

A MANIPULAÇÃO DE IMAGENS EM PESQUISA CIENTÍFICAS

IMAGE MANIPULATION IN SCIENTIFIC RESEARCH

Camila Nakamura-Gonino¹

Gustavo Medeiros de Araújo²

Resumo: Este estudo teve como objetivo mapear os principais atores envolvidos na discussão sobre a manipulação de "imagens científicas". Para tanto, a metodologia utilizada contemplou análise exploratória, levantamento bibliográfico e extração de dados. Os resultados indicaram que editores/periódicos e instituições de ensino/pesquisa são os principais atores-chave neste cenário e que a maioria dos artigos foi produzida por pesquisadores norte-americanos, sendo as diretrizes propostas pelo Office of Research Integrity (ORI) as mais mencionadas. Observou-se que, apesar dos esforços empregados, a manipulação fraudulenta de imagens tem sido facilitada pela evolução contínua e fácil acesso a novas ferramentas de edição e fabricação de imagens. Nesse contexto, surgem novos problemas éticos e tecnológicos, cujo enfrentamento depende, fundamentalmente, da colaboração mútua dos atores envolvidos no processo de publicação científica, principalmente, na criação de diretrizes claras para os autores e no desenvolvimento de novos métodos e ferramentas de inspeção e monitoramento de imagens questionáveis.

Palavras-chave: Imagens científicas; Processamento de imagens; Publicação científica; Ética.

Abstract: This study aimed to map the main actors involved in the discussion about the manipulation of "scientific images". For that, the methodology used included exploratory analysis, bibliographic survey and data extraction. The results indicate that editors/journals and educational/research institutions are the main key players in this scenario and that most of the articles were produced by North American researchers, with the guidelines proposed by the Office of Research Integrity (ORI) being the most mentioned. It was observed that, despite the efforts employed, fraudulent image manipulation has been facilitated by the continuous evolution and easy access to new image editing and fabrication tools. In this context, new ethical and technological problems arise, whose confrontation depends, fundamentally, on the mutual collaboration of the actors involved in the scientific publication process, mainly, in the creation of clear guidelines for authors and in the development of new methods and tools for inspection and monitoring of questionable images.

Keywords: Scientific images; Image processing; Scientific publication; Ethics.

1 Introdução

O grande volume de imagens digitais produzidas e disponibilizadas publicamente é uma das características mais notórias da contemporaneidade. Em praticamente todos os âmbitos da vida cotidiana as imagens se solidificaram como um dos mais importantes recursos de comunicação. Elas estão presentes na televisão, computadores, smartphones, propagandas e, em basicamente todos os lugares. Isso pode ser explicado, em parte, pela

¹ Mestre em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Maringá (UEM). Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil. E-mail: camila.nakamura@gmail.com

² Doutor em Engenharia de Automação e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC, Brasil. E-mail: gustavo.araujo@ufsc.br

sua capacidade de transmitir um grande número de informações de forma sintetizada. Pesquisas sobre a memória humana constataram que notícias são mais fixadas na memória quando acompanhadas por imagens (CROMEY, 2010).

No contexto científico, as imagens atuam como importantes ferramentas no processo de geração de conhecimento, contribuindo, sobretudo, para a compreensão de fenômenos complexos. Marcovich e Shinn (2011) e Bredekamp *et al.*, (2015) nomeiam como “imagem científica”, todas as representações visuais originadas no campo da ciência e tecnologia, com propósito técnico (e não artístico), obrigatoriamente gerada a partir de procedimentos e metodologias com alto rigor científico, e que representam visualmente as informações produzidas por especialistas em domínio específico, evidenciando seus resultados.

As imagens científicas podem assumir diferentes formas, tais como fotografias, gráficos, infográficos, quadros, tabelas, mapas, diagramas, entre outras, que possibilitam a visualização de diversos fenômenos (visíveis/físicos e/ou abstratos/conceituais) e informações (PAUWELS, 2021). A escolha da representação visual mais adequada para uma pesquisa varia conforme a função que lhe é destinada (*e.g.* representar e compartilhar dados científicos, fundamentar conceitos e hipóteses em descobertas observáveis, fornecer suporte para as descrições experimentais e discussão dos resultados, etc.) e a natureza dos dados a serem representados (*e.g.* dados quantitativos, dados qualitativos, informações sobre a estrutura ou comportamento de um sistema) (CAZEAUX, 2015; BUCCI, 2018; JAMBOR *et al.*, 2021).

Campos científicos diversos desenvolvem, segundo os seus objetos de estudo, métodos de pesquisa e epistemologias, técnicas de visualização e produção de imagens que lhes são característicos (TORRES *et al.*, 2019). Nas ciências sociais e humanas, por exemplo, as imagens mais frequentes são aquelas obtidas por meio de fotografia, vídeo e outras formas de representação visual. São utilizadas, geralmente, para estudar fenômenos sociais e culturais, e em muitos casos, envolvem a inclusão de participantes humanos, cuja privacidade e segurança deve, por questões éticas, ser preservada por meio de manipulações que não interfiram na interpretação do documento ou nos resultados do procedimento (JORDAN, 2013). Enquanto que, na física, as imagens (diagramas, simulações, espectros e gráficos) desempenham um papel significativo na organização do conhecimento e são utilizadas principalmente para ilustrar, explicar processos, relatar recursos descritivos e apresentar dados brutos ou significados técnicos (DORAN, 2018; TORRES *et al.*, 2019).

Nas ciências da vida, as imagens científicas têm um papel fundamental para visualizar e entender processos biológicos complexos, como a estrutura das células, a interação entre moléculas e a dinâmica de sistemas biológicos. Além disso, são essenciais para a comunicação dos resultados de pesquisa e para a divulgação científica para o público em geral. Avanços constantes nas tecnologias têm possibilitado a obtenção de imagens cada vez mais detalhadas e precisas. A microscopia eletrônica, por exemplo, permite visualizar estruturas celulares em escala nanométrica, enquanto que a tomografia computadorizada e a ressonância magnética gera imagens tridimensionais de órgãos e tecidos internos (LÓPEZ, 2005; KOPPERS *et al.*, 2017; TORRES *et al.*, 2019).

Dentre os variados tipos de imagens científicas, as imagens digitais, produzidas por equipamentos ou softwares, podem ser facilmente manipuladas por meio de tecnologias de edição ou processamento de imagem desenvolvidas continuamente (MARCOVICH; SHINN, 2011). Cada vez mais, os pesquisadores podem preparar as suas imagens para publicação modificando-as com o auxílio de ferramentas de edição disponíveis como, por exemplo, o Photoshop®, no entanto, a falta de rigor científico e padrões de veracidade apresentada por parte de alguns pesquisadores, têm aumentado consideravelmente a quantidade de artigos científicos contendo imagens não confiáveis (BUCCI, 2018). Esse problema tem suscitado, na comunidade científica, inúmeras preocupações relacionadas à autenticidade das imagens e, conseqüentemente, à credibilidade das pesquisas em que estão incluídas (ANSARI *et al.*, 2014; BIK *et al.*, 2018; KOPPERS *et al.*, 2017). A divulgação de vários escândalos envolvendo autores e periódicos renomados e a grande quantidade de artigos retratados justificam a crescente apreensão da comunidade científica a respeito de como a manipulação de imagem desmedida pode afetar a credibilidade na integridade de pesquisas e na ciência em geral (BIK *et al.*, 2016).

Ao longo da história, foram identificados alguns casos marcantes de fraudes científicas baseadas em imagens, como, por exemplo, o do renomado cientista alemão Ernst von Haeckel. As ilustrações de embriões produzidas por ele em 1874, e presentes nos principais livros didáticos dos Estados Unidos a partir do século XX, foram comparadas com fotografias reais de embriões feitas por Richardson (1995) e consideradas manipuladas inadequadamente. Apesar disso, os desenhos de Haeckel ainda são amplamente reproduzidos em livros didáticos e artigos de revisão, o que demonstra quão duradouras podem ser as conseqüências de determinadas práticas de má conduta científica (RICHARDSON, 1995; RICHARDSON *et al.*, 1997).

