



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE MEDICINA
DEPARTAMENTO DE MORFOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MORFOFUNCIONAIS

ISMAEL PORDEUS BEZERRA FURTADO

**ENSINO E APRENDIZAGEM EM HISTOLOGIA: ACESSO, VALIDAÇÃO
E USABILIDADE DE TECNOLOGIAS DIGITAIS**

FORTALEZA

2025

ISMAEL PORDEUS BEZERRA FURTADO

ENSINO E APRENDIZAGEM EM HISTOLOGIA: ACESSO, VALIDAÇÃO
E USABILIDADE DE TECNOLOGIAS DIGITAIS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Morfofuncionais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutorado em Ciências Morfofuncionais. Linha de Ensino e Divulgação das Ciências Morfofuncionais.

FORTALEZA

2025

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)

F987e Furtado, Ismael Pordeus Bezerra.

Ensino e aprendizagem em histologia: acesso validação e usabilidade de tecnologias digitais / Ismael Pordeus Bezerra Furtado. – 2025.
100 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Faculdade de Medicina, Programa de Pós-Graduação em Ciências Morfofuncionais, Fortaleza, 2025.
Orientação: Profa. Dra. Virgínia Cláudia Carneiro Girão Carmona.
Coorientação: Prof. Dr. Antônio José Melo Leite Jr.

1. ENSINO DE HISTOLOGIA. 2. ATLAS DE HISTOLOGIA. 3. PLATAFORMAS DE MICROSCOPIA VIRTUAL. I. Título.

CDD 611

ISMAEL PORDEUS BEZERRA FURTADO

ENSINO E APRENDIZAGEM EM HISTOLOGIA: ACESSO, VALIDAÇÃO
E USABILIDADE DE TECNOLOGIAS DIGITAIS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Morfofuncionais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciências Morfofuncionais. Linha de Pesquisa: Ensino e Divulgação de Ciências Morfofuncionais.

Aprovada em: 10/10/2025

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Virgínia Cláudia Carneiro Girão-Carmona (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Antônio José Melo Leite Jr. (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Inga Freire Saboia
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Roberta Jeane Leite Bezerra Jorge
Universidade Federal do Ceará - UFC

Profa. Dra. Maria Vivina Barros Monteiro
Universidade Federal do Ceará - UFC

Ao perfeitíssimo Mestre Jesus Caminho, Verdade
e Vida.

Para Assis e Sylvinha – eles sempre acreditaram.

Livia, Carol e Pipe, amor sem fim.

AGRADECIMENTOS

A Maria e Francisco, sempre na minha causa.

A minha orientadora, Virginia Girão-Carmona. Pela acolhida, confiança e aprendizagem. Gratidão eterna, minha Professora.

A Professora Carolina Melo Leite, pela amizade generosa, apoio e confiança, sem as quais não seria possível chegar até aqui.

Ao Professor Melo Jr., genial amigo de todas as horas e bons anos.

Aos professores Adelmir Jucá, Agostinho Gósson e Gilmar de Carvalho. Saudosos amigos, modelos, referências e inspiração.

A Ronaldinho Salgado, meu Mestre Gigante – modelo de caráter, sensibilidade, retidão e ética.

A Bernadete Porto, mentora de minha alma docente.

Ao *Major Junim* – Ivanildo Jr. e ao povo do Ateliê de Ensino do CT – UFC.

A Davide Joaquim, admirável amigo que o Ilab me proporcionou.

As minhas 3 irmãs, Ana Maria Dantas, Regina e Beatriz Furtado.

As professoras membros da banca examinadora, meus sinceros agradecimentos.

Ao PCMF, pela oferta de um Programa de excelência acadêmica e elevado valor humano, nas pessoas das Profas. Roberta Jeane, Renata Alves e Renata Leitão, emblemáticas mulheres de Ciências, éticas e humanistas.

A Profa. Renata Alves

Aos amigos e colegas de ILAB e LAEMA pela convivência fraternal e gentil: Juan Yago, Débora, Lucas Gabriel, Letícia, Cezanildo, Lilian, Carla e Herculano.

Aos bons companheiros da UFC Virtual: Adriano, Neil, Robson, Luciana, Cadu, Inga, George e Gabriel Paillard.

A quem torceu, orou e se alegrou por essa conquista e não foi citado aqui, perdão e gratidão.

Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo
para todo o propósito debaixo do céu.

Eclesiastes 3:1

RESUMO

A presente tese buscou investigar evidências, impacto socioeconômico, hábitos de estudo, práticas da cultura digital, avaliação e validação de tecnologias digitais no ensino de histologia. Este trabalho está dividido em três capítulos sob a forma de Artigos. O primeiro, busca investigar o impacto da origem socioeconômica nos hábitos de estudo e no acesso à tecnologia para o aprendizado de histologia por estudantes brasileiros e africanos e o resultado educacional geral na disciplina de histologia, no período da pandemia de Covid-19. Tratou-se de estudo transversal, descritivo, com abordagem quantitativa, realizado com estudantes de enfermagem, farmácia e biologia da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB). Dos 72 estudantes participantes, a maioria era do sexo feminino, solteira e tinha renda igual ou inferior a um salário-mínimo. *Smartphones* e PCs portáteis foram os dispositivos preferidos para acessar a *internet* e a plataforma *YouTube* para estudar histologia. Uma associação significativa entre uso da internet e fatores socioeconômicos foi encontrada nos níveis mais baixos de escolaridade dos pais. Ao comparar resultados de aprendizagem antes e durante a pandemia de Covid-19, todos os alunos que cursaram a disciplina neste período apresentaram pontuações significativamente mais altas nas avaliações. O segundo Capítulo versa sobre a validação do conteúdo e da técnica de um atlas virtual para o ensino e aprendizagem de histologia. Um estudo metodológico foi realizado no período de junho de 2021 a abril de 2022, com a participação de 11 juízes especialistas nas áreas de ciências morfofuncionais e 11 juízes especialistas em tecnologias de informação. Os somatórios do Índice de Validade de Conteúdo (IVC) foi de 0,85 para o assunto e 0,91 para a técnica do atlas, respectivamente. Durante a pandemia, o uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação – DTIC's permitiu que os estudantes continuassem em contato com o estudo das lâminas de histologia por meio da microscopia virtual. Os resultados sugerem que o Atlas virtual validado foi capaz de promover a aprendizagem de histologia de forma autônoma e independente do laboratório físico. O Atlas foi considerado adequado à sua proposta, compreensível, acessível, atrativo e capaz de proporcionar ajuda no estudo de Histologia. O terceiro artigo trata da avaliação de Usabilidade da Histologia Virtual, plataforma de microscopia virtual desenvolvida para o ensino de Histologia. Utilizando metodologia mista – combinando métodos de natureza Quantitativa como o System Usability Scale (SUS) e como Qualitativa, a Análise de Conteúdo de Laurence Bardin. O estudo alcançou um score SUS de 91,7, recebendo a qualificação de “Melhor Imaginado” – índice de excelência na metodologia SUS. Este trabalho buscou ainda, conhecer a relevância do estudo da Histologia na formação dos discentes de Medicina da Universidade Federal do Ceará – participantes da pesquisa e coletar suas críticas e sugestões para o desenvolvimento da plataforma Histologia Virtual. **Palavras-chaves: Ensino de Histologia, Atlas de histologia Plataformas de Microscopia Virtual**

ABSTRACT

The present thesis sought to investigate evidence, socioeconomic impact, study habits, practices of digital culture, evaluation and validation of digital technologies in the teaching of histology. This work is divided into three chapters in the form of Articles. The first seeks to investigate the impact of socioeconomic origin on study habits and access to technology for the learning of histology by Brazilian and African students and the general educational result in the discipline of histology during the Covid-19 pandemic. This was a cross-sectional, descriptive study with a quantitative approach, carried out with nursing, pharmacy and biology students from the University of International Integration of Afro-Brazilian Lusophony (UNILAB). Of the 72 participating students, most were female, single and had an income equal to or less than one minimum wage. Smartphones and portable PCs were the preferred devices to access the internet and the YouTube platform to study histology. A significant association between internet use and socioeconomic factors was found in the lower levels of parental education. When comparing learning outcomes before and during the Covid-19 pandemic, all students who took the course during this period had significantly higher scores on the assessments. The second chapter deals with the validation of the content and technique of a virtual atlas for the teaching and learning of histology. A methodological study was carried out from June 2021 to April 2022, with the participation of 11 expert judges in the areas of morphofunctional sciences and 11 expert judges in information technologies. The sums of the Content Validity Index (CVI) were 0.85 for the subject and 0.91 for the atlas technique, respectively. During the pandemic, the use of Digital Information and Communication Technologies (DTIC's) allowed students to continue in contact with the study of histology slides through virtual microscopy. The results suggest that the validated virtual Atlas was able to promote histology learning autonomously and independently of the physical laboratory. The Atlas was considered adequate to its proposal, understandable, accessible, attractive and capable of providing help in the study of Histology. The third article deals with the evaluation of the Usability of Virtual Histology, a virtual microscopy platform developed for the teaching of Histology. Using a mixed methodology – combining methods of a quantitative nature such as the System Usability Scale (SUS) and as a qualitative one, Laurence Bardin's Content Analysis. The study achieved a SUS score of 91.7, receiving the qualification of "Best Imagined" – an index of excellence in the SUS methodology. This work also sought to know the relevance of the study of Histology in the training of medical students at the Federal University of Ceará – participants in the research and to collect their criticisms and suggestions for the development of the Virtual Histology platform.

Keywords: Histology Teaching, Histology Atlas Virtual Microscopy Platforms

LISTA DE FIGURAS

REFERENCIAL TEÓRICO

Figura 01 - Microscópio de Zacharias Janssen.....	17
Figura 02 – Microscópio de Robert Hook.....	18
Figura 03 - Desenho da fatia de cortiça com as células.....	18
Figura 04 – Retrato de Leeuwenhoek.....	19
Figura 05 – Microscópio de Leeuwenhoek.....	19
Figura 06 – Retrato e cartaz de exposição de Bichat.....	20
Figura 07 – Retrato de Otto Schott.....	22
Figura 08 – Retrato de Ernst Abbe e Carl Zeiss.....	22
Figura 09 - Retrato de Carl Zeiss.....	22

LISTA DE GRÁFICOS

INTRODUÇÃO

Gráfico 1 - Principais TDICs com uso potencial no ensino de Ciências da Saúde.....	24
---	----

ARTIGO 3

Gráfico 1 – Metodologia seguida nesta pesquisa – Pipeline.....	99
Gráfico 2 – Resultados do SUS score e desvio-padrão.....	104
Gráfico 3 – Termos mais citados nas respostas quanto aos pontos positivos.....	106
Gráfico 4 – Termos mais citados nas repostas à questão pontos negativos.....	107

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 3

Tabela 1 – Perfil socioeconômico e relativo à histologia dos participantes.....	103
--	-----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	17
3. RELEVANCIA E JUSTIFICATIVA	34
4. CAPÍTULO DOS ARTIGOS.....	36
4.1 – Artigo 1.....	37
4.2 – Artigo 2.....	52
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
6. REFERENCIAS GERAIS.....	70

1.INTRODUÇÃO

A Histologia é um ramo das Ciências Morfofuncionais dedicado ao estudo das células, tecidos e suas estruturas (Junqueira; Carneiro, 2013). As Ciências Morfofuncionais englobam disciplinas que investigam, em diferentes níveis de organização as estruturas dos seres vivos: de forma macroscópica, pela Anatomia, e de maneira microscópica, pela Histologia, incluindo também a análise do desenvolvimento embrionário, por meio da Embriologia (Malnic; Sampaio, 1994).

O termo “Histologia” deriva do grego “*histos*” (tecidos) e “*logos*” (“estudo” ou “razão”). Ao examinar células, tecidos e órgãos sob a perspectiva de suas características estruturais e organizacionais, a Histologia estabelece a correlação entre os aspectos morfológicos e suas funções (Alonso, 2019; Montanari, 2020; Sharmim et al., 2021). Essa Ciência é fundamental para a compreensão das complexidades das estruturas celulares e de sua interação com a matriz extracelular, as quais, em conjunto, constituem os diferentes tecidos e órgãos do corpo (Hortsch, 2013).

A Histologia é uma disciplina obrigatória nos primeiros semestres dos cursos de saúde, como a Medicina, Biomedicina, Farmácia, Enfermagem, Fisioterapia, Fonoaudiologia, Nutrição e Odontologia, sendo lecionada também nos cursos de Ciências Biológicas. (Pereira et al., 2018). O domínio dos fundamentos histológicos é indispensável na formação médica, pois fornece a base para a compreensão de outras áreas do conhecimento, como a Bioquímica, Patologia, Imunologia e Farmacologia (Zaletel et al., 2016; Chapman; Lee; Swailes, 2020). A Histologia é extremamente relevante, sobretudo ao curso de Medicina, uma vez que inúmeras doenças estão associadas a alterações em nível celular. Além disso, a Histologia desempenha um papel central na pesquisa básica e, em integração com outras disciplinas, contribui para o desenvolvimento do raciocínio clínico, essencial para o diagnóstico e tratamento de doenças (Chapman; Lee; Swailes, 2020). A disciplina também capacita o estudante a reconhecer alterações estruturais celulares e teciduais envolvidas nos processos patológicos (Pereira et al., 2018).

O Ensino da Histologia vai além da mera identificação das estruturas celulares e teciduais, constituindo-se como alicerce essencial para a formação integral do profissional de saúde. O aprofundamento nesse conhecimento permite não apenas a compreensão das bases normais do corpo humano, mas também a interpretação das alterações patológicas, fortalecendo a capacidade de análise crítica e o raciocínio clínico necessário à prática médica e as às pesquisas biomédicas.

A pesquisa e o ensino de Histologia estão fortemente associados aos progressos obtidos na Microscopia, tendo esta evoluído de um conjunto simples de lentes até os avançados microscópios scanners digitais de altíssima resolução, conectados às redes, na contemporaneidade. O Microscópio é considerado uma das grandes invenções da história das ciências, tendo apoiado o avanço científico e

social de modo geral, e de modo específico, foi fundamental para o desenvolvimento da Histologia e da Medicina (Calado, 2019).

Histologia e Microscopia chegam ao século XXI como campos de conhecimento indissociáveis e em constante evolução. A incorporação contínua das Tecnologias Digitais de Informação de Comunicação - TDICs, as mudanças curriculares e a exigência da apropriação de novas metodologias pedagógicas, são alguns dos enormes desafios colocados ao ensino de Histologia – objetivo deste trabalho. Desafios que também representam oportunidades de evolução docente, beneficiando a aprendizagem nas ciências morfofuncionais.

A seguir, abordaremos algumas categorias importantes com vistas ao entendimento da evolução histórica da relação entre o desenvolvimento da microscopia e solidificação da Histologia enquanto campo científico, das questões do ensino e aprendizagem.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Em termos históricos, a primeira referência a Histologia ocorreu no livro de August Franz Josef Karl Mayer, “*Ueber Histologie und eine neue Eintheilung der Gewebe des menschlichen Körpers*”, publicado por Adolph Marcus de Bonn no início do século XIX (Eivazova, 2012; Hussein et al., 2015). No entanto, suas raízes remontam à invenção microscópica e às pesquisas de cientistas como Marcello Malpighi, Robert Hooke e Marie François Xavier Bichat (Bock, 2015; Valério; Torresan, 2017; Mazzarini et al., 2021; Chimmalgi; Hortsch, 2022).

A invenção do Microscópio constitui a mais importante evolução na história das ciências básicas e da medicina moderna, pois permitiu a superação das limitações da visão humana. Por meio do Microscópio pode-se observar esta que é a unidade estrutural e funcional básica dos seres vivos – a célula (Valério; Torresan, 20017). Nesse sentido, a literatura menciona como o primeiro dispositivo ótico que se tem registro, a Pedra para leitura, por volta do ano 1000 DC. Eram esferas de cristal, que colocadas sobre um texto ampliava a visão, facilitando a leitura. Posteriormente, à Salvino D’armate se atribuiu a invenção dos primeiros dispositivos óticos de ampliação da visão. Em 1590, surgiu o experimento de Zaccharias e Hans Janssen – fabricantes de óculos holandeses, que colocou uma lente convexa e uma concava em um tubo de latão (Zuidervaat, 2010; Chapman; Lee; Swailes, 2020; Chimmalgi; Hortsch, 2022). Os Janssen observaram que os objetos vistos na frente do tubo apareciam de forma muito ampliada, inventando assim o protótipo dos microscópios modernos. Em termos de mecânica de funcionamento, esse assemelhava-se a um telescópio invertido (Figura 1).

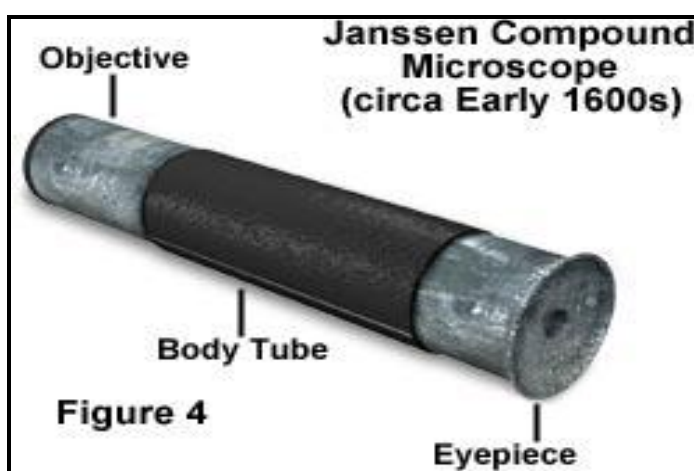
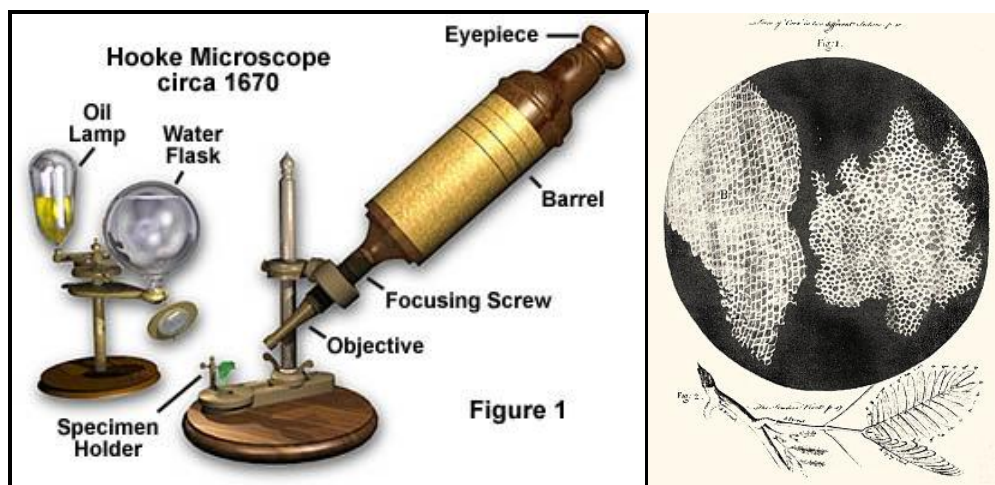


Figura 1 - Microscópio de Zacharias Janssen. Fonte: Google imagens.

Relativo à aplicabilidade, Marcello Malpighi (1628-1673), anatomista e biólogo italiano do século XVII, pode ter sido o primeiro investigador a usar o microscópio para estudar os organismos vivos (Chimmalgi; Hortsch, 2022). As suas investigações resultaram na publicação do livro “*Epistolae de Pulmonibus*” em 1661, no qual ele identificou e descreveu alvéolos pulmonares e vasos sanguíneos que unem as artérias às veias ao examinar pulmões de um sapo (Bock, 2015). A descoberta de Malpighi forneceu a evidência científica que faltava para a teoria da circulação sanguínea proposta por William Harvey, os capilares sanguíneos (Ghosh, Kumar, 2018). Com Malpighi, o microscópio foi usado de modo verdadeiramente científico pela primeira vez. (Calado, 2019).

O cientista britânico Robert Hooke (1635-1703), além de fabricar um microscópio composto de três lentes para alcançar maior ampliação em relação aos projetos anteriores de duas lentes (CHAPMAN; LEE; SWAILES, 2020), também configura um dos primeiros investigadores a utilizar essa ferramenta para estudar material biológico. Ele publicou “*Micrographia*”, um livro que atraiu atenção das ciências para o microscópio e suas capacidades. Em 1655, quando Robert Hooke observava uma fina fatia de cortiça (material de origem vegetal) em seu microscópio (Figura 2), quando percebeu que a amostra era formada por uma infinidade de compartimentos vazios, com paredes bem definidas (Figura 3). Essa aparência fez Hooke lembrar das pequenas celas (Cellae), ou quartos que os monges habitavam nos mosteiros. Foi pela semelhança visual que ele denominou esses “quartinhos” de células, palavra que veio do latim *Cellula*, que é o diminutivo de *cella* – diminutivo de pequeno aposento. O termo que ele cunhou permaneceu e se tornou o nome universal para a unidade fundamental da vida.



