



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE HUMANIDADES**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA INFORMAÇÃO**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM BIBLIOTECONOMIA**

**ADRIANE DE OLIVEIRA SILVA**

**ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA DO  
PROCESSAMENTO DE IMAGENS NA CLARIVATE ANALYTICS WEB OF  
SCIENCE DE 2017 A 2023**

**FORTALEZA**  
**2023**

**ADRIANE DE OLIVEIRA SILVA**

**ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA DO  
PROCESSAMENTO DE IMAGENS NA CLARIVATE ANALYTICS WEB OF  
SCIENCE DE 2017 A 2023**

Monografia apresentada ao Curso de  
Biblioteconomia do Departamento de  
Ciências da Informação da Universidade  
Federal do Ceará, como requisito parcial  
à obtenção do título de Bacharel em  
Biblioteconomia.

Orientador: Profa. Dra. Isaura Nelsivânia  
Sombra Oliveira

**FORTALEZA  
2023**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- S578a Silva, Adriane de Oliveira.  
Análise Bibliométrica da Produção Científica do Processamento de Imagens na Clarivate Analytics Web Of Science de 2017 a 2023 / Adriane de Oliveira Silva. – 2023.  
65 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Humanidades, Curso de Biblioteconomia, Fortaleza, 2023.  
Orientação: Profa. Dra. Isaura Nelsivânia Sombra Oliveira.
1. Processamento digital de imagem. 2. Processamento de imagem. 3. Bibliometria. I. Título.  
CDD 020
-

**ADRIANE DE OLIVEIRA SILVA**

**ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA DO  
PROCESSAMENTO DE IMAGENS NA CLARIVATE ANALYTICS WEB OF  
SCIENCE DE 2017 A 2023**

Monografia apresentada ao Curso de  
Biblioteconomia do Departamento de  
Ciências da Informação da Universidade  
Federal do Ceará, como requisito parcial  
à obtenção do título de Bacharel em  
Biblioteconomia.

Orientador: Profa. Dra. Isaura Nelsivânia  
Sombra Oliveira

Aprovada em:

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Isaura Nelsivânia Sombra Oliveira (Orientadora)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dra. Gabriela Belmont de Farias  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Jefferson Veras Nunes  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dra. Maria Giovanna Guedes Farias (Suplente)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À Deus.

E a minha família.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiramente à Deus, pela sua fidelidade, por me capacitar, me sustentar em todos os momentos, e pelo amor dedicado a mim através de Jesus.

Agradeço a minha família por todo apoio, em especial os meus pais, Alexandra Xavier de Oliveira e Rogério da Silva Santos por todo o suporte necessário para que eu pudesse chegar a esse momento, e por me ensinarem o valor da educação.

Agradeço aos meus professores por todo trabalho realizado durante minha formação, e especialmente minha orientadora Isaura Nelsivânia Sombra Oliveira por toda paciência, atenção e dedicação durante a construção do presente trabalho.

Agradeço ao meu amado, Roger de Paula Freitas, por todo carinho e apoio dedicado a mim e por disponibilizar o equipamento necessário para que os dados do presente trabalho pudessem ser analisados.

Agradeço aos meus colegas de turma por todo companheirismo e pelas boas e construtivas discussões.

Agradeço aos meus queridos amigos Elizabeth da Paz Santos e Gustavo Cardoso Oliveira, por todos os bons momentos que tornaram minha formação mais leve, por todo apoio e parcerias em trabalhos.

“Como um grão de areia tem impacto no universo?” (Adriane de Oliveira Silva)

## RESUMO

A presente pesquisa se propõe a conduzir uma análise bibliométrica no âmbito do Processamento Digital de Imagens (PDI). O escopo deste estudo engloba uma investigação da produção científica indexada na base de dados da Clarivate Analytics Web of Science no período compreendido entre 2017 a 2023. O PDI representa um campo de conhecimento multidisciplinar dedicado à manipulação de imagens, visando aprimorar sua legibilidade tanto para a percepção humana quanto por sistemas automatizados, com aplicações abrangentes em áreas diversas como medicina, astronomia, arquivologia e setores industriais. O levantamento de dados ocorreu por meio da construção e aplicação de uma expressão de busca na base de dados, objetivando a obtenção de documentos relevantes para o escopo da pesquisa. Posteriormente, os resultados da busca foram reunidos e importados para o software de análise R, a análise foi realizada por meio da linguagem de programação homônima ao software utilizado. Após uma nova filtragem por ano e a realização de um teste de não duplicidade, foram obtidos 111.878 documentos, em divergência ao número apresentado pela base de dados que inicialmente indicava 91.912 resultados, distribuídos entre 161.201 autores e 131 países. A produção nos sete anos analisados apresenta um decréscimo de 2,09%. Análise bibliométrica dos resultados obtidos apresenta uma ampla visão de como a área de estudo está estabelecida na base de dados, os principais autores, países de destaque e temas de interesse. Tais análises aplicadas a área em questão torna possível vislumbrar para onde a área tem se estruturado, subsidiando a tomada de decisão dos pesquisadores.

**Palavras-chave:** Processamento digital de imagem; processamento de imagem; bibliometria.

## **ABSTRACT**

This research proposes to conduct a bibliometric analysis in the field of Digital Image Processing (DIP). The scope of this study encompasses an investigation of the scientific production indexed in the Clarivate Analytics Web of Science database for the period from 2017 to 2023. DIP represents a multidisciplinary field of knowledge dedicated to image manipulation, aiming to enhance its readability both for human perception and automated systems, with broad applications in various areas such as medicine, astronomy, archiving, and industrial sectors. The data collection occurred through the construction and application of the search expression in the database, aiming to obtain documents relevant to the scope of the research. Subsequently, the search results were gathered and imported into the R analysis software, the analysis was carried out through the programming language homonymous to the software used. After a new filtering by year and the performance of a non-duplication test, 111,878 documents were obtained, diverging from the number presented by the database that initially indicated 91,912 results, distributed among 161,201 authors and 131 countries. The production in the seven years analyzed shows a decrease of 2.09%. Bibliometric analysis of the results obtained presents a broad view of how the study area is established in the database, the main authors, standout countries, and topics of interest. Such analyses applied to the area in question make it possible to glimpse where the area has been structured, subsidizing the decision-making of researchers.

**Keywords:** Digital image processing; image processing; bibliometrics.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Imagem transmitida por cabo submarino em 1921, com 5 níveis de cinza.....	18
<b>Figura 2</b> - Fotografia dos generais Pershing e Foch por cabo em 1929, com 15 níveis de cinza .....	18
<b>Figura 3</b> - Equipamentos de aquisição de imagens digitais. (a) Satélite e (b)Tomógrafo.....	20
<b>Figura 4</b> - Realce de imagem.....	21
<b>Figura 5</b> - Segmentação por cores (b) e em bordas (c).....	22
<b>Figura 6</b> - Identificação de folhas .....	23
<b>Figura 7</b> - Iluminância e refletância de uma imagem .....	25
<b>Figura 8</b> - Resolução de imagem .....	26
<b>Figura 9</b> - Imagem em diferentes níveis de cinza 256 (a), 128 (b), 64 (c), 32 (d), 16 (e), 8 (f), 4 (g) e 2 (h) .....	27
<b>Figura 10</b> - Mapa de cores de uma imagem colorida .....	28
<b>Figura 11</b> - Espectro eletromagnético.....	29
<b>Figura 12</b> - Imagem gerada pela tomografia por emissão de pósitrons.....	30
<b>Figura 13</b> - Fusão de imagens dos exames CT e PET .....	30
<b>Figura 14</b> - Imagem gerada pela angiografia.....	31
<b>Figura 15</b> - Imagem gerada por ressonância magnética (a) aplicada técnica de segmentação(b).....	31
<b>Figura 16</b> - Aplicação do realce de contraste .....	32
<b>Figura 17</b> - Segmentação de áreas inundadas e secas e para controle de poluição .....	33
<b>Figura 18</b> - Imagem classificada.....	33
<b>Figura 19</b> - Binarização inadequada .....	34
<b>Figura 20</b> - Binarização adequada .....	35
<b>Figura 21</b> - Segmentação de linha e palavras .....	35
<b>Figura 22</b> - Segmentação de caracteres .....	36
<b>Figura 23</b> - Restauração de cores de cartões-postais .....	36

## LISTA DE GRÁFICO

<b>Gráfico 1</b> - Distribuição da produção científica nas categorias da Web of Science.....	43
<b>Gráfico 2</b> - Quantidade de documentos por ano.....	45
<b>Gráfico 3</b> - Quantidade de documentos por país.....	46
<b>Gráfico 4</b> - Publicações em parceria: países.....	47
<b>Gráfico 5</b> - Quantidade de citação por país.....	48
<b>Gráfico 6</b> - Quantidade média de citação por país.....	48
<b>Gráfico 7</b> - Quantidade de documentos por autor.....	49
<b>Gráfico 8</b> - Fator de dominância dos autores.....	50
<b>Gráfico 9</b> - Quantidade de publicações individuais por autor.....	51
<b>Gráfico 10</b> - Índice H dos autores.....	51
<b>Gráfico 11</b> - Lei de Lotka.....	52
<b>Gráfico 12</b> - Frequência de palavras-chave estabelecida pelos autores.....	53
<b>Gráfico 13</b> - Frequência de palavras-chave estabelecida pelos autores, extraíndo o termo “image processing” .....	53
<b>Gráfico 14</b> - Mapas temático.....	54

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>1.1 Justificativa</b> .....	14
<b>2 O PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM</b> .....	16
<b>2.1 Uma Breve História</b> .....	17
<b>2.2 Procedimentos do Processamento Digital de Imagens</b> .....	19
<b>3 IMAGEM DIGITAL</b> .....	24
<b>3.1 Imagens Binárias Monocromáticas e Coloridas</b> .....	26
<b>3.2 Algumas aplicações do processamento digital de imagens</b> .....	28
3.2.1 Medicina .....	29
3.2.3 Sensoriamento remoto .....	31
3.2.3 Arquivologia .....	33
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	38
<b>4.1 Bibliometria</b> .....	38
4.1.1 Leis Bibliométricas .....	39
<b>4.2 R Foundation for Statistical Computing</b> .....	40
<b>5 RESULTADOS</b> .....	42
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	55
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	57
<b>APÊNDICE A – CÓDIGO DAS ANÁLISES REALIZADAS EM R</b> .....	59

## 1 INTRODUÇÃO

O trabalho do bibliotecário na condução da mediação da informação é multifacetado. A função de mediação passa por um processo de constante transformação, uma vez que as demandas tecnológicas e os suportes informacionais estão em evolução contínua. No contexto de uma profusão notável de informação disponível online, mesmo em uma única base de dados, exige uma atenção ainda maior com a busca por um trabalho eficaz, no sentido de atender às variadas demandas informacionais dos pesquisadores.

Nesse contexto, as análises métricas têm merecido destaque, o estudo das métricas na pesquisa científica embora não seja novidade para a Biblioteconomia e Ciência da Informação, tem inegável importância, pois a partir dos dados é possível extrair informações cruciais sobre o escopo de uma área específica do conhecimento. “Os estudos métricos da ciência retratam tanto a avaliação dos insumos como, e principalmente, a produção gerada pela comunidade científica de determinada área, nos diferentes formatos de divulgação.” (Noronha; Maricato, 2008, p.122)

Os estudos supracitados permitem a identificação de possíveis lacunas temáticas, estudo da dispersão geográfica de informações, dos autores e dos periódicos, além de evidenciar as interconexões estabelecidas entre autores, países e palavras-chave. Ademais, as análises métricas desempenham um papel estratégico na tomada de decisão, facilitando a identificação de oportunidades de parcerias com outros pesquisadores, locais para intercâmbio, bem como, norteando investimentos em pesquisas científicas de universidades e agências de fomento.

A Cientometria e a Bibliometria representam estudos métricos amplamente reconhecidos dentro do campo da Ciência da Informação, desempenhando um papel estratégico na ação dos bibliotecários em mediar informações especializadas. “Cientometria é definida como o estudo da mensuração e quantificação do progresso científico, estando a pesquisa baseada em indicadores bibliométricos.” (Silva; Bianchi, 2001, p. 5). A Bibliometria, por sua vez, é a área do conhecimento que faz uso de métodos matemáticos e estatísticos para a construção de índices com objetivo de mensurar a produção e disseminação do conhecimento científico. Tem-se como parâmetros observáveis publicações, autores, palavras-chave, citações e periódicos. Araújo (2006, p. 13) apud Figueiredo (1977) afirma que “a bibliometria desde sua origem é marcada por uma dupla preocupação: a análise da produção científica e a busca de benefícios práticos imediatos para bibliotecas (desenvolvimento de coleções, gestão de serviços bibliotecários).”

Segundo Guedes (2012), as principais leis da bibliometria são: a Lei de Brandford (produtividade de periódicos), que permite estimar o grau de relevância de um periódico em determinada área do conhecimento; Lei de Lotka (produtividade científica de autores), considera que poucos pesquisadores produzem muito e muitos pesquisadores produzem pouco; Leis de Zipf (frequência de palavras), permite estimar as frequências de ocorrência das palavras de um determinado texto científico.

Em campos interdisciplinares e multi-aplicados, o estudo das métricas na pesquisa científica é de grande importância para uma comunicação eficaz e acompanhamento de tendências emergentes, assim propiciando inovação mesmo em áreas com vasta produção científica. Além de otimizar recursos financeiros e temporais, permitindo uma alocação mais eficiente de esforços e investimentos na pesquisa.

No presente trabalho será analisada, sob uma perspectiva bibliométrica, a produção científica na área do Processamento Digital de Imagem (PDI). “O campo do processamento digital de imagens se refere ao processamento de imagens digitais por um computador digital.” (Gonzales e Woods, 2000, p. 1). Conforme De Queiroz e Gomes (2001), o processamento digital de imagem é uma atividade complexa, em outras palavras, com várias etapas interconectadas, iniciada pela aquisição ou captura de imagens, seguida pela digitalização que consiste na representação em duas ou mais dimensões, o pré-processamento composto por filtragem e correções, para então iniciar o processamento, bem como, os processos que o compõem.

Nesta investigação, as análises de bibliométricas que serão realizadas por meio do pacote *Bibliometrix*, que fornece um conjunto de ferramentas para pesquisa quantitativa em bibliometria e cienciometria, o pacote foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação R, com o intuito de ser executado no software homônimo para computação estatística e gráfica.

A base de dados usada para desenvolvimento da pesquisa será a Clarivate Analytics Web of Science, na qual as informações obtidas terão um recorte temporal de 2017 a 2023, passarão por uma análise descritiva das informações objetivando a primeira caracterização dos dados e posterior aplicação das técnicas bibliométrica. Nesse contexto, é de interesse averiguar: Qual o estado da arte do Processamento digital de imagem? Ou seja, como está caracterizada atualmente produção científica na área.

Este estudo tem como objetivo geral analisar o estado da arte do Processamento Digital de Imagens por meio do mapeamento da produção científica indexada na Web of Science no período de 2017 a 2023. Apresenta ainda, os seguintes objetivos específicos:

- Desenvolver uma estratégia de busca para identificar estudos relevantes na área de PDI disponíveis na Clarivate Analytics Web of Science.
- Realizar uma análise descritiva dos dados obtidos para caracterizar a produção científica na área durante o período de 2017 a 2023.
- Explorar a distribuição geográfica dos estudos científicos sobre Processamento Digital de Imagens para compreender a diversidade e alcance global dessas pesquisas.
- Apontar autores de destaque, visando compreender e reconhecer suas influências e impactos no campo de interesse.
- Identificar as palavras-chave mais frequentemente, proporcionando insights sobre os temas mais relevantes nesse campo de pesquisa.

### **1.1 Justificativa**

A mensuração desempenha um papel fundamental em todas as áreas científicas, incluindo a Biblioteconomia e a Ciência da Informação. É essencial quantificar e analisar a produção científica para compreender as estruturas e interações realizadas nos campos de interesse ao longo do tempo. A Bibliometria surge como um valioso instrumento nesse sentido, permitindo a caracterização da produção científica em áreas específicas do conhecimento, bem como, desempenhando um papel estratégico no desenvolvimento de políticas e diretrizes científicas.

O Processamento Digital de Imagens, interesse de estudo da presente pesquisa, exerce influência significativa em diversas áreas do conhecimento. Suas aplicações abrangem desde a astronomia até a microbiologia, impactando de maneiras diversas os setores da sociedade. Visto que a área possibilita diagnósticos médicos mais precisos, melhorias de imagens de microrganismo servindo de suporte à indústria farmacêutica, além de ter um importante uso no estudo de imagens climáticas e previsão de desastres naturais. Outrossim, este campo multidisciplinar engloba pesquisadores de diferentes áreas, incluindo cientistas da computação, engenheiros, matemáticos, estatísticos, físicos, entre outros.

Logo, os estudos bibliométricos voltados para essa área do conhecimento, tem capacidade de impactar pesquisadores de múltiplos campos de estudo, atuando em prol do acesso à informação, e divulgação do progresso da ciência. As análises bibliométricas não apenas beneficiam os estudiosos, mas também incentivam avanços que possam ter um impacto positivo na sociedade.

A Clarivate Analytics Web of Science, base escolhida para o estudo, possui quase 1,9 bilhão de referência citadas em mais de 171 milhões de registros e mais de 9.000 instituições acadêmicas, corporativas e governamentais, de acordo com informações fornecidas pela mesma. Essa base apresenta um caráter multidisciplinar, aspecto crucial para esta pesquisa, dado que o PDI abrange uma variedade de áreas do conhecimento.