Outras pesquisas levantaram suspeitas sobre a credibilidade das imagens apresentadas e também receberam atenção da mídia, como o caso de fraude das pesquisas em células-tronco realizada pelo cientista coreano Woo Suk Hwang, descoberto em 2006. Hwang fabricou e publicou resultados, como análises de impressões digitais de DNA e fotografias de células, na revista *Science* em 2005, alcançando grande prestígio científico, social e midiático (LÓPEZ-CÓZAR *et al.*, 2007; KOPPERS *et al.*, 2017). Na Alemanha, no ano de 2005, os cientistas Hermann, Mertelsmann e Brach, em sua pesquisa sobre o câncer, reciclaram as mesmas imagens em diferentes contextos e publicações, com cópia e colagem dentro de uma determinada imagem, além de outros tipos de falsificações encontrados em 94 artigos publicados por eles. Também na área da oncologia, veio à tona em 2006 que Sudbø havia falsificado dados e imagens em sua pesquisa sobre câncer bucal, em que uma das imagens do artigo era uma visão ampliada de outra imagem presente no mesmo documento (KOPPERS *et al.*, 2017). Adicionalmente, pesquisas recentes têm explorado recursos mais avançados para esse tipo de fraude, como o uso de Redes Generativas Adversárias (GANs) para gerar *Western blots*³ com aparência extremamente realista. Qi et al (2021) têm conduzido estudos nesta linha, e afirmam que esse tipo de fraude é um problema crescente e de difícil detecção.

Com base na problemática exposta e a fim de compreender o estado atual do debate acerca do tema, o presente estudo estabelece a seguinte questão de pesquisa: Quais os principais atores envolvidos na discussão sobre a manipulação de imagens científicas? Assim, propõe-se o objetivo geral de mapear e analisar os principais atores envolvidos na discussão sobre a manipulação de imagens científicas, e como objetivos específicos: a) identificar as principais formas de manipulação; b) levantar as diretrizes sobre manipulação de imagem científicas mais citadas no conjunto de artigos analisados; c) identificar os atores e instituições envolvidos nessa revisão.

Esta pesquisa justifica-se pela necessidade de debates sobre a temática estudada, uma vez que as pesquisas científicas são extremamente importantes para o desenvolvimento e progresso da sociedade. Além disso, os resultados encontrados nesta pesquisa podem contribuir para a orientação de pesquisadores na preparação de suas imagens científicas e incentivar a participação de instituições de ensino e pesquisa na criação de políticas voltadas à garantia da credibilidade científica.

³ Técnica analítica amplamente utilizada em pesquisas de biologia molecular e imunogenética (QI *et al.*, 2021).

2 Credibilidade em risco

Equívocos presentes em artigos científicos podem ser involuntários e decorrentes de falhas técnicas ou humanas que não visam enganar ou induzir o erro. As falhas técnicas podem ocorrer durante a captura, processamento ou armazenamento de imagens, como por exemplo, problemas com câmeras ou com os softwares de processamento de imagem. Já os erros humanos podem advir de diferentes fatores, tais como a falta de calibração dos equipamentos utilizados ou a seleção equivocada de parâmetros para o processamento de imagens, e podem ocorrer na captura e/ou no processamento dos dados, na edição da imagem ou na análise dos resultados.

Entretanto, há situações em que os dados são alterados ou fabricados de forma intencional a fim de produzirem resultados esperados (BIK *et al.*, 2018; BECK, 2022). Casos como esses são configurados como má conduta de pesquisa, definida pelo *Office Of Research Integrity* (ORI, 2022, online, tradução livre) como “fabricação, falsificação ou plágio ao propor, realizar ou revisar pesquisas, ou ao relatar resultados de pesquisas”. Pesquisas com dados falsos, incompletos, obscurecidos ou outras formas de erro ou negligência qualquer, representam um grave problema para a credibilidade científica, pois levantam suspeitas sobre a autenticidade dos resultados obtidos (BIK *et al.*, 2016; KOPPERS *et al.*, 2017). Nesses casos, os pesquisadores diretamente envolvidos não são os únicos a serem afetados, mas toda a rede colaborativa, base da atividade de pesquisa, acaba por ser prejudicada, levando à retratação de artigos, à perda de financiamentos e até mesmo à expulsão de pesquisadores de suas instituições (BECK, 2022).

Os debates sobre manipulação de imagem científica envolvem, necessariamente, preocupações relacionadas à reprodutibilidade, um dos principais requisitos para a produção científica em geral. A fabricação ou omissão de dados impede a replicação dos resultados por outros pesquisadores, e impossibilita a comprovação da veracidade do estudo (BIK *et al.*, 2016, 2018; ZHUANG *et al.*, 2021). Além disso, essa conduta viola importantes princípios de integridade científica, entre eles: idoneidade para garantia da qualidade da pesquisa, honestidade em todas as etapas de desenvolvimento do estudo e também na comunicação da pesquisa, respeito pelos colegas e responsabilidade pela investigação (ALLEA, 2018). Segundo estudos realizados por Fanelli e Tregenza (2009) e Zhuang *et al.*, (2021), o número de pesquisadores envolvidos em casos de má conduta é preocupante e pode ser muito maior considerando a complexidade da atribuição de intencionalidade em casos de manipulação de dados.

Classificar alterações em dados de imagens como má conduta é uma tarefa complexa, tendo em vista as dificuldades inerentes à análise de recursos visuais e o fato de que os tipos de manipulações variam conforme a área de conhecimento e o tipo de abordagem de pesquisa. Por exemplo, em pesquisas qualitativas, a edição de imagens pode ser usada para destacar certos elementos ou ocultar informações confidenciais (JORDAN, 2013), enquanto que em pesquisas quantitativas, as imagens podem ser editadas para apresentar os resultados de forma clara e concisa (KOPPERS *et al.*, 2017; BUCCI, 2018; ORI, 2022).

Segundo a literatura analisada, o maior número de casos de imagens fraudulentas descobertos concentra-se na área de Ciências da Vida. A partir disso, foram listados os tipos de manipulação mais comuns aplicados às imagens produzidas e publicadas, como evidências experimentais que embasam a construção de resultados e o desenho de conclusões, nessa área (KOPPERS *et al.*, 2017).

2.1 Tipos de manipulação de imagens

Com base em Cazeaux (2015), a produção de representações visuais científicas inclui uma série de operações dependentes e mutuamente definidas que envolvem teoria, aparato e design de experimentos, transformação tecnológica e interpretação. **A manipulação dessas imagens pode ocorrer em maior ou menor grau, de diversas formas e em várias etapas desse processo.** A preparação das amostras para análise, por exemplo, pode contemplar processos que tenham como objetivo facilitar a observação do fenômeno considerado, como no caso da visualização de organelas celulares na microscopia óptica, onde o uso de corantes é necessário para a fixação dos cortes histológicos (CANDIDO; LOGUERCIO, 2020).

Durante a etapa de aquisição dos dados, os instrumentos utilizados (*e.g.* microscópio e câmeras) são ajustados segundo os parâmetros escolhidos pelo pesquisador. As imagens geradas, ainda que em muitos casos sejam vistas por muitos cientistas como descrições robustas e exatas da realidade, na verdade, constituem uma representação selecionada e parcial dela, produzida pelas decisões tomadas durante seu contexto de produção e processamento (MARCOVICH; SHINN, 2011).