Figuras 2 e 3 Microscópio de Hooke e desenho da fatia de cortiça com as celas. Fonte Google imagens

O trabalho de Robert Hooke na evolução técnica e na divulgação das potencialidades do microscópio, bem como as suas descobertas, exerceu uma enorme influência sobre cientistas em todo o mundo. Um dos pesquisadores influenciados por Hooke foi Anton Van Leeuwenhoek, comerciante de tecidos holandês que usava lupas para avaliar a qualidade dos produtos que vendia. Essa prática despertou em Leeuwenhoek (Figura 4) o interesse pela fabricação de lentes. Com uma habilidade notável, Leeuwenhoek promoveu uma evolução qualitativa substancial na produção de lentes, que ganharam maior poder de ampliação e corrigindo as aberrações esféricas e cromáticas que caracterizam os microscópios primordiais. O microscópio de Leeuwenhoek (Figura 5) possuía uma única lente com capacidade de aumento de 280X, dispositivo de controle de foco e suporte para amostras. Usando os microscópios que fazia, Leeuwenhoek observou bactérias, eritrócitos, protozoários, fibras musculares isoladas e os movimentos de espermatozoides (Eivazova, 2012; Hussein et al, 2015; Calado, 2019; Chapman, Lee; Swailes, 2020; Chimmalgi; Hortsch, 2022). Efetuava-se assim um marco histórico no desenvolvimento da microscopia. Uma evolução que permitiria enormes avanços no campo da Histologia.

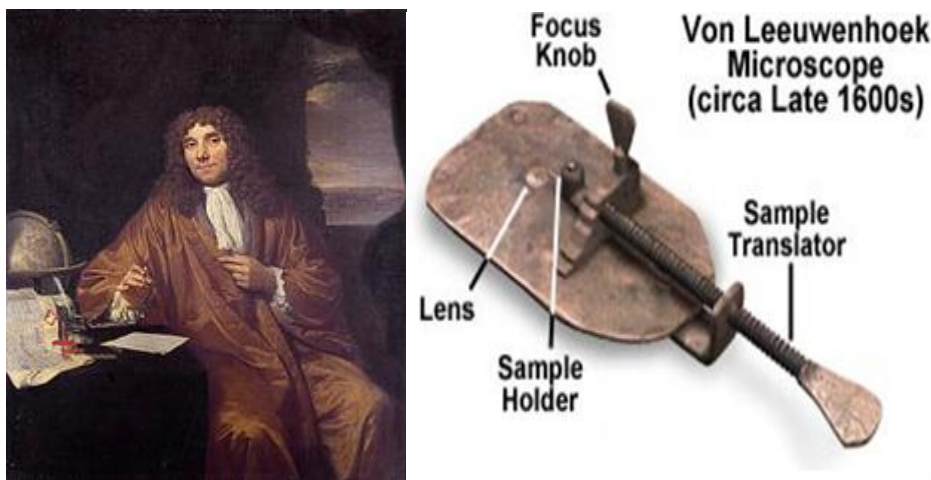


Figura 4 – Retrato de Leeuwenhoek. Figura 5 – Microscópio de Von Leeuwenhoek Fonte: Google imagens.

Apesar dos avanços do campo da microscopia proporcionados pelos estudos de Janssen, Hook, Leeuwenhoek e outros, o conhecimento da Histologia era muito limitado (Armutak; Dincer, 2020). A resolução e a qualidade de imagem dos microscópios estabeleciam limites significativos para seu uso no campo científico (Chimmalgi; Hortsch, 2022). Em meados do século XVIII apesar de considerável evolução, os microscópios ainda não eram suficientemente bons para superar as limitações apontadas à época. Além do próprio microscópio, as formas de processamento do material biológico eram pouco desenvolvidas. Por essas razões, muitos da comunidade acadêmica consideravam os microscópios como instrumentos que proporcionavam imagens ilusórias, desconfiando das imagens que estes proporcionavam (Calado, 2019). Na

Europa, o principal uso dos microscópios se dava por parte dos inspetores da indústria da carne suína, principalmente em busca do parasita Traquina (*Trichinella spiralis*), causador da triquinose (Chapman; Lee; Swailes, 2020). Nesta época, o pensamento histológico pouco havia se desenvolvido e a Histologia desempenhava um papel mais auxiliar nas ciências tradicionais, como Anatomia e Fisiologia (Calado, 2019; Mazzarini et al., 2021).

Assim, torna-se perceptível que a história da Histologia é também a história da microscopia, exceto por um dos nomes mais importantes na sua constituição como ciência, tido por vários autores com o fundador da Histologia e da anatomia descritiva: Francois Xavier Bichat, cirurgião francês que identificou um total de vinte e um tecidos, dos quais sete ele classificou como gerais ou difusos, e outros catorze - denominados especiais ou localizados. O conjunto dessa obra constituiu a Teoria dos Tecidos. Segundo Bichat, os tecidos eram a unidade morfológica e fisiológica dos seres vivos. Por sua vez, os órgãos eram constituídos através da combinação de tecidos de tipos elementares e distintos. A função dos órgãos era resultante da atividade vital de seus tecidos constituintes. O paradoxal é que Bichat (Figura 6), construiu as bases da Histologia moderna sem utilizar microscópios em suas pesquisas, adotando somente a técnica da dissecação macroscópica.



Figura 6 – Retrato e cartaz de exposição de François Bichat Fonte: Google imagens.

Em meados do XIX registra-se o aperfeiçoamento dos microscópios e das técnicas histológicas, como os micrótomos, permitindo a obtenção de amostras em cortes finos e a consequente passagem da luz. Assim oferecia-se uma visualização detalhada. A identificação de fixadores, como o formol, permitiu a preservação dos tecidos enquanto a inclusão em parafina passou a ser adotada como técnica, permitiram cortes finos e reproduzíveis. A coloração por hematoxilina e eosina permitiram uma melhor diferenciação entre estruturas celulares e teciduais, cada uma delas absorvendo os corantes de forma distinta. Criaram-se assim, as condições técnicas para o nascimento de uma nova ciência básica, combinando anatomia, fisiologia e

pesquisa microscópica (Jacyna, 2001; Bock, 2015; Calado, 2019).

O século XIX foi marcado por uma infinidade de estudos e descobertas microscópicas que contribuíram significativamente para a consolidação da Histologia enquanto campo rigoroso das ciências, com metodologias padronizadas, entre as quais pode-se apontar:

- A promulgação da teoria celular por Theodor Schwann e Mathias Schleiden, afirmando: a célula é a unidade básica de todos os seres vivos. Isto só foi possível com a visualização clara das células proporcionada pela Microscopia;
- O postulado de Rudolf Virchow: Toda célula vem de uma célula, enfatizando a continuidade da vida celular. Conceito fundamental observável somente a partir da Microscopia;
- A revolução das neurociências com a criação da teoria neuronal graças ao trabalho de Santiago Ramon y Cajal, que usou técnicas de coloração como a impregnação argêntica para visualizar neurônios individuais em detalhes, como as conexões entre axônios e dendritos.

Foi ainda no início do século XIX que August Mayer utilizou o termo “histologia”, resultante da fusão das palavras gregas “histos” (tecidos) e “logos” (estudo) (Calado, 2019). Esta denominação passaria a ser amplamente utilizada a partir de 1844. Ao final do século XIX a Histologia tornou-se parte integrante do currículo médico na maioria das universidades dos países desenvolvidos (Bock, 2015; Capo et al., 2017), incluindo América do Norte (Chimmalgi; Hortsch, 2022) e Sul (Torres; Herranz; Rocha, 2010).

No campo da microscopia, o período entre o final do século XIX e o século XX são caracterizados como um período de refinamento e inovação técnica. Em vez de buscar maiores ampliações, a ciência concentrou-se em contornar as limitações físicas da luz e assim revelar mais detalhes das amostras biológicas. No final do século XIX o físico alemão Ernst Abbe (Figura 8) estabeleceu uma teoria que definiria o limite máximo de resolução para um microscópio ótico, um obstáculo imposto pelo comprimento da onda de luz. Abbe produziu lentes inovadoras, especialmente condensadores e objetivas com elementos imersos em glicerina. A ótica moderna adota o índice de refração criado por este físico alemão para assinar cada tipo de cristal ótico, o chamado Número Abber. Conhecido o limite máximo de resolução, os fabricantes de microscópios na Alemanha, como Carl Zeiss e Otto Schott empenharam-se em aprimorar a qualidade das lentes, usando os conhecimentos produzidos por Ernst Abber.

O químico alemão Otto Schott (Figura 7) é considerado o fundador da tecnologia moderna de fabricação de vidro, sendo fundamental para a evolução da microscopia. Ele melhorou a qualidade do vidro e criou tipos que permitiram a construção de microscópios mais potentes e precisos. Schott

investigou sistematicamente como as diferentes composições químicas afetavam as propriedades óticas. Entre as inovações que criou estão vidros com índices de refração e dispersão controlados, corrigindo a aberração cromática; projetou as lentes apocromáticas que melhoraram significativamente a nitidez e a resolução dos microscópios e o vidro de borossilicato, resistente ao calor e a produtos químicos, proporcionando componentes óticos estáveis e duráveis.

Carl Zeiss (Figura 9) iniciou sua carreira como aprendiz de mecânica. Em 1846, na cidade de Jena, abriu uma pequena oficina, fabricava instrumentos óticos e microscópios de baixa potência, construídos de modo artesanal. Na década de 1860, Zeiss percebeu que o método artesanal limitava a qualidade dos seus produtos. Foi quando buscou a colaboração do físico Ernst Abbe, que trouxe para a Zeiss as teorias matemáticas e físicas no projeto de novas lentes. A abordagem científica permitiu que construíssem microscópios com desempenho previsível e reproduzível, superando totalmente o processo artesanal. Zeiss e Abbe elevaram a microscopia a um novo estágio tecnológico ainda mais quando a eles se juntaram o químico Otto Schott, com seus avanços e pesquisa na produção de novos tipos de vidros com propriedades óticas específicas. Juntos, Abbe, Zeiss e Schott foram responsáveis pelo desenvolvimento da microscopia nos séculos XIX e XX.



Figura 7, 8 e 9: Retratos de Otto Schott, Ernst Abbe e Carl Zeiss Fonte: Google imagens.

No século XX a Histologia e a microscopia continuam evoluindo. Até a década de 50, a histologia concentrava-se nos estudos experimentais. O desenvolvimento do microscópio eletrônico, usando feixe de elétrons abre vastos campos de potencialidades de aplicação, mas sua aplicação mostrou-se desafiadora em suas primeiras décadas em decorrência dos problemas técnicos como o sobreaquecimento, inadequado para a observação das amostras biológicas (Calado, 2019). Neste período, a microscopia desenvolve tecnologias inovadoras e poderosas que romperam os limites da microscopia ótica tradicional. Entre estas, a Microscopia Eletrônica, que superou o limite da resolução da luz visível, permitindo a visualização em escala subcelular. Ao mesmo tempo foram desenvolvidas outras tecnologias de microscopia: Microscópio Eletrônico de Transmissão (MET); o Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV); Microscopia de contraste de fase, de fluorescência e a microscopia

confocal. Neste trabalho vamos nos limitar ao recorte da Microscopia Ótica, que permanece até nossos dias como principal recurso de microscopia empregado no ensino de histologia – objeto deste estudo. No campo da Histologia o século XX assinala que esta disciplina deixa de ser exclusividade do curso de Medicina, passando também a ser ministrada nos cursos de ciências biológicas. Inicialmente como um componente de natureza prática, sendo lecionadas em laboratórios equipados com microscópios ópticos de luz (Calado, 2019). Durante estas aulas, foram incorporadas imagens microscópicas, vídeos, slides e diapositivos.

Em síntese, o século XX no ensino de Histologia foi um período de transição. As primeiras décadas foram marcadas pelo aperfeiçoamento do microscópio ótico, dos corantes e dos contrastantes e das técnicas de corte, fixação e conservação das amostras biológicas. A partir da década de 1960, o uso dos microscópios passou a ser acompanhado por tecnologias analógicas pensadas para facilitar a visualização em grupo. Em meados do século XX a tecnologia que moldava o ensino de Histologia era o microscópio ótico em laboratórios. Surgem os projetores de slides (fotos) e de transparências, com os professores projetando fotomicrografias ou esquemas detalhados, facilitando, pela visualização ampliada, as explicações e discussões nas salas de aula.

Microscópios passam a ser conectados à câmeras fotográficas. Professores e estudantes visualizavam a mesma lâmina simultaneamente e desse modo o microscópio ótico deixou de ser um instrumento de uso individual, podendo também ser um produtor de imagens histológicas. Os livros essencialmente textuais e o atlas integravam fotomicrografias de boa qualidade, captadas de observações microscópicas realizadas com técnicas de cortes finos, recebendo um bom processamento, com os corantes adequados (Calado, 2019). No século XXI, esta descrição dos recursos didáticos utilizados em formações em Histologia permanece atual nos países em desenvolvimento, como o Brasil.

2.1 – Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs)

As duas décadas finais do século XX podem ser compreendidas como a longa jornada de transição do ensino de Histologia e das abordagens da microscopia com a incorporação das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs). Estas podem ser definidas como um amplo conjunto de softwares, hardwares, plataformas online e redes de comunicação, que permitem a criação, armazenamento, acesso, manipulação e distribuição de informações (Moran, 2015). Elas englobam diferentes recursos, como vídeos, aplicativos, *smartphones*, *tablets*, imagens, consoles, atlas, jogos virtuais e simuladores, que se combinam para formar novas formas de tecnologias (Valente, 2013; Lima et al., 2019).

Em uma perspectiva histórica, podemos apontar o uso das TDICs em vários momentos das

duas décadas finais do século XX (1980 e 1990):

Digitalização de Imagens: CD-ROM e Atlas Digitais - As primeiras imagens de lâminas histológicas foram digitalizadas e disponibilizadas em CD-ROMs. Esses "atlas digitais" permitiam que os discentes estudassem o conteúdo fora do laboratório, em seus próprios computadores. Embora as imagens fossem estáticas e limitadas, essa tecnologia representou um avanço importante, fornecendo material visual sem a necessidade de um microscópio e livros. O ensino e aprendizagem de Histologia fora dos laboratórios de microscopia.

Integração de Computadores - Computadores passaram a ser usados em Laboratórios, por vezes conectados a câmeras integradas a microscópios para capturar e projetar imagens digitais. Essa tecnologia permitia, por exemplo, que o professor mostrasse diretamente o campo de visão do microscópio para a turma inteira, um passo fundamental para o que viria a ser a microscopia virtual.

Conexão em redes - A Internet passou a ser utilizada para o compartilhamento de materiais didáticos, proporcionando a interação entre discentes e docentes. Surgem sites especializados em Histologia e microscopia, os quais contribuíram para o surgimento de plataformas e publicações digitais, como Atlas e plataformas de microscopia virtual; esta, embora seja um fenômeno predominantemente do século XXI, teve suas fundamentações construídas nas últimas décadas (1980 e 1990) do século passado.

Assim, as TDICs tornaram-se complexas articulações, conectando recursos de hardware, softwares, redes e ferramentas poderosas como a Inteligência Artificial – IA e Robótica, entre outros campos de conhecimento e tecnologias emergentes.

Além de possibilitarem o acesso às informações (Hortsch, 2023), as TDICs proporcionam uma enorme gama de possibilidades, aos professores por oportunizarem um ensino que rompe com paradigmas tradicionais, assim como oferecem aos discentes condições ideais para construir seu conhecimento (Lacatelli; Zoch; Trentin, 2015). Elas podem aprimorar o processo educacional, abrindo caminho para a implementação de abordagens pedagógicas inovadoras, como as propostas pelos pensadores da chamada Teoria da Atividade.

Apesar dessas tecnologias propiciarem a aquisição de conhecimento pelos discentes, o seu uso não dispensa o papel do docente como mediador do ensino e da aprendizagem. O uso do atlas virtual ou e-book no ensino de Histologia é fundamental com o avançar das TDICs. Ainda a observação das lâminas em laboratório é indispensável para o discente entender as imagens histológicas, despertar seu interesse pela pesquisa científica e formar especialistas nessa área (Rheingantz et al., 2019). Logo, essas ferramentas se configuram como recursos complementares e importantes aliadas dos educadores na construção do conhecimento (Leandro et al., 2024).

À medida que ocorre o avanço das tecnologias, o número de atlas e aerovs virtuais de Histologia, como nas plataformas de microscopia virtual também aumentam. Entretanto, o

acesso às lâminas histológicas sem orientação exige cautela, pois podem ser de fontes não confiáveis, podendo ser acessadas pelos estudantes, comprometendo seu estudo e aquisição de conhecimento (Sharmin et al., 2021).

As TDICs não são apenas ferramentas técnicas, mas mediadoras de processos pedagógicos e cognitivos. A utilização das TDICs na educação deve ir além do mero uso instrumental, promovendo a autoria, a colaboração e a construção coletiva do conhecimento. As tecnologias são parte de um ambiente de aprendizagem complexo que demandam uma ressignificação da prática pedagógica pelo docente, e da forma de aprender, pelos discentes (Almeida, 2005).

2.2 Ensino de Histologia: características e desafios

O ensino de Histologia apresenta variações, relacionadas ao curso e à instituição de ensino superior em que é ministrada. De modo geral, a disciplina é ofertada no início da formação e pode ser ministrada de forma isolada ou integrada a outras disciplinas, como a Embriologia. No Brasil, os cursos superiores na área de saúde possuem estruturas curriculares organizadas em disciplinas ou módulos, com duração mínimas com 10 semestres e uma carga horária média de 4.350 horas. Normalmente, os conteúdos curriculares são organizados em três ciclos a saber: básico, específico e livre (Moraes; Costa, 2016). O ciclo básico corresponde às disciplinas que estão presentes em vários cursos de saúde, como por exemplo a Histologia.

No contexto das disciplinas do ciclo básico, a Histologia é a que aborda os conteúdos relativos às bases moleculares e celulares, bem como a estruturação e a funcionalidade de órgãos e sistemas do corpo, juntamente com a Anatomia humana (Fonseca, 2022). Isso se deve a sua importância para o desenvolvimento do raciocínio clínico para a futura profissão (Sant'anna e al., 2022). De fato, é através do conhecimento histológico que os profissionais conseguem distinguir um tecido saudável de um tecido com alterações. Esse conhecimento é imprescindível para o entendimento dos mecanismos fisiopatológicos de doenças (Hussein et al., 2015; Montanari, 2018; Chapman; Lee; Swailes, 2020).

O ensino em saúde, de moto tradicional, envolve aulas teóricas, práticas e ampla utilização de materiais didáticos impressos (Vasconcelos e Vasconcelos, 2013). Já a Histologia, por ser uma ciência que se baseia na identificação, no reconhecimento e na interpretação das estruturas invisíveis a olho nu (Montanari, 2020), tem seu ensino tradicionalmente baseado em aulas teóricas expositivas e práticas, sendo esta última ocorrendo em ambiente laboratorial, com a utilização das lâminas de vidro, bem como dos microscópios óticos (Paulsen; 2010; Alonso, 2019; Munõz, 2020). As aulas expositivas permanecem como as mais utilizadas em salas de aula no ensino de histologia. As aulas expositivas podem ser caracterizadas como uma prática pedagógica em que o professor está no centro do processo de ensino. Sua função é transmitir

informações. Já o aluno é, por este modelo, um receptor dos conhecimentos e assim encontra dificuldades para expressar suas ideias (Krasilchick, 2008). Ela encontra respaldo na concepção behaviorista de aprendizagem, na qual o aluno tem uma função cognitivo passivo, encarado como um reservatório de informações (Agra et al., 2019).

Para Freitas e Mancini (2016), se a Histologia for tratada de modo superficial, haverá uma dificuldade para a compreensão das áreas de Anatomia, Embriologia e Fisiologia. Já Oliveira et al. afirmam que estas dificuldades têm origem quando há a incapacidade de visualizar e entender tridimensionalmente um evento, citando como exemplo, o processo de desenvolvimento embriológico. De acordo com Lemos e Moreira (2011), muitos alunos são prejudicados na aprendizagem por se dedicarem aos conceitos e não os fenômenos. Desta forma, muitos são os desafios colocados ao ensino de Histologia e microscopia virtual. Estes desafios envolvem questões de atualização Curricular, além da necessidade de adoção das TDICs e metodologias de ensino inovadoras.

A literatura sobre o ensino de Histologia e Microscopia tem apontado significativas mudanças curriculares nas disciplinas do ciclo básico da área de saúde, como consequência da evolução contínua do conhecimento científico. Entre os impactos destas mudanças, destaca-se a redução da carga horária, a inserção de novos cursos, representando um desafio para o ensino de Histologia, com sua complexidade temática e conteúdos a serem ministrados em uma menor carga horária (Mantovani et al., 2019; Wassem et al., 2021). O aumento nas horas/aulas tem se mostrado inviável, com a maioria das instituições de ensino superior reduzindo o tempo destinado às disciplinas básicas e para as práticas em laboratórios, comprometendo o desenvolvimento de disciplinas do ciclo básico, tais como a Histologia.

À redução da carga horária se soma às dificuldades financeiras das instituições de ensino com a manutenção dos equipamentos, inviabilizando maior tempo de permanência dos alunos nos laboratórios (Triola; Holloway, 2011; Montanari, 2016; Lee; Goldman; Hortsch, 2018). Um menor tempo em laboratório resulta em uma menor experiência dos discentes com a microscopia ótica, representada pela dificuldade na visualização e interpretação das estruturas histológicas (Mantovani et al, 2019). Esses fatores, combinados à predominância do modelo de ensino tradicional, tem gerado insatisfação nos estudantes. Muitas vezes, os discentes concluem suas formações sem compreender a importância dessa disciplina em sua formação profissional (Mantovani et al., 2019; Wassem et al., 2021).

No que se refere às reformas curriculares, há uma movimentação no sentido das novas metodologias de ensinar histologia, em que a aprendizagem tem o estudante como centro do processo e a ênfase também está na capacidade de pesquisa científica, reflexão e atividades colaborativas (Hightower et al., 1999; Kumar et al, 2006; Triola; Holloway, 2011).

