

Al-Biruni, contemporâneos e contribuições para matemática islâmica medieval

Al-Biruni, contemporaries and contributions to medieval islamic mathematics

Vitória Lima Quaresma¹  

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

Giselle Costa de Sousa²  

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

RESUMO

Esse estudo ancora-se nas potencialidades da História da Matemática (HM) e das Tecnologias Digitais (TD) na Educação Matemática (EM), enquanto ferramentas que podem promover uma melhor compreensão de conhecimentos matemáticos, a contextualização dessa ciência e o estímulo de estudantes pela disciplina. No entanto, ainda há desafios como a falta de literatura adequada para isso, devido entre outros fatores, à reprodução de narrativas historiográficas tradicionais, que corrobora para a invisibilização de diversas contribuições, em particular as de povos islâmicos no período da Idade Média. Por isso, o presente trabalho tem como objetivo investigar o conhecimento em trânsito relativo à matemática islâmica medieval por meio da interseção da produção de al-Biruni com outros contemporâneos, disponibilizando material atualizado e cientificamente embasado, por meio da produção de Mapas Mentais Digitais e outras tecnologias. Para tanto, tem como objeto de pesquisa conhecimentos de natureza matemática produzidos por esses estudiosos. Nesse sentido, adotamos uma metodologia com abordagem qualitativa e procedimentos bibliográficos, analisando fontes sobre al-Biruni, seus contemporâneos e suas produções. Como resultados, obtivemos informações sobre a vida desses estudiosos, trabalhos e obras que desenvolveram, e o contexto no qual estavam inseridos. A sistematização dessas informações culminou na produção de Mapas Mentais Digitais (e outras tecnologias) que elucidam a relação entre al-Biruni, seus contemporâneos e conhecimento em trânsito da matemática islâmica medieval, norteada pela aliança entre HM e TD e por aproximação da perspectiva historiográfica atualizada, contribuindo para disponibilização de materiais e literatura sobre a temática.

Palavras-chave: Matemática Islâmica Medieval; Aliança; História da Matemática; Tecnologias Digitais; Mapas Mentais.

ABSTRACT

This study is based on the potential of the history of mathematics (HM) and digital technologies (DT) in mathematics education (ME), as tools that can promote a better understanding of mathematical knowledge, the contextualization of this science and the stimulation of students by the subject. However, there are still challenges such as the lack of suitable literature for this, due among other factors to the reproduction of traditional historiographical narratives, which contributes to the anticivilization of various contributions, particularly those of Islamic peoples in the Middle Ages. For this reason, this work aims to investigate the knowledge in transit relating to medieval Islamic mathematics through the intersection of al-Biruni's production with other contemporaries, providing up-to-date and scientifically based material through the production of Digital Mind Maps and other technologies. To this end, the research object is the mathematical knowledge produced by these scholars. In this sense, we adopted a methodology with a qualitative approach and bibliographic procedures, analyzing sources on al-Biruni, his contemporaries and their productions. As a result, we obtained information about the lives of these scholars, the works they developed and the context in which they were inserted. The systematization of this information culminated in the production of Digital Mind Maps (and other technologies) that elucidate the relationship between al-Biruni, his contemporaries and the knowledge in transit of medieval Islamic mathematics, guided by the alliance between HM and DT and by an approach to the updated historiographical perspective, contributing to the availability of materials and literature on the subject.

Keywords: Medieval Islamic Mathematics; Alliance; History of Mathematics; Digital Technologies; Mind Maps.

¹ Graduanda da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, Rio Grande do Norte, Brasil. E-mail: vitória.quaresma.137@ufrn.edu.br.

² Doutora pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Professora titular do DMAT, do PPGECONM e do PPGE-CM-UFRN(UFRN), Natal, Rio Grande do Norte, Brasil. E-mail: giselle.sousa@ufrn.br.

INTRODUÇÃO

Em consonância com documentos normativos da educação básica brasileira, como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a história da matemática (HM) tem sido recomendada como recurso para o ensino de matemática, para estimular a compreensão e o interesse pela disciplina, contribuindo para a compreensão, contextualização e humanização dessa ciência. No entanto, alguns materiais didáticos que propõem o uso da HM ainda se limitam à apresentação de historietas e curiosidades, narrando a história de *grandes gênios* da matemática a partir de um encadeamento de fatos sucessivos que teriam levado à matemática moderna, num processo sem erros ou rupturas e linear evolução.