No intuito de apresentar os dados de forma mais clara, ou para enfatizar determinados resultados, **o pesquisador pode manipular as imagens através da seleção de regiões específicas** ou do emprego de cores para diferenciar suas várias partes, e assim,

diferenciar o objeto estudado de seu ambiente. Entretanto, é preciso ressaltar que essas alterações, quando executadas de forma adequada, não tem o objetivo de mudar as informações contidas nas imagens científicas, mas melhorar a visibilidade dos dados (MARCOVICH; SHINN, 2011).

A manipulação de imagens pode ocorrer tanto a nível de pixel, como redução de tamanho, quanto a nível de conteúdo, como a remoção ou inserção de um objeto. De acordo com Zheng *et al.*, (2019, p. 382) os diferentes tipos de modificações podem ser classificados em três classes gerais:

- a) Manipulação de imagem: técnicas de computação que colore ou editam uma imagem digital;
- b) Falsificação de imagem: manipulações que produzem conteúdo falsificado;
- c) Adulteração de imagem: tipo especial de falsificação de imagem que altera uma parte ou várias partes de seu conteúdo.

A partir das quais podem ser identificadas algumas subcategorias de manipulação, entre elas (ZHENG *et al.*, 2019; THAKUR; ROHILLA, 2020):

1. Geração de imagem em sua totalidade ou de partes dela por computador;
2. Esteganografia de imagem, usada para esconder dados alterando alguns pixels e incorporando dados extras;
3. Duplicação de imagens inteiras;
4. Duplicação de regiões específicas dentro de uma imagem (*copy-move*);
5. Duplicação de região entre duas ou mais imagens (*cut-paste ou splicing*);
6. Preenchimento de uma determinada região da imagem (*erase-fill*), também chamada de “*imaging inpainting*” no caso de restauração de partes ausentes ou corrompidas em uma imagem.

Em sua pesquisa sobre manipulação de imagens, Bik *et al.*, (2018) identificaram um número elevado de duplicações de imagens inadequadas ao analisar as imagens de 20.621 artigos publicados em 40 periódicos científicos, entre os anos de 1995 e 2014. Segundo os autores (BIK *et al.*, 2018, p. 2), 3,8% das publicações apresentaram 3 tipos de duplicação de imagens, sendo eles,

1. Simples - “figuras contendo dois ou mais painéis idênticos, dentro da mesma figura ou entre figuras diferentes dentro do mesmo papel, pretendendo representar diferentes condições experimentais”;

2. Com reposicionamento - “imagens microscópicas ou borradas com uma região clara de sobreposição, onde uma imagem havia sido deslocada, girada ou invertida em relação à outra”; e
3. Com alteração - “imagens que foram alteradas com duplicação total ou parcial de faixas, faixas ou grupos de células, às vezes com rotação ou reversão entre si, dentro do mesmo painel de imagens ou entre painéis ou figuras”.

Existe um debate bastante intenso dentro da comunidade científica sobre os limites aceitáveis para a manipulação de imagem. Alguns autores apresentam visões mais radicais que rejeitam toda e qualquer forma de edição, enquanto outros defendem limites bem mais flexíveis para o destaque de importantes atributos presentes em uma imagem. Parrish e Noonan (2009) consideram as imagens como registros de pesquisa precisos, cujos dados não devem passar por nenhum processo de aprimoramento que destaquem ou escondam seus atributos, nessa perspectiva, toda alteração ou manipulação é vista como caso de má conduta científica. Seguindo essa mesma linha de pensamento, Jordan (2013) entende a manipulação de imagem como uma prática ilícita que fere as normas de integridade de pesquisa. A autora defende que, caso sejam realizadas alterações, elas devem ser documentadas de forma detalhada.

Cromey (2010) relaciona os principais problemas de manipulação de imagem ao fato de que muitos pesquisadores não tratam as suas imagens como dados. Para ele, a manipulação de dados tornou-se tão simples ao ponto de levar os cientistas a pensarem que o trabalho com imagens exige menor rigor científico do que o normalmente aplicado à análise de dados numéricos. Esse é um dos principais motivos para que o autor recomende categoricamente que se tenha muito cuidado não somente no uso de edições de imagens, mas especialmente na geração e manuseio de dados. Corroborando a tese de Cromey (2010), Bik *et al.*, (2018) constataram que a maioria das imagens científicas questionáveis resultam de erros e descuidos cometidos pelos pesquisadores.

Koppers *et al.*, (2017) entendem que a determinação do grau aceitável de manipulação, assim como a suficiência da descrição dos métodos de concepção e tratamento de imagens científicas, só poderia ser avaliada caso a caso, algo inviável devido ao grande volume de artigos enviados para a publicação e a velocidade com que precisam ser avaliados. Para os autores, esse problema deve ser analisado do ponto de vista dos dados, deslocando a atenção dos métodos de alteração inadequados para o efeito produzido por eles, através de procedimentos que possam detectar imagens com informações adicionadas, excluídas ou duplicadas.

Bucci (2018, p. 2), por sua vez, considera como evidência de possível má conduta na área biomédica, atitudes como:

1. **Clonagem de objetos em uma imagem**, para adicionar recursos que não estavam presentes em primeiro lugar, tirando o objeto clonado da mesma imagem ou de uma imagem diferente; 2. **Reutilizar uma imagem ou uma versão “ligeiramente modificada”** da mesma imagem no mesmo jornal sem menção explícita a ela. Duas ou mais imagens são consideradas uma versão “ligeiramente modificada” de uma única imagem se sua diferença estiver restrita a uma região pequena e discreta (não maior que 5% da área total expressa em pixels), ou se diferenciarem apenas em escala, rotação, alongamento linear, corte, contraste ou brilho (em qualquer combinação); Reutilizar uma imagem ou parte dela de um artigo anterior, incluindo a reutilização de uma versão “ligeiramente modificada” de uma imagem publicada anteriormente (no mesmo sentido do ponto 2).

Mediante a variedade de perspectivas sobre os limites aceitáveis para a manipulação e a falta de definições claras sobre quais são os limites aceitáveis de modificações, a elaboração de políticas de má conduta adequadas é essencial para a orientação de todos os atores envolvidos no processo de publicação científica, reduzindo, consequentemente, o risco de fraudes, e para o desenvolvimento de iniciativas preventivas pertinentes (BUCCI, 2018; FANELLI *et al.*, 2022).

3 Necessidade de diretrizes

O receio de uma possível **crise de confiança nas imagens científicas**, ligada ao aumento da capacidade tecnológica de processamento digital, **incentivou a produção de novas diretrizes** e ferramentas de monitoramento para os casos de imagens suspeitas. Periódicos renomados das áreas de ciências da vida, entre eles, *Science*⁴, *Journal of Cell Biology*⁵, *PLoS Biology*⁶ e a família de periódicos *Nature*⁷, estipularam diretrizes específicas de manipulação de imagem para os autores e implementaram sistemas internos para o exame das imagens submetidas (FROW, 2012). De acordo com Bosch *et al.*, (2012), políticas de má conduta claras e públicas são dispositivos que podem ajudar na prevenção de reações *ad hoc* diante de alegações de fraude e complicações legais.

Ainda assim, as diretrizes apresentadas pelos periódicos são poucas e geralmente abordam o assunto de forma superficial, “não oferecem uma distinção geral e explícita de manipulação de imagem fraudulenta e não fraudulenta (mas ainda inaceitável)” (KOPPERS *et al.*, 2017, p.1116, tradução livre). Jambor *et al.*, (2021) acrescentam que a

⁴ <https://www.science.org/>

⁵ <https://rupress.org/JCB>

⁶ <https://journals.plos.org/plosbiology/>

⁷ <https://www.nature.com/>

falta de padrões de qualidade mais rigorosos pode estar relacionada ao fato de que as diretrizes são direcionadas a um público amplo, que inclui cientistas de diversas áreas do conhecimento. Como salienta Jordan (2013), a maioria das diretrizes gerais, embora aceitas pela comunidade científica global, não são aplicáveis a todas as disciplinas.