O software em questão é o *R Project for Statistical Computing*, conhecido como *R*, escolhido por ser uma plataforma de código aberto que oferece uma extensa gama de ferramentas para análise de dados. Entre elas está o pacote Bibliometrix, um conjunto de ferramentas bibliométricas que será empregado neste estudo. Além disso, o programa permite a programação em linguagem R, o que viabiliza a realização de análises não contempladas pelo pacote mencionado.

O presente estudo foi estruturado em seis seções: Introdução, composta pela contextualização temática e estrutural do trabalho; O Processamento Digital de Imagens, que apresenta os princípios, o histórico e os procedimentos da área; Imagem digital, a qual discorre sobre o objeto de estudo do PDI, seus conceitos e aplicações na área estudada; Metodologia, onde é detalhada a tipologia da pesquisa, técnicas aplicadas e a ferramenta utilizada; Resultados, construída a partir dos dados obtidos e suas respectivas análises; e Considerações finais, que dispões dos entendimentos adquiridos ao longo do estudo.

## 2 O PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGEM

O Processamento Digital de Imagens (PDI) é uma área complexa e de múltiplas aplicações, como astronomia, medicina, agronomia, segurança, robótica, entre outros. O objeto de estudo da área supracitada é a imagem digital e os processos relativos à mesma, desde sua aquisição. Assim, o campo de estudo em questão fornece as ferramentas necessárias para compreender e explorar o potencial das imagens digitais. Além disso, o domínio de estudo se relaciona de maneira muito próxima com áreas como: Processamento digital de sinais; Análise de imagens; Visão computacional; e Inteligência artificial.

De acordo com Pedrini e Schwartz (2008, p. 1), o processamento digital de imagens consiste “em um conjunto de técnicas para capturar, representar e transformar imagens com auxílio de computador”. Outrossim Gonzales e Woods (2000), denota o PDI como processos realizados por computador digital, cuja entrada e saída são imagens, os quais envolvem a extração de atributos e também incluem o reconhecimento de objetos individuais. Por conseguinte, tem-se que o computador digital é equipamento indispensável à área em questão, a qual é formada por processos de manipulação e representação de imagens digital, como realce, correção de iluminação e redução de ruídos, entre outros.

Conforme Gonzales e Woods (2000), é possível dividir as aplicações do domínio de interesse em duas grandes categorias, os autores afirmam que,

“O interesse em métodos de processamento de imagens digitais decorre de duas áreas principais de aplicação: melhoria de informação visual para a interpretação humana e o processamento de dados de cenas para percepção automática através de máquinas.” (Gonzales; Woods, 2000, p.1)

Ou seja, a primeira categoria refere-se à melhoria da qualidade das imagens para torná-las mais nítidas, claras e compreensíveis para o olho humano, objetivando a extração de informações pelo ser humano. No que concerne à segunda categoria, tange a “leitura” de imagem por máquina através de sua transformação em dados, em funções que permitam a identificação imagética possibilitando a extração informação neste caso por máquina. Marques Filho e Vieira Neto (1999) e Russ e Neal (2016), ressaltam também a finalidade do processamento digital de imagens para o aprimoramento de imagem objetivando a interpretação por humanos ou máquinas.

De acordo com Russ e Neal (2016), o processamento digital de imagens é responsável por preparar a imagem para medição e análise. Comumente, o processamento digital de imagens prepara a imagem digital para atuação das áreas de análise de imagens, e de visão

computacional, atuando como fundamento para os domínios em questão. A natureza colaborativa entre os campos de estudo desenvolve relações que não possuem uma delimitação rígida entre si. Embora, definições de processos de baixo, médio e alto nível, podem trazer direcionamentos ainda que pouco consistentes para o estabelecimento dessas fronteiras entre as áreas, considerando que não há consenso entre autores.

Gonzales e Woods (2000), aponta operações primitivas como realce de imagem, redução de ruído e aguçamento de imagens como processos de baixo nível, tendo como entrada e saída imagens, sendo essa característica do processamento digital de imagens. Já os processos de nível médio, caracterizados por tarefas como segmentação e classificação (reconhecimento) de objetos individuais, a entrada é uma imagem e a saída são atributos da imagem. Nos processos de significação da imagem, os quais se aproximam da capacidade de processamento humano, âmbito da visão computacional, são apontados pelo autor como processos de alto nível. É pertinente destacar, que o PDI envolve processos de baixo e alguns médio nível se sobrepondo a análise de imagens.

Entretanto, Pedrini e Schwartz (2008) apontam a atividade de segmentação como um processo de alto nível, estabelece também o processamento digital de imagens e análise de imagem como tarefas da visão computacional, de baixo e alto nível, respectivamente. Torna-se evidente que nem mesmo a definição de níveis dos processos são de aquiescência entre os autores. Em geral, a determinação do nível de um processo é baseada nos componentes envolvidos em sua construção, isto é, na medida da complexidade incorporada.

A compreensão do desenvolvimento histórico do domínio em estudo fornece contribuições consideráveis à elaboração de definições e à delimitação conceitual dessa área.

## **2.1 Uma Breve História**

A aplicação de imagens digitais antecede o Processamento Digital de Imagens. Os primeiros registros de uso de imagens digitais não foram conduzidos por meio de um computador digital, logo não considerado, por definição, aplicações da área supracitada. “O processamento digital de imagens digitais envolve procedimentos normalmente expressos sob forma algorítmica” (Marques Filho e Vieira Neto, 1999, p. 3), o desenvolvimento do campo relaciona-se com o avanço da tecnologia computacional, uma vez que a imagem digital demanda capacidade substancial de processamento e armazenamento.

Os primeiros registros da aplicação de imagens digitais, conforme Marques Filho e Vieira Neto (1999) e Gonzales e Woods (2000), tiveram lugar na indústria jornalística durante

o início da década de 1920, ocorreram com a utilização do sistema Bartlane, que possibilitou a transmissão de imagens por meio de cabos submarinos. Nesse contexto, uma fotografia foi enviada do Atlântico de Londres para Nova York. A imagem foi submetida a um processo de codificação, transmissão e posterior reconstrução no ponto de recebimento. Inicialmente, as imagens eram representadas com apenas cinco níveis de cinza, conforme ilustrado na Figura 1. Posteriormente, em 1929, as imagens digitalizadas já apresentavam maior nível de detalhes, com a utilização de 15 níveis de cinza, como pode ser observado na Figura 2.

**Figura 1** - Imagem transmitida por cabo submarino em 1921, com 5 níveis de cinza



Fonte: Gonzales e Woods (2000, p. 2)

**Figura 2** - Fotografia dos generais Pershing e Foch por cabo em 1929, com 15 níveis de cinza



Fonte: Gonzales e Woods (2000, p. 3)

De acordo com Gonzalez e Woods (2000), os computadores como conhecemos hoje surgiram a partir de dois conceitos chaves, aos quais configuram os fundamentos da CPU

(Central Processing Unit), a memória para armazenamento de programa e dados, e a ramificação condicional, propostos na década de 1940 por John von Neumann, entretanto, somente em 1960 foram desenvolvidos computadores com capacidade suficiente para realizar atividades significativas de processamento de imagem digital, pois as imagens digitais necessitam de alta capacidade de armazenamento e desempenho computacional.

É válido ressaltar que a área foi impulsionada pelo o início do programa espacial americano com o desenvolvimento com computadores de grande porte.

“O uso de técnicas computacionais de aprimoramento de imagens teve início no Jet Propulsion Laboratory (Pasadena, California - EUA)<sup>1</sup> em 1964, quando imagens da lua transmitidas por uma sonda Ranger<sup>2</sup> eram processadas por computador para corrigir vários tipos de distorção inerentes à câmera de TV acoplada à sonda.”(Marques Filho; Vieira Neto, 1999, p. 1)

O desenvolvimento de linguagens de programação de alto nível, sistemas operacionais, circuitos integrados e a miniaturização dos componentes dos computadores digitais nas décadas de 1950 e 1960, juntamente com a integração em larga escala e o advento dos primeiros computadores pessoais nas décadas de 1970 e 1980, desempenharam um papel crucial no avanço e na diversificação das aplicações do PDI, valendo o destaque para as aplicações na astronomia e na medicina, nas décadas de 60 e 70, respectivamente.

O desenvolvimento contínuo dos computadores digitais continua a desempenhar um papel fundamental na expansão e no aprimoramento do campo de estudo. Essa sinergia entre tecnologia de computadores digitais e processamento de imagens tem resultado em inovações significativas em diversas áreas, proporcionando uma base sólida para avanços futuros.

## **2.2 Procedimentos do Processamento Digital de Imagens**

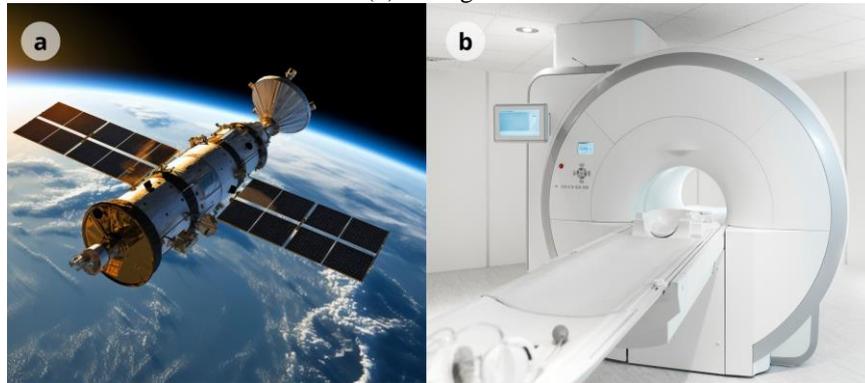
O PDI consiste em várias etapas que se iniciam com a aquisição da imagem. Embora algumas imagens passem por todos os processos, não é uma regra geral. Os procedimentos pelos quais a imagem digital irá passar, dependem principalmente da destinação, do uso que será feito da imagem. Em outras palavras, os procedimentos adotados são regidos pelo objetivo que se deseja alcançar ao realizar o processamento da imagem digital.

Conforme Pedrini e Schwartz (2008), um sistema de processamento de imagens é constituído por cinco etapas principais: Aquisição; Pré-processamento; Segmentação; Representação e Descrição; Reconhecimento e Interpretação. Com relação às etapas ou procedimentos do PDI, existem pequenas divergências entre autores, quanto à nomenclatura e

organização dos processos, entretanto, o que é realizado nos mesmos é semelhante, ainda que sejam denominados de maneiras diferentes. As cinco etapas citadas serão norteadoras da presente seção.

A aquisição é a etapa de captura ou recebimento da imagem, no procedimento em questão a imagem pode ser captada por dispositivo ou sensor, por exemplo, scanner, câmera de vídeo, tomógrafo ou satélite, e é convertida de imagem analógica para imagem digital (o processo de conversão será melhor esclarecido na seção 3, onde será abordada a imagem digital), ou simplesmente recebida em formato digital. (Marques Filho e Vieira Neto, 1999; Pedrini e Schwartz, 2008; Gonzalez e Woods, 2000) A Figura 3 apresenta dois equipamentos de aquisição de imagens, demonstrando a diversidade de tais instrumentos.

**Figura 3** - Equipamentos de aquisição de imagens digitais. (a) Satélite e (b) Tomógrafo



Fonte: Compilação do autor<sup>1</sup> (2023)

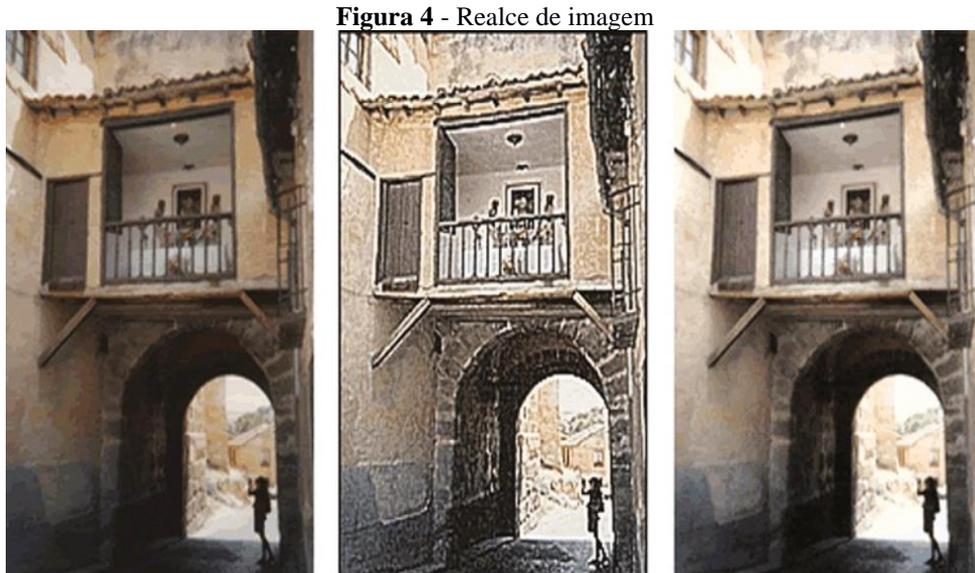
A imagem digital oriunda da etapa de aquisição pode conter algumas inexatidões, originadas da conversão, do ambiente físico o qual a imagem foi capturada ou do equipamento usado. Assim, o pré-processamento objetiva a melhoria da imagem obtida através de processos considerados de baixo nível, como redução de ruídos, correção de contraste ou brilho, bem como suavização de certas propriedades de imagens. (Marques Filho e Vieira Neto, 1999; Pedrini e Schwartz, 2008)

A Figura 4, exemplifica a atuação do realce de imagem. Com a imagem original à esquerda, no centro o realce dos detalhes e a direita a imagem melhorada, as técnicas aplicadas

<sup>1</sup>Compilação a de equipamentos de aquisição, imagens do freepik: [https://br.freepik.com/fotos-gratis/terra-vista-do-espaco\\_47990978.htm#query=satelite&position=0&from\\_view=search&track=sph&uuid=36b0b846-b1e1-4725-a531-cb1e57cdbf16](https://br.freepik.com/fotos-gratis/terra-vista-do-espaco_47990978.htm#query=satelite&position=0&from_view=search&track=sph&uuid=36b0b846-b1e1-4725-a531-cb1e57cdbf16)

[https://br.freepik.com/fotos-gratis/sala-de-maquinas-de-tomografia-computadorizada-de-alto-angulo\\_24482132.htm#query=tomografo&position=2&from\\_view=search&track=sph&uuid=002a43f1-243d-46b7-a88d-6ac964d6f9d6](https://br.freepik.com/fotos-gratis/sala-de-maquinas-de-tomografia-computadorizada-de-alto-angulo_24482132.htm#query=tomografo&position=2&from_view=search&track=sph&uuid=002a43f1-243d-46b7-a88d-6ac964d6f9d6)>Freepik</a>

nesse processo não serão discutidas neste trabalho. Entretanto, é importante visualizar as melhorias geradas a partir do realce de imagem.

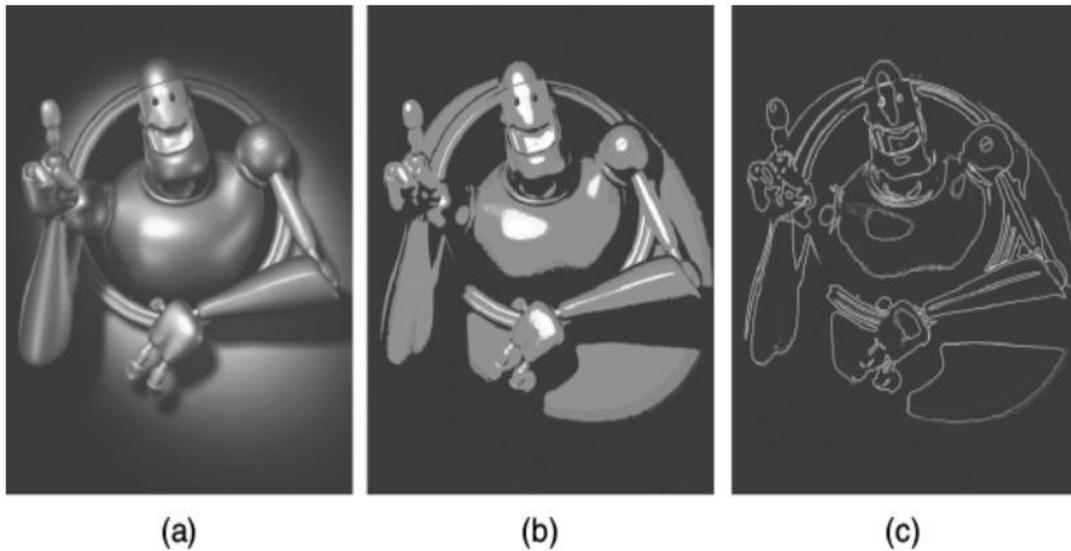


Fonte: Azevedo, Conci e Leta (2022, p. 213)

Em contrapartida, Gonzalez e Woods (2000), apresentaram dois procedimentos de melhoria da imagem: o realce de imagem; e a restauração de imagem. O realce de imagem, tem um caráter humano subjetivo do que é uma boa imagem, assim, a melhoria da imagem depende do propósito ao qual ela se destina. Diferente do realce, a restauração da imagem baseia suas técnicas em modelos matemáticos ou probabilísticos, trata-se ainda da melhoria da imagem para um determinado objetivo, mas de forma menos subjetiva. Podem ser associadas, respectivamente, à melhoria para observação humana e à melhoria para interpretação por máquina.

Os procedimentos de realce e restauração, bem como, o pré-processamento têm o mesmo objetivo, a melhoria da imagem como um fim ou como preparação para processos subsequentes. A segmentação é o procedimento de dividir a imagem em partes significativas, extrai e identifica áreas de interesse da aplicação, detecção de descontinuidade (borda) e similaridades (regiões), a precisão da segmentação afeta diretamente o processamento, quanto mais precisa, maiores as chances de sucesso na identificação de objetos. (Marques Filho e Vieira Neto, 1999; Pedrini e Schwartz, 2008) A Figura 5 ilustra dois tipos de segmentação, a por cores, constituída a partir da identificação de similaridades, e a realizada por meio da detecção de bordas.