Tais narrativas contribuem para a difusão de informações que não são inteiramente verídicas e para uma visão da matemática como uma ciência pronta e acabada, desconsiderando o seu processo de construção. Esse tipo de abordagem geralmente é embasado na historiografia tradicional, a qual também se caracteriza pela apresentação dos fatos sob uma visão eurocêntrica, invisibilizando contribuições de outros povos, como aqueles que viveram no Oriente Médio no período da Idade Média. Surge então uma problemática que precisa ser discutida, isto é, a necessidade de produzir materiais para preencher lacunas referentes ao uso da HM na educação matemática (HM) relativos à matemática islâmica medieval.

Paralelamente, as tecnologias digitais (TD) estão cada vez mais presentes no cotidiano humano. Com dispositivos eletrônicos, *softwares* e interfaces avançando constantemente, o ambiente virtual se tornou mais atrativo e com ainda mais possibilidades de interatividade com o passar dos anos. Tendo isso em vista, a incorporação das TD no âmbito educacional tem sido buscada e investigada por muitos professores e estudiosos.

Nessa perspectiva, enxergamos as tecnologias digitais como uma ferramenta que pode possibilitar a sistematização de forma visual e atrativa dos aspectos históricos relativos ao conhecimento em trânsito da matemática islâmica medieval. Ao mencionarmos a expressão *conhecimento em trânsito*, nos referimos ao conhecimento produzido, difundido e transformado em diferentes culturas e regiões, neste caso, particularmente durante a Idade Média na região em que a religião do Islã tinha forte influência. Mas, que conhecimento seria este?

Diante desta indagação, temos como objeto de pesquisa conhecimentos de natureza matemática produzidos por al-Biruni e seus contemporâneos. al-Biruni foi um estudioso islâmico medieval que se dedicou ao estudo de diversas áreas que hoje conhecemos como álgebra, geometria, trigonometria, astronomia, entre outras. Além disso, ele se correspondeu com muitos estudiosos da mesma época e região, bem como produziu mais de 140 obras. Por isso, escolhemos nos aprofundar acerca de suas contribuições.

Assim, tendo em vista as inquietações/justificativas anteriormente discutidas, propomos uma pesquisa com o objetivo de investigar o conhecimento em trânsito relativo à matemática islâmica medieval por meio da interseção da produção de al-Biruni com outros contemporâneos, disponibilizando material atualizado e cientificamente embasado, por meio da produção de Mapas Mentais Digitais e outras tecnologias. Esses materiais poderão ser utilizados para pesquisa e ensino. Logo, neste trabalho, almejamos relatar resultados dessa pesquisa com abordagem qualitativa e fundamentos que são detalhados ao longo do texto. Desse modo, organizamos o presente artigo em cinco seções que envolvem, além dessa seção introdutória, a seção do referencial teórico da pesquisa; seguida

da seção do percurso metodológico; posteriormente temos uma seção para discutir os resultados obtidos e; por fim, temos as considerações finais.

REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular–BNCC (Brasil, 2017, p. 298), além de recursos didáticos como ábacos, jogos e *softwares* de geometria dinâmica, “é importante incluir a história da matemática como recurso que pode despertar interesse e representar um contexto significativo para aprender e ensinar matemática”. Além disso, elementos históricos podem contribuir para o processo de ensino e aprendizagem de matemática por permitir a reflexão sobre a natureza da atividade matemática (Chorlay *et al.*, 2022). Assim, a história pode revelar a matemática como uma criação humana, em diversos momentos históricos e estabelecer comparações entre conceitos e processos matemáticos do passado e do presente.

Assim como Fauvel e Mannen (2000) trazem funções de uso da história da matemática, Miguel e Miorim (2005) apontam ainda argumentos favoráveis e argumentos questionadores ao uso da HM. De tal modo, os autores defendem que a história pode ser uma fonte de seleção de métodos de ensino, de identificação de obstáculos epistemológicos, que auxilia na compreensão da natureza do pensamento matemático e possibilita a desmistificação da matemática. No entanto, os argumentos questionadores se referem à ausência de literatura adequada, à natureza imprópria da literatura disponível, à história com fator complicador e à ausência do sentido de progresso histórico.

Apesar dos avanços das produções de materiais referentes à história da matemática desde então, ainda são poucos os materiais disponibilizados que se aproximam de uma historiografia atualizada, quando comparado com os materiais norteados por uma historiografia tradicional.