Um outro ponto a ser salientado é que a análise de imagens científicas, sobretudo as geradas por equipamentos ou softwares nas ciências da vida, costuma basear-se em aspectos exclusivamente técnicos. Nesse sentido, a classificação de uma imagem como verdadeira ou falsa, decorre não exatamente de seu exame em si, mas das informações relativas aos processos e tecnologias envolvidos em sua produção e processamento, bem como em suas formas finais e na função que desempenham (LÓPEZ, 2005; PAUWELS, 2021). Todavia, as imagens configuram-se como produtos complexos cujo objetivo não consiste apenas em captar ou descrever a realidade, mas em contribuir para construção e disseminação do conhecimento a partir da assimilação de questões filosóficas e epistemológicas que abrangem, entre outros assuntos, sua relação com a realidade, a natureza dos referentes por elas representados e a influência cultural manifesta nas escolhas técnicas e estéticas dos pesquisadores durante a etapa de produção. Além das limitações técnicas dos equipamentos utilizados, o nível de habilidades e conhecimentos dos seres humanos envolvidos, também influencia diretamente as características da imagem produzida, inclusive nas falhas que esta pode apresentar (CAZEAUX, 2015; PAUWELS, 2021).

A natureza dos fenômenos representados também deveria ser levada em consideração na análise de imagens científicas, pois influencia a escolha das técnicas para criação das imagens, tipos de alterações que serão executadas para melhor compreensão ou destaque das informações de maior interesse, e a facilidade de verificação de correspondência com a realidade. No caso de referentes visíveis ou tangíveis, que podem ser capturados por equipamentos como máquinas fotográficas, por exemplo, a realidade, quando esta pode ser observada de forma direta, pode ser facilmente comparada, para fins de validação, com sua imagem retratada. O mesmo não ocorre no caso de referentes intangíveis ou conceituais que só podem ser conhecidos através do emprego de instrumentos e tecnologias complexas, que envolvem muitas traduções ou transfigurações entre “uma entidade material ou imaterial para uma forma visual materializada” (PAUWELS, 2021, p. 4, tradução livre).

3.1 Monitoramento e inspeção de imagens suspeitas

A garantia da qualidade de imagens em artigos científicos não depende apenas da concepção de diretrizes mais rigorosas, o monitoramento constante das imagens submetidas pode reduzir consideravelmente o número de artigos com problemas e facilitar a correção de erros antes da publicação. Esse monitoramento, ou processo de inspeção, tem a finalidade de identificar se a informação representada por uma determinada imagem é inalterada e originalmente gravada, ou se foi pós-processada, manipulada ou gerada por computador (BECK, 2022).

A supervisão das imagens pode ser feita por meio de inspeções visuais ou por métodos automáticos. Estudos científicos mostram que os seres humanos têm capacidade limitada para detectar manipulações visualmente, apesar disso a inspeção visual apresenta bons resultados quando empregada para o reconhecimento de duplicatas de imagens. Em muitos casos a detecção de mudanças do tipo copiar e colar, apagar ou clonar, não é possível de ser realizada manualmente, além disso, há vários fatores que podem prejudicar as decisões forenses baseadas em exame visuais, entre eles, o número de horas de trabalho e o grau de treinamento (ANSARI, 2014; BECK, 2022).

A adoção de métodos automatizados de inspeção é fundamental para casos onde é impossível detectar adulterações a olho nu, ou quando o prazo para avaliação é curto, ou ainda, quando há um volume muito grande de imagens. A inspeção automatizada é uma alternativa de interesse principalmente das editoras científicas que tiveram seu processo de publicação profundamente modificado com as inovações tecnológicas e a introdução de softwares de edição de imagens (BECK, 2016, 2022). A implementação de métodos automatizados gera custos financeiros consideráveis, apesar disso ainda é vantajoso quando comparada ao custo geral associado à descoberta de fraudes ou equívocos após a publicação (BIK *et al.*, 2018).

Ainda assim, é preciso frisar que os métodos automatizados costumam ser bastante específicos, ou seja, podem não ser eficientes quando aplicados à classificação de imagens diferentes ou em outros contextos. Eles também têm a capacidade de identificação reduzida ao analisarem imagens que passaram por várias manipulações diferentes em simultâneo, ou quando são manipuladas profissionalmente (THAKUR; ROHILLA, 2020; BECK, 2022). As deficiências apresentadas pelas duas formas de inspeção reforçam ainda mais a carência de diretrizes mais rigorosas para a submissão de imagens, como já foi discutido anteriormente.

4 Procedimentos metodológicos

A abordagem metodológica adotada neste artigo consistiu inicialmente na realização de pesquisa exploratória no Google Scholar para esclarecimento do fenômeno “manipulação de imagens digitais em artigos científicos” e para a identificação das palavras-chave mais utilizadas. Posteriormente optou-se pela execução de um levantamento bibliográfico nas duas bases de dados líderes mundiais em banco de dados e citações *Web of Science* (WOS) e *Scopus* (ZHU; LIU, 2020), que dispõem de ferramentas avançadas para busca e análise de dados. Essa etapa compreendeu ainda a definição da estratégia de busca, baseada nas palavras-chave obtidas anteriormente, a ser aplicada para recuperação de artigos (tipo de documento) em inglês (idioma), produzidos a partir dos anos 2000 (limitação de tempo), "research misconduct" OR "research integrity" OR "scientific misconduct" OR "scientific integrity" OR "scientific publication*" OR "fabrication, falsification" OR "falsification, fabrication" OR "ethic* research" and “image processing” OR “image duplication” OR “digital image*” OR “image manipulation” OR “image irregularity” OR “questionable image*” OR “fake image*” OR “image integrity” OR “image forens*” OR “image handling”.

As buscas retornaram um total de 89 artigos (36 na WOS e 53 na SCOPUS), desse total, foram excluídos os artigos duplicados e os não relacionados diretamente à manipulação de imagens no contexto científico, identificados a partir da leitura dos resumos. Após leitura e triagem dos resumos, foram selecionados 32 artigos para leitura integral, dos quais foram extraídos dados de referência (título; autores; periódico; data de publicação; volume e número do periódico) e dados adicionais (instituição de filiação dos autores; país dessas instituições; áreas de conhecimento dos periódicos e diretrizes para manipulação de imagens citadas).

Autores basilares da área de manipulação de imagens científicas (e.g. CROMEY, 2010; BIK *et al.*, 2016; BIK *et al.*, 2018; ROSSNER; YAMADA, 2004) e os autores com artigos publicados mais recentemente (e.g. KOPPERS *et al.*, 2017; PAWELS, 2021; QI *et al.*, 2021) foram utilizados para o desenvolvimento do referencial teórico. Os valores coletados para a variável “país” foram obtidos com base na localização das instituições dos autores correspondentes. O software Zotero⁸ foi utilizado para gerenciamento das

⁸ Zotero: é uma ferramenta digital gratuita para auxiliar na coleta, organização, anotação, citação e compartilhamento de pesquisas e referências.

referências e os dados foram organizados em planilhas no Excel, onde também foram realizadas as análises estatísticas e elaboração dos gráficos.