**Figura 5** - Segmentação por cores (b) e em bordas (c)



Fonte: Azevedo, Conci e Leta (2022, p. 213 )

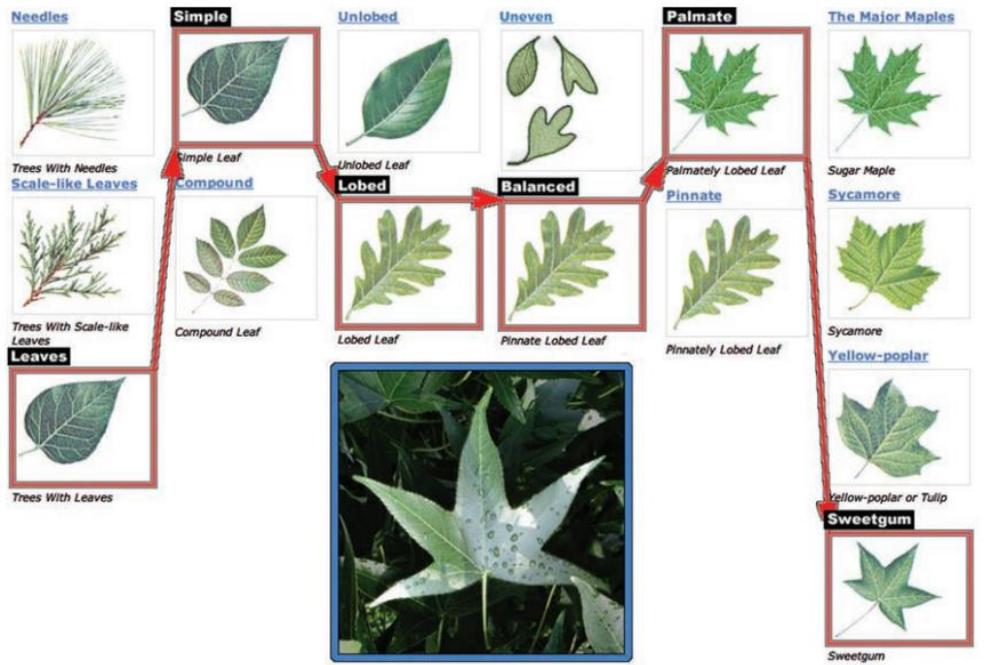
Com base no resultado da segmentação, avançamos para a etapa de representação e descrição. A representação, armazena e manipula os objetos extraídos da imagem, os quais demandam a determinação da forma de representação a ser adotada, seja por meio de fronteiras ou por regiões.

“A representação por fronteira é apropriada quando o interesse se concentra nas características externas de forma, como vértices e pontos de inflexão. A representação por região é apropriada quando o foco é direcionado às propriedades internas do objeto, como a textura ou a forma do esqueleto. (Gonzales; Woods, 2000, p. 17)

A decisão quanto ao uso da forma de representação, está vinculado ao objetivo do processo, ou seja, a aplicação a qual a imagem se destina. A descrição atribui descritores objetivando diferenciar classes de objetos, partindo da extração de características capazes de fazerem tais distinções. Com base na descrição, o procedimento de reconhecimento ou classificação se encarrega de associar etiquetas ou categorias aos elementos presentes na imagem, utilizando-se de descritores. (Pedrini e Schwartz, 2008; Gonzalez e Woods, 2000)

A Figura 6 ilustra o processo de reconhecimento ou classificação, permitindo observar a trajetória delineada para a classificação da folha conforme a árvore à qual pertence. O processo abrange desde a identificação inicial da imagem como uma folha até a determinação específica de ser uma folha de Sweetgum.

Figura 6 - Identificação de folhas



Fonte: Russ e Neal (2016, p. 637)

### 3 IMAGEM DIGITAL

A imagem digital é o objeto de estudo do processamento digital de imagens, portanto, sua compreensão é imprescindível para a construção da base teórica que sustenta esse domínio. A imagem digital pode ser concebida como um sinal. “Sinais são informações que podem ser transmitidas ou processadas.” (Nalon, 2013, p. 4) Conforme Pedrini e Schwartz (2008, p.13), "um sinal é uma manifestação de um fenômeno que pode ser expresso de forma quantitativa". Portanto, um sinal expressa um fenômeno natural por meio de uma representação matemática, dotada de informações que podem ser transmitidas ou processadas.

Os sinais podem ser contínuos ou discretos, classificados como analógicos ou digitais. Os sinais analógicos são representados por funções contínuas, e transmitem informação em cada instante de tempo, tais sinais não podem ser representados, nem tratados adequadamente pelo processamento digital. Já os sinais digitais, podem assumir apenas valores discretos. (Nalon, 2013; Pedrini e Schwartz, 2008) Assim, ao encararmos a imagem como um sinal, torna-se imprescindível a definição da mesma de forma quantitativa e a realização da conversão da representação analógica para digital, a fim de possibilitar o processamento adequado.

Uma imagem digital pode ser definida como uma função da intensidade luminosa bidimensional  $f(x, y)$ , onde  $(x, y)$  são coordenadas espaciais que fornecem intensidade ou brilho no plano. As variáveis  $x$  e  $y$  possuem valores finitos e discretos. A função  $f(x, y)$  é o produto de dois fatores, a função de iluminância, quantidade de luz que incide no objeto,  $i(x, y)$ , e a função de refletância, a quantidade de luz refletida pelo objeto,  $r(x, y)$ . (Azevedo, Conci e Leta, 2022; Marques Filho e Vieira Neto, 1999; Pedrini e Schwartz, 2008; Gonzalez e Woods, 2000) Ou seja, sendo denotada da seguinte forma:

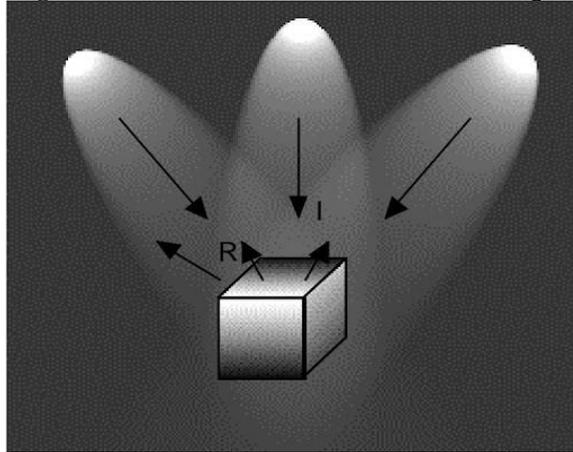
$$f(x, y) = i(x, y) r(x, y) \quad (1)$$

onde,

$$0 < i(x, y) < \infty \quad (1.1)$$

$$0 < r(x, y) < 1 \quad (1.2)$$

A Figura 7 ilustra os componentes da função 1, iluminância (I) e refletância (R), a imagem visa facilitar a construção imagética da função em questão.

**Figura 7** - Iluminância e refletância de uma imagem

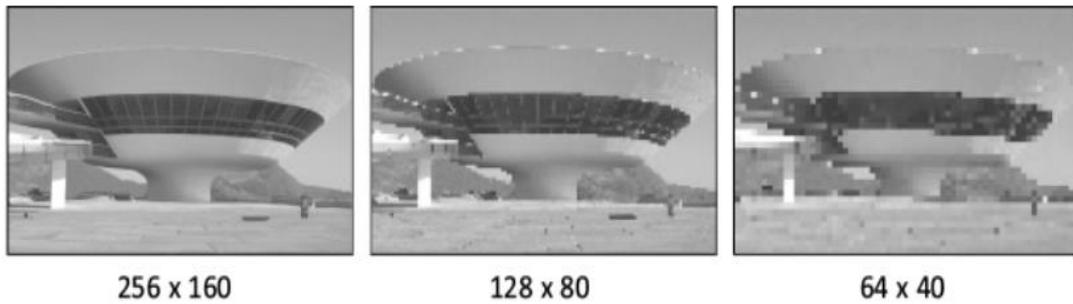
Fonte: Marques Filho e Vieira Neto (1999, p. 20)

Na aquisição, a maioria dos sensores capta a imagem de forma contínua, logo, a imagem precisa ser discretizada para se tornar uma imagem digital. A digitalização ou discretização é o “processo de conversão da imagem na forma contínua em uma representação discreta” (Azevedo; Conci; Leta, 2022, p. 91). O processo anteriormente citado é composto por duas etapas basilares: a amostragem e a quantização.

A amostragem é um processo estatístico de extração de amostra para representar um domínio, tal técnica aplicada ao PDI, permite que a imagem analógica, sinal contínuo, seja representada de maneira discreta. Na prática, a imagem é convertida em uma matriz  $M$  por  $N$ , onde cada elemento é denominado Pixel. Conforme Gonzalez e Woods (2000, p. 36), a matriz pode ser expressa da seguinte forma:

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & \cdots & f(0, N - 1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f(M - 1, 0) & \cdots & f(M - 1, N - 1) \end{bmatrix} \quad (2)$$

Amostragem está associada à resolução das imagens digitais, quanto mais pontos  $(x, y)$ , maior o detalhamento da imagem e mais espaço de armazenamento a mesma ocupa. (Azevedo, Conci e Leta, 2022) Na Figura 5 é possível perceber o impacto da resolução, consequentemente da amostragem, na visualização da imagem, quanto maior a resolução mais nítida e mais detalhes a imagem apresenta.

**Figura 8 - Resolução de imagem**

Fonte: Azevedo, Conci e Leta (2022, p. 76)

A outra etapa da digitalização é a quantização, ela “faz com que cada um destes pixels assumam um valor inteiro, na faixa de 0 a  $2^n - 1$ . Quanto maior o valor de  $n$ , maior o número de níveis de cinza presentes na imagem digitalizada” (Azevedo; Conci; Leta, 2022, p. 91) Assim, as imagens contínuas (analógicas) passam a ser discretas (digitais) tornando possível o processamento adequado das mesmas.

### 3.1 Imagens Binárias Monocromáticas e Coloridas

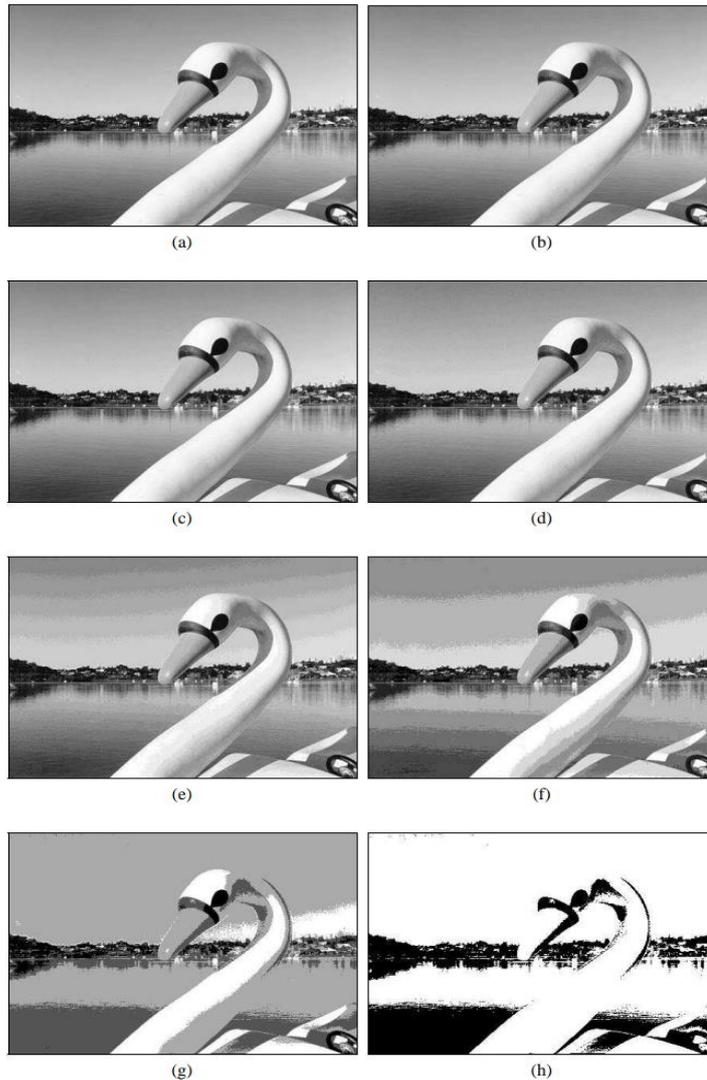
A imagem digital é formada por pixels, o menor elemento da imagem, ou cada elemento da matriz de amostragem. No processo de quantização os pixels recebem níveis de intensidades ou níveis de cinza nas imagens monocromáticas. As imagens digitais podem ser: binárias, com dois níveis de intensidade; monocromáticas, com vários níveis de intensidade ou níveis de cinza; ou coloridas, com vários canais de cor ou múltiplas bandas, onde cada pixel tem um nível de intensidade para cada canal de cor.

O nível de cinza, em cada pixel de uma imagem monocromática é representado por  $L$  definido no intervalo de  $L_{min} \leq L \leq L_{max}$ , onde  $L_{min}$  e  $L_{max}$  assumem valores positivos e finitos. Assim, a escala de cinza, ou seja, os níveis de cinza em uma determinada imagem são estabelecidos no seguinte intervalo  $[L_{min}, L_{max}]$ , tal intervalo é comumente definido no domínio dos números inteiros  $[0, W)$ , onde  $W$  normalmente é uma potência inteira de 2. Ainda nesse contexto, o pixel preto assume  $L = 0$  e o pixel branco  $L = W - 1$ . (Marques Filho e Vieira Neto, 1999)

“Imagens monocromáticas são imagens digitais nas quais cada pixel possui apenas uma banda espectral. As imagens monocromáticas podem ser binárias ou em escala de cinza.” (Azevedo; Conci; Leta, 2022, p. 99) As imagens binárias consistem em pixels que adotam exclusivamente dois valores, geralmente 0 e 1, sendo casos específicos de imagens

monocromáticas com apenas dois níveis de tonalidade. A Figura 6 ilustra uma mesma imagem em diferentes níveis de cinza e a perda de nuances à medida que a escala é reduzida.

**Figura 9** - Imagem em diferentes níveis de cinza 256 (a), 128 (b), 64 (c), 32 (d), 16 (e), 8 (f), 4 (g) e 2 (h)

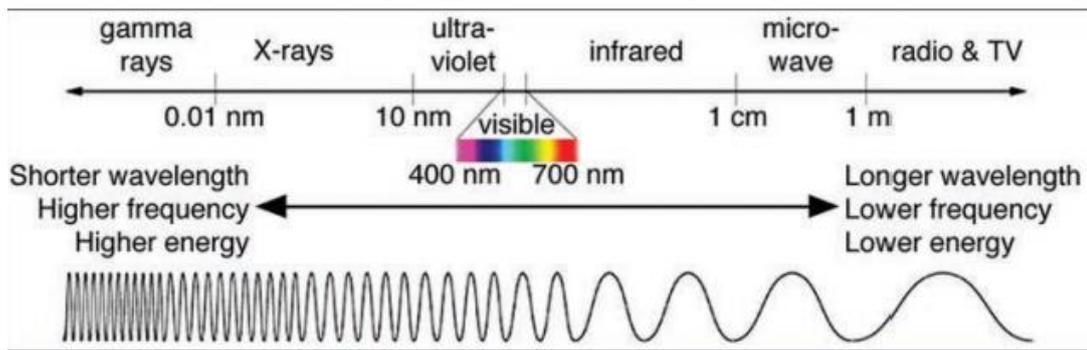


Fonte: Marques Filho e Vieira Neto (1999, p. 24)

“Imagens multibandas são imagens digitais em que cada pixel possui  $n$  bandas espectrais. Quando uma imagem é representada pela composição das três bandas visíveis (RGB) tem-se uma imagem colorida aos olhos humanos.” (Azevedo; Conci; Leta, 2022, p. 101) Enquanto nas imagens monocromáticas cada pixel é um escalar  $L$ , nas imagens coloridas cada pixel assume um vetor  $L_i$ , onde  $L_{min} \leq L_i \leq L_{max}$  e  $i = 1,2,3 \dots n$ . A representação de uma imagem multibanda pode ocorrer como uma sequência de  $n$  imagens monocromáticas, onde cada pixel da imagem formada assume  $L_i$  em cada uma das  $n$  imagens. (Pedrini; Schwartz, 2008)



**Figura 11** - Espectro eletromagnético



Fonte: Russ e Neal (2016, p. 111)

Embora o PDI possua uma vasta gama de aplicações, nesta seção serão destacadas três aplicações envolvendo diferentes áreas do conhecimento: Medicina, Sensoriamento Remoto e Arquivologia.

### 3.2.1 Medicina

O diagnóstico por imagem é realizado por meio de exames como radiografias, ressonâncias magnéticas, tomografias computadorizadas e ultrassonografias. Os exames em questão têm sido amplamente empregados na prática clínica para a investigação, diagnóstico e monitoramento de uma ampla gama de condições médicas, possibilitando uma visualização das estruturas anatômicas e funcionais do corpo humano, tais procedimentos são uma tradicional aplicação do PDI.