Podemos afirmar que as mudanças metodológicas vislumbradas pela integração das

Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação ainda não se realizaram plenamente. A aula expositiva ainda é o modelo predominante nas salas de aula e laboratórios, no ensino de Histologia. A aula expositiva encontra respaldo em concepções behavioristas de aprendizagem, segundo a qual o aluno tem uma função cognitiva passiva, sendo percebido como um reservatório de informações (Agra al., 2019). Como destaca Perrenoud (2004), assistir uma aula expositiva e fazer exercícios e avaliações, não costuma ser suficiente para que a aprendizagem efetivamente ocorra. O ensino deve ser centrado nos estudantes, devendo se respeitar os conhecimentos e as experiências trazidos pelos discentes às salas de aulas e laboratórios. Perrenoud nos ensina que também devemos conhecer a natureza dos saber a ser apreendido pelos discentes e o que é mais importante: conhecer o contexto o contexto socioeconômico no qual a aprendizagem se efetivará (Perrenoud 2004). Santa-Rosa e Struchine (2011), defendem a utilização de múltiplas estratégias didáticas pelos docentes, com vistas à capacitação dos estudantes, como o uso da pesquisa pela observação microscópica, de modo a explorar as três dimensões (comprimento, largura e profundidade). Para Manuel Moran (2015), o professor deve ter uma visão pedagógica inovadora e crítica. Ele propõe que o docente aplique diferentes ferramentas e múltiplos recursos pedagógicos, que promovam a integração e a participação dos alunos. Outro aspecto do ensino de Histologia e Microscopia a ser considerado, é que o microscópio óptico, segundo o modelo tradicional de seu uso em laboratórios, não permitem a observação de uma mesma estrutura histológica por mais de um estudante. Isso impede que haja discussões e análises em grupos, com os discentes colaborando em uma observação ou pesquisa. Isso pode levar o processo de ensino de Histologia e Microscopia a ser menos motivacional e produtivo (Hightower et al., 1999; Thintharua; Dharmasaroja, 2020).

Diversas instituições de ensino têm encontrado nas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação um instrumento de grande importância na busca pelo aprimoramento do ensino de Histologia e dessa forma tem alcançado uma ampliação da relação dos discentes com conteúdos teóricos e práticos (Bloogood; Gilvie, 2006; Kumar et al., 2006; Triola; Holoway, 2011; Helle; Nivala; Kronqvist, 2013; Lee; Goldman, Horstsch, 2018; Medina et al., 2019; Chimamalgi; Hortsch, 2022). Por exemplo, as DTICs, como atlas digitais, e-books e Plataformas de Microscopia Virtual, são alternativas viáveis que podem ser incorporadas ao ensino para auxiliar discentes e docentes, constituindo-se em formas inovadoras de ensino e aprendizagem.

Nos últimos anos, uma das tendências no ensino de Histologia é a incorporação de tecnologias digitais. Em diversas instituições de ensino superior do Brasil encontramos vários relatos de experiências significativas. Na Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Santa-Rosa e Struchiner (2010) relataram o desenvolvimento de um Ambiente Virtual de Aprendizagem - AVA. Nessa mesma perspectiva, Vasconcelos e Vasconcelos (2013), na Universidade Federal do Piauí - UFPI, relatam o desenvolvimento de um AVA específico para

estudantes de histologia dos cursos de saúde. Em 2019, a Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da USP implementou um laboratório virtual de microscopia em parceria com a Faculdade de Medicina da Universidade do Chile. Na Universidade Federal do Ceará, Esmeraldo et al. (2014) descreveram a construção de um Atlas Virtual de Histologia e Biologia Celular, voltado para os estudantes dos cursos de saúde.

Atualmente, a ampla disseminação das DTICs tem possibilitado o preenchimento de lacunas no ensino de Histologia. Esses avanços proporcionaram melhores condições de ensino, sendo importantes estratégias para a integração entre aulas teóricas e práticas e, assim, melhorando a assimilação do conteúdo pelos estudantes (Silva et al., 2020). A Histologia é uma ciência em progresso, além de ser um dos componentes básicos na formação de estudantes na área da saúde, que precisam estar atualizando constantemente seus conhecimentos. Assim, a reprodução de forma realista das lâminas histológicas, seja por atlas virtuais, plataformas de microscopia e e-books, favorecem a aquisição e consolidação de conceitos integrando teoria e prática, indispensáveis para tornar o cuidado dos futuros profissionais de saúde mais preciso e qualificado no contexto clínico (Mattar; Cerruti; Da Costa, 2023).

2.3 A Pandemia e a expansão das TDICs

Girão-Carmona, Silva e Leite (2020; 2021; 2022), desenvolveram um conjunto de E-books (Histologia interativa: roteiros de estudos; Histologia Interativa: roteiros de pesquisa e Histologia Interativa: roteiros de estudos: os sistemas do corpo, como recurso didático a partir das demandas suscitadas pela pandemia de Covid-19. Essas publicações apresentam recursos que vão além da leitura, sendo um meio de acesso a mídias e Quizzes.

No Departamento de Morfologia da Faculdade de Medicina da Universidade Federal do Ceará (FAMED/UFC), as aulas práticas de histologia seguem o modelo tradicional, com a exploração das estruturas histológicas previamente apresentadas nas aulas teóricas e complementadas em laboratórios pelo uso de microscópios ópticos e lâminas de vidro. Algumas dessas lâminas compõem o acervo da UFC e vêm sendo utilizadas há décadas, e incluem amostras raras e insubstituíveis. No entanto, com a pandemia de COVID-19 e a necessidade de distanciamento social, o Ministério da Educação, por meio da Portaria nº 544 de 2020, determinou a substituição das aulas e práticas presenciais pelo ensino remoto (Brasil, 2020). Como consequência, houve uma transição acelerada no ensino de histologia na FAMED/UFC, com a adoção da Microscopia Virtual como principal ferramenta para as aulas práticas.

Essa mudança também foi observada em outras instituições de ensino médico, tanto no Brasil quanto internacionalmente, evidenciando que a pandemia atuou como um catalisador na adoção da microscopia virtual no ensino de histologia (Saverino; Mercenaro; Zarccone, 2022). No

entanto, poucos estudos avaliaram a percepção e preferência dos estudantes em relação a essa transição. Esse aspecto é relevante, pois o *feedback* discente não apenas auxilia os docentes na adaptação das metodologias, mas também contribui para a identificação de desafios e melhorias curriculares (Adhi; Aly, 2018; Al-Alami; Adwan; Alsous, 2022).

2.4 A Teoria Sociocultural da Aprendizagem

Neste trabalho adotamos a Teoria Sociocultural como referencial teórico para a análise de dispositivos digitais no suporte ao ensino de Histologia. A Teoria Sociocultural, uma das teorias atribuídas a Lev S. Vygotsky. No entanto, a Teoria Sociocultural, assim como as demais teorias atribuídas a Vygotsky foram desenvolvidas em colaboração direta e indireta com o psicólogo Alexei Leontiev e o neuropsicólogo Alexander Luria. Vygotsky revolucionou a compreensão sobre o desenvolvimento humano e a aprendizagem, enfatizando que ambos são processos intrinsecamente enraizados nas interações sociais, que por sua vez, ocorrem em um contexto histórico e cultural (Rego, 1996), como buscaremos explicar de modo sintético, a seguir.

Segundo Vygotsky, toda atividade humana é mediada e a mediação é o processo de interposição de um elemento que atua como um intermediário na relação do homem com o mundo (Vygotsky, 1984). Não interagimos diretamente com a realidade, mas sempre meio de ferramentas e signos. De acordo com a essa teoria, a mediação ocorre com o uso de dois tipos de instrumentos: A primeiro tipo são as ferramentas, que são objetos físicos ou materiais que o ser humano utiliza para agir sobre a natureza ou sobre o ambiente externo e as. Como exemplo de ferramentas, podemos apontar a enxada, o martelo e a caneta. No contexto das sociedades contemporâneas, as tecnologias digitais – computadores e dispositivos móveis podem ser reconhecidos como a evolução natural das ferramentas manuais. O segundo tipo de instrumento são as ferramentas psicológicas, constituídas pelos signos (Oliveira, 1998).

Os Signos (também chamados de ferramentas psicológicas) são sistemas simbólicos criados pela cultura, atuando sobre os indivíduos e desse modo, modificando seus processos mentais. A linguagem é o signo mais fundamental (Vygotsky, 1998). Os signos estão presentes nos sistemas de numeração, nos mapas e em obras de arte. Em nossos dias, os signos mais presentes em nosso cotidiano estão presentes nas interfaces e linguagens de programação das tecnologias digitais. Assim, os signos moldam nossa forma de pensar, organizar o raciocínio, planejar ações e interagir socialmente. Os signos são ferramentas para mente e com elas alteramos as estruturas e o fluxo do pensamento. Ferramentas - instrumentos e signos, são produtos da Cultura e são internalizados pelo indivíduo ao longo do seu desenvolvimento e impactam diretamente o que Vygotsky classificou como Funções Psicológicas Superiores: Pensamento, Memória voluntária, Atenção seletiva e Raciocínio lógico (Vygotsky, 1998).

Segundo a Teoria Sociocultural a cultura - aqui compreendida como a totalidade das produções humanas - é o elemento central que modela o desenvolvimento cognitivo e psicológico do indivíduo. É a cultura que transforma o ser biológico em um ser social e histórico, através da mediação. É a participação nas práticas culturais e na apropriação dos instrumentos e signos que a cultura oferece, que o ser biológico se torna humano em seu sentido mais pleno (Oliveira, 1998).

Os conhecimentos, saberes e habilidades e os modos de pensar partilhados no plano social (Inter psicológico) vão sendo gradualmente transformados e incorporados pelo indivíduo no plano individual (Intra psicológico). As tecnologias digitais, como instrumentos culturais que são, nos oferecem novas formas de internalizar o conhecimento socialmente produzido e assim desenvolvem habilidades cognitivas. É o que acontece quando lidamos com interfaces complexas, quando navegamos em vastas redes de informação, quando colaboramos em projetos online.

Segundo a Teoria Sociocultural, o conhecimento não é um produto que o indivíduo recebe passivamente. Ao contrário ele surge de um processo dinâmico e interativo, construído social e historicamente. Inferimos assim, que o conhecimento não é um processo espontâneo, resultado do desenvolvimento biológico e psicológico, mas algo moldado pela cultura, historicamente situado.

A chamada Zona de Desenvolvimento Proximal ou ZDP, é o conceito mais conhecido de Vygotsky. A ZDP traz implicações profundas para a aprendizagem mediada, seja na infância, na idade adulta e se aplicada também para o ensino superior, especialmente em todo o ensino mediado por tecnologia. A ZDP pode ser compreendida como a distância entre dois estágios de desenvolvimento: O Nível de Desenvolvimento Real – O que o indivíduo consegue fazer sozinho, sem ajuda. Já o Nível de Desenvolvimento Potencial é o que o indivíduo é capaz de fazer com a ajuda de um mediador, aqui compreendido como um Professor, monitor, um colega mais experiente ou o auxílio de ferramentas culturais adequadas (Oliveira, 1998).

Na ZDP, o papel do Mediador é crucial. Professores e monitores e colegas mais experientes atuam como uma ponte entre o indivíduo e o conhecimento socialmente construído, auxiliando o aprendiz a se apropriar desses instrumentos e signos. Deste modo, o aprendiz é capaz de avançar do estágio de desenvolvimento real até alcançar o nível de desenvolvimento potencial (Vygotsky, 1984). Tecnologias podem atuar como poderosos mediadores na ZDP. O ensino de Histologia, com sua ênfase na identificação e interpretação de estruturas microscópicas e sua correlação com a constituição dos órgãos, sistemas e funções, é um campo do conhecimento com enorme potencial de mediação por instrumentos e signos. A inclusão da microscopia virtual e dos Atlas ampliam significativamente o potencial de aprendizagem, segundo a Teoria Sociocultural. O Microscópio Óptico e sua versão digital (MV) são

Instrumentos Culturais Mediadores. Para Vygotsky, instrumentos são ferramentas materiais que modificam a relação do aluno com o objeto de conhecimento, neste trabalho – a Histologia.

As Plataformas de Microscopia Virtual (MV), podem ser compreendidas como uma importante evolução dos instrumentos de ensino de Histologia. São novas ferramentas culturais que oferecem vantagens mediadoras únicas, tais como Ubiquidade e acesso a coleções de lâminas digitalizadas em qualquer hora e lugar, superando limitações naturais dos laboratórios físicos, ampliando assim o “campo” de exploração do aluno. Funções aprimoradas: Ferramentas de zoom, marcação e consultas a informações complementares oferecem novas possibilidades de interagir com o signo – Imagem Histológica, aprimorando a análise e a aprendizagem. Colaboração Síncrona e Assíncronas. Alunos podem analisar as mesmas lâminas, em pequenos grupos, presencialmente na sala de aula ou laboratórios presencialmente e virtualmente, compartilhando observações, facilitando discussões e análises conjuntas, mesmo estando à distância, efetua-se a interação entre os pares. A Microscopia Virtual permite que grupos de alunos explorem a mesma lâmina, que pode ser visualizada em telas de dispositivos móveis ou monitores maiores e projetores conectados a microscópios em laboratórios, em que discentes e/monitores podem mediar a aprendizagem.

Segundo a Teoria Sociocultural, a aprendizagem humana é mediada por ferramentas e signos (Vygotsky, 1989). Um Atlas de Histologia se enquadra neste conceito. Um Atlas de Histologia não é meramente uma coleção de imagens, mas um instrumento pedagógico que atua como ferramenta de mediação cultural para o processo de aprendizagem. Ele funciona como uma ferramenta psicológica que facilita a aquisição de conhecimentos complexos, conectando o estudante a um sistema de signos e conceitos historicamente construídos (o conhecimento científico em Histologia). O Atlas Histológico apresenta uma versão simplificada, rotulada e esquemática, de matriz enciclopédica, englobando o conhecimento Histórico no campo da Histologia. Os textos cientificamente embasados e completos, os rótulos e as descrições verbais associados às imagens fornecem o sistema de signos essencial. Essa linguagem científica é o alicerce para o pensamento conceitual do estudante, permitindo-lhe organizar o que vê no microscópio em categorias significativas. Em suma, um atlas de histologia não é apenas um livro de referência. Ele é uma importante ferramenta mediadora que, oferece um arcabouço simbólico e visual necessário para transformar a percepção simples em um pensamento científico estruturado, promovendo a internalização do conhecimento e o desenvolvimento de habilidades de análise.

Os Atlas e as Plataformas de Microscopia Virtual são, em essência, ferramentas mediadoras que reestruturam a forma como os aprendizes de Histologia interagem com o conhecimento científico, com o ambiente acadêmico e uns com os outros, como preconiza a Teoria Sociocultural de Vygotsky. Desse modo, estas tecnologias podem potencializar a

aprendizagem e o desenvolvimento cognitivo, ampliando as possibilidades de apropriação cultural e a construção de funções psicológicas superiores e reafirmando a concepção de que o desenvolvimento humano é indissociável da cultura e dos seus instrumentos.

3 RELEVANCIA E JUSTIFICATIVA

O período histórico compreendido pelas duas últimas décadas do século XX e as duas primeiras décadas do século XXI é marcado na história da Histologia e da Microscopia como uma era de lentas e contínuas transformações que levaram das abordagens completamente analógicas até a apropriação das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs).

Por TDICs podemos compreender um amplo conjunto de ferramentas e recursos tecnológicos, tais como softwares, hardwares, plataformas online e redes de comunicação. As TDICs permitem a criação, o armazenamento, o acesso, o processamento e a distribuição de informações (Moran, 2015). Elas englobam um conjunto abrangente de recursos, como vídeos, aplicativos, *smartphones*, *tablets*, imagens, consoles, atlas virtuais e jogos, que se combinam para formar novas formas de tecnologias (Valente, 2013; Lima et al., 2019). Neste trabalho, dentro do universo das TDICs, destacamos as plataformas e atlas virtuais como instrumentos de apoio ao ensino e aprendizagem de Histologia.

Uma plataforma digital é um ambiente que facilita a interação e a troca entre diferentes grupos de usuários, conectando produtores e consumidores de serviços, informações ou produtos. Uma plataforma de microscopia virtual é um tipo específico de plataforma digital que oferece um ambiente complexo e interativo especializado na visualização, estudo e colaboração com imagens virtualizadas de lâminas. O que distingue uma plataforma de MV como a Histologia Virtual é que esta permite que o usuário manipule e interaja profundamente com as lâminas histológicas.

A plataforma Histologia Virtual (histologiavirtualufc.com) tem como principal função fornecer ferramentas especializadas para a navegação em alta resolução. O usuário pode dar zoom, mover a lâmina, observar marcações, acessar informações associadas às imagens (Pantanowitz, 2015). Como ferramenta de aprendizagem de histologia, as plataformas de MV funcionam como verdadeiros *hubs* de conexão e trabalho colaborativo e remoto. As plataformas de Microscopia Virtual são extremamente complexas e demandam enormes esforços de profissionais especializados, como desenvolvedores, designers, especialistas em bancos de dados, redes e suportes, entre outros.

O maior desafio para a criação de uma plataforma de MV está no acervo de lâminas a serem publicadas. Essa é a razão por que existem tão poucas plataformas de MV, como o Histology Guide, e VMD. A plataforma Histologia Virtual é um gigantesco esforço de criar uma plataforma de MV totalmente em língua portuguesa e com acesso franqueado aos discentes de Histologia da UFC. O Projeto Histologia Virtual há mais de 5 (cinco) anos vem sendo desenvolvido pelo Laboratório de Inovação e Pesquisa em Morfologia – iLab, do Departamento de Morfologia da Universidade Federal do Ceará – UFC, tal a complexidade envolvida na sua

criação. Nos últimos dois anos, pude acompanhar o trabalho de programação e implementação do design da Histologia Virtual. Uma vez implementado a Plataforma, a sua avaliação de Usabilidade por discentes do curso de Medicina da UFC passou a compor o cerne desta Tese, somando aos estudos sobre os Atlas Virtuais e os impactos socioeconômicos, dos hábitos de estudo, acesso às tecnologias e nos resultados dos discentes durante a pandemia de Covid-19.

Os Atlas virtuais integram as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação e são importantes ferramentas pedagógicas para o ensino da Histologia, apresentando recursos como a acessibilidade remota, a padronização das imagens e a inclusão de informações complementares, como textos explicativos e até mesmo modelos 3D.

Os Atlas e as plataformas de microscopia virtuais são TDIC's de grande relevância para o ensino de Histologia desde o período de vigência do ensino remoto ou híbrido, durante a Pandemia de Covid-19. A busca pela diversificação e atualização dos recursos e métodos educativos no campo da Histologia já existia, mas o advento da Pandemia de Covid-19 veio alavancar de modo súbito e intenso a demanda por inovação educacional. Diante do isolamento social imposto pela Covid-19, a disciplina Histologia, do Departamento de Morfologia da UFC, precisou desenvolver uma nova forma de interação entre discentes e docentes, especialmente em relação às aulas que envolviam a microscopia de tecidos (Joaquim et al, 2023). Entre as ações e iniciativas a formação de parcerias com outras instituições como a Universidade de Michigan para acesso a lâminas da Virtual Microscopy Database – plataforma de microscopia virtual e a criação e validação de um Atlas Virtual de Histologia. A Pandemia de Covid 19 representa um marco histórico evolutivo do ensino de Histologia, o que só foi possível pela apropriação das TDICs.

Além de possibilitarem o acesso às informações (Hortsch, 2023), as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação abrem um vasto campo de possibilidades, tanto a docentes quanto para os discentes. Aos professores propicia oportunidades de inovação no ensino que podem levar ao rompimento de paradigmas tradicionais. Aos estudantes oferecem as condições ideais para construir seu próprio conhecimento (Lacatelli; Zoch; Trentin, 2015). Elas representam um desafio ao aprimoramento do processo educacional dos docentes, abrindo caminho para a implementação de abordagens pedagógicas inovadoras, como por exemplo, as propostas pelos pensadores da chamada Teoria da Atividade. As TDIC não são apenas ferramentas técnicas, mas mediadoras de processos pedagógicos e cognitivos. A utilização das TDIC como o Atlas e as Plataformas de Microscopia Virtual no ensino de Histologia devem ir além do mero uso instrumental. Elas devem ser empregadas para promover a autoria, a colaboração, a interação e desse modo, contribuir para uma produção coletiva do conhecimento. As tecnologias são parte de um ambiente de aprendizagem complexo e desafiador. Elas exigem uma ressignificação das práticas pedagógicas do professor, bem como da forma de aprender do aluno (Almeida, 2005).

Ao longo deste trabalho, buscamos compreender a importância das Tecnologias Digitais de Comunicação e Informação para o ensino de Histologia, organizadas e sistematizadas em três artigos, como prevê o Regimento do PCMF. O primeiro destes artigos busca compreender os impactos da pandemia de Covid-19 nos hábitos de estudo, no acesso a tecnologias e estratégias de aprendizagem dos estudantes de Histologia, relacionando estes comportamentos com os aspectos socioeconômicos. O segundo Artigo trata da validação por especialistas em Ciências Morfofuncionais e em Computação e Design de um Atlas Virtual para o ensino e aprendizagem de Histologia. O terceiro artigo, versa sobre a avaliação de usabilidade e a análise qualitativa da Plataforma Histologia Virtual – plataforma de microscopia virtual em língua portuguesa e acessível aos estudantes da área de saúde, desenvolvida pelo Laboratório de Inovação e Pesquisa em Morfologia da Faculdade de Medicina da UFC. A seguir, apresentamos os objetivos gerais e específicos que buscamos responder com este trabalho.

3.1 Objetivos gerais

Investigar a evolução do ensino e da aprendizagem de Histologia, considerando aspectos socioeconômicos, validação e avaliação de ferramentas e plataformas no ensino e aprendizagem de Histologia.

