.

Macariu, C., Iftene, A., & Gîfu, D. (2020). Learn chemistry with augmented reality. *Procedia Computer Science*, 176, 2133-2142.

Marco, A. C., Sarnoff, J. D., & Charles, A. W. (2019). Patent claims and patent scope. *Research Policy*, 48(9), 103790.

Martin, A. E., Haines, J., & Fraser, E. D. (2024). Development of the Food Systems Literacy Competencies Framework for youth: A modified Delphi study with experts. *Food Policy*, 128, 102702.

Neely, A., & Hii, J. (1998). Innovation and business performance: a literature review. *The Judge Institute of Management Studies, University of Cambridge*, 1(57).

Nicolau, S. A., Pennec, X., Soler, L., Buy, X., Gangi, A., Ayache, N., & Marescaux, J. (2009). An augmented reality system for liver thermal ablation: design and evaluation on clinical cases. *Medical Image Analysis*, 13(3), 494-506.

Ogawa, H., Hasegawa, S., Tsukada, S., & Matsubara, M. (2018). A pilot study of augmented reality technology applied to the acetabular cup placement during total hip arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*, 33(6), 1833-1837.

Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico [OCDE]; Eurostat. (2018). *Manual de Oslo 2018: Diretrizes para coleta, relato e uso de dados sobre inovação* (4^a ed.). Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-pt>

Page, L., Brin, S., Motwani, R., & Winograd, T. (1999). The PageRank citation ranking: Bringing order to the web. *Stanford Infolab*.

Park, W. G. (2008). International patent protection: 1960–2005. *Research Policy*, 37(4), 761-766.

Radu, I. (2014). Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533-1543.

Reljić, V., Milenković, I., Dudić, S., Šulc, J., & Bajči, B. (2021). Augmented reality applications in industry 4.0 environment. *Applied Sciences*, 11(12), 5592.

Sauro, J. (2011). Measuring usability with the system usability scale (SUS).

A Voz da Indústria. (2020, 2 de dezembro). O crescimento da realidade aumentada na indústria pós-crise. *A Voz da Indústria*. <https://avozdaindustria.com.br/artigos/o-crescimento-da-realidade-aumentada-na-industria-ps-crise/>

Yi-bo, L., Shao-peng, K., Zhi-hua, Q., & Qiong, Z. (2008, October). Development actuality and application of registration technology in augmented reality. In 2008 International Symposium on Computational Intelligence and Design (Vol. 2, pp. 69-74). IEEE.

Yuen, S. C. Y., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2011). Augmented reality: An overview and five directions for AR in education. Journal of Educational Technology Development and Exchange (JETDE), 4(1), 11.