A tomografia por emissão de pósitrons (PET) é um dos usos de imagens na medicina nuclear, a aquisição de imagens é realizada por meio da emissão de raios gama, resultantes da desintegração de radioisótopos administrados ao paciente. Esses raios gama são então detectados por sensores especializados formando a imagem. O exame é utilizado na detecção de tumores, a Figura 9 apresenta uma imagem gerada a partir desse tipo de tomografia. (Gonzalez; Woods, 2000)

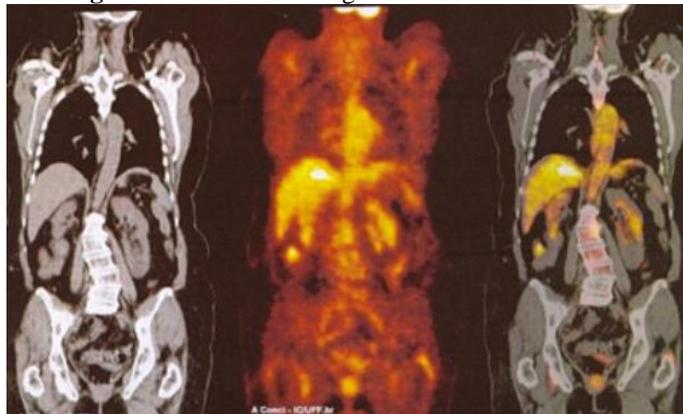
**Figura 12** - Imagem gerada pela tomografia por emissão de pósitrons



Fonte: Gonzalez e Woods (2000, p. 6)

As técnicas empregadas nas imagens médicas incluem estratégias avançadas, como a fusão de imagens, que consiste na combinação e integração de diferentes modalidades de imagem, visando aprimorar a qualidade das imagens obtidas, conseqüentemente, dos diagnósticos. A Figura 10, mostra um exemplo de fusão entre imagens PET e de tomografia computadorizada (CT). À esquerda da figura, é exibida a imagem obtida pela CT, ao centro a imagem do PET e à direita observam-se as imagens resultantes da fusão.

**Figura 13** - Fusão de imagens dos exames CT e PET



Fonte: Azevedo, Conci e Leta (2022, p. 206)

Na obtenção de imagens de vasos sanguíneos, as radiografias por realce de contraste empregam não apenas meios químicos para a geração de contraste com raios X, mas também utilizam técnicas de realce de imagem. Estas técnicas são essenciais para a melhoria da

qualidade visual obtida em exames, como a angiografia, um exemplo de imagem desse tipo pode ser observado na Figura 11. (Gonzalez; Woods, 2000)

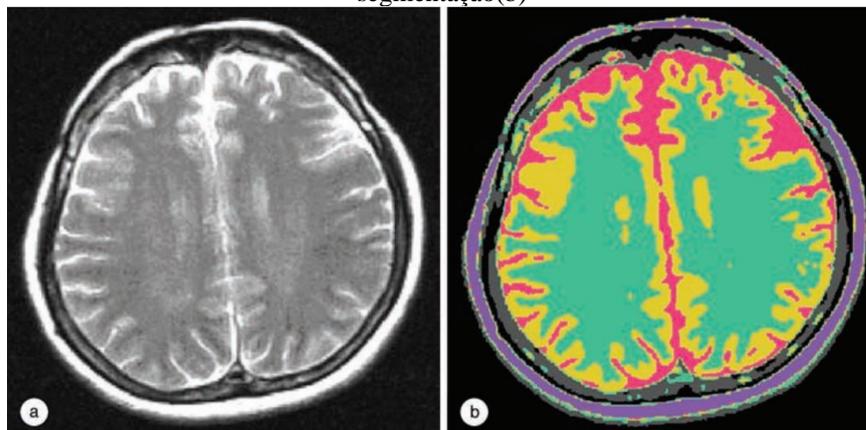
**Figura 14** - Imagem gerada pela angiografia



Fonte: Gonzalez e Woods (2000, p. 7)

A segmentação é amplamente empregada nas imagens médicas, a técnica é empregada para a delimitação de regiões específicas. Na Figura 12, observar-se o processo de segmentação aplicado para definir distintas áreas no cérebro.

**Figura 15** - Imagem gerada por ressonância magnética (a) aplicada técnica de segmentação(b)



Fonte: Russ e Neal (2016, p. 426)

As imagens médicas representam uma área altamente desenvolvida e multifacetada dentro do PDI, abrangendo uma variedade de técnicas aplicadas com refinamento significativo.

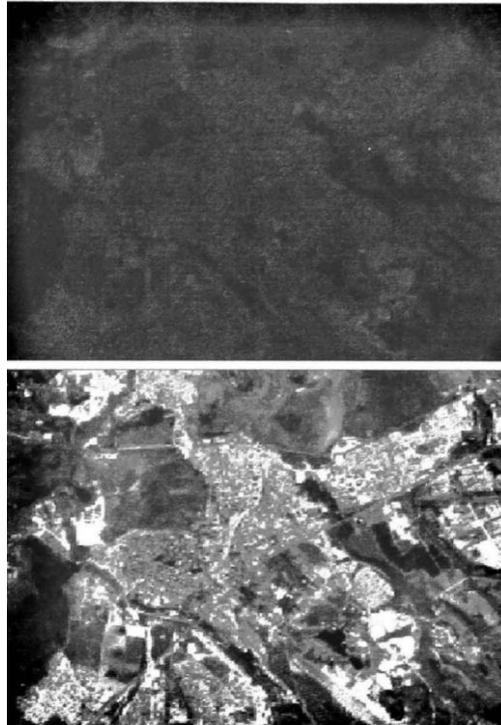
### 3.2.3 Sensoriamento remoto

O sensoriamento remoto objetiva “a aquisição de informações sobre a superfície da terra para mapeamento e avaliação dos recursos terrestre e monitoramento ambiental” (IBGE, 2001, p.13) O mapeamento e monitoramento em questão são conduzidos remotamente, utilizando-se sensores para capturar imagens da superfície da terra. Tais sensores podem ser: satélites, radares, drones, entre outros.

As imagens no sensoriamento remoto (SR) geralmente são multiespectrais, isto é, compostas por bandas pertencente a diferentes faixas do espectro eletromagnético. (Costa,1998) Comumente, as imagens obtidas são submetidas a uma série de procedimentos no âmbito PDI, incluindo etapas como redução de ruídos, realce e segmentação, entre outras técnicas.

De acordo com Costa (1998), a imagem obtida frequentemente possui um número reduzido de níveis de cinza, o que, por conseguinte, dificulta a distinção entre objetos. Portanto, a técnica de realce de contraste se torna necessária para uma melhor visualização, tal aplicação pode ser observada na Figura 13, onde são ilustradas, a imagem original com baixa distinção de objetos (parte superior) e a imagem com a técnica aplicada (parte inferior).

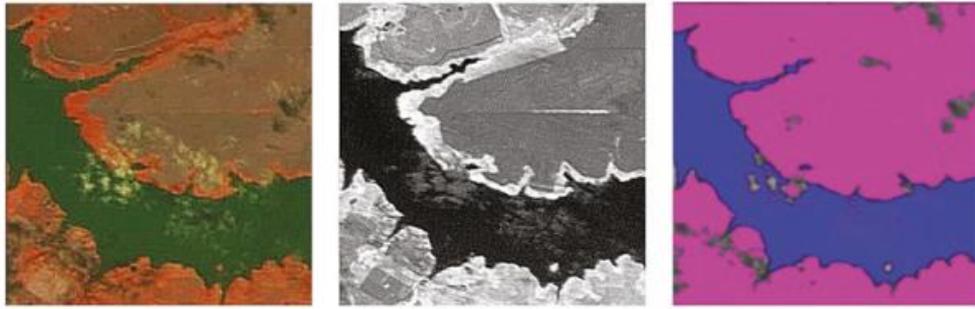
**Figura 16** - Aplicação do realce de contraste



Fonte: Costa (1998, p.20)

A segmentação de imagens no SR permite a delimitação precisa de regiões afetadas por diferentes fenômenos, como áreas secas e áreas inundadas, além de poluição, conforme ilustrado na Figura 14. Na figura, à esquerda é observada a imagem original, no centro a segmentação de áreas secas e inundadas, e à direita segmentação para controle de poluição.

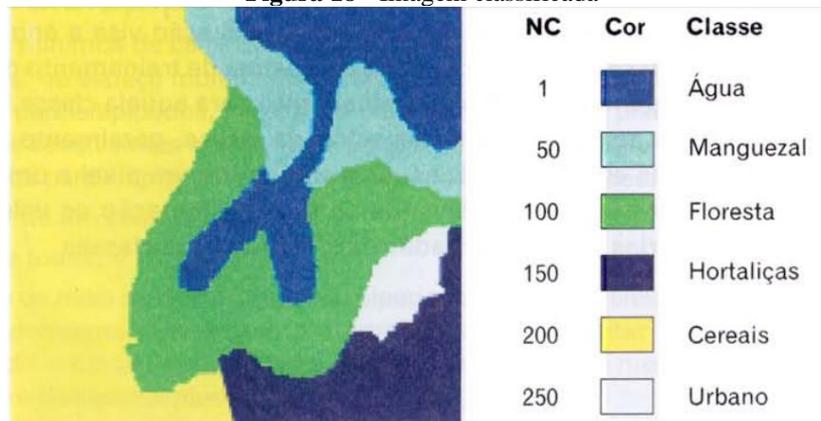
**Figura 17** - Segmentação de áreas inundadas e secas e para controle de poluição



Fonte: Azevedo, Conci e Leta (2022, p. 206)

A segmentação e a subsequente classificação emergem como procedimentos inerentes ao campo do sensoriamento remoto. Na classificação, cada pixel da imagem será associado a um objeto agrupado em classe, no domínio em questão, a classificação é realizada a partir da interação dos materiais e o espectro eletromagnético. (IBGE, 2001) A Figura 15 ilustra a classificação de uma imagem.

**Figura 18** - Imagem classificada



Fonte: IBGE (2001, p.75)

As técnicas de processamento de imagens empregadas no contexto do SR estão intrinsecamente ligadas aos objetivos específicos e ao tipo de sensor utilizado na aquisição da imagem. Trata-se de um campo vasto e diversificado, com inúmeras aplicações que se beneficiam das mais variadas técnicas.

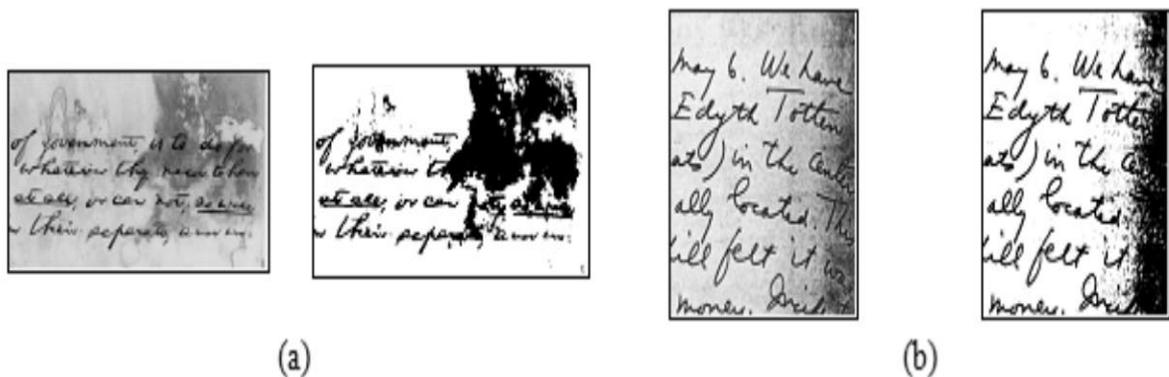
### 3.2.3 Arquivologia

A arquivologia possui grande preocupação com a preservação e a restauração documental, principalmente de documentos históricos. A aplicação do PDI neste contexto proporciona benefícios consideráveis na restauração da informação contida em documentos

antigos que sofreram desgaste decorrente do uso, do tempo, ou foram submetidos a uma conservação inadequada, resultando na deterioração da legibilidade desses registros, ou modificações de características originais, como as cores no caso de documentos coloridos.

De acordo com Mello *et al.* (2013), os principais processos do PDI aplicados a documentos antigos são a binarização, a segmentação e a restauração. Comumente nessa aplicação, o pré-processamento ocorre após a binarização, sendo um ponto muito importante para segmentação, o tratamento das inclinações apresentadas no documento. A binarização, consiste em tornar a imagem binária, preto e branco, usada para destacar o texto (preto) do papel (branco), entretanto, essa técnica pode ser prejudicada pela presença de manchas no papel resultando em uma binarização inadequada (Figura 16). Já a segmentação, possui duas etapas: a segmentação de documento, separação entre texto e o fundo (papel); e a segmentação do texto, separação do texto em linhas, também sendo possível a separação de palavras e caracteres (Figura 18 e Figura 19). A restauração atua na recuperação de cores desbotadas e remoção de manchas (Figura 20).

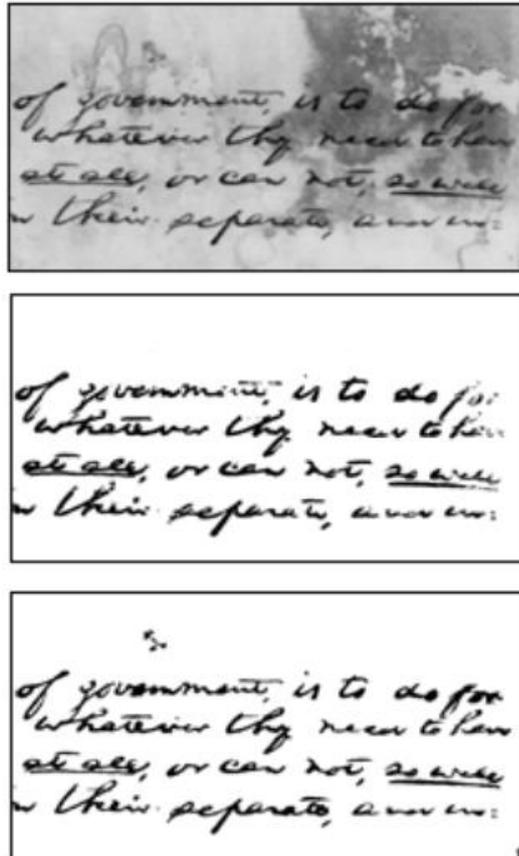
**Figura 19 - Binarização inadequada**



Fonte: Mello et al., 2013, p.4

A Figura 16, mostra aplicação binarização de maneira inadequada, impedindo a legibilidade de partes do documento, enquanto na Figura 17, observa-se o algoritmo sendo empregado de maneira apropriada, destacando o texto e permitindo uma distinção precisa entre o texto e o fundo.

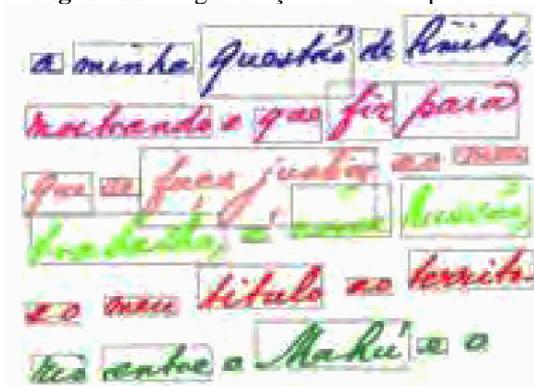
**Figura 20** - Binarização adequada



Fonte: Mello et al., 2013, p.13

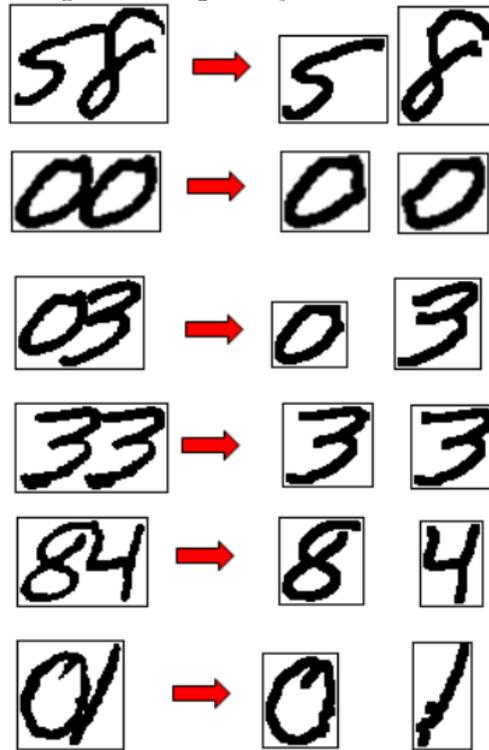
A segmentação de linha e palavra (Figura 18), como também de caracteres (Figura 19) é um importante passo na identificação automática de conteúdos manuscritos.

**Figura 21** - Segmentação de linha e palavras



Fonte: Mello et al., 2013, p.9

Figura 22 - Segmentação de caracteres



.Fonte: Mello et al., 2013, p.9

Figura 23 - Restauração de cores de cartões-postais



.Fonte: Mello et al., 2013, p.13

Considera-se que através das técnicas de PDI aplicadas na área, é possível facilitar a indexação manual, bem como, possibilitar a indexação automática principalmente em grandes acervos documentais, além de descomplicar a consulta proporcionando mais visibilidade. (Bertholdo; Araújo, 2007) Sendo uma contribuição significativa para o avanço da área.

## 4 METODOLOGIA

A presente pesquisa possui natureza básica, objetivando a produção de conhecimento ao mapear a produção científica relativa ao processamento digital de imagens. Será aplicado o método de pesquisa descritiva. “A pesquisa descritiva tem por objetivo descrever as características do objeto que está sendo estudado e proporcionar uma nova visão sobre essa realidade já existente.” (Del-Masso; Cotta; Santos, 2014, p.10) Ou seja, estabelece variáveis para observar os fenômenos e seus comportamentos, descrevendo-os sob uma perspectiva de interesse.