3.2 Objetivos Específicos

- ✚ Investigar o impacto dos aspectos socioeconômicos, hábitos de estudo e acesso a tecnologias no processo de aprendizagem de Histologia de estudantes brasileiros e africanos de uma universidade federal do nordeste brasileiro, de cunho internacional.
- ✚ Validar o conteúdo e a técnica de um atlas virtual para o ensino e a aprendizagem de Histologia.
- ✚ Avaliar a usabilidade de uma plataforma de microscopia virtual por estudantes de uma universidade federal, incluindo a percepção destes sobre a relevância da Histologia e coletando suas sugestões e críticas para o desenvolvimento da Plataforma.

4. CAPÍTULO DOS ARTIGOS

Regimento

Esta Tese de Doutorado foi redigida em consonância com o Artigo 37º do Regimento Interno do Programa de Pós-Graduação em Ciências Morfofuncionais (PCMF), da Universidade Federal do Ceará (UFC). Este artigo regimental, regulamenta o formato alternativo para a elaboração de dissertações de Mestrado e teses de Doutorado. Para responder aos objetivos desta tese, serão apresentados dois artigos em anexo. Estes artigos foram redigidos de acordo com as normas das revistas em que foram publicadas e estão em anexo.

ARTIGO 1:

THE IMPACT OF STUDENTS' SOCIO-ECONOMIC BACKGROUND, STUDY HABITS, AND TECHNOLOGY ACCESS ON THEIR HISTOLOGY LEARNING STRATEGY DURING THE COVID-19 PANDEMIC

Periódico: Medical Science Educator

Qualis capes: A2 – Ciências Biológicas II

DADOS DO PARECER – CEP

Número do Parecer: 4.566.045

CAAE: 40716820.3.1001.5054

Artigo em anexo

<https://doi.org/10.1007/s40670-024-02154-1>

ARTIGO 2:

VALIDAÇÃO DE ATLAS VIRTUAL PARA O ENSINO E A APRENDIZAGEM DE HISTOLOGIA: UM ESTUDO METODOLÓGICO

Periódico: Revista Brasileira de Educação Médica

Qualis capes: B1 – Ciências Biológicas II

DADOS DO PARECER – CEP Número do Parecer: 4.566.045

CAAE: 40716820.3.1001.5054

Artigo em anexo

<https://doi.org/10.1590/1981-5271v49.4-2023-0260>

4.1 ARTIGO 1

The Impact of Students' Socio-economic Background, Study Habits, and Technology Access on Their Histology Learning Strategy during the COVID-19 Pandemic

Davide Carlos Joaquim¹; Ana Caroline Rocha de Melo Leite²; Letícia de Castro Viana¹; Débora Letícia Moreira Mendes¹; Ismael Pordeus Bezerra Furtado¹; Juliana Jales de Hollanda Celestino²; Michael Hortsch³; Virgínia Cláudia Carneiro Girão-Carmona¹

✉ Michael Hortsch

hortsch@umich.edu

¹ Department of Morphology, Faculty of Medicine, Federal University of Ceará (UFC), Fortaleza, CE, Brazil.

² Institute of Health Sciences, University of International Integration of the Afro-Brazilian Lusophony (UNILAB), Redenção, CE, Brazil.

³ Departments of Cell and Developmental Biology and of Learning Health Sciences, University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, USA.

Davide Carlos Joaquim
Ana Caroline Rocha de Melo Leite
Letícia de Castro Viana
Débora Letícia Moreira Mendes
Ismael Pordeus Bezerra Furtado
Juliana Jales de Hollanda Celestino
Michael Hortsch
Virgínia Cláudia Carneiro Girão-Carmona

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0245-3110>
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9007-7970>
Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-4475-9241>
Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9469-8208>
Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-8504-1712>
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9930-7541>
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3750-737X>
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-0676-8585>

ABSTRACT

Introduction With e-learning resources and strategies claiming an increasing role in medical education, the question arises how students in developing countries and from socioeconomic disadvantaged strata of society deal with access challenges and what aspects affect their use of e-learning resources. This study's goal was to investigate the impact of the socioeconomic background on study habits and technology access for students at a public university in Brazil who participated in a histology course during the COVID-19 pandemic.

Methods A transversal, descriptive study with a quantitative approach was carried out with nursing, pharmacy, and biology students at the University of International Integration of the Afro-Brazilian Lusophony (UNILAB). The survey questions asked about socioeconomic aspects, histology study habits, and learning resources used for studying histology.

Results Of the 72 participating students, a majority was female, single, and had a minimum wage income or less. Smartphones and portable computers were preferred devices to access the internet and YouTube videos were a popular resource for histology learning. A significant negative association between the use of the internet for studying histology and socioeconomic factors was found for students whose parents had lower education levels. When comparing learning outcomes before and during the COVID-19 pandemic, all types of students showed significantly higher examination scores for histology in online modus.

Conclusions As students' academic performance improved during the COVID-19 pandemic, the presented data suggest that despite some access limitations, e-learning approaches may offer an equalizing opportunity for students from lower socioeconomic groups.

Keywords Information Technology; remote teaching; histology; learning; e-learning, COVID-19.

Introduction

Histology is a basic subject in many curricula of the health sciences that addresses the morphology and arrangement of cells and their surrounding extracellular matrix in organs and tissues of multicellular organisms and correlates their structure with functional aspects [1–3]. This knowledge, associated with other basic sciences, like physiology and pathology, offers a scientific basis for clinical practice.

To understand histology concepts and to succeed when learning them, requires more than a simple memorization of cellular information or the recognition of histological structures under a microscope. It also involves the development of visual, analytical, and interpretive skills [3,4]. This process is influenced by multiple different factors, such as motivation and prior experiences with the material and correlated concepts, as well as their perceived importance for future professional applications [5–7]. Consequently, developing advanced and consistent study habits for learning histology is very important for the academic learning process [6–9]. The published literature mentions planning of academic activities and a selection of the best learning strategies and resources, in addition to the dedicated study time as foundations for success in histology classes [9–11].

An additional factor when learning histology is the use of technology, more recently virtual microscopy, computers, and the internet [2,12]. There are considerable global differences in the availability of modern technologies that are used for teaching and learning histology, especially in developing countries [12]. The lack of advanced personal electronic learning tools and access to the internet may put students in developing countries and also students from underprivileged strata of society in developed countries at a disadvantage when studying subjects like histology

[12,13]. In summary, the adaptation of successful study strategies [14–16] and the ability of accessing traditional and electronic learning resources [11,16] are important factors when learning histology, and both may be influenced by the socioeconomic background of students.

The recent COVID-19 pandemic posed new challenges, but also opportunities for histology teachers and learners [17–22]. Within a very short timeframe, most academic instruction, including histology education, had to shift to an online only mode. Consequently, in person lectures and laboratory instruction with optical microscope and histological slides were no longer possible and had to be replaced with online teaching and virtual microscopy [23,24]. In addition, as universities worldwide stayed closed for an extended time, students no longer had access to libraries with traditional printed materials, such as textbooks [11,25]. This necessitated the increased use of electronic devices such as computers, smartphones, or computer tablets by teachers and students [26]. The pandemic accelerated an already ongoing change to e-learning for histology education. The use of interactive websites, mobile applications, videos, e-books, and other e-learning tools for teaching and learning histology predates the COVID-19 pandemic [2,3] and this type of instruction is usually embraced by today's histology learners [27–30].

However, the implementation of e-learning strategies for histology has been rather uneven at the global scale [12] with many institutions, especially in developing countries, lacking the economic means and technical infrastructure to implement them. Similarly, students from socioeconomic-disadvantaged segments of society may be lacking an environment that encourages higher educational activities and be unable to obtain expensive personal electronic equipment and reliable access to the internet and other e-learning resources [31,32].

The study presented in this paper was carried out at the University of International Integration of the Afro-Brazilian Lusophony (Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira - UNILAB), a public Brazilian University with a strong international character. Students at UNILAB originate from different Portuguese-speaking countries (Comunidade dos Países de Língua Portuguesa - CPLP), including Brazil, Portugal, and several African nations, and represent a wide range of cultural upbringings and economic conditions [33]. We investigated the impact of the socioeconomic background on study habits and technology access for histology learning by Brazilian and African students and the overall educational outcome in histology courses at UNILAB during the COVID-19 pandemic.

Materials and Methods

Histology Curriculum at UNILAB

The analysis described in this publication is an observational transversal study with a quantitative approach, that carried out with undergraduate students enrolled in the schools of nursing, pharmacy, and biology at UNILAB, which is located in the city of Redenção in the

Brazilian State of Ceará. As of 2023, UNILAB had a total enrolment of 4,135 undergraduate students of which 2,996 (72.5%) are Brazilian nationals and 1,139 (27.5%) foreign students [34].

Prior to the COVID-19 pandemic, histology classes at UNILAB were expository theoretical classes followed by practical optical microscopy laboratory exercises. During the COVID-19 pandemic, histology classes were changed to remote teaching, which included synchronous and asynchronous educational activities. Didactic histology classes were taught via the Google Meet platform (Google Inc., Mountain View, CA, USA) using PowerPoint presentations (Microsoft Corp., Redmond, WA, USA) and the Mentimeter platform (Mentimeter, Stockholm, Sweden) for brainstorming exercises. These classes were recorded and made available to students using the Integrated System of Academic Activities Management (SIGAA). Student questions were answered by teachers in synchronous Google Meet sessions. To reinforce important learning goals, links of questions formulated on the quiz platform were published in SIGAA. Practical histology sessions were also taught via Google Meet. Microphotographs were produced from histology glass slides in the UNILAB collection and supplemented with images from the Histology Guide [35] and other websites such as Microscopy On-Line (Universidade de São Paulo – USP) [36]. Summative assessments were performed online, with questions inserted in Google Forms and SIGAA. The integrity of all online examinations was maintained by a mandatory open-camera policy.

Design and Application of Student Survey

A total of 126 undergraduate students (35 biology, 46 nursing and 45 pharmacy students) enrolled in the courses of Histology and Human Embryology of semester 2020.2 were invited to participate in an online survey. After explaining the research project during a virtual classroom session, a link to an online Google Forms (Google Inc., Mountain View, CA, USA) was made available. This included the informed consent form and survey questions about students' socioeconomic background, histology study habits, and learning resources that were used for the course. The survey questions were based on and modified from previously published studies [37,38] and were co-developed and tested by the study's student collaborators. Questions about the survey form were received via a Whatsapp group and answered by the instructors of the course. Data were collected during the COVID-19 pandemic from March to July of 2021. Overall student performance scores were compiled from teachers' course notes.

Statistical Analysis

The data were tabulated in Excel for Windows spreadsheets (Version 2013; Microsoft, Redmond, WA, USA) and analysed with the Epi Info program (Version 7.2.1.0; Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA, USA) and GraphPad Prism 7.0 program. To

analyse correlations between different categories, the Chi-squared test and Fisher's exact test were applied. For quantitative variables, the Kolmogorov-Smirnov test was utilized to verify data normality. The Mann-Whitney test for non-parametric unpaired data was used to compare students' socioeconomic status and the use of learning strategies and e-learning resources. The Wilcoxon test for non-parametric paired data was used to compare the two datasets of number of hours per week studying histology with or without using the internet displayed in Figure 1. A significance level of $p < 0.05$ was adopted.

Results

Socioeconomic Profile of Histology Learners at UNILAB

72 UNILAB students (31 biology, 20 nursing, and 21 pharmacy students) enrolled in a histology course in the 2020.2 semester out of 126 invited students completed the survey form (participation rate of 57.1%). Two thirds of participating students were Brazilian nationals with the rest comprising international students (Table 1). A similar split applied to female versus male students and almost 80% of respondents were single and not in a domestic relationship (Table 1). Over 40% of survey participants were biology students with the rest almost equally divided between nursing and pharmacy students. Asked about the educational level of their parents, more than 51%/66% of study participants stated that their father/mother were either illiterate or completed no more than a primary school education and almost 74% of students answering that their family income at the time of the survey was at or below the Brazilian minimum wage level (Table 1).

Histology Study Strategies and Use of E-Learning Resources

A set of survey questions asked students about their study strategies and resources used when learning histology during the COVID-19 pandemic. Slightly more than half the survey respondents preferred to study in groups rather than alone, something that was probably difficult to accomplish during the pandemic (Table 1). Most students also reported that they divided the learning load after each didactic segment up into more than one study sessions (Table 1). When asked how much time they spend each week learning histology either online or without the internet, survey participants answered that they spent significantly more time learning the subject using the internet than without internet help (Figure 1). This difference in internet use for histology learning was statistically highly significant (Wilcoxon test; $p\text{-value}=0.00003$).

When asked about software and hardware resources used in the course, e-learning resources were highly popular. Especially YouTube videos were used by more than 90% of UNILAB histology learners, with other e-learning resources, such as e-books, virtual atlases, and histology websites being slightly less popular but still outpacing traditional learning resources like printed books. Some e-learning tools, like mobile applications, social media, and podcasts,

were only used by a minority of UNILAB histology students (Table 2). The most popular hardware device used to access histology e-learning resources were smartphones followed by laptop computers and computer tablets (Table 2).

Correlations between Students' Socioeconomic Status and the Use of Learning Strategies and E-Learning Resources

With the internet being a central learning modality during the COVID-19 pandemic, we tested for correlations between socioeconomic factors and the use of the internet by UNILAB students learning histology. The only statistically significant correlations found were increases of study hours without the internet for students, whose parents' education had not progressed beyond primary school level (Table 3). No significant correlations were found between the use of specific hardware devices and internet access (Table 3). However, statistically significant correlations were observed between study habits for students, who studied more than one hour per week regardless of whether using or not using the internet (Table 4). These students were more likely to immediately cover more than half of the material presented in each online session (Table 4).

Histology Learning Outcomes of UNILAB Students Before and During the COVID-19 Pandemic

A comparison of the medians of students, who took histology courses before and during the COVID-19 pandemic, shows statistically significant better medians for the learning outcome during the pandemic, when distance-learning was enforced, for biology, nursing, as well as pharmacy students (Table 5).

Discussion

The project described in this paper investigated the impact of the socioeconomic background of Brazilian and African students, who were enrolled in a histology course at UNILAB, on their study habits, technology access, and learning outcome during the COVID-19 pandemic. The results of this investigation allow for a more informed choice of teaching strategies and didactical resources for histology under distance-learning conditions. When analysing the socioeconomic profile of the study participants, it was similar to one published by the V National Socioeconomic Profile and Cultural Research of the students of Federal Institutions of Higher Education (V Pesquisa Nacional de Perfil Socioeconômico e Cultural dos Graduandos das Instituições Federais de Ensino Superior – 2018) [41]. The greater participation of Brazilian students reflects the larger number of these students at UNILAB [42]. The average age of 22.7 (\pm 4.7) years of study participants is slightly lower than the average of students at UNILAB (25.17 years) [42], which is not surprising as histology is a subject that is usually taught early in most UNILAB curricula. Also, the greater participation of female students agrees

with the higher number of women enrolled in Brazilian university degree programs [43]. This is particularly true for UNILAB [42]. The majority of participating students being single (Table 1) also reflects that Brazilian university students tend to marry later and rather prioritise their education and future professional career over early marriage and raising a family [44]. A majority of students, who participated in the survey, reported a family income of below or equal to minimum wage level (Table 1). Farias et al. [45] reported similar numbers and attributed that finding to the implementation of Law N° 12.711/2012 in Brazil that mandated at least 12.5% of places at Brazilian institutions of higher learning to be reserved for students of color or coming from low-income families. At UNILAB, the high number of students from African countries with a high level of economic inequalities [46] may have also influenced the numbers reported in Table 1. In summary, the socioeconomic profile of UNILAB students that participated in the survey (Table 1) is generally representative of the student body at UNILAB and at some other Brazilian universities.

Students from lower socioeconomic strata of society are often the first in their family to attend high school and university and are usually missing role models to forge a successful academic career [47,48]. Relatively few students in Brazil and specifically at UNILAB have fathers with a complete high school education or mothers with a complete primary school education [49]. This is also true for African students at UNILAB, who come from countries in Africa, specifically Angola and Mozambique, where the access to academic education is still very limited [50]. The data in Table 1 also indicate a significant gender inequality for the educational level of students' fathers versus mothers. This may be the result of traditional expectations in Brazil that women should dedicate their time to housework chores and family care [51].

One important result of our analysis is that the parental socioeconomic level is inversely correlated with students' usage of the internet and e-learning resources (Table 3). Similar findings have been reported by other authors for students in other developing countries [52,53]. Specifically, we found that lower parental education levels were correlated with lower use of the internet and how the weekly course material was processed by learners (Tables 3 and 4). Negative, as well as potentially positive interactions between students' economic status and the use and success of e-learning approaches have been reported in several previous publications [54-56]. It appears that these relationships are complex and variable. Additional investigations are necessary to analyse them in more detail.

As the survey asked UNILAB students about their participation in a histology course during the COVID-19 pandemic, it might not be surprising that most respondents reported spending significantly more time using the internet than on non-internet learning activities (Figure 1). However, regardless of changes caused by COVID, histology education has been

using more and more e-learning approaches for several past decades. A central aspect is the increasing use of virtual instead of traditional light microscopy for histology laboratory instruction [12,57]. E-learning tools and the internet offer students a plethora of learning resources and strategies for histology, while also being interconnective, interactive, and highly flexible concerning the time and location of their studies. These attributes are highly appealing to today's generation of students and might explain the popularity of these resources with histology learners [57,58].

Based on our results, it is interesting to compare learning approaches by UNILAB students with their peers in developed countries. One such difference is the preference of histology learners at UNILAB to study in groups rather than alone (Table 1). This preference for group learning is surprising when considering the challenges of engaging in communal learning during the pandemic. However, this result may also be influenced by the complexity of the histology material [29], the sudden use of remote instruction [59], the feeling of social isolation during the COVID-19 pandemic [11], and the challenges of learning at home with additional distractions [60]. In contrast, students studying histology in developed countries often prefer a solitary mode of learning [6,61,62].

Another difference between learners in developing versus developed countries is the type of hardware being used for online studies. Although laptop and tablet computers were named as popular learning tools in our survey, 75% of UNILAB histology learners reported using their smartphone to access the internet for histology learning (Table 2). This mirrors reports from other developing countries about the popularity of smartphones as major electronic learning devices [63-66]. For histology learners in the US and other developed countries, smartphones are rarely used as learning tools [67,68]. This might be a consequence that personal computers and computer tablets are more affordable to students in these countries. Access to the internet, rather than the availability of personal computing devices is often identified as the main hindrance for online learners in developing countries, and several studies indicate that internet access is often correlates with socioeconomic status [31,32,58].

An aspect that is shared by biomedical learners from developing and developed countries is the use of YouTube videos, an observation that has also been reported for several biomedical subjects and educational environments [67,69-72]. The general popularity and ease of use may be major reasons for YouTube becoming a major educational resource for students learning histology and other biomedical subjects. However, as YouTube videos are often not created, nor reviewed by experts, the quality and reliability of their content remains questionable [69,73,74].

Table 2 indicates that UNILAB histology learners are abandoning the use of printed textbooks in favor of e-books. Just a few years earlier, printed books still represented the leading educational resource for histology learners in Brazil and in other developing countries [29,75].

The pandemic may have accelerated this shift from traditional printed textbooks to digital resources as university libraries were closed and thereby making printed material less accessible [76]. However, it reflects and follows a trend of e-learning resources replacing traditional textbooks that has been reported for many years in developed countries [28,61,77,78].

Surprisingly, despite the challenges forced upon UNILAB students by the COVID-19 pandemic, an analysis of median histology grades yielded a significantly higher average academic performance when compared to pre-pandemic conditions (Table 5). Several other authors, mostly from affluent countries, also reported improved student performance in their anatomy and histology courses that were offered online during the pandemic [19,20,24]. Some of these authors attributed the increased academic performance of their students to the incorporation of active learning and self-study components. These teaching strategies had previously been demonstrated of having the potential of improving the quality of histology instruction [18,79,80]. Several publications from developing countries, including Brazil, also report on the successful adaptation of online platforms for histology teaching during the COVID-19 pandemic [18,81,82].

However, not all publications addressing histology teaching during the pandemic years share a positive conclusion [17,83]. Although these two publications from Saudi Arabia and Malaysia, respectively, reported disapproving opinions by learners about online histology instruction during the COVID-19 pandemic, only Hanafy et al. [83] analysed learning outcomes and found significantly better scores for the conventional in-person teaching method versus the online modus. These opposing reports may indicate that other factors like the subject matter, teaching technologies and strategies likely play important roles for the success of remote learning strategies and may have different effects on students from developing countries and/or from a socioeconomic-challenged background.

Although the COVID-19 pandemic posed significant challenges for educational systems globally, our findings indicate that that the forced use of electronic educational resources and approaches during the pandemic also has the potential to benefit socioeconomic-disadvantaged students. However, we postulate that e-learning methods needs to be carefully introduced and sufficient support for students, especially those who are economically disadvantaged, needs to be provided.

Limitations of the Study

This study only analyzed a limited number of students at a single university in Brazil. Also, the ending of the COVID-19 pandemic made a multi-year analysis impossible. For the data in Table 5, we made every effort to conduct comparable cumulative assessments for in-person and online conditions. However, due to differences how these examinations were conducted, other unidentified factors may have also influenced the learning outcome results. Even though many

UNILAB students come from socioeconomic-disadvantaged families, students in other countries and at other educational institutions may encounter different and additional challenges when accessing and using e-learning approaches. We recommend that educators at other universities evaluate the socioeconomic profile of their students, their study habits, and their access to and use of e-learning resources. Due to university guidelines resulting in constraints of our IRB-approved research protocol, we were unable to link survey answers to individual learning outcomes, thereby limiting the scope of our project. Nevertheless, we hope that our results will be a guide and encouragement for implementing e-learning strategies for histology education at institutions with a large number of students from socioeconomic-challenged segments of society.