Saito (2015) aponta para uma nova orientação de estudos históricos, na qual há a preocupação com a contextualização do conhecimento matemático. Dessa forma, a historiografia atualizada busca compreender o processo de construção de conhecimentos matemáticos e o contexto no qual as técnicas e conteúdos foram elaborados. Essa vertente incorpora um olhar crítico sobre o desenvolvimento da matemática e pode permitir a compreensão dos contextos sociais, políticos e culturais que influenciaram esse processo. Por isso, apesar da dificuldade em incorporar a historiografia atualizada na formação de professores ou na educação básica, é fundamental produção de materiais que colaborem para uma aproximação dessa vertente.

De acordo com Saito (2015, p. 22) “grande parte do material de história da matemática no Brasil, disponível aos professores de matemática, encontra-se defasada, visto que ainda está baseada numa historiografia que remonta o início do século XX”. Além disso, embora já possamos identificar iniciativas para estudos votados às contribuições não eurocêntricas, a exemplo da matemática islâmica medieval e sobre al-Biruni, consideramos que ainda há necessidade de fomento para produções desta natureza.

De acordo com Roque (2012, p 16), “o mito da ciência como um saber tipicamente greco-ocidental serve, nesse caso, para exaltar a matemática pura, com seu caráter teórico e formal, e para desmerecer os trabalhos da Idade Média, em particular os dos árabes”. No período da Idade Média, os estudiosos islâmicos realizaram trabalhos que “marcam estágios importantes no desenvolvimento da aritmética decimal, da trigonometria plana e esférica, da álgebra e de métodos matemáticos como a interpolação e a aproximação de raízes de equações” (Bergreen, 2000, p. vii). Assim, apesar

de, na perspectiva da historiografia tradicional, a Idade Média ter ficado conhecida como a *idade das trevas*, consideramos que foi um período de muita produção científica nas regiões que atualmente correspondem ao Oriente Médio.

Buscando difundir essas contribuições, enxergamos as tecnologias digitais como um meio de sistematizar as informações históricas relativas à matemática islâmica medieval. Borba, Silva e Gadanidis (2020) e Borba, Souto e Canedo Junior (2022) discutem sobre o desenvolvimento de cinco fases acerca do uso das tecnologias digitais (TD) em educação matemática (EM) no Brasil, as quais marcam o uso de diversas tecnologias no ensino de matemática, como calculadoras, *softwares* de geometria dinâmica, ambientes virtuais, vídeos, entre outras. Observando as mudanças nessa trajetória, é possível perceber um movimento crescente da utilização das TD na educação matemática, ganhando destaque como ferramenta para promover a construção de autonomia, reflexão crítica, interatividade e multimodalidade.

Considerando o que foi supracitado, surge a possibilidade da *aliança* entre a história da matemática e as tecnologias digitais, enquanto uma nova tendência em educação matemática, de modo que

Seu cerne reside no fato de mover-se para além das individualidades que se constituem como extremamente importantes, quando isoladas (exemplo das tendências HM e TD, separadamente), mas que também ao unir-se (aliança) podem se valer de força e importância de constituição (Sousa, 2023, p. 11, grifos do autor).

Nesse sentido, a *aliança* alia e evidencia a HM e as TD. Tais aspectos norteiam as investigações acerca do nosso objeto de estudo. Desse modo, discutiremos a seguir sobre o percurso metodológico desenvolvido.

METODOLOGIA

Em consonância com os objetivos estabelecidos, conforme mencionado, adotamos uma abordagem metodológica qualitativa com procedimentos bibliográficos. Para Oliveira (2008, p. 41), a abordagem qualitativa é “um processo de reflexão e análise da realidade através da utilização de métodos e técnicas para a compreensão detalhada do objeto de estudo em seu contexto histórico e/ou segundo sua estruturação”. Assim, para realização desse tipo de estudo, é necessário um corte epistemológico, delimitando um espaço e um tempo.

Além disso, Gil (2017) também estabelece uma classificação das pesquisas com base nos procedimentos metodológicos utilizados, sendo uma delas a pesquisa bibliográfica, baseada na análise de fontes como livros e artigos em periódicos. Dessa forma, a pesquisa bibliográfica é aquela em que “o pesquisador busca obras já publicadas relevantes para conhecer e analisar o tema e problema da pesquisa a ser realizada” (Sousa, Oliveira, Alves, 2021, p. 65). Então, a pesquisa bibliográfica é realizada a partir de etapas procedimentais que envolvem um levantamento bibliográfico, a seleção de fontes, a produção de fichamentos e análise dos materiais levantados, sistematizando os dados coletados em quadros e/ou outras formas, a exemplo de Mapas.

Tendo isso em vista, realizamos a busca e a investigação de fontes bibliográficas sobre a matemática islâmica medieval, bem como, sobre al-Biruni, seus contemporâneos e suas produções.

