



Rastreo de tecnologias digitais em saúde (DHTs) em Laboratórios de Anatomia Patológica

Screening of digital health technologies (DHTs) in Pathological Anatomy Laboratories

Rastreo de tecnologías digitales en salud (DHTs) en Laboratorios de Anatomía Patológica

Fernanda Silva Pereira¹, Maísa Vilas Boas Silva², Sthefanie Caroline Rodrigues de Lima², Jaqueline da Rosa Machado², Rodrigo Machado Pereira²

RESUMO

Objetivo: rastrear as tecnologias digitais em saúde (DHTs) em Laboratórios de Anatomia Patológica e descrever as que foram citadas entre 2016 e 2021. **Métodos:** neste estudo, foi realizada uma revisão integrativa de literatura para identificar artigos sobre softwares, scanners, aplicativos e sistemas de informações laboratoriais aplicados à laboratórios de patologia. A pesquisa abrangeu artigos publicados até julho de 2021. **Resultados:** foram identificados 71 estudos, sendo 26 analisados detalhadamente. Estes artigos apresentaram 78 DHTs, categorizados em cinco funcionalidades principais: Softwares de macroscopia, Digitalização de lâminas, Gerenciamento e Visualização de imagens, Análise de imagens e Sistema de Informação Laboratorial (LIS). Os benefícios das DHTs incluem maior precisão diagnóstica, compartilhamento remoto de dados e imagens, redução de tempo no diagnóstico, além de auxiliar na padronização e gestão de informações. **Considerações finais:** as tecnologias mencionadas neste estudo promovem avanços significativos na área da Anatomia Patológica, oferecendo melhorias na precisão dos exames, diagnóstico e tratamento.

Palavras-chave: Tecnologia Digital; Patologia; Diagnóstico Laboratorial; Tecnologias da Informação e Comunicações.

ABSTRACT

Objective: to track digital health technologies (DHTs) in Pathological Anatomy Laboratories and describe those cited between 2016 and 2021. **Methods:** this study conducted an integrative literature review to identify articles on software, applications, and information systems applied to pathology laboratories. The research covered articles published until July 2021. **Results:** 71 studies were identified, of which 26 were extensively analyzed. These articles presented 78 DHTs, categorized into five main functionalities: Macroscopy Software, Slide digitization, Image management and visualization, Image analysis, and Laboratory Information Systems (LIS). The benefits of DHTs include higher diagnostic accuracy, remote sharing of data and images, reduced diagnostic time, as well as assisting in standardization and information management. **Final considerations:** the technologies mentioned in this study drive significant advancements in the field of Pathology, offering improvements in examination accuracy, diagnosis, and treatment.

Keywords: Digital Technology; Pathology; Laboratory Diagnosis; Information and Communication Technologies.

¹ Hospital das Clínicas Samuel Libânio, Pouso Alegre-MG.

² Universidade do Vale do Sapucaí, Pouso Alegre-MG.

RESUMEN

Objetivo: Rastrear las tecnologías de salud digitales (DHTs) en laboratorios de anatomía patológica y describir aquellas que fueron citadas entre 2016 y 2021. **Métodos:** En este estudio, se llevó a cabo una revisión integrativa de la literatura para identificar artículos sobre software, escáneres, aplicaciones y sistemas de información aplicados a laboratorios de patología. La investigación abarcó artículos publicados hasta julio de 2021. **Resultados:** Se identificaron 71 estudios, de los cuales se analizaron detalladamente 26. Estos artículos presentaron 78 DHTs, categorizadas en cinco funcionalidades principales: software de macroscopía, digitalización de láminas, gestión y visualización de imágenes, análisis de imágenes y sistemas de información laboratorial (LIS). Los beneficios de las DHTs incluyen una mayor precisión diagnóstica, compartición remota de datos e imágenes, reducción del tiempo de diagnóstico, además de ayudar en la estandarización y gestión de la información. **Consideraciones finales:** las tecnologías mencionadas en este estudio promueven avances significativos en el ámbito de la anatomía patológica, ofreciendo mejoras en la precisión de los exámenes, diagnóstico y tratamiento.

Palabras clave: Tecnología Digital; Patología; Diagnóstico de Laboratorio; Tecnologías de la Información y Comunicación

INTRODUÇÃO

Na medicina moderna, as informações provenientes dos laboratórios de anatomia patológica desempenham um papel fundamental na manutenção contínua dos cuidados aos pacientes, através do diagnóstico de doenças, informação acerca do prognóstico e direcionamento do tratamento (SIKANDAR A, 2018; WILSON ML, et al., 2018).

Com o advento da patologia moderna fez-se necessário adequar o laboratório às novas tecnologias. A partir da década de 1990, houve a globalização dos microcomputadores e da internet, assim, métodos alternativos foram propostos, introduzindo o uso de tecnologias digitais em saúde (DHTs) (ALVES MCFB, et al., 2021).

As instituições de saúde vêm aprimorando o uso da tecnologia com finalidade de sanar as adversidades da área (GHOSH A, et al., 2018). A sua utilização é considerada essencial, pois além de facilitar ações do dia a dia dentro do laboratório, pode atuar também na melhoria da qualidade e rapidez das informações, agilizando as atividades administrativas e o acesso às informações relacionadas aos pacientes, na qual o armazenamento deixa de ser em papel e passa a ser disponibilizado em um sistema (KULAK O, et al., 2021; LISCIA DS, et al., 2020).

Porém existem algumas desvantagens, como a necessidade de obtenção de equipamentos ou softwares específicos o que ocasiona um investimento alto, tornando-se muitas vezes inacessíveis a alguns laboratórios (ORAH N e ROTIMI O, 2019).