5 Resultados

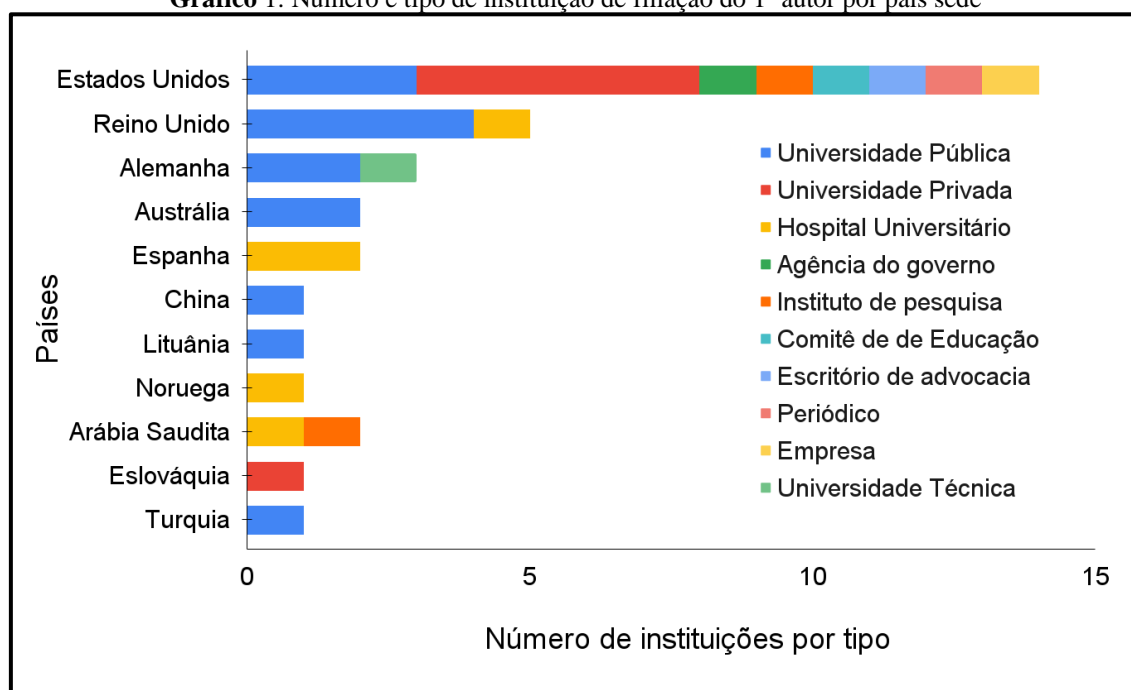
A fraude científica baseada em imagens não é um fenômeno recente, embora os casos documentados e a conscientização sobre esse problema tenham alcançado destaque principalmente nas últimas décadas. No entanto, as iniciativas para tentar refrear a sua ocorrência tem esbarrado em desafios que contemplam a dificuldade de definição do que pode ser considerado como manipulação inadequada das imagens científicas e da descrição de fatores que devem ser analisados para a classificação de uma representação como fraudulenta ou não (JORDAN, 2013; JAMBOR *et al.*, 2021). Partindo do princípio de que todas as imagens são, de certa forma, manipuladas (*i.e.* criadas a partir de uma perspectiva humana, escolhas metodológicas e instrumentais) (LÓPEZ, 2005; CAZEAUX, 2015; PAUWELS, 2021) entende-se que um possível caminho para o exame de imagens questionáveis requer, necessariamente, a identificação de edições que tenham como intuito fabricar ou distorcer as informações presentes em uma representação visual ao invés de técnicas específicas, tal como sugere Koppers *et al.*, (2017).

A partir do levantamento de literatura, foram identificados alguns dos principais atores (*i.e.* tipos de instituições a que os autores são filiados, países onde essas instituições estão localizadas) envolvidos na discussão sobre a manipulação de imagens científicas. Além disso, verificou-se as diretrizes que mais foram citadas nos artigos e as categorias e subcategorias Web of Science em que se enquadram os periódicos em que os artigos foram publicados.

A maior parte dos autores correspondentes são filiados a instituições localizadas nos Estados Unidos (Figura 1). A produção científica nos Estados Unidos é impulsionada por vários fatores, incluindo o alto investimento público em pesquisa e desenvolvimento (P&D) em áreas como saúde, energia e clima, além da colaboração entre universidades, indústrias e governo, promovendo inovação e transferência de tecnologia. A qualidade e diversidade das instituições de ensino superior e centros de pesquisa também desempenham um papel fundamental, atraindo talentos e formando uma comunidade científica altamente qualificada e competitiva. Esses fatores contribuem para a extensa produção científica nos Estados Unidos (CAIRES, 2016; REVISTA PESQUISA FAPESP, 2021). Apesar dessa diversidade de instituições encontrada nos Estados Unidos,

a universidade pública é o tipo mais frequente de filiação dos pesquisadores nos outros países, com ocorrência em praticamente todos eles, seguido pela universidade privada, por conta da contribuição dos Estados Unidos e Eslováquia, que apresenta maior variedade de instituições envolvidas com este tipo de pesquisa. Empresas como a *uBiome Inc.*, na Califórnia (EUA), e escritórios jurídicos também têm participação no conjunto de artigos analisados, ainda que bem menos expressiva (Gráfico 1). Outra possível explicação para esse resultado é a cultura de denúncia e investigação de fraudes científicas nos Estados Unidos, baseada em critérios rigorosos para detectar, investigar e responsabilizar casos de má conduta científica. Um exemplo é o “The OFFICE of Research Integrity” (ORI), órgão governamental que desenvolve políticas de investigação e prevenção de má conduta em pesquisa, além de revisar e monitorar as investigações conduzidas pelas instituições (ORI, 2022). O ORI também influencia a comunidade científica próxima, gerando incentivos para a produção de estudos sobre essa temática.