A pesquisa é de caráter quantitativo, destinando-se a mensurar variáveis relevantes para o objetivo do estudo. O método empregado consistirá em uma análise Bibliométrica, onde serão investigados os seguintes aspectos de foco: a distribuição geográfica, bem como as relações entre países; a produtividade dos autores; a distribuição da produção através da lei de Lotka; o levantamento de palavras-chave utilizadas na área, entre outras análises.

O levantamento de dados será realizado através da elaboração e aplicação da expressão de busca na base de dados escolhida a Clarivate Analytics Web Of Science, a escolha da base de dados baseou-se em três fatores: abrangência, a disponibilidade de uma vasta quantidade de materiais sobre o campo de interesse; a multidisciplinaridade, o PDI é uma área multidisciplinar e com aplicações em diversas áreas; e a compatibilidade com o software *R Foundation for Statistical Computing*.

A construção da expressão de busca envolverá termos extraídos da literatura especializada de língua inglesa. Subsequentemente, realizar-se-á um levantamento de vocabulários controlado a fim de verificar os termos extraídos e suas relações de proximidade, objetivando um refinamento dos termos selecionados. Os termos selecionados terão sua relação estabelecida por meio de operadores booleanos (OR, AND, NOT).

O processamento e análise dos dados se dará por meio do software *R*, utilizando principalmente do pacote *Bibliometrix*. Assim, será feita a importação e a conversão dos dados obtidos, e posteriormente, a análise descritiva dos dados, a fim de organizar, resumir e descrever aspectos importantes, bem como, conexões de interesse no campo estudado.

### 4.1 Bibliometria

De acordo com Araújo (2006), a bibliometria é um método quantitativo que busca por uma avaliação objetiva da produção e disseminação do conhecimento científico, a técnica

emprega métodos estatísticos e quantitativos, utilizados na construção e medição de indicadores. Quanto às origens da bibliometria, Santos e Kobashi (2009) afirmam que historiadores franceses consideram Paul Otlet como o criador da bibliometria, já autores anglo-saxônicos atribuem a criação do termo a Pritchard, em substituição ao termo bibliografia estatística.

A bibliometria teve suas raízes, ou seja, o início de sua formação, por volta da primeira metade do século XX. Dessarte, não é uma novidade para a Ciência da informação, pois desde seus primórdios esteve associada a biblioteca, por conseguinte, ao bibliotecário. “A bibliometria foi caracterizada por Pritchard (1969) como conjunto de métodos e técnicas quantitativos para a gestão de bibliotecas e instituições envolvidas com o tratamento de informação.” (Santos; Kobashi, 2009, p.157) Desse modo, fornecendo embasamento necessário, objetivo, e verificável para a tomada de decisão.

Segundo Araújo (2006, p.13) apud. Figueiredo (1977), “a bibliometria desde sua origem é marcada por uma dupla preocupação: a análise da produção científica e a busca de benefícios práticos imediatos para bibliotecas (desenvolvimento de coleções, gestão de serviços bibliotecários),” Desse modo, compreende-se como interesse biblioteconômico o desenvolvimento de diálogos e propostas objetivando explorar os potenciais bibliométricos a fim mitigar ou trazer equilíbrio a tais preocupações.

Para Café e Bräscher (2008), a Bibliometria pode ser definida como um conjunto de leis e princípios aplicados a métodos estatísticos e matemáticos, com o propósito de mapear e analisar a produtividade científica de periódicos, autores e a representação da informação dentro de determinados domínios de conhecimento. As leis clássicas contemplam: a Lei de Lotka, a Lei de Bradford e a Lei de Zipf.

Além das leis citadas anteriormente, existem outros indicadores citados por Soares, Picolli e Casagrande (2018) entre eles estão: a copublicação, investiga a cooperação entre representantes de entidades e países, em pesquisas conjuntas; o número de citações, investiga o impacto dos artigos, dos periódicos e dos pesquisadores em função do número de citações; índice de afinidade, investiga a taxa relativa de trocas científicas (entre países, instituições) por meio de citações; os laços científicos, investiga e mensura a influência de redes entre diferentes comunidades científicas; e a cocitações, investiga o número de vezes que dois ou mais artigos são citados, simultaneamente, num mesmo artigo.

#### 4.1.1 Leis Bibliométricas

Conforme exposto anteriormente, a bibliometria possui três leis clássicas, as quais têm interesse no estudo de diferentes aspectos basilares da produção científica: a lei de Lotka destina-se a o estudo da distribuição entre autores; já a lei de Bradford tem interesse nos periódicos relevantes nas áreas; e a lei de Zipt estuda as palavras dentro de um documento. Segundo Santos e Kobashi (2009), a lei de Lotka (1926), ou Lei do Quadrado Inverso, calcula a produtividade de autores de artigos científicos, a lei postula a hipótese de que a produtividade de autores de artigos científicos segue um padrão no qual um pequeno número de pesquisadores é extremamente produtivo, enquanto uma grande quantidade de cientistas apresenta níveis menores de produtividade. Ou seja, a maior parte da produção científica de uma área é produzida por um pequeno grupo de autores.

“A lei de Bradford (1934), por sua vez, trata da dispersão dos autores em diferentes publicações periódicas. O que lhe interessava, à época, era determinar o núcleo dos periódicos que melhor se concentrassem em determinado tema.” (SANTOS; KOBASHI, 2009, p. 157) Bradford estudou a dispersão dos autores em termos de variáveis de proximidade e afastamento, a lei supracitada fornece informações essenciais para a compra de periódicos no desenvolvimento de coleções e na escolha dos locais de publicação por parte dos pesquisadores, visto que tem capacidade de discriminar os melhores periódicos de cada área.

Por fim, a Lei de Zipf descreve a relação entre as palavras em um texto extenso e a ordem de ocorrência dessas palavras, concluindo que existe uma regularidade no uso das palavras, observando-se que um grupo reduzido de palavras é utilizado com maior frequência. (Araújo, 2006) Em resumo, Lei de Zipf, estuda a frequência das palavras apresentadas em um texto.

Em suma, as três principais leis da bibliometria apresentadas estudam respectivamente a produtividade dos autores, a dispersão dos autores nos periódicos científicos e a frequência das palavras em um texto. Existem uma diversidade de outros indicadores e estudos, inclusive propostos como melhorias a esses. A bibliometria não se encerra nestas três leis clássicas.

## **4.2 R Foundation for Statistical Computing**

O *R* é um software livre para estatística computacional, ou seja, o usuário tem a liberdade de executar, estudar, modificar e melhorar o software, além de uma linguagem de programação baseada em S, uma linguagem de altíssimo nível e um ambiente para análise de dados e gráficos premiada pela Association for Computing Machinery (ACM) em 1998. Ross Ihaka e Robert Gentleman, escreveram inicialmente o *R* no Departamento de Estatística da

Universidade de Auckland em Auckland, Nova Zelândia, e desde 1997 o *R Core Team* é responsável por modificar o arquivo do código-fonte *R*. Embora a linguagem *R* seja a mais usada no software é possível também utilizar procedimentos escritos nas linguagens *C*, *C++* ou *FORTRAN* (Hornik And R Core Team, 2023)

De acordo com Chambers (2020), a linguagem *S* foi criada por pesquisadores de análise de dados do Bell Labs, tal análise de dados reconhecida como precursora da ciência de dados, tanto o *S* quanto o *R* mantiveram seu foco nas necessidades dessa área. Essa relação entre o *R* e a área supracitada foi uma forte influência no crescimento dos usuários e contribuintes de seu desenvolvimento. A estrutura de pacotes configura-se chave para esse crescimento, contendo pacotes disponíveis em vários sites e uma extensa base no arquivo central, Comprehensive R Archive Network (CRAN).

Tal estrutura permitiu o desenvolvimento do pacote *Bibliometrix* para análises bibliométricas, surgido a partir do interesse de Massimo Aria e Corrado Cuccurullo nas pesquisas bibliométricas, a abertura de laboratórios de análise estatística em *R* e workshops apresentados pelos mesmos. O pacote teve sua primeira versão lançada em 2016, *Bibliometrix* release 0.1, atualmente em sua versão 4.0, de responsabilidade da K-Synth, empresa criada na University of Naples Federico II. (Aria; Cuccurullo, 2022)

O *R* é de longa data uma importante ferramenta de análise de dados, bem conhecida pelos cientistas de dados, com a criação do pacote *Bibliometrix* vem se configurando importantíssima ao desenvolvimento da *Bibliometria*, facilitando e tornando mais rápidas as análises, principalmente, com o uso da ferramenta *Biblioshiny* contida no pacote, que fornece uma interface web para o uso.

## 5 RESULTADOS

Inicialmente, foram estabelecidos os termos de busca, os quais foram selecionados com base na revisão da literatura pertinente à área de estudo e nos objetivos delineados para o presente trabalho. Assim, os descritores buscam uma visão abrangente e característica do processamento digital de imagens, ou seja, inclui os termos que dão nome a área e termos de atividade características.

Não foram incluídos nos termos de busca como modelos matemáticos e probabilísticos utilizados na área, pois a inclusão dos termos isoladamente poderia gerar ruídos informacionais, porquanto possuem aplicações em múltiplas áreas, além disso, sua associação a termos que dão nome a área, como “digital image processing” ou “image processing”, não teria efeito prático, pois objetivo do trabalho é mapear produção científica de PDI na base de dados definida, ou seja, uma visão geral da produção. Tais associações somente teriam relevância caso houvesse um interesse específico, por exemplo, trabalhos de PDI que abordam a Transformadas de Fourier.

Para a seleção das palavras-chave, foram pesquisados também vocabulários controlados do domínio de interesse, entretanto somente o Nasa Thesaurus (2012), apresentou alguma relevância ao tema e foi usado para validar a estrutura de construção da expressão de busca. Para melhores resultados, os termos de busca foram selecionados em língua inglesa, idioma nativo da base de dados Clarivate Analytics Web of Science. No Quadro 1 estão apresentados os termos de busca e seu significado em português:

**Quadro 1** - Resumo dos dados obtidos

Termos	Significado
Digital image processing	Processamento digital de imagens
Image processing	Processamento de imagens
Image enhancement	Aprimoramento de imagem
Image filtering	Filtragem de imagem
Image operations	Operações de imagens
Image recognition	Reconhecimento de imagem

**Quadro 1** - Resumo dos dados obtidos

(conclusão)

Termos	Significado
Image compression	Compressão de imagem
Object detection in images	Detecção de objetos em imagens

Fonte: Elaborada pelo autor (2023)

Assim, a expressão de busca foi definida da seguinte forma:

“Digital image processing” OR “Image processing” OR “Image enhancement” OR “Image filtering” OR “Image operations” OR “Object detection in images” OR “Image recognition” OR “Image compression”

A aplicação da expressão de busca gerou, de acordo com a Clarivate Analytics Web of Science (WOS), 91912 resultados para o período 2017 a 2023. O Gráfico 1 ilustra a distribuição dos resultados obtidos entre as categorias estabelecidas pela base de dados. É possível perceber que os resultados destacam áreas de aplicação específicas, como Engenharia Elétrica e Eletrônica, Inteligência Artificial e Tecnologia Fotográfica.

**Gráfico 1** - Distribuição da produção científica nas categorias da Web of Science

Fonte: Gerado pela análise automática do resultado da expressão busca na Clarivate Analytics Web of Science

Devido ao grande volume de dados houve algumas limitações de processamento e análise dos dados. Visto isso, não foram importadas as referências devido à impossibilidade de

seu processamento. Inicialmente, os dados seriam inseridos na ferramenta Biblioshiny, do pacote Bibliometrix, entretanto o volume de dados foi maior do que o suportado pela aplicação, por conseguinte, a análise foi realizada por meio do desenvolvimento de código em linguagem R. Entretanto, o programa também possui algumas limitações quanto ao tamanho dos dados suportados, o que impossibilitou alguns gráficos de coocorrência.

Ao realizar a análise dos dados, foi possível identificar duas inconsistências. A primeira refere-se à quantidade de documentos obtidos durante a análise, onde foram identificados 111.878 documentos após o teste de não duplicidade, valor superior ao apresentado na base de dados. A segunda inconsistência está relacionada ao filtro por ano. Os dados foram inicialmente filtrados no período de 2017 a 2023, entretanto, durante a preparação dos dados, foram identificadas produções referentes a 2024. Isso demandou uma nova filtragem realizada no software R. A quantidade de documentos apresentada anteriormente foi obtida após a aplicação deste novo filtro.

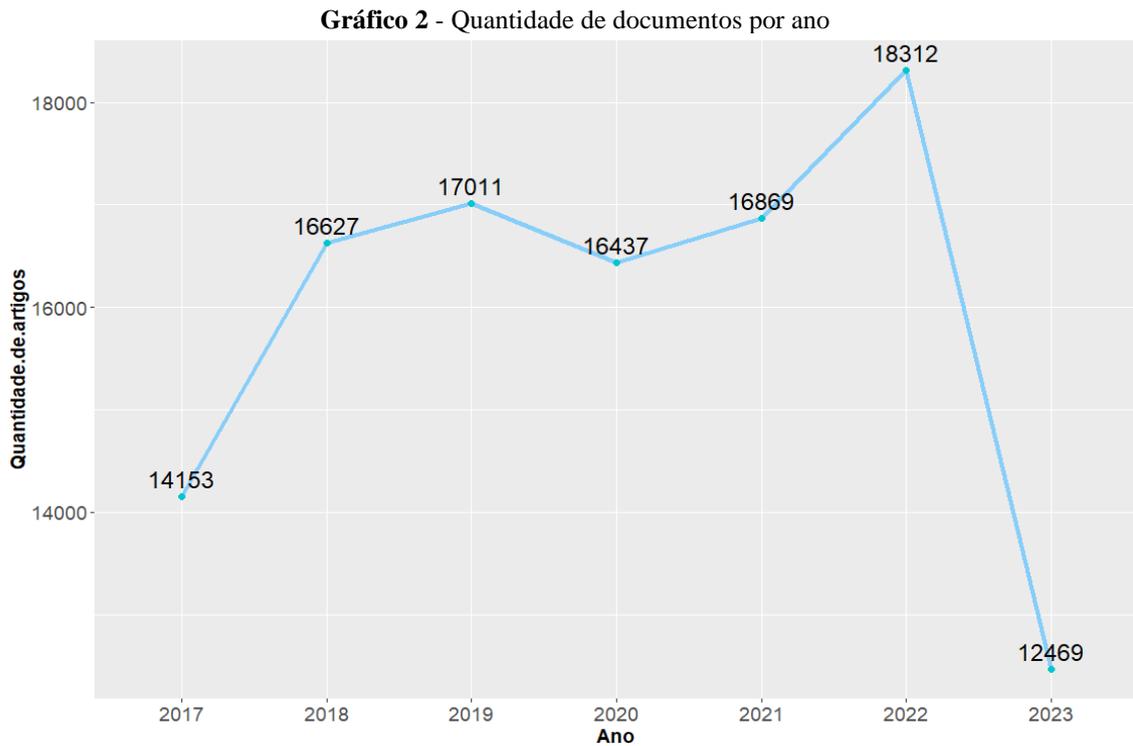
A Tabela 2 é constituída por algumas análises descritivas dos dados obtidos, quantitativos, média ou percentuais de algumas características obtidas.

**Tabela 1** - Resumo dos dados obtidos

Variável	Valores
Quantidade de países	131
Quantidade de documentos	111.878
Quantidade de autores	161.201
Autores de documentos de autoria única	2.711
Documento por autor	0.604
Documentos de autoria única	4.688
Coautores por documento	4,19
Coautorias internacionais (%)	20,06
Média de citação por documento	8,549
Média de citação anual por documentos	1,978

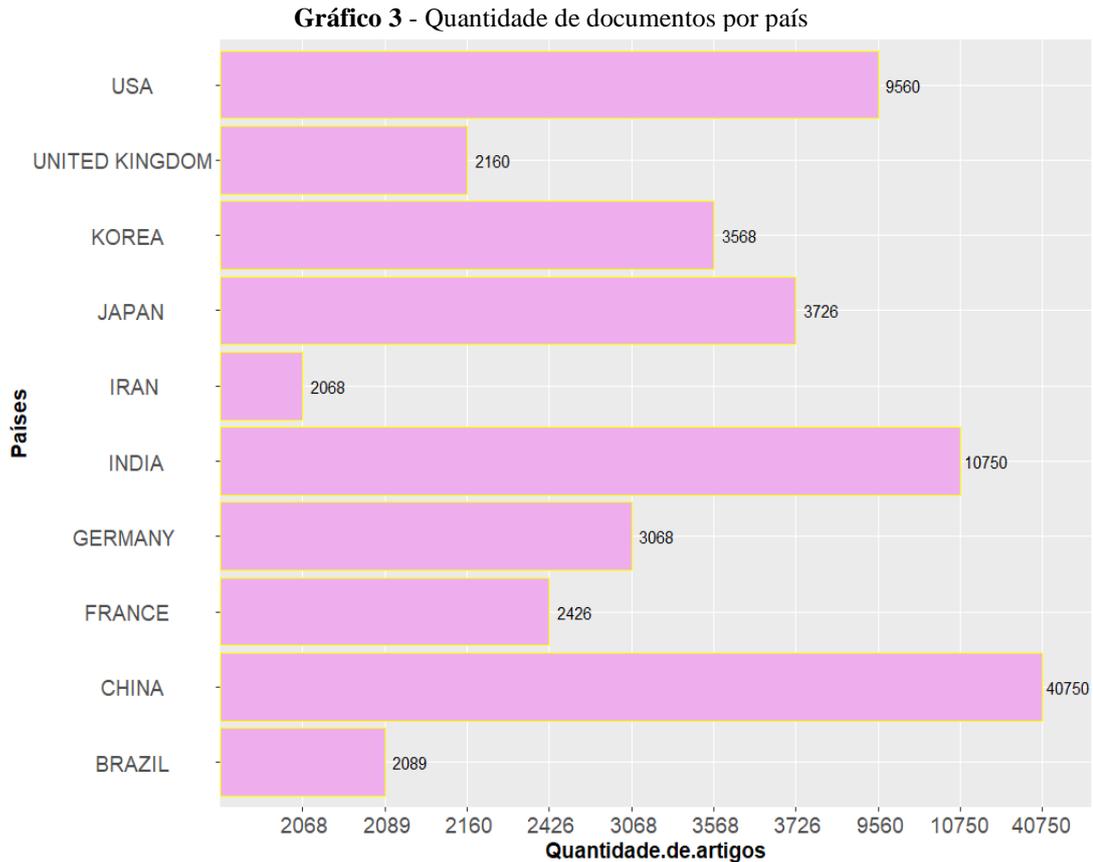
Fonte: Dados de pesquisa (2023)

Um quantitativo interessante de se observar mais atentamente é o percentual de coautoria internacional, 20,06% o valor refere-se à parceria entre autores de países diferentes, o que equivale a aproximadamente 22.443 documentos com cooperação entre países. Outro ponto a se atentar são documentos de autoria única que representam cerca de 2,42% da massa documental.