Dentro de um laboratório de anatomia patológica é realizado o diagnóstico de doenças com base em estudos histopatológicos e citopatológicos, através de biópsias, amostras cirúrgicas e/ou esfregaços. O processo inicia-se com a chegada da amostra do paciente, conferência, registro e triagem. Na macroscopia ocorre a avaliação, descrição e clivagem do tecido. Sequencialmente faz-se o processamento, inclusão em parafina, cortes histológicos, coloração e montagem da lâmina.

O patologista realiza a análise minuciosa da lâmina por meio do microscópio. O resultado dessa análise contribui para a formulação de um diagnóstico preciso, fornecendo informações cruciais para a orientação do tratamento adequado ao paciente (ARAÚJO ALD, et al., 2021; PEREIRA FS, et al., 2023).

A transformação digital na área da patologia possibilita a substituição da utilização de lâminas de vidro para a geração de imagens digitais completas, conhecidas como *Whole Slide Images* (WSIs) ou lâminas digitais.

Um sistema de patologia digital é composto principalmente por um *scanner* de lâminas, um software para visualização de WSI e um monitor de exibição. A partir destes recursos e integração com o Sistema de Informação Laboratorial (LIS) é possível contribuir no serviço dos colaboradores em geral, além de possibilitar que os patologistas avaliem, compartilhem lâminas e acessem todo o fluxo de trabalho, melhorando o acesso a informações e saída dos resultados de forma mais apropriada. Oferece, também, aos patologistas uma nova maneira para revisar e entregar diagnósticos, amplia a competência dos resultados e permite a gestão de lâminas para notificação de pacientes (HANNA MG, et al., 2020).

Uma crescente ênfase e expectativa do público em aprimorar a qualidade na área de patologia pode ser observada. Uma maneira de atender a essa demanda é estabelecendo redes de atenção à saúde, proporcionando um ambiente no qual casos complexos podem ser prontamente compartilhados entre patologistas.

Esse modelo de colaboração facilita a troca de informações entre profissionais, promovendo uma abordagem mais abrangente e colaborativa para a análise e diagnóstico de casos prolongados. Essa estratégia não apenas fortalece a qualidade dos serviços em patologia, mas também atende às expectativas crescentes da comunidade em relação à excelência no cuidado à saúde (ARAÚJO ALD, et al., 2021; EVANS AJ, et al., 2017).

Em virtude da expressiva demanda e da necessidade premente de recursos nos laboratórios de anatomia patológica, sobretudo em ambientes de baixa capacidade financeira, nos quais as tecnologias empregadas se mostram limitadas e de difícil aplicação (KOSOWICZ L, et al., 2023; SAYED S, et al., 2018), este estudo propõe-se a investigar a presença e a evolução das Tecnologias Digitais em Saúde (DHTs) nos Laboratórios de Anatomia Patológica ao longo dos últimos anos, sobretudo de 2016 a 2021.

MÉTODOS

Para a realização da pesquisa foi utilizado a metodologia de revisão integrativa da literatura, que visa sintetizar os dados presentes na literatura empírica e teórica para ampliar a compreensão e a aplicabilidade dos resultados de estudos significativos na prática (CORIOLANO-MARINUS MWDEL, et al., 2014).

A revisão integrativa foi realizada através da busca de artigos nas bases de dados Literatura Latino-Americana em Ciências da Saúde (Lilacs), Publicações Médicas (PubMed) e Google Acadêmico, sendo consideradas as chaves de busca: software OR “mobile applications” OR app OR aplis “pathology laboratory”.

Foram considerados artigos publicados até o dia 15 de julho de 2021. Foi realizada uma seleção inicial pelos pesquisadores baseada nos resumos dos trabalhos. Foram selecionados apenas estudos sobre *softwares*, aplicativos, sistemas e tecnologias da informação aplicadas aos laboratórios de patologia.

A partir da triagem inicial, foi realizada uma seleção através da leitura dos trabalhos completos. Estudos duplicados e artigos que não descreviam tecnologias aplicadas à rotina laboratorial de diagnóstico anatomopatológico foram excluídos, assim como trabalhos aplicados à medicina veterinária, estudos experimentais e pesquisa básica, análises clínicas, biologia molecular e ensino de patologia.

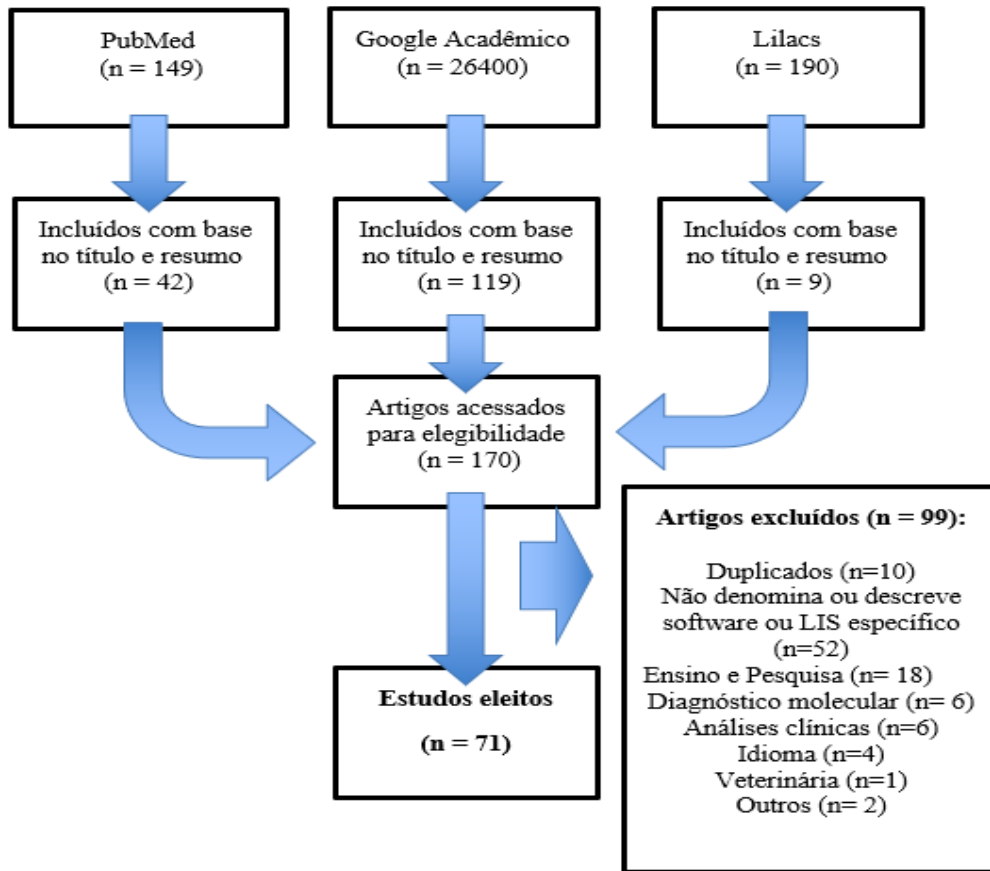
Foram considerados artigos em português, inglês ou espanhol. Após leitura completa dos artigos, as DHTs citadas nos estudos dos últimos cinco anos, foram analisadas e descritas de acordo com suas funcionalidades.