Conclusions

The increased use of e-learning approaches and computers for the learning of histology by biomedical students raises concerns that socioeconomic-disadvantaged students may face challenges when accessing such technologies. The recent COVID-19 pandemic with a complete shift to online instruction allowed for a test of this hypothesis at a public university in Brazil with a high number of such students. Our results indicate that relatively few socioeconomic factors correlate with different study habits and the use of e-learning devices or approaches. Only students with parents, who completed a lower level of education, spent less hours studying histology using the internet and more without internet support. In addition, students spending fewer hours of study per topic more often divided the session material into several smaller study sessions. Despite the challenges posed by the pandemic and the switch to an online only instruction mode, UNILAB students adapted well to e-learning strategies and performed better than students learning the same material during pre-pandemic times in a traditional learning environment.

Acknowledgements

We extend our profound thanks to Arthur Castro de Lima and Beatriz Oliveira Loes for their invaluable contributions to the development of our questionnaire. Our gratitude also goes to Professor Dr. Jairo Domingos de Moraes, whose expertise in statistical analysis was instrumental to our study.

Declarations

Ethics Approval This project was authorized by the Ethical Committee in Research of the Federal University of Ceará (Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará - UFC), according to CAAE 40716820.3.1001.5054 and Statement nº 4.566.045. The guidelines of Resolution 466/2012 of the National Health Council (Conselho Nacional de Saúde) were followed.

Conflict of Interest The authors declare no competing interests.

References

1. Mazzarini M, Falchi M, Bani D, Migliaccio AR. “Evolution and new frontiers of histology in bio-medical research”. *Microsc Res Tech.* 2021;84(2):217–237. <https://doi.org/10.1002/jemt.23579>
2. Chapman JA, Lee LMJ, Swailes NT. “From Scope to Screen: The Evolution of Histology Education”, em *Biomedical Visualisation*, vol. 1320, P. M. Rea, Org., em *Advances in Experimental Medicine and Biology*, vol. 1320., Cham: Springer International Publishing, 2020, p. 75–107. doi: 10.1007/978-3-030-47483-6_5.
3. Hortsch M. Histology as a paradigm for a science-based learning experience: Visits by histology education spirits of past, present, and future. *Anat Sci Educ.* 2023;16(3):372–383. <https://doi.org/10.1002/ase.2235>
4. Hortsch M, Mangrulkar RS. When students struggle with gross anatomy and histology: A strategy for monitoring, reviewing, and promoting student academic success in an integrated preclinical medical curriculum. *Anat Sci Educ.* 2015;8(5):478–483. <https://doi.org/10.1002/ase.1519>
5. Campos-Sánchez A, López-Núñez JA, Carriel V, Martín-Piedra MÁ, Sola T, Alaminos M. Motivational component profiles in university students learning histology: a comparative study between genders and different health science curricula. *BMC Med Educ.* 2014;14(1):46. <https://doi.org/10.1186/1472-6920-14-46>
6. Johnson S, Purkiss J, Holaday L, Selvig D, Hortsch M. Learning histology – dental and medical students’ study strategies. *Eur. J. Dent. Educ.* 2015;19(2):65–73. <https://doi.org/10.1111/eje.12104>
7. Selvig D, Holaday LW, Purkiss J, Hortsch M. Correlating students’ educational background, study habits, and resource usage with learning success in medical histology. *Anat. Sci. Educ.* 2015;8(1):1–11. <https://doi.org/10.1002/ase.1449>
8. de Oliveira KL, Trassi AP, dos Santos AAA. Learning Styles and Study Conditions of Psychology Students. *Psicol. Ensino Form.* 2016;7(1):31–39. <http://dx.doi.org/10.21826/2179-58002016713139>
9. Alzahrani SS, Soo Park Y, Tekian A. Study habits and academic achievement among medical students: A comparison between male and female subjects. *Med. Teach.* 2018;40(1):S1–S9. <https://doi.org/10.1080/0142159X.2018.1464650>
10. da Fonsêca PN, de Sousa DMF, Gouveia RS, de Souza Filho JF, Gouveia VV. Escala de Hábitos de Estudo: evidências de validade de construto. *Aval. Psicológica Interam. J. Psychol. Assess.* 2013;12(1):71–79.
11. Peker Ünal D. Factors Affecting Study Habits in Higher Education During the COVID-19 Pandemic. *Anatol. J. Educ.* 2021;6(2):109–124. <https://doi.org/10.29333/aje.2021.629a>
12. Hortsch M, Girão-Carmona VCC, de Melo Leite ACR, Nikas IP, Koney NKK, Yohannan DG, Chapman, J. Teaching Cellular Architecture: The Global Status of Histology Education. In: *Biomedical Visualisation: Volume 17–Advancements in Technologies and Methodologies for Anatomical and Medical Education*. Cham: Springer International Publishing, 2023:177–212. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36727-4_9
13. Yohannan DG, Oommen AM, Umesan KG, Raveendran VL, Sreedhar LSL, Anish TSN, Krishnapillai R. Overcoming Barriers in a Traditional Medical Education System by the

- Stepwise, Evidence-Based Introduction of a Modern Learning Technology. *Med. Sci. Educ.* 2019;29(3):803–817. <https://doi.org/10.1007/s40670-019-00759-5>
14. Alves MTG. Dimensões do efeito das escolas: explorando as interações entre famílias e estabelecimentos de ensino. *Estud. Em Aval. Educ.* 2010;21(46,):271–296.
 15. Mirzazad S, Vosoughhosseini S, Khodadoust K, Emamverdizadeh P. Factors affecting learning in theoretical and practical oral pathology courses among dental students at Tabriz University of Medical Sciences. *Int. J. Sci. Res. Innov. Technol.* 2017;4(7):33–41.
 16. da Silva Q. P., de Abreu Lacerda MG, de Oliveira AA, Renôr RRC, de Moraes Bezerra RR, de Lima JFS, de Brito Monteiro BV. Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) no auxílio do ensino-aprendizagem da Histologia–Revisão de literatura. *Res. Soc. Dev.* 2020;9(7):e995975259–e995975259. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.5259>.
 17. Yen SGS, Jalani SAM, Rushlan MAA, Hadie SNH, Minhat HS, Abas R. Anatomy Education Environment among Pre-Clinical Medical Students in Universiti Putra Malaysia Using Anatomy Education Environment Measurement Inventory. *Educ. Med. J.* 2021;13(3). <https://doi.org/10.21315/eimj2021.13.3.3>.
 18. Somera Dos Santos F, Osako MK, Perdoná GDSC, Alves MG, Sales KU. Virtual Microscopy as a Learning Tool in Brazilian Medical Education. *Anat. Sci. Educ.* 2021;14(4):408–416. <https://doi.org/10.1002/ase.2072>
 19. Saverino D, Marcenaro E, Zarcone D. Teaching histology and anatomy online during the COVID -19 pandemic. *Clin. Anat.* 2022;35(1):129–134. <https://doi.org/10.1002/ca.23806>
 20. Darici D, Reissner C, Brockhaus J, Missler M. Implementation of a fully digital histology course in the anatomical teaching curriculum during COVID-19 pandemic. *Ann. Anat.-Anat. Anz.* 2021;236:151718. <https://doi.org/10.1016/j.aanat.2021.151718>.
 21. Amer MG, Nemenqani DM. Successful use of virtual microscopy in the assessment of practical histology during pandemic COVID-19: A descriptive study. *J. Microsc. Ultrastruct.* 2020;8(4):156. https://doi.org/10.4103%2FJMAU.JMAU_67_20.
 22. Yakin M, Linden K. Adaptive e-learning platforms can improve student performance and engagement in dental education. *J. Dent. Educ.* 2021;85(7):1309–1315. [10.1002/jdd.12609](https://doi.org/10.1002/jdd.12609).
 23. Aristeidou M, Cross S. Disrupted distance learning: the impact of Covid-19 on study habits of distance learning university students. *Open Learn. J. Open Distance E-Learn.* 2021;36(3):263–282. [10.1080/02680513.2021.1973400](https://doi.org/10.1080/02680513.2021.1973400).
 24. Caruso MC. Virtual microscopy and other technologies for teaching histology during Covid-19. *Anat. Sci. Educ.* 2021;14(1):19. <https://doi.org/10.1002%2Fase.2038>.
 25. Joaquim DC, Hortsch M, Silva ASRD, David PB, Leite ACRM, Girão-Carmona VCC. Digital information and communication technologies on histology learning: What to expect?—An integrative review. *Anat. Histol. Embryol.* 2022;51(2):180–188. <https://doi.org/10.1111/ahe.12776>.
 26. Van Nuland SE, Hall E, Langley NR. STEM crisis teaching: curriculum design with e-learning tools. *Faseb Bioadvances.* 2020;2(11):631. <https://doi.org/10.1096%2Ffba.2020-00049>.
 27. Ali SAA, Syed S. Teaching and Learning Strategies of Oral Histology Among Dental Students. *Int. J. Morphol.* 2020;38(3):634–639.
 28. L. Bringman-Rodenbarger e M. Hortsch, “How students choose E-learning resources: The importance of ease, familiarity, and convenience”, *Faseb Bioadvances*, vol. 2, nº 5, p. 286, 2020, doi: <https://doi.org/10.1096%2Ffba.2019-00094>.

29. Silva DBL, Liqui LL, Pacheco PM, Guimarães MCC, da Silva Pacheco M. Novas Tecnologias Educacionais: a Elaboração e Avaliação de um Livro Digital de Histologia. *Informática Na Educ. Teor. Prática*. 2020;23(1):81–94.
30. Hortsch M. The Michigan Histology website as an example of a free anatomical resource serving learners and educators worldwide. *Anat. Sci. Educ.* 2023;16(3):363–371. <https://doi.org/10.1002/ase.2239>
31. Billon M, Crespo J, Lera-Lopez F. Do educational inequalities affect Internet use? An analysis for developed and developing countries. *Telemat. Inform.* 2021;58:101521. <https://doi.org/10.1016/j.tele.2020.101521>.
32. Cuisia-Villanueva MC, Núñez JL. A study on the impact of socioeconomic status on emergency electronic learning during the coronavirus lockdown. *FDLA J.* 2021;6(1):6.
33. Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira. <https://unilab.edu.br/sobre-a-unilab/>. Last accessed 22/12/2023.
34. Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira. <https://unilab.edu.br/unilab-em-numeros/>. Last accessed 22/12/2023.
35. Atlas of Human Histology: A Guide to Microscopic Structure of Cells, Tissues and Organs. <https://histologyguide.com/about-us/atlas-of-human-histology.html>. Last accessed 22/12/2023.
36. Histologia Interativa Online. <https://mol.icb.usp.br/>. Last accessed 22/12/2023
37. Peixoto HM, Peixoto MM, Alves ED. Estratégias de aprendizagem utilizadas por graduandos e pós-graduandos em disciplinas semipresenciais da área de saúde. *Rev. Lat. Am. Enfermagem*. 2012;20:551–558. <https://doi.org/10.1590/S0104-11692012000300017>.
38. Silva JR, Medeiros FB, Moura FMS, Bessa WS, Bezerra ELM. Uso das tecnologias de informação e comunicação no curso de medicina da UFRN. *Rev. Bras. Educ. Médica*. 2015;39:537–541. <https://doi.org/10.1590/1981-52712015v39n4e02562014>.
39. Nesbit JC, Adesope OO. Learning with concept and knowledge maps: A meta-analysis. *Review of educational research*. 2006;76(3):413–448. <https://doi.org/10.3102/00346543076003413>
40. Khathayut P, Karavi P. Summarizing Techniques: The Effective Indicators of Reading Comprehension? The 3rd International Conference on Humanities and Social Sciences. 2014:1-12. 2006;76(3):413–448.
41. Associação Nacional de Dirigentes das Instituições Federais de Ensino Superior (ANDIFES). V Pesquisa Nacional de Perfil Socioeconômico e Cultural dos (as) Graduandos (as) das IFES – 2018 – Andifes. ANDIFES, 2019.
42. Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira. <https://unilab.edu.br/unilab-em-numeros/>. Last accessed 22/12/2023
43. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Censo da educação superior 2018. INEP, 2019.
44. Spíndola T, Martins ERDC, Francisco MTR. Enfermagem como opção: perfil de graduandos de duas instituições de ensino. *Rev. Bras. Enferm.* 2008;61(2):164–169. 10.1590/S0034-71672008000200004.
45. Farias AGS, Joaquim DC, Benedito FCS, Brito EHS, Costa EC, Leite ACRM. Perfil sociodemográfico e econômico e comportamento sexual de brasileiros e estrangeiros recém-ingressos em uma universidade pública. *Rev. Pesqui. Univ. Fed. Estado Rio J Online*. 2020;12:779–785. 10.9789/2175-5361.rpcfo.v12.749.

46. Bigsten A. Determinants of the evolution of inequality in Africa. *J. Afr. Econ.* 2018;27(1):127–148. <https://doi.org/10.1093/jae/ejw028>.
47. Moschetti RV, Hudley C. Social Capital and Academic Motivation Among First-Generation Community College Students. *Community Coll. J. Res. Pract.* 2015;39(3):235–251. <https://doi.org/10.1080/10668926.2013.819304>
48. Kearney MS, Levine PB. Role Models, Mentors, and Media Influences. *Future Child.* 2020;30(1):83–106.
49. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Síntese de indicadores sociais: uma análise das condições de vida da população brasileira: 2019. IBGE, 2019.
50. Adamu AY. Harmonisation of higher education in Africa: 20 years after the Bologna Process. *Tuning J. High. Educ.* 2021;9(1):103–126. [https://doi.org/10.18543/tjhe-9\(1\)-2021pp103-126](https://doi.org/10.18543/tjhe-9(1)-2021pp103-126).
51. Nascimento CRR, Biasutti CM, Araújo ICC, Trindade ZA. Os papéis da mulher e do homem nas famílias pela óptica masculina: um estudo de duas gerações. *Rev. Pesqui. E Práticas Psicossociais.* 2021;16(4):1–18. <http://orcid.org/0000-0003-4636-0848>.
52. Amanor-Mfoafo NK, Akrofi O, Edonu KK, Dowuona EN, Investigating the e-learning readiness of Ghanaian parents during COVID-19. *Eur. J. Educ. Stud.* 2020;7(10). <http://dx.doi.org/10.46827/ejes.v7i10.3275>.
53. Olugbeko SO, Asagha EN, Akinmusire PA. Parents' Socio-Economic Background as a Predictor of Students' Performance in E-Learning Education. In: 2014 International Conference on Global Economy, Finance and Humanities Research (*GEFHR 2014*), Atlantis Press, 2014:48–51. <https://doi.org/10.2991/gefhr-14.2014.13>.
54. SILVA RC. Materiais didáticos e recursos tecnológicos no ensino de línguas durante a pandemia. *Caminhos Em Linguística Apl.* 2021;25(2):43–65.
55. Rodríguez MLG, Lopez-Agudo LA, Prieto-Latorre C, Marcenaro-Gutierrez OD. Internet use and academic performance: An interval approach. *Educ. Inf. Technol.* 2022;27(8):11831–11873. [10.1007/s10639-022-11095-4](https://doi.org/10.1007/s10639-022-11095-4).
56. Demsash AW, Emanu MD, Walle AD. Digital technology utilization and its associated factors among health science students at Mettu University, Southwest Ethiopia: A cross-sectional study. *Inform. Med. Unlocked.* 2023;38:101218. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2023.101218>.
57. Wilson AB, Taylor MA, Klein BA, Sugrue MK, Whipple EC, Brokaw JJ. Meta-analysis and review of learner performance and preference: virtual versus optical microscopy. *Med. Educ.* 2016;50(4):428–440. <https://doi.org/10.1111/medu.12944>
58. Akpan IJ, Akpan AA. The impact of internet use on students' learning outcomes in higher education in developing countries. *Int. J. Educ. Res.* 2017;12(1):45–55.
59. Júnior CAH, Finardi KR. Telecolaboração e internacionalização do ensino superior: reflexões a partir da pandemia covid-19. *Intercâmbio.* 2023;45.
60. Onyema EM, Eucheria NC, Obafemi FA, Sen S, Atonye FG, Sharma A, Alsayed AO. Impact of Coronavirus pandemic on education. *J. Educ. Pract.* 2020;11(13):108–121.
61. Holaday L, Selvig D, Purkiss J, Hortsch M. Preference of Interactive Electronic Versus Traditional Learning Resources by University of Michigan Medical Students during the First Year Histology Component. *Med. Sci. Educ.* 2013;23(4):607–619. <https://doi.org/10.1007/BF03341688>

62. Prober CG, Norden JG. Learning alone or learning together: is it time to reevaluate teacher and learner responsibilities? *Acad. Med.* 2021;96(2):170–172. 10.1097/ACM.0000000000003741.
63. Chimmalgi M, Hortsch M. Teaching Histology Using Self-Directed Learning Modules (SDLMs) in a Blended Approach. *Med. Sci. Educ.* 2022;32(6):1455–1464. <https://doi.org/10.1007/s40670-022-01669-9>
64. Gavali MY, Khismatrao DS, Gavali YV, Patil KB. Smartphone, the new learning aid amongst medical students. *J. Clin. Diagn. Res.* 2017;11(5):JC05–JC08. 10.7860/JCDR/2017/20948.9826.
65. Latif MZ, Hussain I, Saeed R, Qureshi MA, Maqsood U. Use of smart phones and social media in medical education: trends, advantages, challenges and barriers. *Acta Inform. Medica.* 2019;27(2):133. <https://doi.org/10.5455%2Faim.2019.27.133-138>
66. Silva MPL, Matos BDS, Ezequiel OS, Lucchetti ALG, Lucchetti G. The Use of Smartphones in Different Phases of Medical School and its Relationship to Internet Addiction and Learning Approaches. *J. Med. Syst.* 2018;42(6):106. 10.1007/s10916-018-0958-x.
67. Finn GM, Dueñas AN, Kehoe A, Brown ME. A novice's guide to qualitative health professions education research. *Clin. Exp. Dermatol.* 2022;47(12):2090–2095. <https://doi.org/10.1111/ced.15381>.
68. Chase TJ, Julius A, Chandan JS, Powell E, Hall CS, Phillips BL, Fernando B. Mobile learning in medicine: an evaluation of attitudes and behaviours of medical students. *BMC Med. Educ.* 2018;18(1):152. 10.1186/s12909-018-1264-5.
69. Curran V, Simmons K, Matthews L, Fleet L, Gustafson DL, Fairbridge NA, Xu X. YouTube as an Educational Resource in Medical Education: a Scoping Review. *Med. Sci. Educ.* 2020;30(4):1775–1782. 10.1007/s40670-020-01016-w.
70. Marques C, Faísca P, Soares M. Aprender histologia: preferência dos alunos de Medicina Veterinária na Era Digital. *Rev. Lusófona Ciênc. E Med. Veterinária.* 2021;11:4–10.
71. Azer SA, Guerrero APS, Walsh A. Enhancing learning approaches: Practical tips for students and teachers. *Med. Teach.* 2013;35(6):433–443. 10.3109/0142159X.2013.775413.
72. Jaffar AA. YouTube: An emerging tool in anatomy education. *Anat. Sci. Educ.* 2012;5(3):158–164. <https://doi.org/10.1002/ase.1268>.
73. Van den Eynde J, Crauwels A, Demaerel PG, Van Eycken L, Bullens D, Schrijvers R, Toelen J. YouTube videos as a source of information about immunology for medical students: cross-sectional study. *JMIR Med. Educ.* 2019;5(1):e12605. <https://doi.org/10.2196/12605>.
74. Dascalu CG, Antohe ME, Zegan G, Burlea SL, Carausu EM, Ciubara A, Purcarea VL. Blended Learning-The Efficiency of Video Resources and YouTube in the Modern Dental Education. *Rev. Cercet. Si Interv. Sociala.* 2021;72:288–310.
75. Valdez VR, Araujo CM. Análise de portal educacional e de recursos didáticos diversificados utilizados por estudantes de Histologia. *Rev. Bras. Informática Na Educ.* 2014;22(1). 10.5753/RBIE.2014.22.01.18.
76. Sahu P. Closure of universities due to coronavirus disease 2019 (COVID-19): impact on education and mental health of students and academic staff. *Cureus.* 2020;12(4):e7541. 10.7759/cureus.7541.
77. Ferning LR, McDougal JF, Ohlman H. Will textbooks be replaced by new information technologies. *Textb. Dev. World Econ. Educ. Choices.* 1989:197–205.

78. Baglione SL, Sullivan K. Technology and Textbooks: The Future. *Am. J. Distance Educ.* 2016;30(3):145–155. 10.1080/08923647.2016.1186466.
79. Bloodgood RA. Active learning: A small group histology laboratory exercise in a whole class setting utilizing virtual slides and peer education. *Anat. Sci. Educ.* 2012;5(6):367–373. <https://doi.org/10.1002/ase.1294>
80. Tian Y, Xiao W, Li C, Liu Y, Qin M, Wu Y, Li H. Virtual microscopy system at Chinese medical university: an assisted teaching platform for promoting active learning and problem-solving skills. *BMC Med. Educ.* 2014;14(1):74. <https://doi.org/10.1186/1472-6920-14-74>
81. Al-Alami ZM, Adwan SW, Alsous M. Remote learning during Covid-19 lockdown: A study on anatomy and histology education for pharmacy students in Jordan. *Anat. Sci. Educ.* 2022;15(2):249–260. <https://doi.org/10.1002/ase.2165>
82. Cheng X, Chan LK, Cai H, Zhou D, Yang X. Adaptions and perceptions on histology and embryology teaching practice in China during the Covid-19 pandemic. *Transl. Res. Anat.* 2021;24:100115. <https://doi.org/10.1016/j.tria.2021.100115>.
83. Hanafy SM, Jumaa MI, Arafa MA. A comparative study of online learning in response to the coronavirus disease 2019 pandemic versus conventional learning. *Saudi Med. J.* 2021;42(3):324–331. 10.15537/smj.2021.42.3.20200741.