Fizemos essa busca em repositórios, periódicos e anais de eventos (a exemplo do Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES; periódicos CAPES; CREPHMAT, revista RHMP; revista BOCHEM; anais do SNHM e anais do SCHM), utilizando descritores como *matemática islâmica* e *al-Biruni*. As leituras foram sistematizadas por meio da produção de fichamentos e da organização de quadros no Google Planilhas (cada coluna correspondendo a sistematização dos dados e categorias), para investigação do contexto de desenvolvimento da matemática islâmica medieval, bem como para o estudo das contribuições de natureza matemática desenvolvidas por al-Biruni e seus contemporâneos.

Para isso, reunimos informações sobre a bibliografia investigada (título, autores, e ano de publicação) e separamos os dados obtidos em categorias, sendo elas: contexto envolvido; trabalhos que tratam de al-Biruni; trabalhos que se referem aos contemporâneos de al-Biruni; e ainda, trabalhos sobre a produção de al-Biruni e seus coeâneos. Por conseguinte, sistematizamos em quadros sintéticos as informações reunidas sobre al-Biruni e os estudiosos que viveram na mesma época e região que ele, separando informações como nome, ano de nascimento e morte, região, trabalhos e obras.

Após essas análises, classificamos a relação de al-Biruni e cada um de seus contemporâneos como relação *direta* ou *indireta*. Neste caso, a relação *direta* se refere a estudiosos que viveram na mesma época e região que al-Biruni, desenvolveram estudos de natureza semelhante e realizaram trabalhos juntamente com al-Biruni. Já a relação *indireta* se refere a estudiosos que viveram na mesma época e região que al-Biruni, desenvolveram estudos de natureza semelhante, mas não realizaram trabalhos diretamente com al-Biruni.

Tais sistematizações contribuíram para a produção de dois Mapas Mentais Digitais que elucidam o conhecimento em trânsito da matemática islâmica medieval em torno de al-Biruni. Para construir esses Mapas, utilizamos o site *LucidChart* (www.lucidchart.com). Segundo Buzan (2009, p. 10), “os Mapas Mentais são um método de armazenar, organizar e priorizar informações”. Assim, os Mapas Mentais são constituídos por um conjunto de elementos interligados de modo a relacionar informações de forma hierárquica. As análises dos resultados obtidos são apresentadas na seção seguinte.

ANÁLISES E RESULTADOS

Conforme a metodologia explicitada, reunimos informações sobre al-Biruni (Figura 1), seus contemporâneos e suas contribuições. Assim, a partir da análise das obras *Master Astronomer and Muslim Scholar of the Eleventh Century* (Scheppeler, 2006), *Episodes in the Mathematics of Medieval Islams* (Berggren, 2000), *A History of Mathematics: An Introduction* (Katz, 2009), das biografias disponibilizadas no site *MacTutor* (<https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/>) e do capítulo sobre al-Biruni no livro *Estudiosos em Ciências e Matemática no Mundo Islâmico Medieval* (Sousa, 2021), foram obtidos resultados sobre a matemática islâmica medieval, que culminaram na produção de Mapas Mentais Digitais que evidenciam as produções e relações entre al-Biruni e seus contemporâneos.

Figura 1 – Abu Arrayhan Muhammad ibn Ahmad al-Biruni (973–1048).



Fonte: O'Connor; Robertson (1999).

De fato, chegamos que Abu Arrayhan Muhammad ibn Ahmad al-Biruni (973–1048), nasceu na região de Khwarazm, próxima ao Mar Aral, que atualmente corresponde ao Caracalpaquistão, no Uzubequistão (Figura 2). Ele iniciou seus estudos em Kath quando tinha cerca de 17 anos, com o apoio de Abu Nasr Mansur (970–1036), que foi seu mentor.

Figura 2 – Região de Khwarazm.



Fonte: MacTutor (1999).