RESULTADOS

A partir dos resultados obtidos nas pesquisas realizadas nas bases de dados, 170 estudos foram inicialmente selecionados com base nos títulos e resumos para passarem pela análise de elegibilidade.

A leitura completa desses artigos resultou na exclusão de 99 estudos, conforme os critérios metodológicos adotados. Ao final desse processo, um total de 71 artigos foram considerados elegíveis e incluídos para compor esta revisão (**Figura 1**).

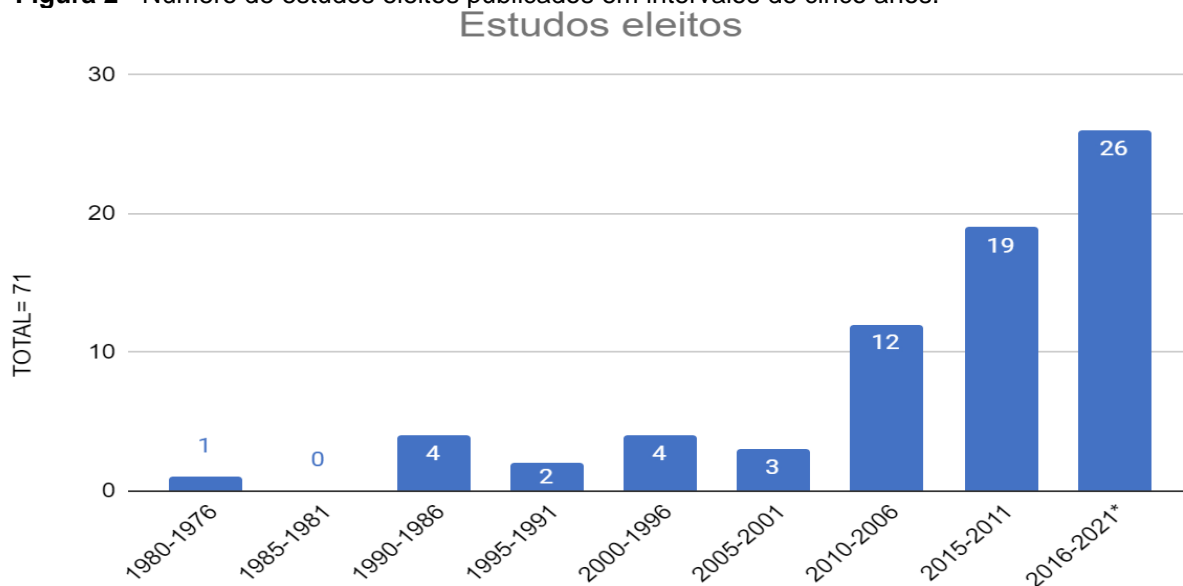
Figura 1 - Fluxograma do processo de busca e seleção de estudos de acordo com o guia PRISMA.



Fonte: Pereira FS, et al. (2024).

Ao observar a data de publicação dos estudos eleitos, é possível notar um aumento no número de publicações acerca do tema ao longo do tempo (**Figura 2**). A maioria dos artigos encontrados são dos últimos dez anos pesquisados. Quarenta e cinco (63,38%) são anteriores a 2015 e não foram incluídos nas tabelas, pois identificou-se que a maioria já estavam obsoletas. Vinte e seis (36,62%) referente ao período de 2016 a 2021, passaram por análise minuciosa.

Figura 2 - Número de estudos eleitos publicados em intervalos de cinco anos.



Fonte: Pereira FS, et al. (2024).

Após análise dos 26 artigos, foram encontradas 69 diferentes tecnologias digitais em saúde (DHTs). Suas finalidades foram agrupadas conforme suas funcionalidades, classificados em: *Software* para macroscopia (n=1), Digitalização de lâminas (n=23), Armazenamento, gerenciamento e visualização de imagens (n=21), Análise de imagens (n=21) e Sistema de informação laboratorial (n=3).

Foi identificado um software para macroscopia nos estudos investigados. O Proceedix é um software de logística adaptado para plataforma de óculos inteligentes, Google Glass. Este foi utilizado para criar manuais interativos em patologia cirúrgica.

O usuário é solicitado visualmente pelo dispositivo a realizar tarefas, como medições e documentação do campo de visão específico. Ao final é gerado relatório contendo o ditado, as imagens, gravações de voz, tempo total e de cada procedimento realizado (KULAK O, et al., 2021).