5.2 ARTIGO 2

VALIDAÇÃO DE UM ATLAS VIRTUAL PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DE HISTOLOGIA: ESTUDO METODOLÓGICO

VALIDATION OF A VIRTUAL ATLAS FOR THE TEACHING AND LEARNING OF HISTOLOGY: A METHODOLOGICAL STUDY

Davide Carlos Joaquim; Ismael Pordeus Bezerra Furtado; Márcia Rodrigues Payeras; Ana Paula Franco Lambert; Ana Caroline Rocha de Melo Leite; Virgínia Cláudia Carneiro Girão- Carmona

RESUMO

Introdução: A utilização de tecnologias inovadoras pode promover uma atualização metodológica do ensino de histologia em cursos de graduação da área de saúde, como Medicina, Odontologia, Farmácia, Enfermagem e Veterinária. Para adoção desses recursos, é imprescindível avaliar a confiabilidade do seu conteúdo e a viabilidade técnica.

Objetivo: Este estudo teve como objetivo validar o conteúdo e a técnica de um atlas de microscopia virtual para ensino de histologia nos cursos de graduação em Medicina, Odontologia, Farmácia, Fisioterapia e Enfermagem.

Método: Trata-se de um estudo metodológico, realizado no período de junho de 2021 a abril de 2022, com especialistas nas áreas de ciências morfofuncionais e tecnologia da informação. Foram utilizados critérios adaptados de Fehring para a seleção dos especialistas e um questionário detalhado no processo de validação proposto. A análise incluiu estatística descritiva, Índice de Validade de Conteúdo e teste binomial para determinar a concordância entre os especialistas.

Resultado: Vinte e dois especialistas, dos quais 11 eram da área de ciências morfofuncionais e 11 da área de tecnologia da informação, contribuíram para este estudo. Os resultados demonstraram Índices de Validade de Conteúdo de 0,85 e de Técnica de 0,91, indicando uma forte validação da tecnologia digital estudada. O teste binomial confirmou a alta concordância entre os especialistas, com valores superiores a 0,80 em diversos aspectos, como conteúdo, atratividade e facilidade de acesso e manuseio.

Conclusão: Este estudo validou efetivamente o conteúdo e a técnica do atlas virtual, confirmando que essa ferramenta digital é confiável e viável. O processo de validação facilita a adoção dessa tecnologia educacional, promovendo uma aprendizagem mais dinâmica e interativa.

Palavras-chave: Histologia; Atlas; Tecnologia Digital; Estudos de Validação.

ABSTRACT

Introduction: The use of innovative technologies can enhance and promote a methodological update in the teaching of Histology in undergraduate courses in the health area, including Medicine, Dentistry, Pharmacy, Nursing and Veterinary Medicine. For the adoption of these resources, it is essential to evaluate the reliability of their content and technical feasibility.

Objective: To validate the content and technique of a virtual microscopy atlas for Histology teaching in undergraduate courses in Medicine, Dentistry, Pharmacy, Physiotherapy and Nursing.

Methods: This was a methodological study conducted from June 2021 to April 2022, involving experts from the areas of Morphofunctional Sciences and Information Technologies. Criteria adapted from Fehring were used for the selection of experts, and a detailed questionnaire was utilized in the proposed validation process. The analysis included descriptive statistics, Content Validity Index, and binomial test to determine agreement among the experts.

Results: Twenty-two experts participated, with eleven from the field of Morphofunctional Sciences and eleven from the field of Information Technology. The study results showed Content Validity Indices of 0.85 and Technique indices of 0.91, indicating strong validation of the digital

technology studied. The binomial test confirmed high agreement among the judges, with values above 0.80 in various aspects such as content, attractiveness, and ease of access and handling. **Conclusion:** This study effectively validated the content and technique of the virtual atlas, confirming that this digital tool is reliable and viable. The validation process facilitates the adoption of this educational technology, promoting more dynamic and interactive learning. **Keywords:** Histology; Atlas; Digital technology; Validation study.

1 Programa de Pós-graduação em Ciências Morfofuncionais. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.

1 Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

2 Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, Ceará, Brasil.

Editora-chefe: Rosiane Viana Zuza Diniz. Editora associada: Izabel Coelho. Recebido em 12/12/23; Aceito em 30/06/25. Avaliado pelo processo de double blind review

INTRODUÇÃO

A histologia – estudo microscópio de células, tecidos e órgãos – é uma disciplina fundamental nos cursos iniciais de saúde e Ciências Biológicas¹. Seu ensino visa proporcionar conhecimentos morfológicos e fisiológicos essenciais sobre os órgãos e sistemas do organismo². Esse conteúdo é fundamental e indispensável para entender outras áreas da ciência, como fisiologia, patologia, bioquímica e farmacologia^{1,3}. Com essas disciplinas, a histologia favorece o desenvolvimento do raciocínio clínico para o diagnóstico e tratamento de doenças^{1,2,4}.

Desde o seu estabelecimento como uma área de pesquisa e disciplina educacional independente da anatomia, a histologia tem sido tradicionalmente ensinada com a utilização de lâminas de vidro com amostras de tecido, visualizadas em microscópios ópticos^{5,6}. A microscopia óptica tradicional (MT) continua sendo a principal metodologia empregada para o ensino e o estudo da histologia nos cursos de Medicina, Odontologia, Farmácia, Fisioterapia e Enfermagem, especialmente em países menos desenvolvidos. Por meio da MT, os estudantes podem observar a composição celular e a matriz extracelular dos tecidos e órgãos, discernir as variações sutis nas características dos tecidos e integrar essas observações às funções dos órgãos e sistemas^{2,7,8}.

A introdução de computadores, internet, equipamento para escaneamento de lâminas (capazes de digitalizar completamente as amostras em lâminas de vidro) e aplicativos de visualização revolucionou o ensino de histologia. Esses avanços permitiram o surgimento de tecnologias digitais que ampliam e diversificam métodos pedagógicos e estilos de aprendizagem⁹. Com esses recursos digitais, as metodologias de ensino e aprendizagem de histologia evoluíram de um método tradicional – uma aula expositiva seguida por atividades

práticas em laboratório e centrada em materiais impressos e MT – para uma abordagem mais flexível e colaborativa. Essa nova perspectiva facilita o acesso ao conteúdo em qualquer tempo e lugar^{3,10}, correspondendo às expectativas da geração atual de estudantes, que valoriza a criação de conteúdo, a interatividade e o compartilhamento de informações por meios eletrônicos^{1,10}. Entre as inovações tecnológicas aplicáveis ao ensino de histologia, destaca-se o atlas virtual. Essa ferramenta computacional, desenvolvida com base em conceitos de computação gráfica, como a captura e o processamento de imagens e realidade virtual, disponibiliza objetos tridimensionais para o estudo de um ou mais elementos¹¹. O uso do atlas virtual permite uma redução significativa no tempo de atividades de laboratório e facilita a apresentação de uma mesma imagem a um grupo maior de estudantes. Além disso, contribui para discussões em grupo, geralmente dificultadas pelo isolamento típico do uso da MT¹²

Contudo, apesar da importância das tecnologias digitais para o ensino e a aprendizagem de histologia, a produção acadêmica nessa área é escassa. Uma revisão integrativa da literatura, realizada em cinco bases de dados, não encontrou nenhum artigo nacional sobre o desenvolvimento e a validação de tecnologias digitais, incluindo o atlas virtual¹³. Esse achado evidencia uma lacuna no conhecimento e justifica a realização deste estudo. Além disso, para que uma tecnologia educacional seja eficaz, ela precisa ser validada como uma ferramenta científica¹⁴. Assim, o objetivo deste estudo foi realizar a validação de conteúdo e técnica de um atlas virtual para o ensino de histologia nos cursos de graduação em Medicina, Odontologia, Farmácia, Fisioterapia e Enfermagem.

MÉTODO

Este estudo metodológico, de caráter quantitativo, foi realizado entre junho de 2021 e abril de 2022. Consistiu na validação de conteúdo e técnica do Atlas de histologia em cores da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), elaborado pelos autores, utilizando uma abordagem sistematizada de avaliação por parte de especialistas. Os avaliadores possuíam expertise nas ciências morfofuncionais e em tecnologia da informação, garantindo uma análise rigorosa e multidisciplinar do material didático em questão.

Essa tecnologia representa uma ferramenta de aprendizado baseada na web, desenvolvida com o propósito específico de facilitar o estudo dos tecidos básicos e da gametogênese. A seleção dos conteúdos foi estrategicamente baseada nos temas mais frequentemente abordados em sala de aula, visando otimizar a relevância e a aplicabilidade do recurso educacional em todos os cursos de graduação da área de saúde.

O Atlas de histologia em cores da PUCRS é um recurso educacional disponível em formato digital (<https://editora.pucrs.br/edipucrs/acessolivre/livros/atlas-de-histologia/>) e de

acesso aberto, permitindo seu uso irrestrito por qualquer usuário. O material pode ser acessado diretamente, via navegador, sem a necessidade de softwares específicos, garantindo compatibilidade com diferentes dispositivos e sistemas operacionais. Sua estrutura é interativa e intuitiva, facilitando a navegação pelos conteúdos. A página inicial apresenta uma lista de tecidos que permite acesso direto aos tópicos abordados, organizados em seções, como “Tecido epitelial”, “Tecidos conjuntivos”, “Tecido muscular”, “Tecido nervoso e “Gametogênese”.

O atlas disponibiliza imagens com estruturas histológicas de origem animal destacadas, textos descritivos breves e ícones interativos, facilitando a construção autônoma do conhecimento conforme a teoria construtivista proposta por Jean Piaget. Nesse contexto teórico, o estudante assume o papel de construtor do próprio conhecimento ao exercer autonomia no processo educacional e interagir com seus pares e com o ambiente virtual, de modo a contribuir para o próprio desenvolvimento intelectual¹⁵. A Figura 1 exemplifica uma micrografia disponibilizada no atlas

O número de especialistas necessário para validação do atlas foi determinado utilizando a fórmula $n = Z\alpha^2 \cdot P \cdot (1-P) / d^2$, na qual $Z\alpha$ corresponde ao nível de confiança escolhido (95%), P é a proporção mínima de indivíduos que concordam com a relevância dos componentes do álbum seriado (85%) e d é a margem de erro aceitável (15%)¹⁶. Com base nesse cálculo ($n = 1,96^2 \cdot 0,85 \cdot 0,15 / 0,15^2$), obteve-se um valor de 21,76 especialistas. Esse número foi arredondado para 22, sendo 11 especialistas designados para a validação do conteúdo e 11 especialistas para a validação técnica.

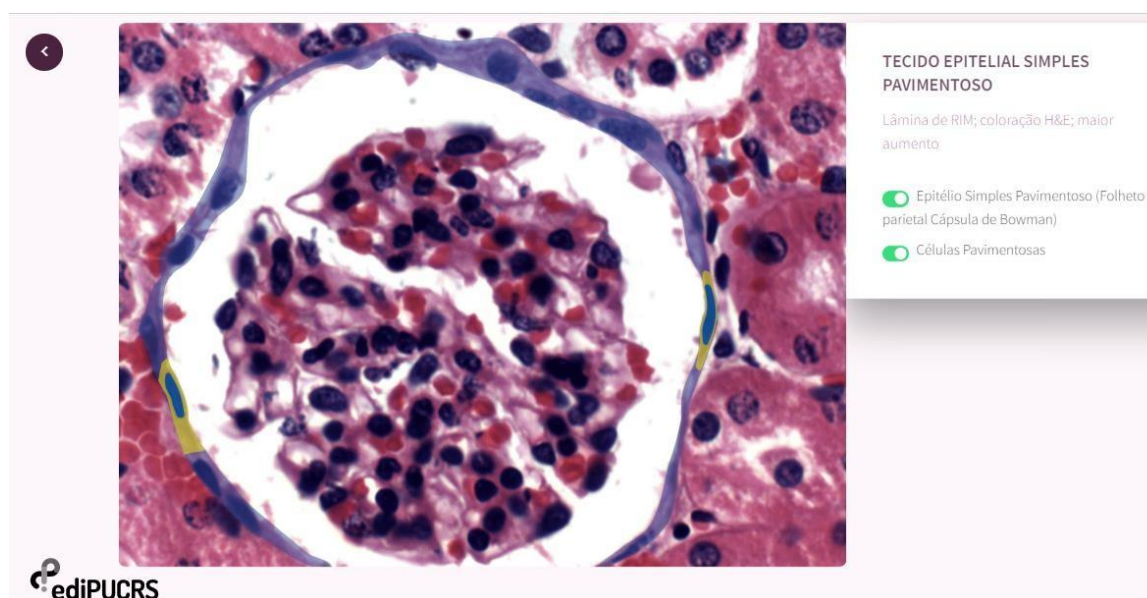
Para a seleção de especialistas, utilizou-se a Plataforma Lattes do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), com os seguintes descritores: “tese”, “dissertação”, “histologia”, “tecnologia da informação” e “atlas virtual”. Para a seleção e a inclusão dos especialistas, adotouse um modelo adaptado de Fehring¹⁷, o qual recomenda seguir estes critérios: título de mestre ou doutor, publicação, experiência de pelo menos um ano ou especialização na área. Os critérios de pontuação exigiam que cada especialista atingisse um mínimo de três pontos, distribuídos da seguinte maneira: quatro pontos para professores doutores nas áreas de ciências morfofuncionais/tecnologia da informação, três pontos para professores mestres nessas áreas, dois pontos para publicações em periódicos indexados relacionados à temática do estudo e para especialização na área temática, e um ponto para graduação nas áreas específicas (saúde e mídia digitais ou tecnologia da informação).

Cada especialista selecionado foi formalmente convidado por meio eletrônico, que incluía uma apresentação da equipe responsável pelo projeto e orientações detalhadas sobre o estudo. Após concordar em participar, o especialista recebeu, também por e-mail, um link para um formulário hospedado no Google Docs contendo o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e

um questionário adaptado do estudo de Pereira et al.¹⁸. A primeira parte do questionário visava caracterizar os especialistas, em termos sociais (sexo e idade) e acadêmicos/profissionais (curso de graduação, tempo de formação, especialização, mestrado, doutorado, ocupação atual, área de atuação e experiência com a temática), enquanto a segunda parte continha afirmativas referentes ao atlas, que foi disponibilizado por meio de um link anexo. É importante mencionar que as instruções necessárias para a avaliação do atlas foram igualmente fornecidas aos participantes.

Especialistas na área de ciências morfofuncionais avaliaram o atlas considerando os seguintes critérios: objetivo da proposta, facilidade de aprendizagem, forma de suporte, conteúdo e atratividade. A avaliação utilizou a escala Likert, com as seguintes pontuações: 1 – “discordo fortemente”, 2 – “discordo”, 3 – “neutro”, 4 – “concordo” e 5 – “concordo fortemente”. Da mesma forma, especialistas em tecnologia da informação examinaram o atlas, aplicando a mesma escala, mas com foco na facilidade de acesso, linguagem, recursos utilizados, interface, facilidade de manuseio e suporte. A todos os especialistas foi concedido um prazo inicial de 30 dias para a devolução do instrumento de avaliação, prorrogável por mais 30 dias em caso de não cumprimento. Especialistas que não responderam dentro de um período de 60 dias ou que enviaram o questionário com informações incompletas foram excluídos do estudo.

Figura 1. Fotomicrografia destacando o tecido epitelial simples pavimentoso. Fortaleza, Ceará, Brasil, 2022.



Fonte: https://editora.pucrs.br/edipucrs/acessolivre/livros/atlas-de-histologia/tecido-epitelial_simples.html#pavimentoso.

Para a organização dos dados coletados, utilizou-se o Microsoft Excel for Windows, versão 13. Realizou-se a análise descritiva das variáveis categóricas, resultando nas frequências absolutas e relativas. As variáveis numéricas foram analisadas por meio de medidas de tendência

central e dispersão. Na validação dos dados, aplicou-se o Índice de Validade de Conteúdo (IVC), que foi calculado de duas maneiras distintas: o Item-Level Content Validity Index (I-CVI)¹⁹, que avalia a proporção de concordância dos especialistas em relação a cada item, e o Scale-Level Content Validity Index (S-CVI), que é a média dos I-CVI calculados para todos os itens.

De acordo com a literatura sobre estudos de validação que envolvem mais de seis especialistas²⁰, um item com valor superior a 0,78 é considerado aprovado. Para avaliar a proporção de concordância entre os especialistas, empregou-se o teste binomial com o software R, versão 4.1.2. Uma proporção de concordância igual ou superior a 0,80 foi considerada estatisticamente significativa, adotando-se um nível de significância de 5%¹⁹.

O presente estudo recebeu aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará (UFC): CAAE nº 40716820.3.1001.5054 e Parecer nº 4.566.045. Todos os procedimentos realizados estiveram em conformidade com os princípios éticos estabelecidos pela Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde.

RESULTADOS

No perfil dos especialistas da área de ciências morfofuncionais envolvidos no estudo, a maioria era composta de mulheres e possuía idade igual ou inferior a 40 anos, com uma média de 38,5 (\pm 6,74) anos. Menos da metade dos participantes possuía formação em Biologia, com um tempo médio de graduação de 14,4 (\pm 7,47) anos. Quanto às titulações, alguns possuíam especialização, e grande parte tinha mestrado ou doutorado. Todos os especialistas atuavam como docentes. Na área de atuação profissional, uma parte desempenhava funções como professores de histologia e embriologia. No que se refere ao tempo de experiência com a temática do atlas, mais da metade possuía mais de dez anos de experiência, com uma média de 12,8 (\pm 7,94) anos (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização dos juízes especialistas da área de Ciências Morfofuncionais.

Variáveis	N	%
Sexo		
Feminino	8	72,72
Masculino	3	27,27
Idade		
≤ 40 anos	7	63,63
> 40 anos	4	36,36
Média / DP	38,5	6,74
Curso de graduação		
Medicina	1	9,09
Odontologia	2	18,18
Biologia	5	45,45

Medicina veterinária	1	9,09
Biomedicina	1	9,09
Nutrição	1	9,09
Tempo de Formação		
≤ 10 anos	3	27,27
> 10 anos	8	72,72
Média / DP	14,4	7,47
Especialização?		
Sim	4	36,36
Não	7	63,63
Mestrado?		
Sim	10	90,90
Não	1	9,09
Doutorado?		
Sim	9	81,81
Não	2	18,18
Ocupação atual		
Docente	11	100
Área de atuação		
Patologia cirúrgica	1	9,09
Histologia	1	9,09
Histologia e embriologia	4	36,36
Histopatologia	2	18,18
Biologia celular e histologia	1	9,09
Embriologia e toxicologia do desenvolvimento	1	9,09
Experiência com a temática		
≤ 10 anos	5	45,45
> 10 anos	6	54,54
Média / DP	12,8	7,94

Fonte: Elaborado pelos autores.

Entre os especialistas na área de tecnologia da informação, uma parcela considerável era do sexo masculino. A maioria dos especialistas tinha mais de 40 anos, com uma média de idade de 42 ($\pm 7,31$) anos. Em relação à formação acadêmica, aproximadamente metade era graduada em Ciências da Computação, com um tempo médio de formação de 20 ($\pm 6,03$) anos. No que se refere à titulação, pouco mais da metade não possuía especialização, enquanto uma parcela expressiva era composta de mestres ou doutores. Profissionalmente, quase todos atuavam como docentes em suas respectivas áreas de formação. Quanto à experiência com plataformas digitais semelhantes à deste estudo, cerca de 80% possuíam mais de dez anos de experiência, com uma média de 15,7 ($\pm 5,71$) anos (Tabela 2).

Na avaliação do questionário sobre o Atlas de histologia em cores da PUCRS, realizada pelos especialistas em ciências morfofuncionais, 90,9% consideraram a proposta do atlas adequada, e 100% concordaram que a ferramenta pode auxiliar o estudo de histologia de maneira eficaz e não exaustiva. Em relação ao conteúdo, 90,9% dos avaliadores reconheceram que o atlas está alinhado aos conteúdos tradicionalmente abordados na disciplina, enquanto

100% afirmaram que ele é atrativo para os estudantes (Tabela 3).

Em relação ao IVC, duas questões não alcançaram a concordância considerada ideal para este estudo, especificamente nas áreas de “facilidade da aprendizagem dos conceitos e suas aplicações” e “capacidade de fornecer ajuda de forma completa”. O IVC médio registrado foi de 0,85. No teste binomial, verificou-se uma concordância estatisticamente significativa superior a 0,80 nos seguintes itens: proposta do atlas ($p = 0,914$), suporte ao estudo de histologia de forma não exaustiva ($p = 1,00$), adequação do conteúdo ($p = 0,914$) e atratividade do material ($p = 1,00$) (Tabela 3).

Na avaliação realizada pelos especialistas da área de tecnologia da informação, um percentual elevado afirmou que o atlas é de fácil acesso, e todos o consideraram compreensível. Em relação aos recursos utilizados no atlas, a totalidade dos especialistas atestou que foram adequadamente implementados, e a maior parte avaliou a interface como atraente. Quanto ao manuseio, todos os especialistas destacaram a facilidade de uso, e um número significativo reconheceu que o atlas facilita o estudo de histologia de maneira não exaustiva (Tabela 4).