Gráfico 1: Número e tipo de instituição de filiação do 1º autor por país sede

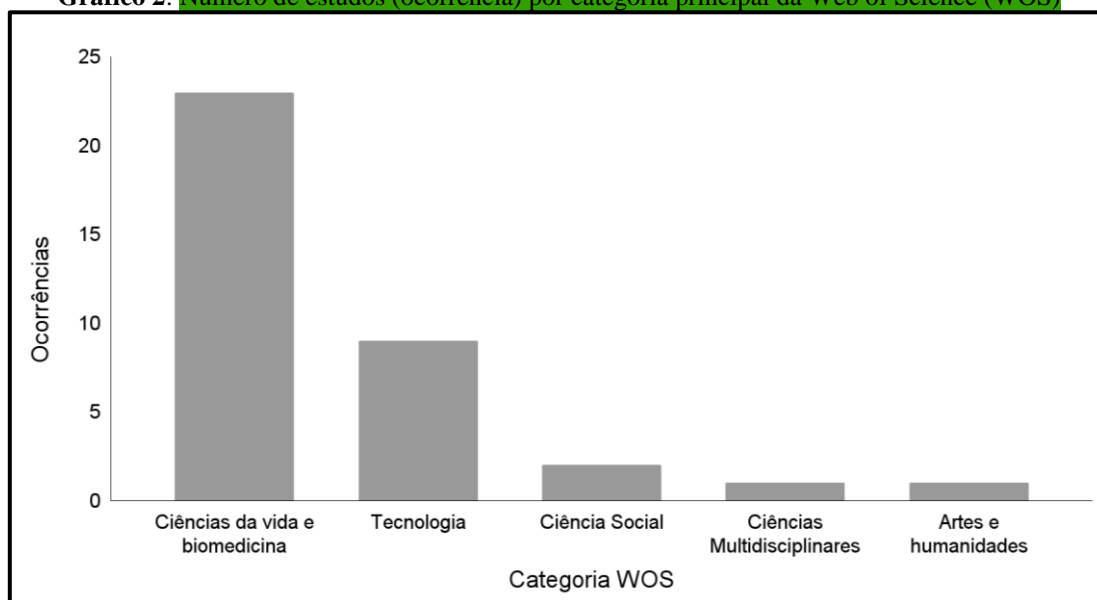


Fonte: Autores

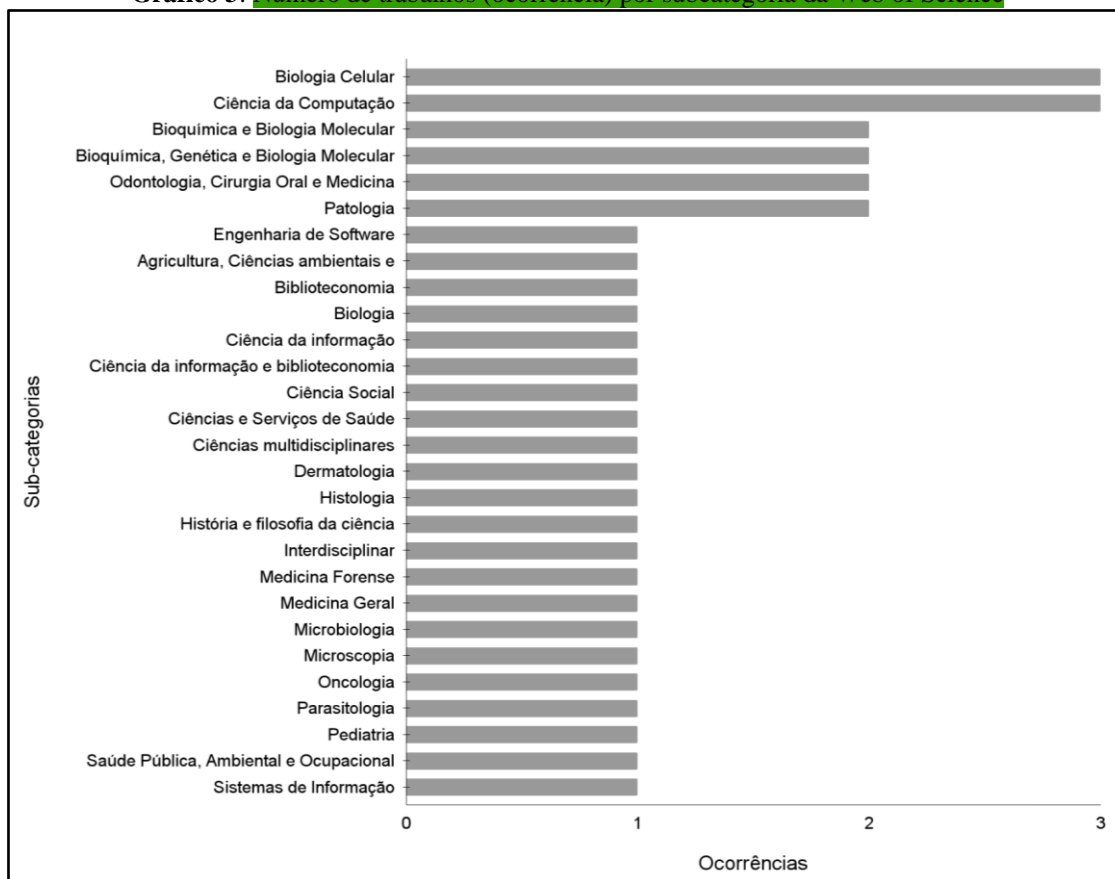
As áreas de conhecimento dos periódicos analisados foram classificadas segundo as categorias e subcategorias propostas pela Web of Science. A revisão bibliográfica foi conduzida por meio de uma busca abrangente e não restrita a nenhuma área específica de conhecimento. No entanto, ao analisar os resultados obtidos, observou-se a predominância das categorias “ciências da vida e biomedicina” e “tecnologia”, que apresentaram o maior número de ocorrências (Gráfico 2). Ademais, as subcategorias

apontam no mesmo sentido, com “Biologia Celular” e “Ciência da Computação” como as mais frequentes (8% do total, cada uma - Gráfico 3). Em seguida, identificou-se “Odontologia, Cirurgia Oral e Medicina”, “Bioquímica e Biologia Molecular”, e “Bioquímica, Genética e Biologia Molecular” com 6% cada. Todas as outras subáreas apresentaram frequência de 3%, ou seja, apenas uma ocorrência. Existem múltiplos motivos que podem explicar o predomínio das categorias de Ciências da Vida e Tecnologia. Na área de Ciências da Vida, a precisão e integridade dos dados imagéticos são de extrema importância, pois fraudes podem ter impacto global, como em casos relacionados a pandemias, por exemplo. Além disso, a presença significativa de ocorrências relacionadas à tecnologia pode ser atribuída à necessidade constante de desenvolvimento de ferramentas automatizadas para detecção de imagens manipuladas, impulsionada pelo surgimento de novas tecnologias de processamento. Adicionalmente, as áreas de Ciências da Vida, Biomedicina e Tecnologia tendem a ter uma alta quantidade de publicações e divulgação de resultados, aumentando a probabilidade de identificar casos de fraude em imagens científicas. É importante ressaltar que essas são hipóteses e uma análise mais aprofundada pode ser necessária para uma compreensão completa destas tendências.

Gráfico 2: Número de estudos (ocorrência) por categoria principal da Web of Science (WOS)

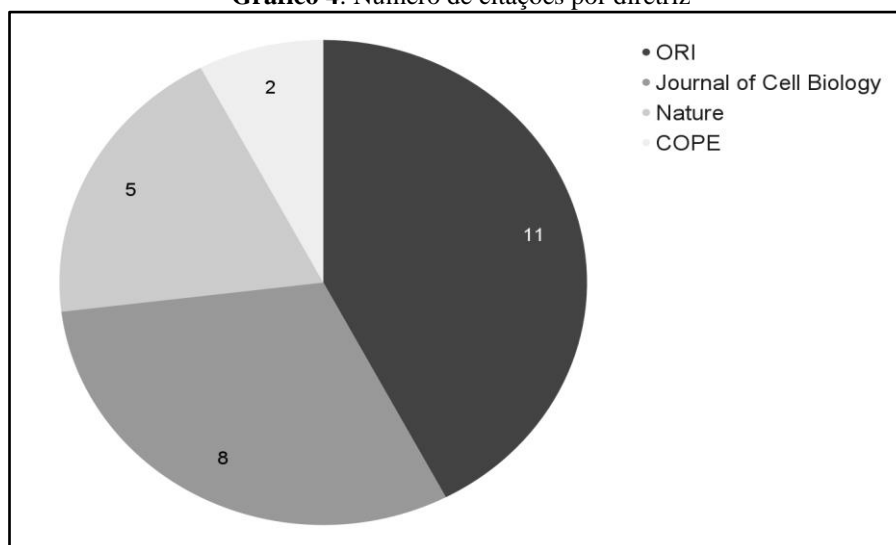


Fonte: Autores

Gráfico 3: Número de trabalhos (ocorrência) por subcategoria da Web of Science

Fonte: Autores

Dentre as diretrizes mais citadas pelos artigos analisados destacam-se as produzidas pelo *The Office Research Integrity* (ORI - 11 citações), *Journal of Cell Biology* (8 citações), *Nature* (5) e *Committee on Publication Ethics* (COPE - 2) (Gráfico 4). As principais orientações das duas primeiras diretrizes serão abordadas posteriormente.

Gráfico 4: Número de citações por diretriz

Fonte: Autores

O número alto de citações da diretriz ORI em comparação às outras, reforça a hipótese de influência de integridade em toda a comunidade acadêmica próxima. O ORI disponibiliza em sua página ferramentas para exames forenses de imagens como os Droplets⁹ que são “aplicativos de “desktop” desenvolvidos para uso no Adobe Photoshop e “conjuntos de ações para automatizar rotinas de análise de imagens que foram abertas no Photoshop ou para criar novos *Droplets* para processamento em lote de imagens não abertas” (ORI, 2022). Além disso, o escritório financiou a criação de um site com diretrizes para a manipulação de imagens científicas denominada como “*Online Learning Tool for Research Integrity and Image Processing*”¹⁰ (CROMEY, 2010).