Adiante, foram encontrados diversos sistemas para digitalização de lâminas (**Tabela 1**). Dos scanners encontrados, o modelo mais citado foi o Aperio Scanscope, (HOLZER TR, et al., 2019; NAVANI S, 2016; STATHONIKOS N, et al., 2021), o qual possibilita a digitalização e análise de imagens inteiras de lâminas (WSI), por meio de um sistema de varredura rápida e automatizada, obtendo resultados precisos através de algoritmos. As lâminas digitais são armazenadas em formatos de imagens coloridas, as quais podem ser revisadas a qualquer momento (NAVANI S, 2016).

Outro exemplo é o sistema óptico da Panoramic 250 Flash II Scanner, que realiza a digitalização de lâminas e varredura de fluorescência. Esse scanner possui uma roda motorizada controlada por software, na qual é incorporada três filtros de fluorescência, e uma objetiva com ampliação de 20x a 40x, além de contar com uma técnica avançada de varredura FISH (hibridização fluorescente in situ).

Esse scanner consegue digitalizar automaticamente até 150 lâminas por vez, e conta também com um sensor de slides o qual garante que locais vazios na bandeja de lâminas, sejam automaticamente ignorados durante o processo, acelerando ainda mais a digitalização (CHEA V, et al., 2021). Há, também, scanners que oferecem digitalização WSI e modos de vídeo ao vivo, como: VisionTek M6, Aperio LV1, e o Glissando Scanner (EVANS AJ, et al., 2017).

Além de digitalizar as lâminas, esses equipamentos contêm um microscópio motorizado que permite aos usuários movê-las remotamente, assim como alternar as lentes objetivas, ajustar ampliação e foco, e escolher a melhor posição para o congelamento da imagem. Com a conexão de internet, é possível compartilhar as imagens ao vivo para vários visualizadores remotos.

Tabela 1 – Scanners para digitalização de lâminas.

Scanners	Referências
Aperio Digital Pathology System ¹	Araújo ALD, et al. (2021)
TissueScope da Huron Digital Pathology ¹	Evans AJ, et al. (2017)
VECTRA da PerkinElmer ¹	Evans AJ, et al. (2017)
Ventana iScan Coreo ¹	Evans AJ, et al. (2017)
Aperio AT2 DX ¹	Fraggeta F, et al. (2017); Jahn SW, et al. (2020)
Omnyx VL120 ¹	Guo H, et al. (2016)
VECTRA ¹	Holzer TR, et al. (2019)
Aperio Scanscope XT ¹	Holzer TR, et al. (2019); Navani S (2016); Stathonikos N, et al. (2021)
Hamamatsu XR ¹	Stathonikos N, et al. (2021)
Hamamatsu RS com fluorescência ²	Stathonikos N, et al. (2021)
Aperio GT450 ¹	Hanna MG, et al. (2020)
Panoramic 250 Flash II Scanner ²	Chea V, et al. (2021)
Aperio FL e Ariol ²	Evans AJ, et al. (2017)
Leica SCN400 F	Evans AJ, et al. (2017)
Zeiss Axio Scan.Z1 ²	Evans AJ, et al. (2017)

Scanners	Referências
Hamamatsu NanoZoomer ² Aperio CS-O ² VERSA ² NanoZoomer ²	Evans AJ, et al. (2017) Evans AJ, et al. (2017) Evans AJ, et al. (2017) Evans AJ, et al. (2017); Liscia DS, et al., (2020)
VisionTek M6 ³ Aperio LV1 ³ Glissando Scanner ³	Evans AJ, et al. (2017) Evans AJ, et al. (2017) Evans AJ, et al. (2017)

¹ Digitalização e análise de imagens inteiras de lâminas (WSI), por meio de um sistema de varredura rápida e automatizada. ² Digitalização de lâminas e varredura de fluorescência. ³ Digitalização de lâminas e modo de vídeo ao vivo.

Fonte: Pereira FS, et al. (2024).

Para gerenciamento e visualização de imagens obtidas por meio dos sistemas digitalização de lâminas (escaneamento), diversos estudos relatam o uso de *softwares* que auxiliam patologistas, e conseqüentemente contribuem para o diagnóstico (**Tabela 2**). Entre eles estão *Sedeen Viewer* e *Middleware* (MARTEL AL, et al., 2017; PANTANOWITZ L, et al., 2018; HANNA MG, 2017; GUO H, et al., 2016).

O *Sedeen Viewer* é um visualizador de imagens de patologia, oferecendo aos usuários acesso a várias modalidades e testes visuais para realizar sobreposições e registros para validação de biomarcadores. Em geral, este software apresenta capacidade de gerenciar, consultar e visualizar imagens obtidas (PANTANOWITZ et al., 2018). O *Sedeen* possibilita acesso à vários formatos de arquivos de WSIs, permitindo que os pesquisadores compartilhem e validem novas ferramentas de informática sobre o câncer (MARTEL AL, et al., 2017; PANTANOWITZ L, et al., 2018).

O *Middleware* é um serviço da web que faz a interface do APLIS com o DPS permitindo que todos os dados do caso se apresentem simultaneamente as imagens WSI no DPS. Além disso, é um software que possui serviços de nuvem que fornece aplicativos para ajudar os desenvolvedores e operadores a criarem e implantarem aplicativos com mais eficiências. O *middleware* age como tecido conectivo entre aplicativos, dados e usuários (GUO H, et al., 2016; HANNA MG e PANTANOWITZ L, 2017).