Em relação ao IVC, todas as questões avaliadas, exceto a que indaga se os “recursos utilizados no atlas virtual são realizados de forma abrangente”, apresentaram valores de concordância superiores a 0,78, com um IVC médio de 0,91. O teste binomial evidenciou concordância estatisticamente superior a 0,80 em diversos aspectos: facilidade de acesso ($p = 0,914$), compreensão do conteúdo ($p = 1,00$), adequação na realização dos recursos ($p = 1,00$), atratividade da interface ($p = 0,914$), facilidade de manuseio ($p = 1,00$) e auxílio no estudo de histologia de forma não exaustiva ($p = 0,914$) (Tabela 4).

Tabela 2. Caracterização dos especialistas da área de tecnologia da informação.

Variáveis	N	%
Sexo		
Feminino	3	27,27
Masculino	8	72,72
Idade		
≤ 40 anos	4	36,36
> 40 anos	7	63,63
Média / DP	42	7,31
Curso de graduação		
Ciência de computação	6	54,54
Tecnologia em informática com habilitação em sistemas de Informação	2	18,18
Comunicação social - Publicidade e Propaganda	2	18,18
Engenharia mecânica	1	9,09
Tempo de Formação		
≤ 10 anos	-	-
> 10 anos	11	100

Média / DP	20	6,03
Especialização?		
Sim	5	45,45
Não	6	54,54
Mestrado?		
Sim	11	100
Não	-	-
Doutorado?		
Sim	8	72,72
Não	3	27,27
Ocupação atual		
Docente	11	100
Área de atuação		
Computação	6	54,54
Design gráfica	1	9,09
<i>Design user experience</i> e interfaces	1	9,09
Educação a distância em saúde	1	9,09
Multimídia	1	9,09
Informática	1	9,09
Experiência com a temática		
≤ 10 anos	2	18,18
> 10 anos	9	81,81
Média / DP	15,7	5,71

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 3. Avaliação dos especialistas da área de ciências morfofuncionais acerca do atlas virtual para o ensino e aprendizagem de histologia.

Item	N	%	I-VCI	P*
O atlas virtual é apropriado para a proposta a que se destina	10	90,9	0,90	0,914
O atlas virtual facilita a aprendizagem dos conceitos usados e suas aplicações	8	72,7	0,72	0,382
O atlas virtual fornece ajuda de forma completa	7	63,6	0,63	0,161
O atlas virtual proporciona ajuda no estudo de histologia de forma não cansativa	11	100,0	1,0	1
O conteúdo do atlas virtual corresponde ao conteúdo presente na literatura em histologia	10	90,9	0,90	0,914
O atlas virtual é atrativo para estudantes de histologia	11	100,0	1,0	1
S-VCI			0,85	

*Teste binomial.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 4. Avaliação dos especialistas da área de tecnologia de informação e comunicação acerca do atlas virtual para o ensino e aprendizagem de histologia.

Item	n	%	I-IVC	P*
O atlas virtual é de fácil acesso	10	90,9	0,90	0,914

A linguagem utilizada no atlas virtual é de fácil compreensão	11	100,0	1	1
Os recursos utilizados no atlas virtual estão feitos corretamente	11	100,0	1	1
Os recursos utilizados no atlas virtual são realizados de forma abrangente	8	72,7	0,72	0.382
A interface do atlas é atraente	10	90,9	0,90	0.914
O atlas virtual é de fácil manuseio	11	100,0	1	1
O atlas virtual proporciona ajuda no estudo de histologia de forma não cansativa	10	90,9	0,90	0.914
S-VCI			0,91	

*Teste binomial.

Fonte: Elaborado pelos autores.

DISCUSSÃO

Os resultados deste estudo revelaram um predomínio de mulheres no perfil dos especialistas da área de ciências morfofuncionais, com uma média de idade de 38,5 (\pm 6,74) anos. Esses achados estão em consonância com o estudo de Santos et al.²¹ que também identificou uma predominância feminina significativa na amostra, especialmente na faixa etária de 30 a 34 anos. Entre as possíveis explicações para essa tendência, Souza et al.²² ressaltam o aumento expressivo da inserção de mulheres jovens no mercado de trabalho. Além disso, Santos et al.²¹ sugerem que a maior participação feminina nos cursos da área da saúde pode contribuir para essa predominância.

A presença significativa de biólogos entre os especialistas pode estar relacionada ao fato de que a histologia, um ramo da biologia, dedica-se ao estudo anatomofuncional de células, tecidos e órgãos³. A média de tempo de formação dos especialistas (14 anos), com uma prevalência de especialistas que possuem mestrado e doutorado, é considerada fundamental nos estudos de validação de tecnologias educacionais. Esses achados contribuíram para a qualidade das análises realizadas. Com uma experiência média de 12 anos na área, os educadores oferecem uma perspectiva pedagógica aprofundada, vital para o desenvolvimento efetivo de recursos educacionais digitais²³.

conteúdo de histologia ser um ramo da biologia que se preocupa com o estudo anatomofuncional de células, tecidos e órgãos do corpo⁶. Sobre a média do tempo de formação de 14 anos, a predominância de especialistas com mestrado e doutorado, e a média do tempo de experiência de 12 anos com a temática são tidas como aspectos fundamentais nos

estudos de validação das tecnologias educacionais, uma vez que favorecem a qualidade da análise e das sugestões^{27,28}. Ademais, os professores experientes possuem um olhar mais aguçado, podendo contribuir pedagogicamente para a construção de recursos digitais educacionais²⁷.

Por outro lado, a maior participação do sexo masculino entre especialistas em tecnologia da informação corresponde às expectativas, dado que a literatura indica uma predominância masculina nessa área²⁴. Além disso, o desenvolvimento de ferramentas digitais que envolvem conceitos de computação gráfica e processamento de imagem¹¹ é mais frequentemente conduzido por profissionais da área de ciências da computação, na qual os homens ainda são maioria. O tempo médio de formação de 20 anos dos participantes sugere uma adequada qualificação para avaliar o atlas. A presença majoritária de mestres e doutores, que também são professores com mais de 15 anos de experiência na área da tecnologia da informação, é notável.

A concordância média em relação ao conteúdo e à técnica do atlas foi considerada adequada, com um índice superior a 0,80. Esses resultados sugerem o potencial uso do atlas como um recurso digital complementar às aulas práticas de histologia em cursos da área da saúde, como Enfermagem, Odontologia e Medicina. Experiências anteriores de validação de ferramentas virtuais para o ensino de morfologia, entre estudantes de Medicina, como relatado por Liu et al.²⁵, demonstraram um aumento na satisfação dos estudantes e um desempenho acadêmico superior em comparação ao grupo de controle. Em outro estudo, conduzido por Khasanah et al.²⁶, 90,7% dos especialistas em conteúdo, 91,4% dos especialistas em mídias digitais, 90,4% dos revisores, 87,43% dos professores de biologia e 84,7% dos estudantes do ensino médio avaliaram o atlas como de boa qualidade, corroborando os resultados deste estudo.

A maioria dos especialistas concordou que a proposta do atlas era adequada, corroborando estudos que destacam esse tipo de ferramenta como um recurso didático viável para o ensino e a aprendizagem de histologia^{22,25,27,28}. É importante notar que tanto professores quanto estudantes têm demonstrado crescente aceitação dessas ferramentas^{25,26}. O atlas virtual desenvolvido neste estudo facilita uma compreensão rápida dos tecidos básicos e da gametogênese. Suas funcionalidades incluem digitalização e visualização de estruturas histológicas, recursos interativos (imagens microscópicas com marcações dinâmicas, navegação intuitiva por seções e compatibilidade multidispositivo), descrições textuais em português e acesso aberto, permitindo flexibilidade de estudo a qualquer hora e em qualquer local. Essa acessibilidade pode incentivar os estudantes a dedicar mais tempo ao estudo de histologia, contribuindo para um aumento na satisfação em relação à aprendizagem e ao desempenho acadêmico²⁹.

Em relação ao auxílio no estudo de histologia, todos os especialistas em ciências

morfofuncionais e a maioria dos especialistas em tecnologia da informação reconheceram que o atlas facilita o aprendizado nessa disciplina. Esse benefício pode ser atribuído à qualidade das imagens apresentadas, que são visualizadas em alta resolução, reduzindo o tempo necessário para identificar estruturas histológicas³⁰. Notavelmente, nesse atlas foram utilizados pontos de marcação em estruturas histológicas para melhorar a precisão diagnóstica das células e estruturas. Sob a perspectiva construtivista, essa organização, adaptada ao nível de desenvolvimento cognitivo do aprendiz, favorece uma aprendizagem individualizada³¹.

Além disso, a avaliação feita por ambos os grupos de especialistas indicou que o atlas é considerado atrativo para os estudantes de histologia dos cursos da área de saúde (Medicina, Odontologia, Fisioterapia e Enfermagem). Essa percepção pode ser atribuída ao design colorido, aos “ícones de interatividade” e aos breves textos explicativos, juntamente com uma interface amigável³². Outros fatores que contribuem para a sua aceitação incluem a facilidade de acesso e a alta usabilidade em dispositivos móveis e desktops, sem a necessidade de instalação de software adicional³³. Tais características são fundamentais para captar a atenção dos alunos, incentivando-os a estudar o conteúdo de forma mais engajada, o que pode impactar positivamente o desempenho acadêmico deles³⁴.

A maioria dos especialistas em ciências morfofuncionais concordou que o conteúdo do atlas reflete adequadamente os temas abordados no ensino de histologia. Esse resultado sugere que o atlas constitui um recurso didático digital significativo para o processo de ensino e aprendizagem em histologia. É fundamental que estudos envolvendo a produção de tecnologias digitais para o ensino nos diferentes cursos da área de saúde avaliem a confiabilidade das informações, uma vez que a internet permite que conteúdos sejam disseminados por indivíduos sem expertise no assunto tratado³⁵. Conteúdos educativos em saúde demandam validação rigorosa.

É relevante destacar as questões que não atingiram o valor do I-CVI estabelecido neste estudo, especialmente no que se refere à facilidade de aprendizagem dos conceitos e às suas aplicações, bem como ao fornecimento completo de auxílio. É plausível que a preocupação com o uso do atlas virtual no ensino de histologia tenha sido uma questão predominante na avaliação dos especialistas em ciências morfofuncionais. Essa preocupação encontra respaldo na literatura, que sugere que ferramentas de aprendizagem baseadas na web devem complementar o uso da microscopia óptica. Donkin et al.³⁶ concluíram que essa abordagem integrada melhora a aprendizagem e o desempenho acadêmico. Diante dessas evidências, o atlas virtual poderá ser eficaz na construção do conhecimento quando utilizado como recurso complementar à microscopia óptica, sem substituí-la.

Os resultados referentes à acessibilidade, à facilidade de compreensão e ao manuseio do

atlas indicam que a maioria dos especialistas em tecnologia da informação avaliou positivamente essas características. Esse consenso é atribuído ao processo rigoroso empregado na construção dessa tecnologia, que visou à criação de uma ferramenta acessível em qualquer dispositivo conectado à internet, utilizando linguagem clara e objetiva. Em relação aos recursos utilizados no atlas, houve uma concordância geral de que eles foram bem implementados. Esse achado reflete o design do atlas, que inclui uma interface visualmente agradável, fontes de texto de tamanho e estilo apropriados, textos concisos, um fundo de tela com cores suaves e imagens pertinentes ao conteúdo estudado, aspectos que facilitam a aceitação por parte dos estudantes³².

Por outro lado, a questão sobre se “os recursos utilizados no atlas virtual são realizados de forma abrangente” não atingiu o I-VCI esperado. Esse resultado pode ser justificado por uma falha na adaptação do instrumento de avaliação, em que a pergunta conduziu a uma imprecisão na sua interpretação, possivelmente afetando a clareza da resposta esperada.

Uma limitação deste estudo foi a ausência do processo de validação com o público-alvo, representados por estudantes dos cursos de graduação em Medicina, Odontologia, Farmácia, Fisioterapia e Enfermagem. Isso restringiu a avaliação da sua adequabilidade e do impacto potencial sobre o desempenho acadêmico dos usuários. Portanto, é recomendável que futuras pesquisas incluam a validação do atlas por estudantes, a fim de aprofundar os insights sobre sua eficácia como ferramenta educacional.

CONCLUSÃO

O atlas virtual desenvolvido para o ensino e a aprendizagem de histologia foi submetido à avaliação e validação de seu conteúdo e sua técnica por especialistas em ciências morfofuncionais e em tecnologia da informação. De acordo com a avaliação dos especialistas, o atlas cumpre satisfatoriamente sua proposta, sendo considerado compreensível, acessível, atrativo e eficaz em facilitar o estudo de histologia de maneira envolvente e menos cansativa. A validação do conteúdo e da técnica sugere a viabilidade de sua utilização como recurso didático virtual. É esperado que a investigação do impacto real desse recurso sobre o desempenho acadêmico dos estudantes de graduação em Medicina, Odontologia, Farmácia, Fisioterapia e Enfermagem confirme sua efetividade educacional.

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Davide Carlos Joaquim, Ana Caroline Rocha de Melo Leite e Virgínia Cláudia Carneiro Girão-Carmona conceberam o projeto e participaram da coleta, análise e interpretação dos dados, e da elaboração e revisão do manuscrito. Ismael Pordeus Bezerra participou da análise e interpretação dos dados, e da elaboração e revisão do manuscrito. Márcia Rodrigues Payeras e Ana Paula Franco Lambert participaram da concepção do atlas e da revisão da versão final do manuscrito.

CONFLITO DE INTERESSES

Declaramos não haver conflito de interesses.

FINANCIAMENTO

Esta pesquisa recebeu financiamento da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Funcap (Edital 01/2022/Chamada: MULHERES NA CIÊNCIA).

DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE DADOS

Os dados de pesquisa estão disponíveis no corpo do documento.

REFERÊNCIAS

1. Montanari T. A produção de livros digitais para o ensino presencial e remoto de histologia. *Renote*. 2018;16(2):112-26.
2. Sant’Anna CS, Albuquerque CAC, Baraúna SC, de Oliveira Filho GR. O. Prática deliberada no ensino de histologia na graduação em Medicina: estudo prospectivo randomizado e controlado. *Rev Bras Educ Med*. 2022;46(2):e082.
3. Chapman JA, Lee LMJ, Swailes NT. From scope to screen: the evolution of histology education. *Adv Exp Med Biol*. 2020;1260:75-107.
4. Sharmin N, Chow AK, Dong AS, Milos NC. Histoscope: a web-based microscopy tool for oral histology education. *J Healthc Inform Res*. 2021;27(2):146-52.
5. Alonso PLC. Introducción al uso de imágenes digitales en formato web en el aprendizaje de la histología humana. *Educ Med*. 2019;20(5):280-3.
6. Muñoz EP. La enseñanza de la anatomía microscópica sin microscópios. *Educación Médica Superior*. 2020;34(2):e2057.
7. Hortsch M, Mangrulkar RS. When students struggle with gross anatomy and histology: a strategy for monitoring, reviewing, and promoting student academic success in an integrated preclinical medical curriculum. *Anat Sci Educ*. 2015;8(5):478-83.
8. Amer MG, Nemenqani DM. Successful use of virtual microscopy in the assessment of practical histology during pandemic covid-19: a descriptive study. *J Microsc Ultrastruct*. 2020;8:156-61.
9. Pantanowitz L, Szymas J, Yagi Y, Wilbur D. Whole slide imaging for educational purposes. *J Pathol Inform*. 2012;3(1):43-52.
10. Chimmalgi M, Hortsch M. Teaching Histology Using Self-Directed Learning Modules (SDLMs) in a Blended Approach. *Med Sci Educ*. 2022;7(32):1455-64.
11. Silva LA. Desenvolvimento de aplicativo com objetivo de aprendizagem: atlas virtual interativo para o ensino da anatomia cabeça e pescoço direcionada à odontologia [tese de doutorado]. São Paulo: Universidade de São Paulo; 2016.
12. Rheingantz MGT, Oliveira LBO, Minello LF, Rodrigues RF. A importância do atlas virtual no ensino-aprendizagem da histologia. *Braz J Dev*. 2019;5(7):8904-12.

13. Joaquim DC, Hortsch M, Silva ASR, David PB, Leite ACRM, Girão-Carmona VCC. Digital information and communication technologies on histology learning: what to expect? An integrative review. *Anat Histol Embryol.* 2022;51(2):180-8. *REVISTA BRASILEIRA DE EDUCAÇÃO MÉDICA* | 49 (4) : e139, 2025 9 Davide Carlos Joaquim et al. DOI: <https://doi.org/10.1590/1981-5271v49.4-2023-0260> This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
14. Leite SS, Áfio ACE, Carvalho LV, Silva JM, Almeida PC, Pagliuca LMF. Construção e validação de instrumento de validação de conteúdo educativo em saúde. *Rev Bras Enferm.* 2018;71(4):1732-8.
15. Grunwald T, Corsbie-Massay C. Guidelines for cognitively efficient multimedia learning tools: educational strategies, cognitive load, and interface design. *Acad Med.* 2006;81(3):213-23.
16. Saraiva NCG, Medeiros CCM, Araújo TL. Validação de álbum seriado para a promoção do controle de peso corporal infantil. *Rev Lat Am Enfermagem.* 2018;26:e2998.
17. Fehring RJ. The Fehring model. In: Carrol-Johnson RM, Paquete M, editors. *Classification of nursing diagnoses: proceedings of the Tenth Conference.* Philadelphia: JB Lippincott; 1994. p. 55-62.
18. Pereira FGF, Rocha DJL, Melo GAA, Jaques RMPL, Formiga LMF. Construção e validação de aplicativo digital para ensino de instrumentação cirúrgica. *Cogitare Enfermagem.* 2019;24:e58334.
19. Polit D, Beck CT. The Content Validity Index: are you sure you know what's being reported? Critique and recommendations. *Res Nurs Health.* 2006;29(5):489-97.
20. Moura IH, Silva AFR, Rocha AESH, Lima LHO, Moreira TMM, Silva ARV. Construction of educational materials for the prevention of metabolic syndrome in adolescents. *Rev Lat Am Enfermagem.* 2017;25:e2934.
21. Santos DKC, Santos JCO, Lima RB, Fonseca TV, Silva WA, Silva GM, et al. Profile of students and professors of health courses at a federal institution in the Northeastern Brazil. *Res Soc Dev.* 2022;11(5):e17811528201.
22. Souza S, Hein AK. Teaching women in higher education: challenges and overcoming. *Revista Científica Multidisciplinar: O Saber.* 2021;3:1-13.
23. Pinto SL, Lisboa KW, Galindo Neto NM, Sampaio LA, Oliveira MF, Caetano JA. Posicionamento do paciente para raquianestesia: construção e validação de álbum seriado. *Acta Paul Enferm.* 2018;31(1):25-31.
24. Posser CV, Texeira AC. Mulheres que aprendem informática: um estudo de gênero na área de TI. 22º Workshop de Informática na Escola, 2016, Uberlândia. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação; 2016. p. 707-16.
25. Liu Q, Sun W, Du C, Yang L, Yun N, Cui H, et al. Medical morphology training using the Xuexi Tong Platform during the covid-19 pandemic: development and validation of a web-based teaching approach. *JMIR Med Inform.* 2021;9(3):e24497.
26. Khasanah LU, Pratiwi M, Zahroh R. Design of online animal histology atlas as a learning source. *Proceeding International Conference on Science and Engineering.* 2019;2:313-8.
27. Lee BC, Hsieh ST, Chang YL, Tseng FY, Lin YJ, Chen YL, et al. A web-based virtual microscopy platform for improving academic performance in histology and pathology laboratory courses: a pilot study. *Anat Sci Educ.* 2020;13(6):743-58.
28. Wanderer C, Oliveira CC, Piemonte MR, Farias ÉLP. Avaliação formativa: elaboração de atlas digitais de histologia por acadêmicos de medicina veterinária – relato de experiência.

Revista Gestão & Saúde. 2020;22(1):1-15.

29. Felszeghy S, Pasonen-Seppanen S, Koskela A, Mahonen A. Studentfocused virtual histology education: do new scenarios and digital technology matter? MedEdPublish. 2017;6(1):1-17.
30. Santa-Rosa JG, Struchiner M. Educational technology in the teaching of histology: research and development in a virtual teaching and learning environment. Rev Bras Educ Med. 2011;35(2):289-98.
31. Papert S. Children, computers, and powerful ideas. Eugene, OR: Harvester; 1980.
32. Souza AOT, Paula ABR, Oliveira FBM. Construction and evaluation of a website on health of elderly. Revista Ciência & Saberes. 2015;1(1):9-16.
33. Brochhausen C, Winther HB, Hundt C, Schmitt VH, Schomer E, Kirkpatrick CJ. A virtual microscope for academic medical education: the pate project interact. J Med Res. 2015;4(2):e11.
34. Qing J, Cheng G, Ni XQ, Yang Y, Zhang W, Li Z. Implementation of an interactive virtual microscope laboratory system in teaching oral histopathology. Sci Rep. 2022;12:5492.
35. Nóbrega TE, Ribeiro EC, Oliveira-Júnior JK, Pereira AC, Silva MAD. O uso das TIC como ferramenta de ensino da histologia nos cursos de Odontologia das regiões Sul e Sudeste do Brasil. Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología. 2018;22:63-72.
36. Donkin R, Askew E, Stevenson H. Video feedback and e-learning enhances laboratory skills and engagement in medical laboratory science students. BMC Med Educ. 2019;19:310.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluída esta pesquisa, fica evidenciado o papel significativo desempenhado pelas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação para o ensino e a aprendizagem de Histologia e Microscopia, com muitas descobertas e reflexões que apontam para novas pesquisas e projetos. No primeiro artigo, fica patente o quanto a cultura digital se faz presente no cotidiano dos discentes e como o acesso a computadores contribuiu para a evolução da aprendizagem, mesmo quando se enfrentava o isolamento da Pandemia de Covid-19. O momento pós-pandemia - também analisado pelo artigo - evidencia que as práticas de estudo incorporadas durante o período com o ensino híbrido não foram abandonadas, passando a compor a cultura dos estudantes da área de saúde. O ensinar e o aprender foram modificados pelas tecnologias digitais de informação e comunicação. Além das mudanças na educação, as TDICs foram fundamentais para assegurar a continuidade do ensino durante a Pandemia e contribuíram para a melhoria no desempenho discente. Vale, ressaltar, que a melhoria no desempenho da aprendizagem é sempre algo extraordinário.