De acordo com as diretrizes do ORI, as imagens devem ser tratadas como dados e as manipulações de imagens digitais devem ser feitas em uma cópia dos dados brutos, mantendo-se o original. Ajustes simples em toda a imagem e edições de corte são práticas consideradas como aceitáveis, enquanto a manipulação de imagens inteiras, o uso de filtros de software e a clonagem de objetos em uma imagem são classificadas como práticas questionáveis. As diretrizes indicam também a preocupação com a compactação de imagens com perdas que podem provocar a degradação dos dados, e com os problemas de ampliação, resolução e alteração de tamanho da imagem digital (ORI, 2022).

Com o segundo maior número de citações, o Journal of Cell Biology (JBC) foi um dos primeiros periódicos a trabalhar com diretrizes específicas para a submissão de imagens, o que pode explicar parcialmente o número de vezes em que foi citado. Em suas diretrizes constam orientações gerais para o manuseio adequado de dados de imagens digitais e as práticas consideradas como impróprias (ROSSNER; YAMADA, 2004). Os ajustes simples de contraste ou brilho são considerados aceitáveis. No entanto, alterações em partes selecionadas de imagens como introdução e remoção de recursos são terminantemente proibidas. Por ser um periódico da área de biologia, as recomendações são direcionadas às imagens de células e géis em artigos aceitos para publicação (THE JOURNAL OF CELL BIOLOGY, 2020).

6 Considerações finais

A partir da identificação das principais formas de manipulação de imagens científicas, do levantamento das diretrizes sobre essa manipulação e da identificação dos

⁹ <https://ori.hhs.gov/droplets>

¹⁰ <http://ori.dhhs.gov/education/products/RIandImages/>

atores e instituições envolvidos nessa questão, devidamente analisados no presente estudo, conclui-se que a manipulação de imagens científicas ainda é um tema pouco abordado na literatura, fato observado no número reduzido de artigos recuperados. Notou-se também que os artigos mais atuais (2021-2022) se concentram, normalmente, mais no desenvolvimento de ferramentas automatizadas do que nas discussões teóricas sobre ética científica, essenciais para a estruturação de diretrizes e a conscientização dos autores. Periódicos/editores científicos e instituições de ensino/pesquisa foram os principais autores identificados na discussão sobre manipulação de imagens, o que não exclui a participação, ainda tímida, de empresas e organizações privadas.

O monitoramento das imagens submetidas à publicação demanda tempo, esforço e recursos financeiros dos editores e periódicos. Porém, a qualidade das imagens também depende dos autores, que devem seguir as diretrizes e recomendações sobre manipulação de imagens na aquisição e no tratamento dos dados. Além disso, as universidades podem colaborar com o desenvolvimento e a implementação de procedimentos e sistemas para rastrear imagens alteradas e identificar fraudes.

A elaboração de diretrizes é um desafio que demanda maior atenção, devido à diversidade e às especificidades das representações visuais em cada área de conhecimento. Portanto, é necessário um maior investimento na discussão e na abordagem da manipulação de imagens científicas, envolvendo periódicos, editores, autores, instituições e empresas, para fomentar a conscientização, a ética e a eficácia das diretrizes para cada área de conhecimento.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação (PGCIN) da Universidade Federal Catarinense (UFSC).

Referências

ALLEA- All European Academies. **Código Europeu de Conduta para a Integridade da Investigação**. Berlim: ALLEA - All European Academies, 2018. Disponível em: https://www.allea.org/wp-content/uploads/2018/11/ALLEA-European-Code-of-Conduct-for-Research-Integrity-2017-Digital_PT.pdf. Acesso em: 05 maio. 2023.

ANSARI, M. D.; GHRERA, S. P.; TYAGI, V. Pixel-Based Image Forgery Detection: A Review. **IETE Journal of Education**, Londres, v. 55, n. 1, p. 40–46, jan. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/09747338.2014.921415>. Acesso em: 26 jan. 2023.

BECK, T.S. **Shaping Images**: Scholarly Perspectives on Image Manipulation. Berlin, Boston: De Gruyter, 2016.

BECK, T. S. Image manipulation in scholarly publications: are there ways to an automated solution?. **Journal Of Documentation**, [S.l.], v. 78, n. 5, p. 1184-1198, 7 dez. 2021. Emerald. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JD-06-2021-0113>. Acesso em: 10 jan. 2023.

BIK, E. M.; CASADEVALL, A.; FANG, F. C. The Prevalence of Inappropriate Image Duplication in Biomedical Research Publications. **Mbio**, [S.l.], v. 7, n. 3, p. e00809-16, 6 jul. 2016. American Society for Microbiology. Disponível em: <https://doi.org/10.1128/mBio.00809-16>. Acesso em: 11 jan. 2023.

BIK, E. M.; FANG, F. C.; KULLAS, A. L.; DAVIS, R. J.; CASADEVALL, A. Analysis and Correction of Inappropriate Image Duplication: the molecular and cellular biology experience. **Molecular And Cellular Biology**, [S.l.], v. 38, n. 20, p. 681-696, 1 out. 2018. Informa UK Limited. Disponível em: <https://doi.org/10.1128/MCB.00309-18>. Acesso em: 20 fev. 2023.

BOSCH, X.; HERNÁNDEZ, C.; PERICAS, J.M; DOTI, P.; MARUŠIĆ, A. Misconduct Policies in High-Impact Biomedical Journals. **PLoS ONE**, [S.l.], v. 7, n. 12, e51928, p. 1-9, dez. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051928>. Acesso em: 20 fev. 2023.

BREDEKAMP, H.; DÜNKEL, V.; SCHNEIDER, B. (ed.). **The technical image**: a history of styles in scientific imagery. Chicago: University of Chicago Press, 2015.

BUCCI, E. M. Automatic detection of image manipulations in the biomedical literature article. **Cell Death and Disease**, [S.l.], v. 9, n. 3, p. 1-9, 14 mar. 2018. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41419-018-0430-3>. Acesso em: 17 mar. 2023.

CAIRES, L. **Nos países desenvolvidos, o dinheiro que financia a ciência na universidade é público**. 2019. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/nos-paises-desenvolvidos-o-dinheiro-que-financia-a-ciencia-e-publico/>. Acesso em: 10 maio 2023.

CANDIDO, J.; LOGUERCIO, R. Q. A ciência e suas imagens: tradução, representação e criação. **Policromias – Revista de Estudos do Discurso, Imagem e Som**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 3, p. 233-255, set./dez. 2020. Disponível em: <https://brapci.inf.br/index.php/res/download/157746>. Acesso em: 25 abr. 2023.

CAZEAUX, C. The Aesthetics of the Scientific Image. **Journal of Aesthetics and Phenomenology**, [S.l.], v. 2, n. 2, p. 187-209, jul. 2015. Informa UK Limited. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/20539320.2015.1104952>. Acesso em: 25 abr. 2023.

CROMEY, D. W. Avoiding Twisted Pixels: Ethical Guidelines for the Appropriate Use and Manipulation of Scientific Digital Images. **Science and Engineering Ethics**, [S.l.], v. 16, n. 4, p. 639-667, 22 jun. 2010. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11948-010-9201-y>. Acesso em: 20 fev. 2023.

DORAN, Y. Building knowledge through images in physics. **Visual Communication**, [S.l.], v. 18, n. 2, p. 251-277, 8 mar. 2018. SAGE Publications. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1470357218759825>. Acesso em: 13 mar. 2023.

FANELLI, D.; TREGENZA, T. How Many Scientists Fabricate and Falsify Research? A Systematic Review and Meta-Analysis of Survey Data. **PLOS ONE**, [S.l.], v. 4, n. 5, p. 1-11, e5738, 29 maio 2009. Public Library of Science (PLOS). Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005738>. Acesso em: 18 mar. 2023.