Tabela 2 – Softwares para armazenamento, gerenciamento e visualização de imagens

Softwares	Referências
eSlide Manager ¹ Aperio Spectrum ¹ Philips IntelliSite Digital Pathology ¹	Fraggetta F, et al. (2017) Guo H, et al. (2016) Jahn SW, et al. (2020)
Digital Slide Archive ¹	Pantanowitz L, et al. (2018)
OpenSlide ¹ Omnyx ¹	Bankhead P, et al. (2017b) Gu H, et al. (2016)
CellMap ¹ Sedeen viewer ¹ Aperio ImageScope ¹	Holzer TR, et al. (2019) Martel AL, et al. (2017); Pantanowitz L, et al. (2018) Jahn SW, et al. (2020); Holzer TR, et al. (2019)
Bio-Formats ¹	Bankhead P, et al. (2017b)
TeamViewer ¹	Evans AJ, et al. (2017)
DICOM, incluindo pydicom ² GDCM (versão 2.8.6) ² DCMTK (versão v3.6.3) ²	Herrmann MD, et al. (2018) Herrmann MD, et al. (2018) Herrmann MD, et al. (2018)
Diodvfy do pacote dicom3tools ²	Herrmann MD, et al. (2018)
Facebook e Twitter ³	Madke B e Gardner JM (2018)
ColorNavigator ⁴	Navani S (2016)

Softwares	Referências
The Human Protein Atlas ⁵	Navani S (2016)
Vergence ⁶	Guo H, et al. (2016)
Middleware ⁶	Guo H, et al. (2016); Hanna MG e Pantanowitz L (2017)

¹Gerenciamento e visualização de imagens obtidas por meio dos sistemas de digitalização de lâminas (WSI). ²Softwares de biblioteca e validação de arquivos DICOM. ³Divulgação de imagens histológicas obtidas por microscopia. ⁴Controle de qualidade e gerenciamento de ativos de monitores. ⁵ Atlas de proteínas para auxílio em imuno-histoquímica. ⁶ Software usado para interface do APLIS com o sistema de patologia digital (DPS).
Fonte: Pereira FS, et al. (2024).

Diversos estudos apontam o uso de softwares para o processamento de imagens digitais capturadas por microscopia com a finalidade de contribuir com o diagnóstico histopatológico (**Tabela 3**). Nesta pesquisa, os mais citados foram *QuPath* e *ImageJ*, ambos softwares abertos desenvolvidos em linguagem de programação Java que apresentam múltiplas funções para análise de componentes celulares e teciduais das amostras (HOLZER TR, et al., 2019; PELL R, et al., 2017; MARTEL A, et al., 2017).

O *QuPath* é um software aberto desenvolvido para análise e exploração de dados de imagens de lâminas inteiras. Permite que os desenvolvedores adicionem suas próprias extensões para obtenção de novas aplicações e compartilhamento de dados de maneira simplificada com as ferramentas existentes (BANKHEAD P, et al., 2017). Sua capacidade de acelerar a análise de tecidos e auxiliar no diagnóstico de doenças foi demonstrado através de sua aplicação na identificação de tumores em amostras submetidas à imuno-histoquímica para os receptores de estrogênio, progesterona e HER2 (BANKHEAD P, et al., 2017). A quantificação de marcadores imuno-histoquímicos também pode ser realizada através do software *Image J* mediante a utilização de um plugin denominado *Immunoratio* (LISCIA DS, et al., 2020).

Alguns softwares encontrados apresentam aplicações mais específicas e parecem ser promissores no auxílio a técnicas mais avançadas, como o *FishQuant*, utilizado para a análise de sinais em imagens capturadas de lâminas marcadas pela técnica FISH. O aplicativo permite a quantificação automática de anormalidades estruturais e numéricas do sinal FISH em tumores sólidos e neoplasias do sistema hematopoiético, embora apresente algumas limitações (CHEA V, et al., 2021).

Para que o processamento de imagens seja adequado é essencial a qualidade das lâminas e da captura de imagens. Para tanto, alguns softwares foram desenvolvidos para a análise de qualidade de imagens obtidas do escaneamento de lâminas inteiras. O HistoQC avalia histogramas de cores, brilho e contraste de cada lâmina escaneada e identifica discrepâncias, como colorações mais ou menos intensas (CUI M e ZHANG DY, 2021).

O desenvolvimento de inteligências artificiais tem sido essencial para auxiliar o diagnóstico histopatológico. Considerando uma sequência de trabalho, após a análise da lâmina pelo patologista, pode ser realizada uma segunda leitura de forma automatizada. Deste modo, a inteligência artificial pode apontar discrepâncias nos resultados antes da emissão de um laudo final (JAHN SW, et al., 2020).

Tabela 3 – Softwares para análise de imagens

Softwares	Referências
QuPath ¹	Bankhead P, et al. (2017a); Bankhead P, et al. (2017b); Loughrey MB, et al. (2018); Martel AL, et al. (2017); Pantanowitz L, et al. (2018); Pell R, et al. (2019)
ImageJ ¹	Bankhead P, et al. (2017b), Holzer TR, et al. (2019), Liscia DS, et al. (2020); Pell R, et al. (2019)
Fiji ¹	Bankhead P, et al. (2017b); Martel AL, et al. (2017)
Icy ¹	Bankhead P, et al. (2017b)
CellProfiler ¹	Bankhead P, et al. (2017b)
SlideToolKit ¹	Bankhead P, et al. (2017b)
Cytomine ¹	Bankhead P, et al. (2017b)