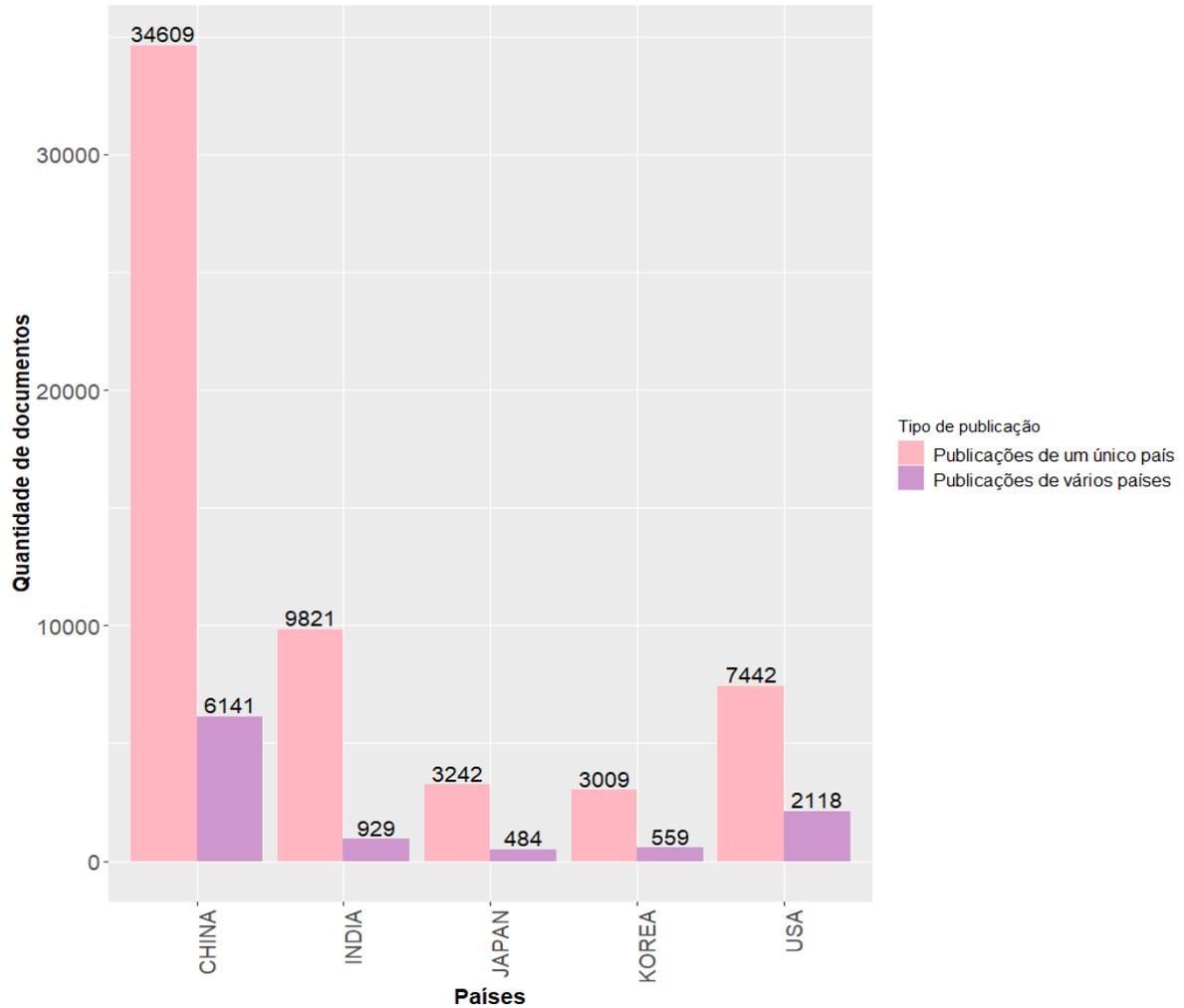
Fonte: Dados de pesquisa (2023)

O Gráfico 2 apresenta a produção anual de documentos. A produção obtida tem um percentual de decréscimo anual de 2,09%, ou seja, a produção está decaindo durante o período estudado. É importante ressaltar que a produção de 2023 ainda está em curso. Visto isso, foi recalculando o percentual de crescimento anual sem o ano em questão e o mesmo alterou-se para um crescimento de 5,29%. O ano com maior volume documental é 2022, um destaque é que no fim desse mesmo ano houve um aumento considerável no uso e nas discussões sobre inteligências artificiais e a categoria da WOS de Ciência da computação envolvendo o assunto é a segunda com maior quantidade de documentos.



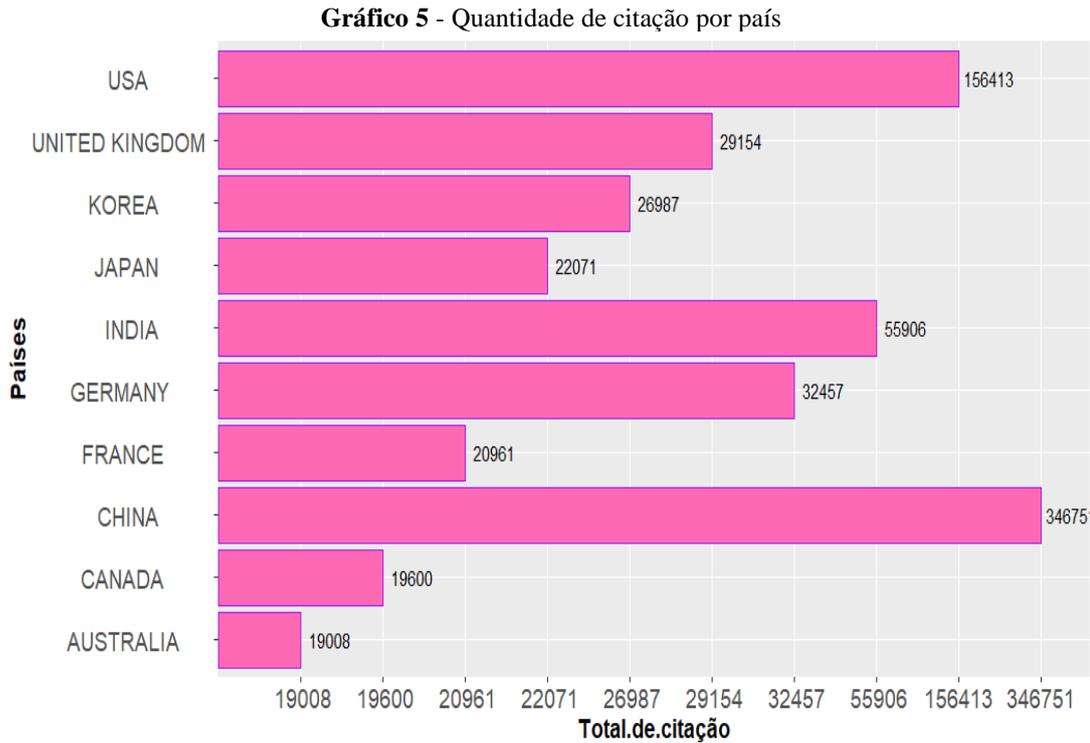
Quanto a distribuição de publicações por país (Gráfico 3) é notório o destaque do continente asiático na produção de artigos no campo de estudo, a China é o país com mais publicações, 30 mil publicações a mais do que o país que ocupa a segunda colocação, a Índia. O Brasil ocupa a nona posição com 2089 artigos. Dentre os cinco países com maior produtividade foram analisados também quantos documentos foram produzidos apenas pelo país e quantos contam com parcerias com outros países (Gráfico 4).

A China, o país com maior produção, tem aproximadamente 15,07% de seus documentos em parcerias com outros países. Proporcionalmente, os Estados Unidos é o país com mais parcerias com outras nações por volta de 22,15% do total de seus trabalhos, em números absolutos suas produções em parceria ultrapassam as da Índia, segundo país com maior produtividade.

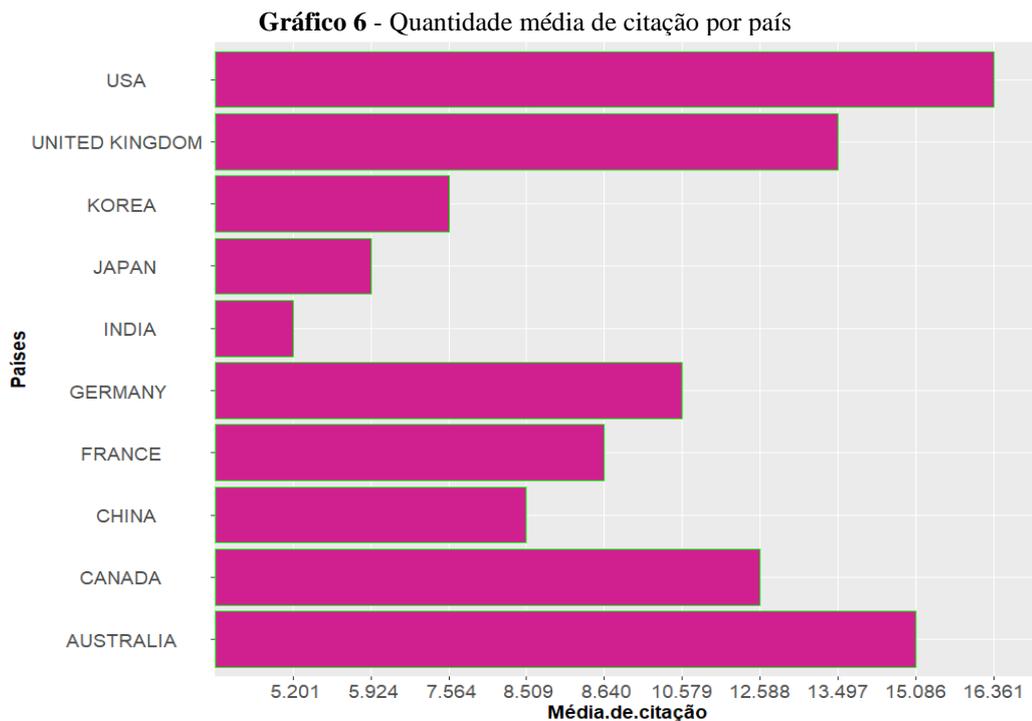
**Gráfico 4 - Publicações em parceria: países**

Fonte: Dados de pesquisa (2023)

A quantidade de citação por país representa a difusão daquilo que é produzido pelo país dentro da comunidade científica. O Gráfico 5 apresenta a quantidade de citação por país. Nele, a China continua em destaque, possuindo a maior quantidade absoluta de citação. O Brasil embora apareça entre os dez países com mais produções não está entre os mais citados. Já os Estados Unidos ocupam a segunda posição em quantidade de citações, embora a Índia tenha mais documentos, é interessante observar que o mesmo também supera o país asiático também em parcerias internacionais. E a Alemanha aparece em quarto com mais citações, ainda que Japão e Coreia tenham mais documentos produzidos. Quando se observa esses valores em média, ou seja, quando é dividido o total de citações pela quantidade produzida, temos um cenário um pouco diferente, observável no Gráfico 6.



Fonte: Dados de pesquisa (2023)

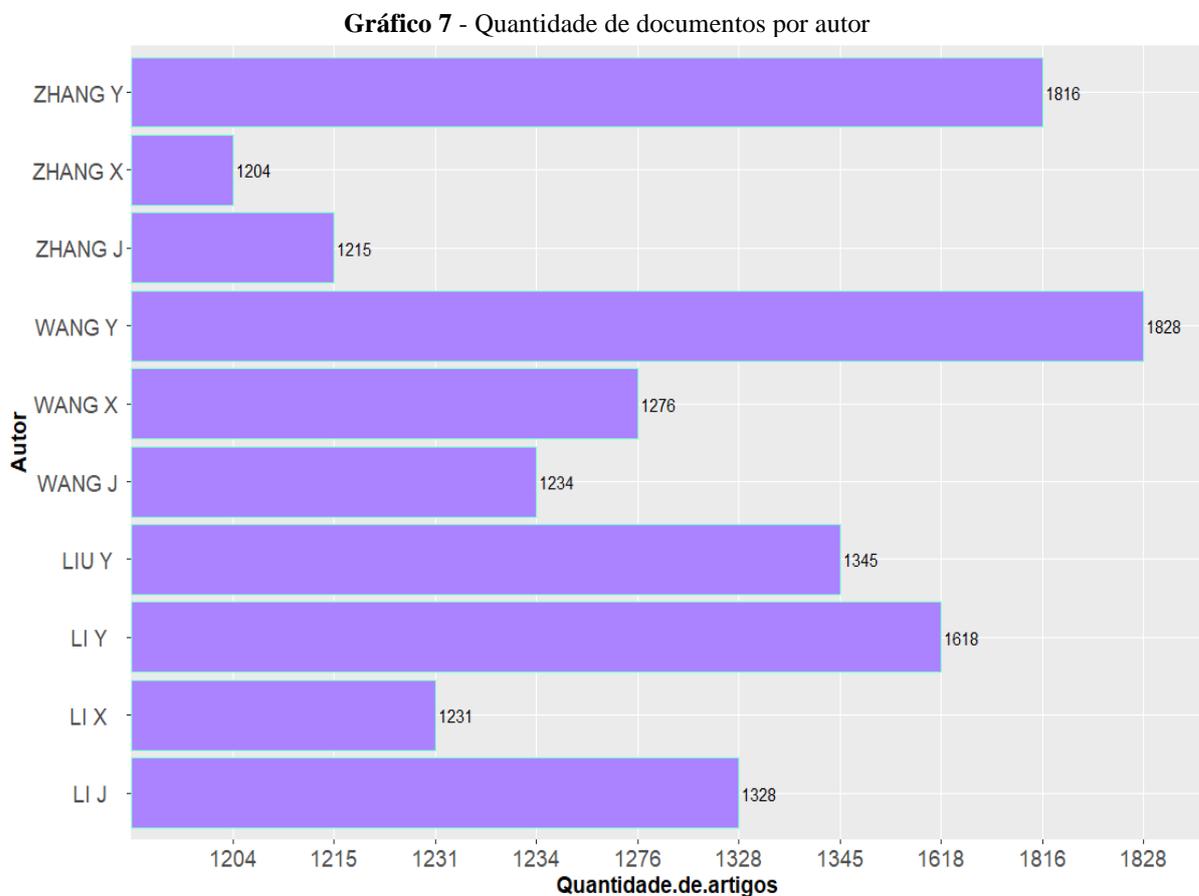


Fonte: Dados de pesquisa (2023)

Proporcionalmente, os Estados Unidos possui uma maior quantidade de citação, isto é, em média cada um de seus documentos é citado 16,361 vezes. Seguido pela Austrália que não aparece entre os países que mais produzem, porém se destaca na quantidade média de citação

com uma média de 15,086, isso indica um alcance maior do país quando se trata da comunicação científica, pois mesmo com uma menor quantidade de artigos comparativamente, o país é citado em média mais vezes que países com uma maior produção. Em outras palavras mais autores se utilizam das informações produzidas, e o mesmo acontece com outros países. A produtividade e a quantidade média de citação dos Estados Unidos, demonstra que ao mesmo tempo que o país produz bastante na área, existe também uma difusão daquilo que é produzido.

Partindo para a análise dos autores, serão apontadas análises quantitativas de produção, e levantados alguns indicadores. Alguns autores possuem uma produtividade bastante alta. Wang Y é o autor com maior produtividade e produziu 1828 artigos desde 2017, seguido por Zhang Y com 1816 trabalhos, em média por ano os autores produziram aproximadamente 261 e 259 artigos, respectivamente.