FANELLI ID, D; SCHLEICHER, F.; FANG, F. C.; CASADEVALL, A.; BIK, E. M. Do individual and institutional predictors of misconduct vary by country? Results of a matched-control analysis of problematic image duplications. **PLOS ONE**, [S.l.], v. 17, n. 3, p. 1-19, e0255334, 2 mar. 2022. Public Library of Science (PLOS). Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255334>. Acesso em: 18 mar. 2023.

FROW, E. K. Drawing a line: Setting guidelines for digital image processing in scientific journal articles. **Social Studies of Science**, [S.l.], v. 42, n. 3, p. 369-392, jun. 2012. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/41721323>. Acesso em: 10 fev. 2023.

JAMBOR, H.; ANTONIETTI, A.; ALICEA, B.; AUDISIO, T. L.; AUER, S.; BHARDWAJ, V.; BURGESS, S. J.; FERLING, I.; GAZDA, M. A.; HOEPPNER, L. H.; ILANGOVAN, V.; LO, H.; OLSON, M.; MOHAMED, S. Y.; SARABIPOUR, S.; VARMA, A.; WALAVALKAR, K.; WISSINK, E. M.; WEISSGERBER, T. L. Creating clear and informative image-based figures for scientific publications. **PLOS Biology**, [S.l.], v. 19, n. 3, p. 1-25, e300116131, mar. 2021. Public Library of Science (PLOS). Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001161>. Acesso em: 25 abr. 2023.

JORDAN, S. R. Research integrity, image manipulation, and anonymizing photographs in visual social science research. **International Journal of Social Research Methodology**, [S.l.], v. 17, n. 4, p. 441-454, 23 jan. 2013. Informa UK Limited. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/13645579.2012.759333>. Acesso em: 30 abr. 2023.

KOPPERS, L.; WORMER, H.; ICKSTADT, K. Towards a Systematic Screening Tool for Quality Assurance and Semiautomatic Fraud Detection for Images in the Life Sciences. **Science and Engineering Ethics**, [S.l.], v. 23, n. 4, p. 1113-1128, 15 nov. 2017. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11948-016-9841-7>. Acesso em: 05 maio 2023.

LÓPEZ, S. G. Modelos y representaciones visuales en la ciencia. **Escritura e Imagen**, [S.l.], v. 1, p. 83-116, jan. 2005. Disponível em: <https://revistas.ucm.es/index.php/ESIM/article/view/ESIM0505110083A>. Acesso em: 19 mar. 2023.

LÓPEZ-CÓZAR, E.; SALINAS, D.; LÓPEZ, Á. El fraude en la ciencia: reflexiones a partir del caso Hwang. **El Profesional de la Informacion**, [S.l.], v. 16, n. 2, p. 143-150, 1 jan. 2007. Ediciones Profesionales de la Informacion SL. Disponível em: <https://doi.org/10.3145/epi.2007.mar.07>. Acesso em: 20 mar. 2023.

MARCOVICH, A.; SHINN, T. Estrutura e função das imagens na ciência e na arte: entre a síntese e oholismo da forma, da força e da perturbação. **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 229-265, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ss/a/qcHmnmgmQmPjCD3FS3zGf3nH/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 18 abr. 2023.

OFFICE OF RESEARCH INTEGRITY (ORI). **ORI**: Promoting integrity in research. Disponível em: <https://ori.hhs.gov>. Acesso em: 04 abr. 2022.

PARRISH, D.; NOONAN, Á. B. Image Manipulation as Research Misconduct. **Science and Engineering Ethics**, [S.l.], v. 15, n. 2, p. 161-167, 6 jan. 2009. Springer Science and Business

Media LLC. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11948-008-9108-z>. Acesso em: 10 fev. 2023.

PAUWELS, L. Validating visuals: a socio-semiotic instrument for an informed production and use of visual representations. **Social Semiotics**, [S.l.], v. 33, n. 2, p. 426-445, 18 jan. 2021. Informa UK Limited. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10350330.2021.1874241>. Acesso em: 15 maio 2023.

QI, C.; ZHANG, J.; LUO, P. Emerging Concern of Scientific Fraud: Deep Learning and Image Manipulation. **BioRxiv** preprint bioRxiv 2020.11.24.395319, p. 1-3, jan. 2021. Disponível em: <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.11.24.395319v2>. Acesso em: 10 maio. 2023.

REVISTA PESQUISA FAPESP. Mais dinheiro para a ciência nos Estados Unidos. **Revista Pesquisa Fapesp**, São Paulo, v. 303, p. 13, maio. 2021. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/mais-dinheiro-para-a-ciencia-nos-estados-unidos/>. Acesso em: 15 maio. 2023.

RICHARDSON, M. K. Heterochrony and the Phylotypic Period. **Developmental Biology**, [S.l.], v. 172, n. 2, p. 412-421, dez. 1995. Elsevier BV. Disponível em: <https://doi.org/10.1006/dbio.1995.8041>. Acesso em: 28 abr. 2023.

RICHARDSON, M. K.; HANKEN, J.; GOONERATNE, M. L.; PIEAU, C.; RAYNAUD, A.; SELWOOD, L.; WRIGHT, G. M. There is no highly conserved embryonic stage in the vertebrates: implications for current theories of evolution and development. **Anatomy and Embryology**, [S.l.], v. 196, n. 2, p. 91-106, 30 jul. 1997. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s004290050082>. Acesso em: 01 maio 2023.

ROSSNER, M.; YAMADA, K. M. What's in a picture? The temptation of image manipulation. **The Journal of Cell Biology**, [S.l.], v. 166, n. 1, p. 11-15, jul. 2004. Rockefeller University Press. Disponível em: <https://doi.org/10.1083/jcb.200406019>. Acesso em: 20 mar. 2023.

THAKUR, R.; ROHILLA, R. Recent advances in digital image manipulation detection techniques: A brief review. **Forensic Science International**, [S.l.], v. 312, p. 110311, jul. 2020. Elsevier BV. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2020.110311>. Acesso em: 20 mar. 2023.

THE JOURNAL OF CELL BIOLOGY. **Editorial policies**: Data integrity. The Journal of Cell Biology, [S.l.], 2022. ISSN 0021-9525 versão online. Disponível em: <https://rupress.org/jcb/pages/editorial-policies#data-integrity>. Acesso em: 04 abr. 2022.

TORRES, A. A. L.; MACULAN, B. C. M. D. S. Imagens científicas: organização e representação de imagens para compartilhamento de conhecimento. **Múltiplos Olhares em Ciência da Informação**, [S.l.], v. 9, n. 2, p.1-10. 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/20.500.11959/brapci/137076>. Acesso em: 10 maio. 2023.

ZHENG, L.; ZHANG, Y.; THING, V. L. L. A survey on image tampering and its detection in real-world photos. **Journal of Visual Communication and Image Representation**, [S.l.], v. 58, p. 380-399, jan. 2019. Elsevier BV. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2018.12.022>. Acesso em: 25 maio 2023.

ZHU, J.; LIU, W. A tale of two databases: the use of Web of Science and Scopus in academic papers. **Scientometrics**, [S.l.], v. 123, n. 1, p. 321-335, 22 fev. 2020. Springer Science and Business Media LLC. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03387-8>. Acesso em: 16 abr. 2023.

ZHUANG, H.; HUANG, T. Y.; ACUNA, D. E. Graphical integrity issues in open access publications: Detection and patterns of proportional ink violations. **PLOS Computational Biology**, [S.l.], v. 17, n. 12, p. 1-25, e1009650, 13 dez. 2021. Public Library of Science (PLOS). Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1009650>. Acesso em: 06 maio 2023.

Recebido em: 12 de fevereiro de 2023.

Aceito em: 28 de junho de 2023.