Softwares	Referências
FISHQuant ¹	Chea V, et al. (2021)
ImmunoRatio ¹	Bankhead P, et al. (2017b); Liscia DS, et al. (2020)
HALO ¹ (Indica Labs)	Holzer TR, et al. (2019)
Visiopharm ¹	Hanna MG e Pantanowitz L (2017); Podszun MC, et al. (2020)
Definiens Tissue Studio ¹	Hanna MG e Pantanowitz L (2017); Holzer TR, et al. (2019)
GalenTM sistema ²	Jahn SW, et al. (2020)
InForm ²	Holzer TR, et al. (2019)
eSlide Manager ²	Fraggetta F, et al. (2017)
HistomicsML ²	Nalisnik M, et al. (2017)
caMicroscope ²	Pantanowitz L, et al. (2018)
DL (Deep learning) ²	Lino-Silva LS e Xinaxtle DL (2020)
*Page.AI ²	Jahn SW, et al. (2020)
Pathcore SDK ³	Martel AL, et al. (2017)
HistoQC ⁴	Cui M e Zhang DY (2021)

¹ Processamento em lote e análise de imagens digitais obtidas por microscopia, que permite a análise de tecidos para auxiliar o diagnóstico. ² Processamento de imagens em lote por IA. ³ Integração de algoritmos de análise quantitativa de imagens com o visualizador Sedeen. ⁴ Software para análise de qualidade de imagens de lâminas inteiras (WSI).

Fonte: Pereira FS, et al. (2024).

Dos três LIS encontrados neste estudo, todos buscam atender Laboratórios de Anatomia Patológica, fornecendo automação do fluxo de trabalho, relatórios de gerenciamento e funções de garantia de qualidade, sendo o CoPathPlus mais citado (GUO H, et al., 2016; HANNA MG, et al., 2020).

Todos os artigos abordaram a implementação e/ou validação do sistema de patologia digital (DPS) com integração ao LIS (**Tabela 4**). Esta integração fomentou os benefícios da imagem digital e gerou oportunidade para definir a padronização dos processos de fluxo de trabalho nos laboratórios (FRAGGETTA F, et al., 2017; GUO H, et al., 2016; HANNA MG, et al., 2020; LISCIA DS, et al., 2020).

Tabela 4 – Softwares para gestão das atividades dos laboratórios de Anatomia Patológica (LIS).

Softwares	Referências
Pathox	Fraggetta F, et al. (2017)
APLIS CoPathPlus	Guo H, et al. (2016); Hanna MG, et al. (2020)
WINSAP	Liscia DS, et al. (2020)

Fonte: Pereira FS, et al. (2024).

DISCUSSÃO

A patologia digital apresenta aplicações clínicas, educacionais e em pesquisa científica. Neste sentido, é essencial o destaque do uso de ferramentas computacionais que permitam o aprendizado e que possam assistir ao diagnóstico. De modo geral, a tendência da inserção de DHTs deve melhorar a prestação de cuidados ao paciente (HANNA MG e ARDON O, 2023).

No setor da macroscopia, estas ferramentas comparadas aos outros setores, seguem em passos mais lentos, porém com o desenvolvimento tecnológico, necessidade e demanda laboratorial, a perspectiva é de progresso. Dentre os prós mais encontrados, ressalta-se a contribuição na avaliação das peças, agilidade e assertividade na realização de tarefas, direcionamento para clivagem dos fragmentos e acervo fotográfico. De modo geral, elas corroboram na qualidade dos exames, desenvoltura dos profissionais, portabilidade, acessibilidade, reprodutibilidade, documentação e transmissão de informações diagnósticas, contribuindo para o exame macroscópico preciso (BOIS MC, et al., 2021; LAM H, et al., 2020; PEREIRA FS, et al., 2023; PEREZ AN, et al., 2023; YE JJ e TAN MR, 2019).

No setor da microscopia, a análise direta de lâminas citológicas e histológicas foi considerada o principal mecanismo para o diagnóstico durante anos. Entretanto esse modo de observação está gradativamente se

alterando, sendo apresentados modelos mais tecnológicos de microscópios com câmeras digitais acopladas, permitindo assim o escaneamento e digitalização das lâminas (PALLUA JD, et al., 2020).

O scanner de lâminas histológicas é um mecanismo inovador e eficaz que possibilita a digitalização de cortes histológicos, facilitando e automatizando a leitura pelo profissional da saúde.

O scanner realiza o processo de captura de imagem resultando na lâmina digital, que visa capturar múltiplas imagens em alta resolução e trabalha em conjunto com software responsável pela visualização e ou análise das lâminas digitais (KUMAR N, et al., 2020). Podem ser citados como benefícios referentes a digitalização de lâminas: redução do tempo gasto para a realização da varredura, navegação através das imagens, zoom, marcações em áreas específicas, entre outras aplicabilidades, permitindo maior precisão no diagnóstico médico.

Destaca-se, ainda, a possibilidade do compartilhamento em tempo real com outros profissionais, ou até mesmo realização do diagnóstico em outro local de trabalho sem a necessidade de um microscópio especializado para tal feito (JAHN SW, et al., 2020).

Para as áreas da saúde, o uso de imagens é essencial, onde são usados desenhos e esquemas de maneira virtual para que se torne didático e apresentar ao leitor cenários possíveis a serem observados na prática. As bases de imagens, como bibliotecas, são oferecidas aos usuários cada vez mais de maneira virtual. Esse armazenamento digital tem sido uma alternativa eficaz ao que se refere à preservação e à questão organizacional de imagens (BANKHEAD P, et al., 2017).

Com a internet, verifica-se que os bancos de imagens ampliaram seu raio de ação, proporcionando o crescimento de serviços de informação, cuja função é armazenar e oferecer ao usuário acesso às mais variadas imagens fotográficas, de diferentes procedências.

Com as atividades, a definição de bancos de imagens foi definida como serviço técnico de uma instituição, que seleciona, adquire, organiza, armazena e permite a recuperação de imagens de acordo com políticas e princípios pré-estabelecidos (BANKHEAD P, et al., 2017).

As análises de imagens obtidas por microscopia, especialmente imagens de lâminas inteiras, têm demonstrado possibilidades interessantes para o auxílio ao diagnóstico laboratorial. A ascendência da inteligência artificial tem sido um fator essencial para o desenvolvimento de sistemas que permitem o auxílio ao diagnóstico com grande sensibilidade.