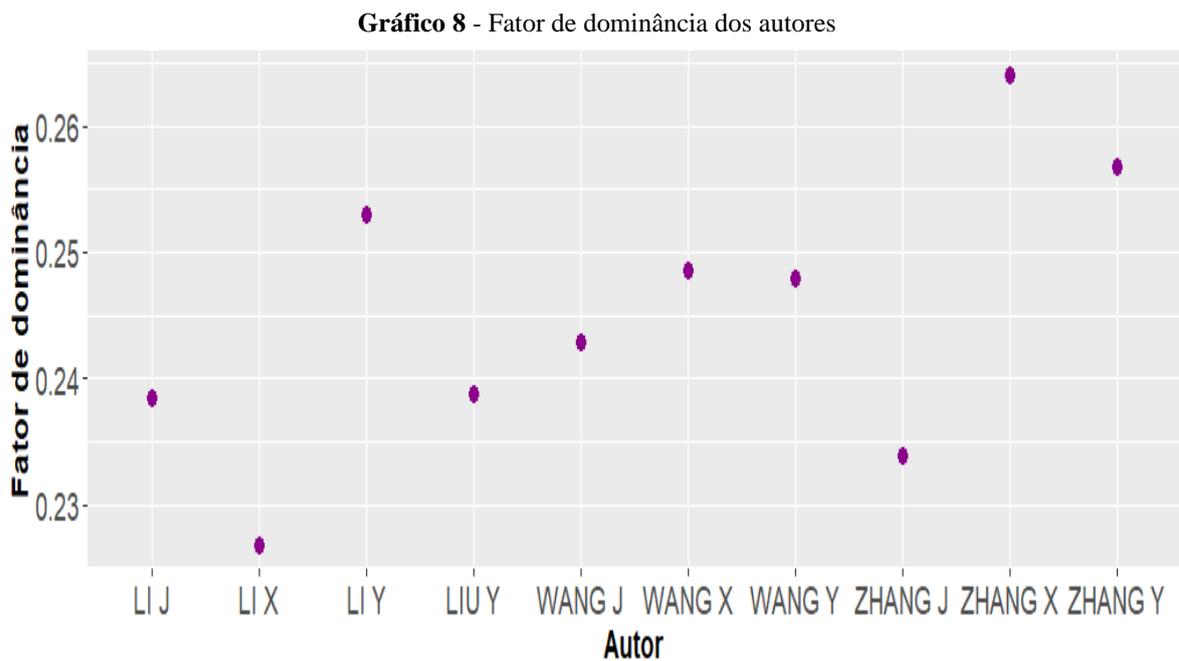


Fonte: Dados de pesquisa (2023)

Com relação a produtividade dos autores foi analisado o fator de dominância (DF), o índice mensura a dominância de um autor com relação a ordem de autoria, isto é, quanto maior a quantidade de vezes que o autor é apontado como primeiro autor, maior é o fator de

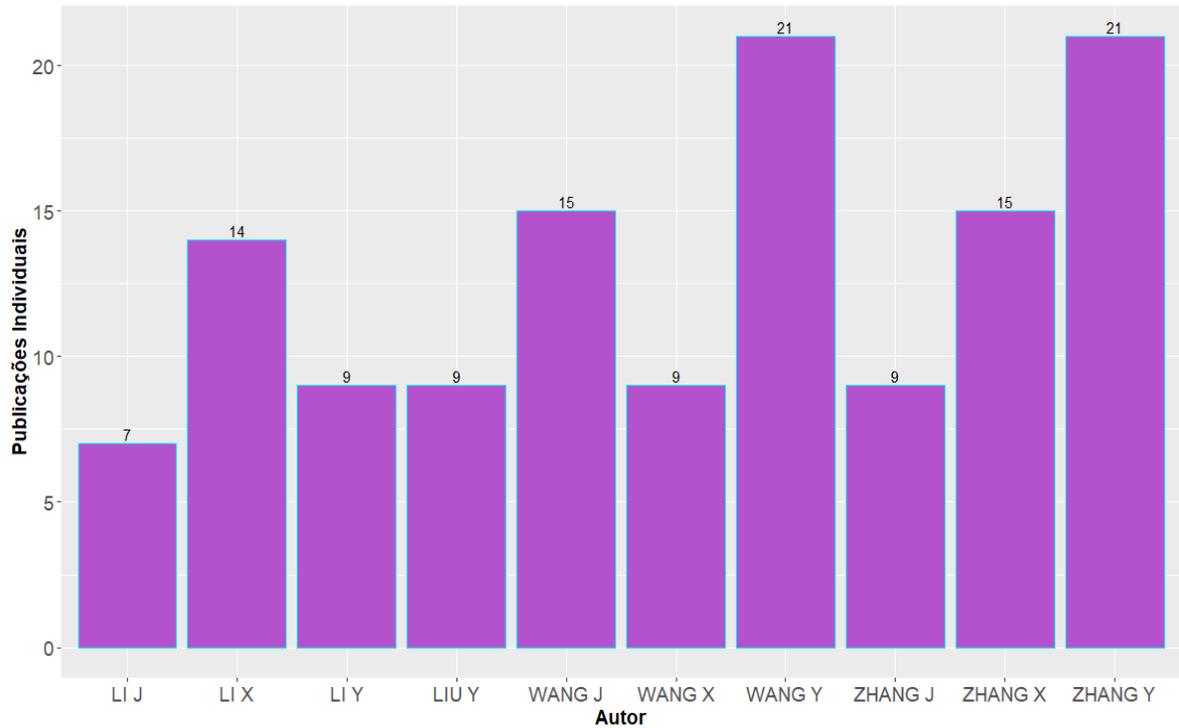
dominância, destacando o protagonismo do autor em suas publicações. É válido ressaltar que o índice considera apenas artigos de múltipla autoria em seu cálculo.

O Gráfico 8 apresenta o DF dos dez autores de maior produtividade, sendo o índice de maior valor pertencente a Zhang X décimo autor mais produtivo e destaque como papel principal em suas produções com DF de 0,2640875. Os autores Zhang Y e Li Y, o segundo e o terceiro com maior produção, possuem também ênfase como primeiros autores em seus trabalhos com DF de 0,2568245 e 0,2529521, respectivamente.



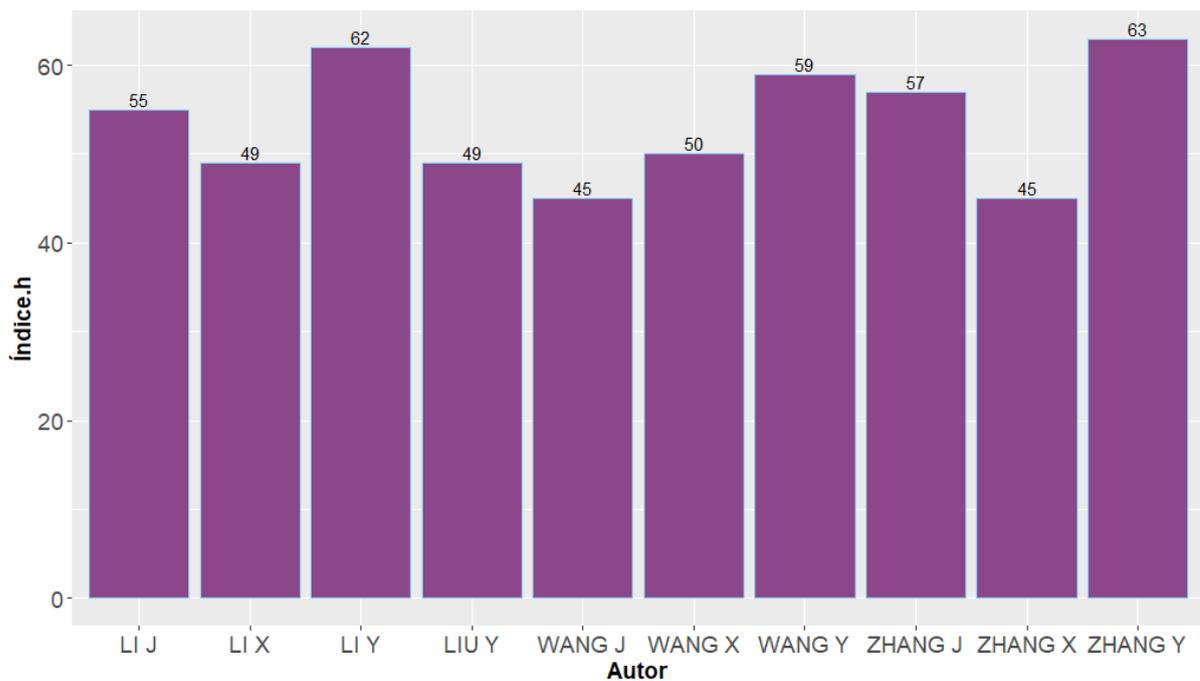
Fonte: Dados de pesquisa (2023)

Poucas produções dos autores são trabalhos individuais com maior produção sendo 21 trabalhos de 2017 a 2023 dos autores Wang Y e ZhangY, uma média de três produções individuais por ano. O que representa uma parcela mínima da produção média anual dos autores de mais de 200. Evidenciando que a maioria das pesquisas de fato ocorrem em parcerias, bem como a importância do fator de dominância para avaliar o destaque dos autores na pesquisa.

**Gráfico 9** - Quantidade de publicações individuais por autor

Fonte: Dados de pesquisa (2023)

No contexto da análise do impacto dos autores na produção científica da área de interesse, foi realizado o cálculo do Índice H, conforme ilustrado no Gráfico 10.

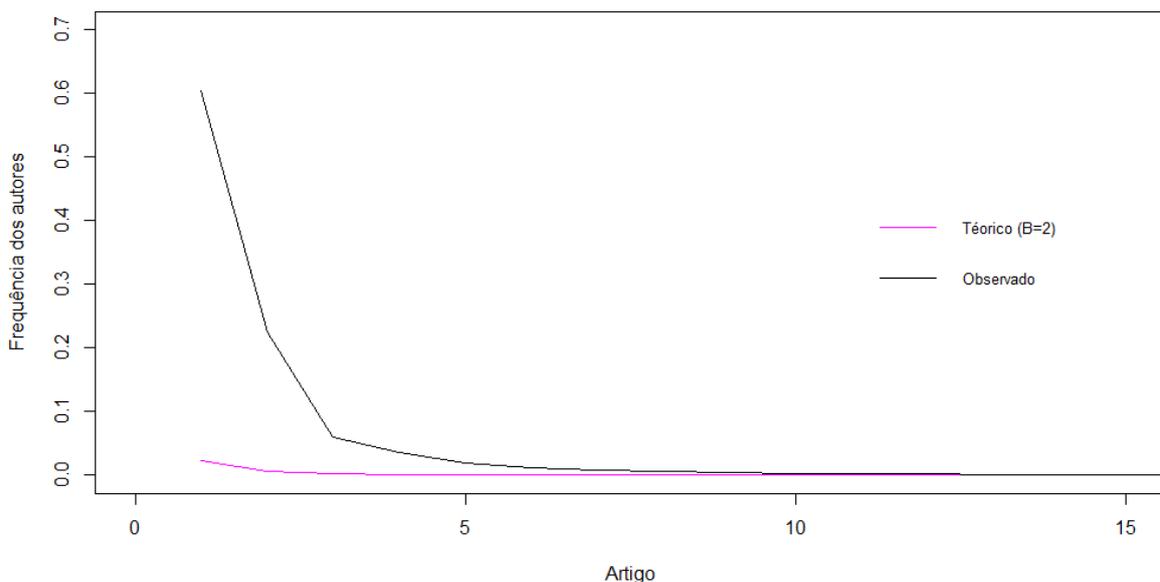
**Gráfico 10** - Índice H dos autores

Fonte: Dados de pesquisa (2023)

De acordo com os indicadores bibliométricos, Zhang Y e Li Y são autores proeminentes na comunidade científica, destacando-se não apenas pela quantidade significativa de trabalhos produzidos, mas também pela liderança como primeiros autores, e pelo impacto que suas contribuições na área de estudo, conforme aponta índice h dos mesmo apresentados no Gráfico 10.

A lei de Lotka, tem por hipótese que a produção científica de uma determinada área é composta por um pequeno grupo de pesquisadores muito produtivos e uma grande quantidade de autores menos produtivos, assim para análise da lei é postulado o modelo teórico e calculado o modelo observado, conforme apresentado o Gráfico 11.

**Gráfico 11** - Lei de Lotka



Fonte: Dados de pesquisa (2023)

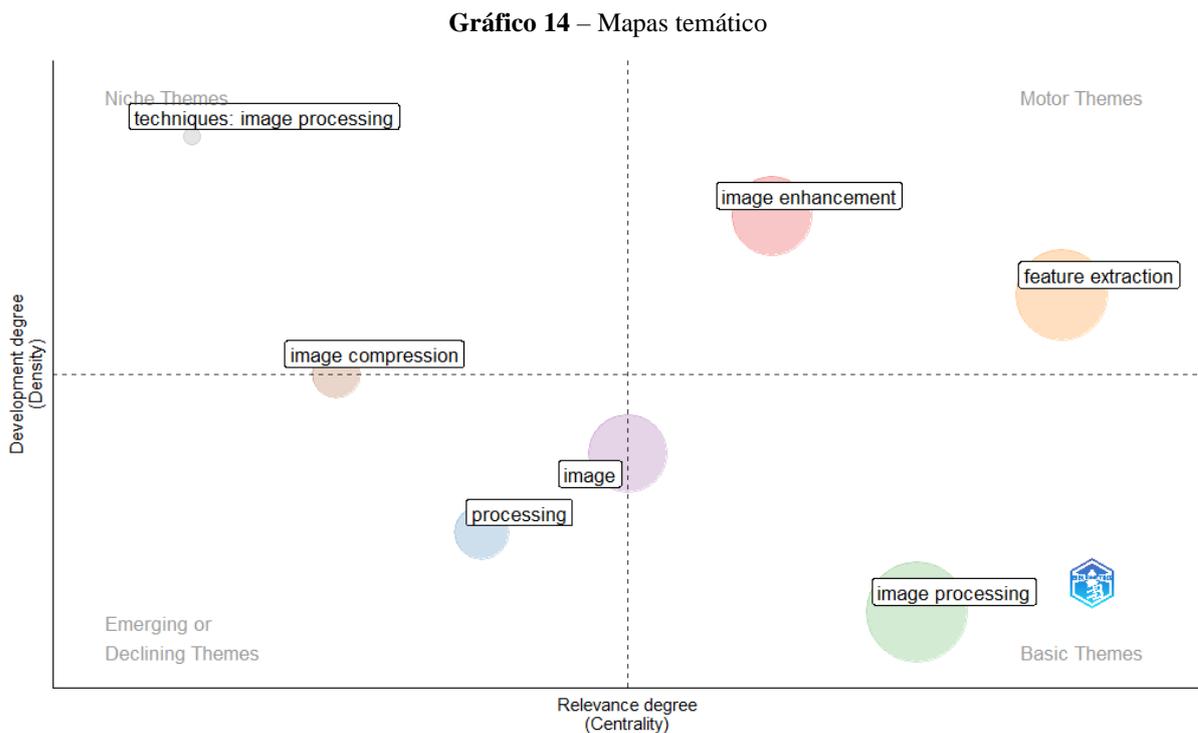
No Gráfico 11, é possível observar que a frequência de autores decai à medida que a quantidade de artigos aumenta tanto no modelo teórico quanto no observado, a diferença é que no modelo teórico a frequência de autores já inicia menor. Baseando-se no modelo de distribuição observado a hipótese proposta na lei de Lotka é corroborada, ou seja, existe uma grande quantidade de autores produzindo menos e uma pequena quantidade de autores muito produtivos.

Relativo à análise temática do campo de conhecimento é de interesse o estudo das palavras-chave, no Gráfico 12 é apresentada a frequência do uso das palavras-chave pelos autores, é perceptível que existe uma maior frequência do termo “imagem processing”, utilizado na expressão de busca para obtenção dos dados neste estudo, e entendido como um termo que



No Gráfico 13, observa-se o destaque central para a palavra-chave “deep learning”, é interessante observar que algumas palavras que surgem frequentemente vinculadas ao PDI, não necessariamente fazer parte escopo da área, como a próprio termo central, além de dois outros termos que partilham mesmo significado “convolutional neural network” e “convolutional neural networks”. O gráfico também apresenta como frequentes temas característicos do PDI, “image enhancement” e “feature extration”, tal destaque é corroborado pelo Gráfico 14.

Seguindo com a análise temática o Gráfico 14 apresenta um mapa temático gerado a partir das palavras-chave dos autores, onde são apresentados nas coordenadas x e y, os graus de relevância e de desenvolvimento, respectivamente.



Fonte: Dados de pesquisa (2023)

A temática “techniques: image processing” revela um escasso volume de pesquisa, contudo, um considerável desenvolvimento, mas com relevância limitada, é um tema de nicho, restrito a um grupo específico. Por outro lado, “image processing” é reconhecido como um tema básico, de baixo desenvolvimento e alta relevância. Tanto “image enhancement” quanto “feature extraction” são considerados temas motores, impulsionadores da área, possuindo tanto alto desenvolvimento quanto relevância. Enquanto, “image compression” exibe um nível de desenvolvimento intermediário e baixa relevância, posicionando-se entre um tema emergente e um tema de nicho.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos bibliométricos historicamente nasceram na biblioteconomia, objetivando tomada de decisões como no desenvolvimento de acervos, entretanto o uso da bibliometria não precisa estar restrito ao bibliotecário em sua função de gestão, necessitando também chegar como serviço ao usuário. Análises mais amplas como a realizada no presente trabalho, podem auxiliar pesquisadores de áreas correlatas ao PDI, bem como, pesquisadores iniciantes da área a terem uma percepção baseada em dados, ou seja, verificáveis para a tomada de suas decisões na pesquisa.

Entretanto, pesquisas bibliométricas com grande volume de dados demandam muita capacidade computacional, além de programas capazes de manipular esses dados. Assim, existem algumas barreiras ao realizar mapeamentos de áreas abrangentes, tais como o tempo de processamento dos dados, capacidade do computador utilizado e do programa. No caso do software *R*, algumas análises foram impossibilitadas pelas capacidades do programa, não sendo possível a utilização da função *Biblioshiny* do pacote *Bibliometrix*, pois o arquivo excedia o tamanho suportado, e mesmo através da linguagem *R*, análises como a coocorrência de palavras-chave geram resultados que ultrapassavam os limites do programa.

Os indicadores bibliométricos constroem estruturas de análise, não sendo recomendável a tomada de decisões baseadas em um único indicador. Portanto, as análises desses indicadores levam em conta informações complementares, visando uma compreensão mais abrangente e precisa das dinâmicas e contribuições na área em questão.