Da pesquisa para a validação de um Atlas de Histologias, muitas outras aprendizagens. A versão digital do Atlas foi efetivamente reconhecida como acessível, compreensível e de fato acesso, sendo atrativo e eficaz. Ao seu final, restou um desejo de que esta ferramenta fosse avaliada também por estudantes, o que veio acontecer no terceiro artigo, mostrando que os três trabalhos aqui apresentados dialogam entre si, referenciados no marco temporal do antes, durante e pós-pandemia de Covid-19. No primeiro artigo, temos o antes e o durante. No segundo, o Atlas é também uma resposta às demandas da Pandemia. O terceiro artigo, responde ao segundo ao optar pela avaliação discente. Seu objeto - a Plataforma Histologia Virtual também é uma resposta à demanda de recriar um microscópio e acervos de lâminas acessíveis na tela de PCs e dispositivos móveis surgida na Pandemia. Ainda sobre o Atlas, considero que sua validação expressiva, demonstra o quanto as versões digitais e analógicas de um Atlas de Histologia são relevantes nas práticas de estudo dos discentes. Livros, e-books, sites e plataformas se complementam e ampliam o acesso ao conhecimento, construindo uma ubiquidade educativa.

O terceiro artigo é o resultado de uma exaustiva pesquisa que começa nos meus primeiros dias de PCMF, quando pude acompanhar o desenvolvimento do projeto da Plataforma de Microscopia Histologia Virtual. O desafio de acompanhar a implementação de um projeto complexo e ousado, referenciado em grandes plataformas poderosas como o MVD, com desenvolvimento de softwares, design e pesquisa em Histologia, até ser aplicado e avaliado por estudantes de Medicina me proporcionaram conhecimentos que não cabem no doutorado. Encontrei na Microscopia Virtual meu lugar nas Ciências Morfofuncionais e chego ao fim dessa

trajetória formativa com muitos projetos e sonhos. Digitalizar o acervo de lâminas da FAMED, microscópios como interface de plataformas de MV. Explorar todos os dados que ainda estão nas planilhas e formulários. Sim, as TDICs, Atlas e Plataformas de MV podem melhorar o ensino e apoiar a aprendizagem. Usar um microscópio virtual é tão importante quanto usar um Microscópio Ótico. Celular, tablet e notebooks são parte da sala de aula. Naveguemos, professores.

6. REFERENCIAS GERAIS

- AGRA, Glenda et al. Análise do conceito de Aprendizagem Significativa à luz da Teoria de Ausubel. *Revista Brasileira de Enfermagem*, João Pessoa, v. 72, p. 248-255, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reben/a/GDNMjLJgvzSJKtWd9fdDs3t/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 01 fev. 2022.
- AL-ALAMI ZM, ADWANn SW, ALSOUS M. Remote learning during Covid-19 lockdown: A study on anatomy and histology education for pharmacy students in Jordan. *Anat. Sci. Educ.* 2022;15(2):249–260. <https://doi.org/10.1002/ase.2165>
- ALI SAA, Syed S. Teaching and Learning Strategies of Oral Histology Among Dental Students. *Int. J. Morphol.* 2020;38(3):634–639.
- ALMEIDA, M. E. B. de *Educação a distância na internet: abordagens e tecnologias*. São Paulo: Summus. (2005)
- ALONSO, P. L. C. Introducción al uso de imágenes digitales en formato web en el aprendizaje de la histología humana. *Educ Med.*, v. 20, n. 5, p. 280-283, 2019.
- ARMUTAK, A.; DINCER, F. The History of Histology and Embryology in Veterinary Medicine in Turkey. *Acta Veterinaria Eurasia*, v. 46, n. 2, 2020.
- Atlas of Human Histology: A Guide to Microscopic Structure of Cells, Tissues and Organs. <https://histologyguide.com/about-us/atlas-of-human-histology.html>. Last accessed 22/12/2023. Histologia Interativa Online. <https://mol.icb.usp.br/>. Last accessed 22/12/2023
- BANGOR, A., Kortum, P. T., & Miller, J. T. (2008). **An empirical evaluation of the System Usability Scale**.
- BANGOR, Aaron; KORTUM, Philip; MILLER, James. Determining what individual SUS scores mean: Adding an adjective rating scale. *Journal of usability studies*, v. 4, n. 3, p. 114-123, 2009.
- BARDIN, L. **Análise do conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011
- BOCK, O. A history of the development of histology up to the end of the nineteenth century. *Research*, 2015.
- BLOODGOOD, R. A.; OGILVIE, R. W. Trends in histology laboratory teaching in United States medical schools. *Anat Rec B New Anat.*, v. 289, n. 5, p. 169-75, 2006.
- BRASIL. Resolução CNS nº 466, de 12 de dezembro de 2012. Aprova diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisa envolvendo seres humanos. **Diário Oficial da União**, Brasília, n. 12, p. 59, 13 jun. 2013. Seção 1.
- CALADO, A. M. História do Ensino de Histologia. **História da Ciência e Ensino**, v. 20, p. 455-466, 2019.
- CAPO, I.; ANDREJIC VISNJIC, B.; MILIKOVIC, D.; POPOVIC, M.; ILIC SABO, J.; AMIDZIC, J.; FEJSA LEVAKOV, A.; DOLAI, M.; LALOSEVIC, D. Virtual microscopy in histology and pathology education at the faculty of medicine, university of novi sad. **Med Pregl.**,

v. LXX, n. 11-12, p. 371-376, 2017.

CHAPMAN, J. A.; LEE, L. M. J.; SWAILES, N. T. From Scope to Screen: The Evolution of Histology Education. **Advances in Experimental Medicine and Biology.**, v. 1260, p. 75-107, 2020.

CHIMMALGI, M.; HORTSCH, M. Teaching Histology Using Self-Directed Learning Modules (SDLMs) in a Blended Approach. **Med Sci Educ.**, v. 7, n. 32, p. 1455-1464, 2022.

EIVAZOVA, E. R. Histology: Study of Human Tissue. In book: **Encyclopedia of Applied Science**. P. 964-969, 2012.

ESMERALDO, A. R. A. A.; NOGUEIRA, F. F.; ALMEIDA, M. M.; SILVA, A. F. da; JUNIOR, R. F. F. P.; LACERDA-PINHEIRO, S. de F. Atlas virtual interativo de histologia e biologia celular. **Extensão em Ação**, Fortaleza, v. 1, n. 6, p. 96 - 102, Jan/Jul 2014.

GIRAO-CARMONA, V. C. C. Digital information and communication technologies on histology learning: What to expect? An integrative review. **ANATOMIA, HISTOLOGIA, EMBRYOLOGIA (INTERNET)**, v. 51, n. 2, p. 180-188, 2022.

GHOSH, S. K.; KUMAR, A. Marcello Malpighi (1628-1694): Pioneer of microscopic anatomy and exponent of the scientific revolution of the 17th Century. **Eur. J. Anat.**, v. 22, n.5, p. 433-439, 2018.

HELLE, L.; NIVALA, M.; KRONQVIST, P. More Technology, Better Learning Resources, Better Learning? Lessons from Adopting Virtual Microscopy in Undergraduate Medical Education. **Anat Sci Educ.**, v. 6, n. 2, p. 73–80, 2013.

HIGHTOWER, J. A.; BOOCKFOR, F. R.; BLAKE, C. A.; MILLETTE, C. F. The standard medical microscopic anatomy course: Histology circa 1998. **THE ANATOMICAL RECORD (NEW ANAT.)**, v. 257, p. 96–101, 1999.

HOLADAY, L., SELVIG, D., PURKISS, J. et al. Preference of Interactive Electronic Versus Traditional Learning Resources by University of Michigan Medical Students during the First Year Histology Component. **Med.Sci.Educ.**, v. 23, p. 607–619, 2013.

HORTSCH, M. Histology as a Paradigm for a Science-Based Learning Experience: Visits by Histology Education Spirits of Past, Present, and Future. **Anatomical Sciences Education**, v. 16, n. 3, p. 372-383, 2023.

HORTSCH, M.; MANGRULKAR, R. S. When students struggle with gross anatomy and histology: A strategy for monitoring, reviewing, and promoting student academic success in an integrated preclinical medical curriculum. **Anat Sci Educ.**, v. 8, n. 5, p. 478-83, 2015.

HORTSCH, Michael. From microscopes to virtual reality—How our teaching of histology is changing. **J Cytol Histol**, v. 4, n. 3, p. 1-3, 2013.

Hortsch M, Girão-Carmona VCC, de Melo Leite ACR, Nikas IP, Koney NKK, Yohannan DG, Chapman, J. Teaching Cellular Architecture: The Global Status of Histology Education. In: **Biomedical Visualisation: Volume 17—Advancements in Technologies and Methodologies for Anatomical and Medical Education**. Cham: Springer International Publishing, 2023:177–212. https://doi.org/10.1007/978-3-031-36727-4_9

Hortsch M. Histology as a paradigm for a science-based learning experience: Visits by histology education spirits of past, present, and future. *Anat Sci Educ.* 2023;16(3):372–383. <https://doi.org/10.1002/ase.2235>

Hortsch M. The Michigan Histology website as an example of a free anatomical resource serving learners and educators worldwide. *Anat. Sci. Educ.* 2023;16(3):363–371. <https://doi.org/10.1002/ase.2239>

Joaquim DC, Hortsch M, Silva ASR, David PB, Leite ACRM, Girão-Carmona VCC. Digital information and communication technologies on histology learning: What to expect? An integrative review. *Anat Histol Embryol.* 2022;51(2):180-188.

JOAQUIM, Davide Carlos et al. The Impact of Students' Socio-economic Background, Study Habits, and Technology Access on Their Histology Learning Strategy During the COVID-19 Pandemic. **Medical Science Educator**, p. 1-12, 2024.

HUSSEIN, I. H.; RAAD, M.; SAFA, R.; JURJUS, R.; JURJUS, A. Once Upon a Microscopic Slide: The Story of Histology. **J Cytol Histol.**, v. 6, n. 6, p. 1-4, 2015.

JACYNA, L. S. A Host of Experienced Microscopists”: The Establishment of Histology in Nineteenth-Century Edinburgh. **Bull Hist Med**, v. 75, n. 2, p. 225-253, 2001.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. Histologia básica: texto e atlas. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**: Texto e Atlas. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2023.

KRASILCHIK, M. Prática de Ensino de Biologia. São Paulo: Edusp, 2008.

KUMAR, R. K.; FREEMAN, B.; VELAN, G. M.; DE PERMENTIER, P. J. Integrating histology and histopathology teaching in practical classes using virtual slides. **Anat Rec B New Anat.**, v. 289, n. 4, p. 128-33, 2006.

LEANDRO, R. L. et al. Avaliação do uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) como ferramenta auxiliar no ensino da Histologia: revisão integrativa da literatura. **Revista CPAQV-Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida**, v. 16, n. 1, 2024.

LEE, B. C.; HSIEH, S. T.; CHANG, Y. L. et al. A Web-Based Virtual Microscopy Platform for Improving Academic Performance in Histology and Pathology Laboratory Courses: A Pilot Study. **Anat Sci Educ.**, v. 13, n. 6, p. 743-758, 2020.

LEE, L. M.; GOLDMAN, H. M.; HORTSCH, M. The virtual microscopy database—sharing digital microscope images for research and education. **Anatomical sciences education**, v. 11,n. 5, p. 510-515, 2018.LIMA, V. S.; AZEVEDO, N. A. A.; GUIMARÃES, J. M. X.; PEREIRA, M. M.; NETO, J. A.;

LIMA, V. S.; AZEVEDO, N. A. A.; GUIMARÃES, J. M. X.; PEREIRA, M. M.; NETO, J. A.; SOUZA, L. M.; PEQUENO, A. M. C.; SOUSA, M. S. Educational video production: professional training strategy for health teaching. **Rev Eletron Comun Inf Inov Saúde**, v. 13, n. 2, p. 428-38, 2019.

- LIKERT, Rensis. **A Technique for the Measurement of Attitudes**. Archives of Psychology, vol. 22, nr 140, pp 5-55, 1932.
- LOCATELLI, Aline; ZOCH, Alana Neto; TRENTIN, Marco A. Sandini. TICs no Ensino de Química: um recorte do “estado da arte”. Revista Tecnologias na Educação, Porto Alegre, v. 12, n. 7, p. 554-566, jul. 2015.
- LUDKE, Menga; André, Marli E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.
- MAITY S. et al. **Virtual versus light microscopy usage among students: a systematic review and meta-analytic evidence in medical education**. *Diagnostics*, v. 13, n. 3, p. 558, 2023.
- MALNIC, G.; SAMPAIO, M. C. O ensino das ciências básicas na área da saúde. **Estudos avançados**, v. 8, n. 22, p. 547-552, 1994.
- MANTOVANI, A. L. S.; LIMA, A. R. A.; BRIENZE, S. L. A.; SANTOS, E. R.; FUCUTA, P. S.; ANDRÉ, J. C. Biologia celular e histologia em medicina: percepção sobre o ensino e desempenho de estudantes. **Rev Inter Educ Saúde.**, v. 3, n. 1, p. 8-16, 2019.
- MASINI, E. F. S. Meaningful learning: conditions for occurrence and gaps that may hinder it. **Meaningful Learning Review**, v. 1, n. 1, p. 16-24, 2011.
- MATTAR, V. N. G.; CERRUTI, R.; DA COSTA, M. C. Histologia interativa: uma ferramenta para o aprendizado. **Revista Conexão UEPG**, v. 19, n. 1, p. 3, 2023.
- MAZZARINI, M. FALCHI, M.; BANI, D.; MIGLIACCIO, A. R. Evolution and new frontiers of histology in bio-medical research. **Microsc Res Tech.**, v. 84, n. 2, p. 217-237, 2021.
- MEDINA, I. J.; GÓMEZ-LUQUE, M. A.; AMARO, J. P.; RUIZ, I. L.; GÓMEZ-NETO, M. A. HistoNFC: An Innovative Tool for the Practical Teaching of Histology Using NFC Technology. **Wireless Communications and Mobile Computing**, p. 1-16, 2019.
- MINAYO, M.C.S. (2010). O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. 12 Ed. São Paulo: Hucitec.
- MONTANARI, T. A produção de livros digitais para o ensino presencial e remoto de histologia. **RENOTE: revista novas tecnologias na educação**, v. 16, n. 2, 2018.
- MONTANARI, T. Diagnóstico de imagens como método avaliativo em histologia e embriologia. **Br. J. Ed., Tech. Soc.**, v.13, n.4, p.424-431, 2020.
- MONTANARI, T. Recursos virtuais para o ensino presencial e remoto de Histologia. **RENOTE: revista novas tecnologias na educação**. Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 12, 2016.
- MORAN, J. M. (2015). Desafios da educação no século XXI: a aprendizagem com as mídias digitais em processos cooperativos de trabalho e formação docente. São Paulo: Papirus. 2015.
- MUÑOZ, E. P. La enseñanza de la anatomía microscópica sin microscópios. **Educación Médica Superior**, v. 34, n. 2, p. e2057, 2020.

OLIVEIRA, B. O.; RHEINGANTZ, M. G. T.; MINELLO, L. F.; RODRIGUES, R. F. Histologia dos tecidos. Guia prático. 1 ed. 2019.

OLIVEIRA, Marta Kohl de **Vygotsky: Aprendizado e desenvolvimento: um processo sócio-histórico**. Scipione, 1998.

PALÁCIO, M.A.V.; STRUCHINER, M. Análise do uso de recursos de interação, colaboração e autoria em um ambiente virtual de aprendizagem para o ensino superior na área da saúde. *Ciênc. Educ.*, Bauru, v. 22, n. 2, p. 413-430, 2016.

PANTANOWITZ, L. et al. Whole slide imaging for diagnostic purposes: a current perspective. **Archives of Pathology & Laboratory Medicine**, Northfield, v. 143, n. 1, p. 77-85.

PAULSEN, F. P.; EICHHORN, M.; BRAUER, L. Virtual microscopy—The future of teaching histology in the medical curriculum? **Annals of Anatomy**, v. 192, n. 6, p. 378-382, 2010.

PEREIRA FGF, Rocha DJL, Melo GAA, Jaques RMPL, Formiga LMF. Construção e validação de aplicativo digital para ensino de instrumentação cirúrgica. *Cogitare enferm.* 2019;24:e58334.

PEREIRA, E. L. **A construção do atlas virtual histológico e seu benefício ao discente de enfermagem: relato de experiência**. 26 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Enfermagem) - Universidade Federal do Pampa, Uruguaiana, 2020.

PERRENOUD, P. Dez novas competências para ensinar. São Paulo: Artes Médicas, 2000.

REGO, Teresa Cristina. **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação**. Vozes, 1996.

RHEINGANTZ, M. G. T.; OLIVEIRA, L. B. O.; MINELLO, L. F.; RODRIGUES, R. F. A importância do atlas virtual no ensino-aprendizagem da Histologia. *Braz. J. of Develop.*, Curitiba, v. 5, n. 7, p. 8904-8912 jul. 2019.

SAURO, Jeff; LEWIS, James R. **Quantifying the User Experience: Practical Statistics for User Research**. Burlington, MA: Morgan Kaufmann, 2012.

SILVA, C. & SABAG, N. Academic achievement and perception of two teaching methods in histology: Light and digital microscopy. Pilot study. **Int. J. Morphol.**, v. 36, n. 3, p. 811-816, 2018.

SANT'ANNA, C. S.; ALBUQUERQUE, C. A. C.; BARAÚNA, S. C.; OLIVEIRA FILHO, G. R. Prática deliberada no ensino de histologia na graduação em Medicina: estudo prospectivo randomizado e controlado. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 46, n. 2, p. e082, 2022.

SANTA-ROSA, J. G.; STRUCHINER, M. Tecnologia Educacional no Contexto do Ensino de Histologia: Pesquisa e Desenvolvimento de um Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 35, n. 2, p. 289-298, 2011.

SHARMIN, N.; CHOW, A. K.; DONG, A. S.; MILOS, N. C. Histoscope: A Web-Based Microscopy Tool for Oral Histology Education. **Health Inform Res.**, v. 27, n. 2, p. 146-152,

2021.

SAVERINO D, MARCENARO E, ZARCONE D. Teaching histology and anatomy online during the COVID -19 pandemic. *Clin. Anat.* 2022;35(1):129–134. <https://doi.org/10.1002/ca.23806>

SAURO, Jeff; LEWIS, James R. **Quantifying the User Experience: Practical Statistics for User Research**. Burlington, MA: Morgan Kaufmann, 2012.

THINTHARUA, P.; DHARMASAROJA, P. Histology Study in Undergraduate Medical Education. **Ramathibodi Medical Journal**, v. 43, n. 3, 34–40, 2020.

TORRES, D. V.; HERRANZ, F. Z.; ROCHA, S, Z. Doscientos años de la enseñanza de la Medicina: la experiencia chilena como ejemplo de los procesos de independencia hispanoamericana y los cambios en educación médica. **Bordón**, v. 62, n. 2, p. 81-91, 2010.

TRIOLA, M. M.; HOLLOWAY, W. J. Enhanced virtual microscopy for collaborative education. **BMC Med Educ.**, v. 26, n. 11, 2011.

VALENTE, J. A. Formação de professores: Diferentes abordagens pedagógicas. In: VALENTE, J. A. (Org.) Computadores na sociedade do conhecimento. Campinas, SP: UNICAMP/NIED, 2013, p. 131-156.

VALÉRIO, M.; TORRESAN, C. A invenção do microscópio e o despertar do pensamento biológico: um ensaio sobre as marcas da tecnologia no desenvolvimento das ciência da vida. **REnBio-Revista de Ensino de Biologia da SBEnBio**, v. 1o, n. 1, p. 125-134, 2017.

VASCONCELOS, D. F. P.; VASCONCELOS, A. C. C. G. Desenvolvimento de um ambiente virtual de ensino em histologia para estudantes da saúde. *Revista Brasileira de Educação em Medicina (online)*, vol.37, n. 1, p.132-137, 2013.

VYGOTSKI, L. S. **A Formação Social da Mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. Martins Fontes, 1988

ZALETEL, V.; MARIC, G.; GAZIBARA, T.; RAKOCEVI, J.; BOROVIC, M. L.; PUSKA, N.; BAJCETI, M. Relevance and attitudes toward histology and embryology course through the eyes of freshmen and senior medical students: Experience from Serbia. **Annals of Anatomy**, v. 208, p. 217–221, 2016.

ZUIDERVAART, H. J. The ‘true inventor’ of the telescope. A survey of 400 years of debate. In: Van Helden A et al (eds) **The origins of the telescope**. Amsterdam University Press, Amsterdam, 2010.

WASEEM, N.; RASHEED, A.; GILL, M.; ASAD, A.; SHAMIM, M. O.; WASEEM, F. The attitudes of medical students towards clinical relevance of histology. *PAFMJ*, v. 71, n. 1, p. 351-56,