Dentre as aplicações das ferramentas de análise de imagens é possível destacar a mensuração de áreas e quantificação de colorações por imuno-histoquímica, que se tornam menos subjetivas e mais padronizadas. Também é possível destacar que a análise digital permite a captura de dados das lâminas que não são acessíveis pela avaliação manual por microscopia (AEFFNER F, et al., 2019; CUI M e ZHANG DY, 2021).

Para que o fluxo interdepartamental ocorra adequadamente, e todas as tecnologias citadas desenvolvam os resultados almejados, é essencial estar alinhadas com os Sistemas de informações laboratoriais (LIS). Atualmente, com a transição para a patologia digital a importância e perspectiva dos LIS crescem exponencialmente (FERREIRA I, et al., 2023). Os benefícios são diversos, entre eles melhoria na gestão, documentação, capacidade de rastreamento e facilidade nas consultas de casos (DUNDAR B, et al., 2022).

Dessa forma, o presente estudo demonstra que essas ferramentas são o presente e possuem perspectivas positivas e sustentáveis. Porém, apresentam, também, desafios significativos a serem trabalhados, sendo em geral o tempo e custo elevado os mais citados (BOIS MC, et al., 2021; GURGEL BCM DOS S, et al., 2020; LAM H, et al., 2020).

Dentre as tecnologias com custos mais elevados identificou-se a digitalização de lâminas e o gerenciamento de imagens. Este fato baseia-se no alto custo de equipamentos necessários, necessidade de plataformas de softwares que acompanham os scanners, sendo muitas vezes necessárias para armazenamento, visualização e análise de imagens, tais softwares são determinados de acordo com a necessidade de trabalho (LUJAN G, et al., 2021).

CONCLUSÃO

As DHTs e os estudos na área evoluíram constantemente nos últimos anos, corroborando para avanços significativos nos laboratórios de Anatomia Patológica, oferecendo melhorias na precisão dos exames, diagnóstico e tratamento de doenças. A patologia digital não apenas representa uma revolução nas práticas laboratoriais, mas também sinaliza um caminho promissor para aprimorar a prestação de cuidados ao paciente. A superação dos desafios financeiros e temporais associados a essas tecnologias é crucial para assegurar uma transição suave e eficaz para um futuro em que a integração de ferramentas computacionais seja a norma, beneficiando profissionais de saúde e pacientes.

REFERÊNCIAS

1. AEFNER F, et al. Introduction to Digital Image Analysis in Whole-slide Imaging: A White Paper from the Digital Pathology Association. *Journal of Pathology Informatics*, 2019; 10 (1): 9.
2. ALVES MCFB, et al. Uso de scanner de lâminas histológicas no processo de aprendizado de patologia entre acadêmicos de medicina / Use of histological blade scanner in the pathology learning process among medicine students. *Brazilian Journal of Health Review*, 2021; 4 (5): 22098–22103.
3. ARAÚJO ALD, et al. Fully digital pathology laboratory routine and remote reporting of oral and maxillofacial diagnosis during the COVID-19 pandemic: a validation study. *Virchows Archiv*, 2021; 479 (3): 585-595.
4. BANKHEAD P, et al. Integrated tumor identification and automated scoring minimizes pathologist involvement and provides new insights to key biomarkers in breast cancer. *Laboratory Investigation*, 2017a; 98 (1): 15-26.
5. BANKHEAD P, et al. QuPath: Open source software for digital pathology image analysis. *Scientific Reports*, 2017b; 7 (1): 16878.
6. BOIS MC, et al. Three-Dimensional Surface Imaging and Printing in Anatomic Pathology. *Journal of Pathology Informatics*, 2021; 12 (1): 22.
7. CHEA V, et al. Optimized workflow for digitalized FISH analysis in pathology. *Diagnostic Pathology*, 2021; 16 (1): 42.
8. CORIOLANO-MARINUS MW DE L, et al. Comunicação nas práticas em saúde: revisão integrativa da literatura. *Saúde e Sociedade*, 2014; 23 (4): 1356–1369.
9. CUI M e ZHANG DY. Artificial intelligence and computational pathology. *Laboratory Investigation*, 2021; 101 (4): 412–422.
10. DUNDAR B, et al. Anatomic pathology quality assurance: Developing an LIS based tracking and documentation module for intradepartmental consultations. *Journal of Pathology Informatics*, 2022; 13: 100109.
11. EVANS AJ, et al. Implementation of Whole Slide Imaging for Clinical Purposes: Issues to Consider From the Perspective of Early Adopters. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*, 2017; 141 (7): 944–959.
12. FERREIRA I, et al. Digital pathology implementation in a private laboratory: The CEDAP experience. *Journal of Pathology Informatics*, 2023; 14: 100180.
13. FRAGGETTA F, et al. Routine digital pathology workflow: The Catania experience. *Journal of Pathology Informatics*, 2017; 8 (1): 51.
14. GHOSH A, et al. Telepathology at the Armed Forces Institute of Pathology: A Retrospective Review of Consultations From 1996 to 1997. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*, 2018; 142 (2): 248–252.
15. GUO H, et al. Digital pathology and anatomic pathology laboratory information system integration to support digital pathology sign-out. *Journal of Pathology Informatics*, 2016; 7 (1): 23.
16. GURGEL BCM DOS S, et al. Neoplasias orofaciais em crianças e adolescentes. *Arq. odontol*, 2020; 56: 1–9.
17. HANNA MG, et al. Validation of a digital pathology system including remote review during the COVID-19 pandemic. *Modern Pathology*, 2020; 33 (11): 2115–2127.
18. HANNA MG e ARDON O. Digital pathology systems enabling quality patient care. *Genes, Chromosomes and Cancer*, 2023; 62 (11): 685–697.
19. HANNA MG e PANTANOWITZ L. The role of informatics in patient-centered care and personalized medicine. *Cancer Cytopathology*, 2017; 125 (S6): 494–501.
20. HERRMANN MD, et al. Implementing the DICOM Standard for Digital Pathology. *Journal of Pathology Informatics*, 2018; 9 (1): 37.
21. HOLZER TR, et al. Cross-Platform Comparison of Computer-assisted Image Analysis Quantification of