Desse modo, embora nas produções de PDI indexadas na WOS o continente asiático tenha maior quantidade de documentos produzidos, em especial a China, país com mais produções. Analisando de maneira conjunta é notório o destaque dos Estados Unidos na quantidade de documentos produzidos, na proporção de parcerias internacionais, quanto na difusão de artigos, com maior média de citação entre os países. Um país a ser observado é a Austrália que não aparece entre os dez países mais produtivos, porém tem a segunda maior média de citação, ou seja, as produções australianas possuem alcance dentro da comunidade científica.

Outrossim, para os autores é importante considerar o quantitativo de suas produções, mas também o impacto das produções dentro da área, a relação entre autores e o protagonismo nos trabalhos de múltipla autoria, como informações que se constroem para representar uma realidade, nesse contexto, Zhang Y e Li Y, foram autores de destaque nesse trabalho. É válido ressaltar que as informações observadas de maneira complementar, não anulam o específico, as

informações produzidas pelas análises individuais dos indicadores, em outras palavras, o autor com maior fator de dominância não deixará de ser, ainda que na análise conjunta outro autor se destaque.

Relativo a estudos das palavras-chave é perceptivo o vínculo do PDI com as redes neurais, além de apresentar destaque para as temáticas de aprimoramento de imagem e extração de recursos (ou atributos). Evidenciadas tanto pela frequência das expressões "image enhancement" e "feature extraction" quanto pelo alto desenvolvimento e relevância apresentados pelas mesmas, configurando temas motores para área de interesse.

É importante pontuar que as análises bibliométricas demonstram o estado da arte de uma área sob uma perspectiva quantitativa. Isto é, tem capacidade de figurar as relações a partir de valores numéricos. Mesmo os indicadores de impacto, são relativos à difusão de determinado trabalho ou autor dentro de uma comunidade científica, o que indica verificação por parte de outros pesquisadores. Todavia, não realiza inferência qualitativa sobre a produção, cabendo ao especialista na área de estudo, tais verificações.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Carlos Alberto. Bibliometria: Evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 11-32, jan./jun. 2006.
- ARIA, M.; CUCCURULLO, C.. Bibliometrix: Na R-tool for comprehensive 57eriódi mapping analysis. **Journal of Informetrics**, 11(4), p. 959-975, 2017.
- ARIA, M.; CUCCURULLO, C.. Bibliometrix story. **Bibliometrix**, 2022. Disponível em:<https://bibliometrix.org/home/index.php/about-us-2/bibliometrix-story>. Acesso em: 18 nov. 2023
- AZEVEDO, Eduardo; CONCI, Aura; LETA, Fabiana. **Computação Gráfica: Teoria e Prática: Geração de Imagens**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Altas Book, 2022. ePub. V. 2, 428p. ISBN 978-65-5520-816-0
- BERTHOLDO, Flávio Augusto Rocha; ARAÚJO, Arnaldo de Albuquerque. Processamento de imagens de documentos históricos. **Revista Brasileira de Arqueometria, Restauração e Conservação**. V.1, n.4, p. 206 – 209.
- CAFÉ, Lígia; BRÄSCHER, Marisa. Organização da informação e bibliometria. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, Florianópolis, n. esp, p. 54 -75, 1º sem. 2008.
- CHAMBERS, John M.. S, R, and data 57eriódi. **Proceedings of the ACM on Programming Languages**, New York. V. 4 p. 1-17, jun 2020. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3386334#sec-cit>. Acesso em: 18. nov. 2023
- COSTA, Carlos Antonio Reinaldo. **Introdução a processamento digital de imagens: uma abordagem voltada para sensoriamento remoto e funcionalidades do sistema SPRING**. Campinas: EMBRAPA, 1998, 45p. ISBN: 1414-4727
- DE QUEIROZ, José Eustáquio Rangel; GOMES, Herman Martins. Introdução ao Processamento Digital de Imagens. **Revista de Informática Teórica e Aplicada**, [s. l.], v. VIII, n. 1, p. 1-31, 2001.
- DEL-MASSO, Maria Candida Soares; COTTA, Maria Amélia de Castro; SANTOS, Marisa Aparecida Pereira. Ética em Pesquisa Científica: conceitos e finalidades. **Universidade Estadual Paulista (UNESP)**, São Paulo, 2014. Disponível em: [https://acervodigital.unesp.br/bitstream/unesp/155306/1/unesp-nead\\_reei1\\_ei\\_d04\\_texto2.pdf](https://acervodigital.unesp.br/bitstream/unesp/155306/1/unesp-nead_reei1_ei_d04_texto2.pdf). Acesso em: 17.11.2023
- GONZALEZ, Rafael C.; WOODS, Richard E. **Processamento de Imagens Digitais**. 3ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010. 624 p ISBN 978-85-7605-401-6.
- GUEDES, Vânia LS. A bibliometria e a gestão da informação e do conhecimento científico e tecnológico: uma revisão da literatura. **PontodeAcesso**. Salvador, v.6, n.2, p. 74-109, ago 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Introdução ao processamento digital de imagens*. Rio de Janeiro: IBGE, 2001. 94p. ISBN: 85-240-0762-1

MARQUES FILHO, Ogê; VIEIRA NETO, Hugo. **Processamento Digital de Imagens**. Rio de Janeiro: Brasport, 1999. 307p. ISBN 8574520098.

MELLO, Carlos Alexandre B. de; LOPES FILHO, Alberto Nicodemus G.; ROE, Edward; LACERDA, Everton Barbosa; MESQUITA, Rafael Galvão de. Avanços recentes no processamento digital de imagens de documentos antigos. *In: Conferência Sobre Tecnologia, Cultura e memória: Estratégias para Preservação e Acesso à Informação*, 2013, Pernambuco. **Anais Eletrônico**. Pernambuco: LIBER/UFPE, 2014. Disponível em: <http://www.liber.ufpe.br/ctcm2013/anais/> Acesso em: 10.nov.2023

NALON, José Alexandre. **Introdução ao Processamento Digital de Sinais**. Rio de Janeiro: LTC, 2013. 220 p. ISBN 978-85-216-1646-7

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION. **Nasa Thesaurus: Hierarchical Listing With Definitions**. Hanover, 2012. V.1. p. 1096. Disponível em: <https://sti.nasa.gov/docs/thesaurus/thesaurus-vol-1.pdf>. Acesso em: 26. Set. 2023

NORONHA, Daisy Pires; MARICATO, João de Melo Estudos Métricos Da Informação: primeiras aproximações. **Encontros Bibli: revista eletrônica de biblioteconomia e ciência da informação**, Florianópolis, v. 13, n. esp., p. 116–128, 2008. DOI: 10.5007/1518-2924.2008v13nesp1p116. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/view/1518-2924.2008v13nesp1p116>. Acesso em: 10. Out. 2023

PEDRINI, Hélio; SCHWARTZ, Willian Robson. **Análise de Imagens Digitais: Princípios, Algoritmos E Aplicações**. 1ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. 528 p. ISBN 978-8522105953.

SANTOS, Raimundo Nonato Macedo dos; KOBASH, Nair Yumiko. Bibliometria, Cientometria, Infometria: Conceitos e aplicações. **Pesq. Bras. Ci. Inf.**, Brasília, v. 2, n. 1, p. 155-172, jan./dez. 2009.

SOARES, Sandro Vieira; PICOLLI, Icaro Roberto Azevedo; CASAGRANDE, Jacir Leonir. Pesquisa bibliográfica, pesquisa bibliométrica, artigo de revisão e Ensaio teórico em administração e contabilidade. **Administração: Ensino e pesquisa**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 308 -339, mai – ago 2018.

HORNIK AND R CORE TEAM. **The R FAQ**, 2023. Frequently Asked Questions on R. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/doc/FAQ/R-FAQ.html>. Acesso em: 17 nov. 2023.

RUSS, Jonh C.; NEAL, F. Brent. **The Image Processing Handbook**. 7ª ed. CRC Press: Flórida, 2016. 1011 p. ISBN 978-1-4987-4026-5.

## APÊNDICE A – CÓDIGO DAS ANÁLISES REALIZADAS EM R

```

#install.packages("bibliometrix")
#install.packages("ggplot2")
#install.packages("reshape2")
#install.packages("dplyr")
#install.packages("wordcloud2")
library(wordcloud2)
library("reshape2")
library(dplyr)
library("ggplot2")
library(bibliometrix)

file <- "C:/Users/Roger/Downloads/dados mono dri/TUDO É UM/1-91912 - Copia.bib"
#ACESSAR BASE DE DADOS
M <- convert2df(file = file, dbsource = "isi", format = "bibtex")#CONVERSÃO DE DADOS
M1 <- subset(M, PY < 2024)#FILTRO DE ANO
sum(duplicated(M1)) #não possui dados duplicados

#####

#ANÁLISE GERAL
results <- biblioAnalysis(M1, sep = ";")
S <- summary(object = results, k = 10, pause = FALSE)
plot(x = results, k = 10, pause = FALSE)

#####

#ANÁLISE GEOGRÁFICA

View(S$MostProdCountries)
A <- S$MostProdCountries

###GRÁFICOS PRODUZIDOS POR PAÍSES###

A1 <- cbind(A$Country,A$Articles)
colnames(A1) = c("Países","Quantidade de artigos")
AM <-data.frame(A1)

dd1 <- ggplot(data = AM, mapping = aes(x = Países, y = Quantidade.de.artigos)) +
  geom_bar(stat = "identity", color = 'yellow', fill="plum2")+
  geom_text(aes(label= Quantidade.de.artigos), position=position_dodge(width=0.9),
vjust=0.5, hjust=-0.10)
dd1 <- dd1 + coord_flip()
dd1 + theme(axis.text = element_text(size = 14),
  axis.title = element_text(size = 14, face = "bold"))

###CITAÇÃO POR PAÍS###

```

```

C1 <- S$TCperCountries
D <- cbind(C1$`Country` , C1$`Total Citations`)
colnames(D) = c("Países", "Total de citação")
D <- data.frame(D)

dd <- ggplot(data = D, mapping = aes(x = Países, y = Total.de.citação)) +
  geom_bar(stat = "identity", color = 'purple', fill="hotpink")+
  geom_text(aes(label=Total.de.citação), position=position_dodge(width=0.9), vjust=0.5,
  hjust=-0.10)
dd <- dd + coord_flip()
dd + theme(axis.text = element_text(size = 14),
  axis.title = element_text(size = 14, face = "bold"))

###CITAÇÃO MÉDIA POR PAÍSES###

D1 <- cbind(C1$`Country` , C1$`Average Article Citations`)
colnames(D1) = c("Países", "Média de citação")
D1 <- data.frame(D1)

p <- ggplot(data = D1, mapping = aes(x = Países, y = Média.de.citação)) +
  geom_bar(stat = "identity", color = 'green', fill="violetred")
p <- p + coord_flip()
p + theme(axis.text = element_text(size = 14),
  axis.title = element_text(size = 14, face = "bold"))

###PRODUÇÃO ENTRE PAÍSES###

JJ <- results$CountryCollaboration
df_filtrado <- JJ %>%
  filter( SCP + MCP > 3500)

# Conversão do dataframe para um formato longo
df_long <- reshape2::melt(df_filtrado, id.vars = "Country")

aa <- ggplot(df_long, aes(fill=variable, y=value, x=Country)) +
  geom_bar(position="dodge", stat="identity") +
  theme(axis.text.x = element_text(angle = 90, hjust = 1)) +
  labs(x = "Países", y = "Quantidade de documentos", fill = "Tipo de publicação")+
  scale_fill_manual(values=c("lightpink", "plum3"), labels=c("Publicações de um único país",
  "Publicações de vários países"))+
  geom_text(aes(label=value), position=position_dodge(width=0.9), vjust=-0.25, size=5)+
  theme(legend.text = element_text(size = 12)) # Aumenta o tamanho da fonte da legenda

aa + theme(axis.text = element_text(size = 14),
  axis.title = element_text(size = 14, face = "bold"))

#####

```

## #ANÁLISE TEMPORAL

```

####QUANTIDADE DE ARTIGO POR ANO####
C <- S$AnnualProduction
colnames(C) = c("Ano","Quantidade de artigos")
C <-data.frame(C)

o <- ggplot(data = C, mapping = aes(x = Ano, y = Quantidade.de.artigos, group = 1)) +
  geom_line (color="lightskyblue",size=1.5)+
  geom_point (color="turquoise3",size = 2)+
  geom_text(aes(label=Quantidade.de.artigos), position=position_dodge(width=0.9), vjust=-
0.50, size = 6)

o + theme(axis.text = element_text(size = 14),
  axis.title = element_text(size = 14, face = "bold"))

###
install.packages("echarts4r")
library(echarts4r)
E <- authorProdOverTime(M1, k = 4, graph = FALSE)

EE <-E$dfAU
EE <- as.data.frame(EE)

EE %>%
  filter(Author %in% c("WANG Y", "ZHANG Y", "LI Y", "LIU Y")) %>%
  mutate(year = as.character(year)) %>%
  group_by(Author, year) %>%
  summarise(freq = mean(freq, na.rm = TRUE))%>%
  e_charts(x = year) %>%
  e_line(serie = freq) %>%
  e_tooltip() %>%
  e_x_axis(name = "Ano") %>%
  e_y_axis(name = "Quantidade de artigos")

```

#####

## #ANÁLISE AUTORES

```

G <- S$MostProdAuthors
G1 <- cbind(G$`Authors` , G$`Articles`)
colnames(G1) = c("Autor","Quantidade de artigos")
G1 <-data.frame(G1)

###GRÁFICO QUANTIDADE DE ARTIGO POR AUTOR###
q <- ggplot(data = G1, mapping = aes(x = Autor, y = Quantidade.de.artigos)) +
  geom_bar(stat = "identity", color = 'aquamarine', fill="mediumpurple1")+
  geom_text(aes(label=Quantidade.de.artigos), position=position_dodge(width=0.9),
vjust=0.5, hjust=-0.10)
q <- q + coord_flip()
q + theme(axis.text = element_text(size = 14),

```

```

axis.title = element_text(size = 14, face = "bold"))

####FATOR DE DOMINÂNCIA###
DF <- dominance(results, k = 10)
DF <- data.frame(DF)

####GRÁFICO FATOR DE DOMINÂNCIA###
oo <- ggplot(data = DF, mapping = aes(x = Author, y = Dominance.Factor, group = 1)) +
  geom_point ( color="darkmagenta",size = 3)+
  labs(x = "Autor", y = "Fator de dominância")

oo + theme(axis.text = element_text(size = 14),
  axis.title = element_text(size = 14, face = "bold"))

#### GRÁFICO PRODUÇÃO DE AUTORIA ÚNICA###
ooo <- ggplot(data = DF, mapping = aes(x = Author, y = Single.Authored)) +
  geom_bar(stat = "identity", color = 'turquoise1', fill="mediumorchid3")+
  geom_text(aes(label=Single.Authored), position=position_dodge(width=0.9), vjust=-0.25)+
  labs(x = "Autor", y = "Publicações Individuais")

ooo + theme(axis.text = element_text(size = 14),
  axis.title = element_text(size = 14, face = "bold"))

####INDICES###
authors=gsub(","," ",names(results$Authors)[1:10])
indices <- Hindex(M1, field = "author", elements=authors, sep = ";", years = 50)

indices$H

H <- indices$H
colnames(H) = c("Autor","Índice h", "Índice g", "Índice m","TC", "NP", "PY_START")
H <-data.frame(H)

####GRÁFICO ÍNDICE H###

p1 <- ggplot(data = H, mapping = aes(x = Autor, y = Índice.h)) +
  geom_bar(stat = "identity", color = 'lightskyblue', fill="orchid4")+
  geom_text(aes(label=Índice.h), position=position_dodge(width=0.9), vjust=-0.25)

p1+ theme(axis.text = element_text(size = 14),
  axis.title = element_text(size = 14, face = "bold"))

#NetMatrix <- biblioNetwork(M1, analysis = "collaboration", network = "authors", sep = ";")

####LEI DE LOTKA###

L <- lotka(results)
L

```

```

L$AuthorProd
L$Beta
L$C
# Observed distribution
Observed=L$AuthorProd[,3]
Observed
# Theoretical distribution with Beta = 2
Theoretical=10^(log10(L$C)-2*log10(L$AuthorProd[,1]))

plot(L$AuthorProd[,1],Theoretical,type="l",col="magenta",ylim=c(0, 0.7), xlim=c(0,15),
xlab="Artigo",ylab="Frequência dos autores",main="Lei de Lotka")
lines(L$AuthorProd[,1],Observed,col="black")
legend(x="right",c("Téorico (B=2)","Observado"),col=c("magenta","black"),lty =
c(1,1,1),cex=0.8,bty="n")

```

```
#####
```

```
#PALAVRA-CHAVE
```

```
key <- keywordAssoc(M1, sep = ";", n = 10, excludeKW = NA)
```

```
###NUVEM DE PALAVRAS AUTORES###
```

```
d <- results$DE
```

```
d <- data.frame(d)
```

```
d <- d[1:200, ] # Selecione as 100 palavras mais frequentes
```

```
wordcloud2(d, shape = "circle", size = 0.8)
```

```
###MAPA TEMÁTICO###
```

```

result2 <- thematicMap(
  M1,
  field = "DE",
  n = 250,
  minfreq = 5,
  ngrams = 1,
  stemming = FALSE,
  size = 0.5,
  n.labels = 1,
  community.repulsion = 0.1,
  repel = TRUE,
  remove.terms = NULL,
  synonyms = NULL,
  cluster = "walktrap",
  subgraphs = FALSE
)

```

```
# Imprima o mapa temático  
print(result2$map)
```

```
#####
```