- In Situ mRNA Hybridization in Investigative Pathology. *Applied Immunohistochemistry & Molecular Morphology*, 2019; 27 (1): 15–26.
22. JAHN SW, et al. Digital Pathology: Advantages, Limitations and Emerging Perspectives. *Journal of Clinical Medicine*, 2020; 9 (11): 3697.
 23. KOSOWICZ L, et al. Lessons for Vietnam on the Use of Digital Technologies to Support Patient-Centered Care in Low- and Middle-Income Countries in the Asia-Pacific Region: Scoping Review. *Journal of Medical Internet Research*, 2023; 25: e43224.
 24. KULAK O, et al. Smart Glasses as a Surgical Pathology Grossing Tool. *Archives of Pathology & Laboratory Medicine*, 2021; 145 (4): 457–460.
 25. KUMAR N, et al. Whole Slide Imaging (WSI) in Pathology: Current Perspectives and Future Directions. *Journal of Digital Imaging*, 2020; 33 (4): 1034–1040.
 26. LAM H, et al. UniTwain: A Cost-Effective Solution for Lean Gross Imaging. *Journal of Pathology Informatics*, 2020; 11 (1): 31.
 27. LINO-SILVA LS e XINAXTLE D L. Artificial intelligence technology applications in the pathologic diagnosis of the gastrointestinal tract. *Future Oncology*, 2020; 16 (34) 2845–2851.
 28. LISCIA DS, et al. Whole-Slide Imaging Allows Pathologists to Work Remotely in Regions with Severe Logistical Constraints Due to Covid-19 Pandemic. *Journal of Pathology Informatics*, 2020; 11 (1): 20.
 29. LOUGHREY MB, et al. Validation of the systematic scoring of immunohistochemically stained tumour tissue microarrays using QuPath digital image analysis. *Histopathology*, 2018; 73 (2): 327–338.
 30. LUJAN G, et al. Dissecting the Business Case for Adoption and Implementation of Digital Pathology: A White Paper from the Digital Pathology Association. *Journal of Pathology Informatics*, 2021; 12 (1) 17.
 31. MADKE B e GARDNER JM. Enhanced Worldwide Dermatology–Pathology Interaction via Facebook, Twitter, and Other Social Media Platforms. *The American Journal of Dermatopathology*, 2018; 40 (3): 168–172.
 32. MARTEL AL, et al. An Image Analysis Resource for Cancer Research: PIIP—Pathology Image Informatics Platform for Visualization, Analysis, and Management. *Cancer Research*, 2017; 77 (21): e83–e86.
 33. NALISNIK M, et al. Interactive phenotyping of large-scale histology imaging data with HistomicsML. *Scientific Reports*, 2017; 7 (1): 14588.
 34. NAVANI S. Manual evaluation of tissue microarrays in a high-throughput research project: The contribution of Indian surgical pathology to the Human Protein Atlas (HPA) project. *PROTEOMICS*, 2016; 16 (8): 1266–1270.
 35. ORAH N e ROTIMI O. Telepathology in Low Resource African Settings. *Frontiers in Public Health*, 2019; 7.
 36. PALLUA JD, et al. The future of pathology is digital. *Pathology - Research and Practice*, 2020; 216 (9): 153040.
 37. PANTANOWITZ L, et al. Twenty Years of Digital Pathology: An Overview of the Road Travelled, What is on the Horizon, and the Emergence of Vendor-Neutral Archives. *Journal of Pathology Informatics*, 2018; 9 (1): 40.
 38. PELL R, et al. The use of digital pathology and image analysis in clinical trials. *The Journal of Pathology: Clinical Research*, 2019; 5 (2): 81–90.
 39. PEREIRA FS, et al. Desenvolvimento e validação de aplicativo para macroscopia do aparelho genital feminino. *Revista Eletrônica Acervo Saúde*, 2023; 23 (9): e13164.
 40. PEREZ NA, et al. Ex vivo 3D scanning and specimen mapping in anatomic pathology. *Journal of Pathology Informatics*, 2023; 14: 100186.
 41. PODSZUN MC, et al. 4-HNE Immunohistochemistry and Image Analysis for Detection of Lipid Peroxidation in Human Liver Samples Using Vitamin E Treatment in NAFLD as a Proof of Concept. *Journal of Histochemistry & Cytochemistry*, 2020; 68 (9): 635–643.
 42. SAYED S, et al. Improving pathology and laboratory medicine in low-income and middle-income countries: roadmap to solutions. *The Lancet*, 2018; 391 (10133): 1939–1952.
 43. SIKANDAR A. Histopathology: An Old Yet Important Technique in Modern Science. In: *Histopathology - An Update*. [s.l.] InTech, 2018.
 44. STATHONIKOS N, et al. Rocky road to digital diagnostics: implementation issues and exhilarating experiences. *Journal of Clinical Pathology*, 2021; 74 (7): 415–420.
 45. WILSON ML, et al. Access to pathology and laboratory medicine services: a crucial gap. *The Lancet*, 2018; 391 (10133): 1927–1938.
 46. YE JJ e TAN MR. Computational Algorithms that Effectively Reduce Report Defects in Surgical Pathology. *Journal of Pathology Informatics*, 2019; 10 (1): 20.