O período do final do século X e início do século XI foi marcado por muitos conflitos nessa região islâmica. Khwarazm fazia parte do Império Samanid, governado pelo Banu Iraque, Abu Nasr Mansur era um príncipe dessa família (O'Connor; Robertson, 1999). Em 995, al-Biruni precisou fugir, pois o governo dos Banu Iraque foi derrubado por um golpe. Nesse contexto, ele foi para Rayy em 995, onde viveu um período de instabilidade, pois não conseguiu patrocínio. Posteriormente, al-Biruni foi para Gorgan por volta de 1000, onde conseguiu o apoio financeiro de Qabus. Em 1004, retornou para Kath a convite de al-Hasan, um governante que incentivava a produção científica e montou uma corte de estudiosos (Schepler, 2006). Posteriormente, quando Mahmud tomou o poder, al-Biruni se tornou prisioneiro, mas ainda assim pôde ter acesso a instrumentos astronômicos e realizar seus estudos. As conquistas de Mahmud tiveram influência em grandes partes da Índia, por isso al-Biruni também foi para a Índia, onde estudou sobre a cultura indiana (Berggren, 2000). Ele desenvolveu trabalhos durante grande parte da sua vida, sua produção conta com cerca de mais de 140 obras, sendo algumas delas *A Cronologia das Nações Antigas, Índia e Cartografia*, contribuindo para conhecimentos de diversas áreas que hoje conhecemos como álgebra, geometria, trigonometria, geografia, física, astronomia, entre outras (Sousa, 2021).

Nesse período, outros estudiosos realizavam investigações de natureza semelhante aos estudos que al-Biruni se dedicou. Inclusive, al-Biruni realizou trabalhos em conjunto com alguns desses estudiosos. Nesse sentido, como resultado da nossa pesquisa, obtivemos um mapeamento de islâ-

micos contemporâneos que al-Biruni. A partir do aprofundamento sobre os trabalhos realizados por al-Biruni e seus contemporâneos, produzimos dois quadros acerca da análise de uma linha do tempo e de biografias disponíveis no site MacTutor, bem como das obras *Episodes in the Mathematics of Medieval Islams* (Berggren, 2000) e *A History of Mathematics: An Introduction* (Katz, 2009).

Os quadros contêm informações sobre o contexto da região islâmica; trabalhos e obras desenvolvidos pelos estudiosos; conhecimentos de natureza matemática estudados por eles; e apontamentos acerca da relação de al-Biruni e seus contemporâneos. Esses quadros podem ser acessados no link: [Quadros–Mapeamento](#). A partir da análise desses quadros, foi possível mapear 14 estudiosos que viveram na mesma época e região que al-Biruni, além de identificar se eles tiveram relação direta (desenvolveram trabalhos juntos) ou indireta (não se corresponderam diretamente) com ele. O Quadro 1 a seguir mostra cada estudioso e a classificação de sua relação com al-Biruni.

Quadro 1 – Classificação da relação de al-Biruni com os seus contemporâneos.

Nome	Classificação da relação com al-Biruni	Nome	Classificação da relação com al-Biruni
Aryabhata II (920-1000)	Indireta	Abu Bekr ibn Muhammad ibn al-Husayn Al-Karaji (953-1029)	Indireta
al-Quhi (940-1000)	Indireta	Abu Ali al-Hasan ibn al-Haytham (965-1040)	Indireta
Abu Mahmud Hamid ibn al-Khidr Al-Khujandi (940-1000)	Direta	Abu Nasr Mansur ibn Ali ibn Iraq (970-1036)	Direta
Vijayanandi (940-1010)	Indireta	Abu Mansur ibn Tahir Al-Baghdadi (980-1037)	Indireta
Mohammad Abu'l-Wafa Al-Buzjani (940-998)	Direta	Abu Ali al-Husain ibn Abdallah ibn Sina (980-1037)	Direta
Abu Said Ahmad ibn Muhammad Al-Sijzi (945-1020)	Direta	Abu al-Hasan Ali ibn Ahmad Al-Nasawi (1010-1075)	Indireta
Abu'l-Hasan Ali ibn Abd al-Rahman ibn Yunus (950-1009)	Indireta	Sripati (1019-1066)	Indireta

Fonte: Elaborado pelas autoras (2024).

Observando o Quadro 1, podemos identificar 5 estudiosos que tiveram relação direta com al-Biruni, são eles: Abu Nasr Mansur ibn Iraq (970-1036), Abu Ali Al Hussain ibn Abdallah ibn Sina (Avicena) (980-1037), Abu Said Ahmad ibn Muhammad ibn Abd al-Jalil al-Sijzi (945-1020), Abu Mahmud Hamid ibn al-Khidr Al-Khujandi (940-1000) e Mohammad Abu'l-Wafa Al-Buzjani (940-998). Tais relações são especificadas sumariamente no Quadro 2.

Quadro 2 – Relação de al-Biruni com alguns contemporâneos.

Nome	Relação com al-Biruni
Abu Nasr Mansur ibn Iraq	Primeiro patrocinador e tutor de al-Biruni, em Kath. Mansur colaborou com al-Biruni em matemática e astronomia. Além disso, posteriormente os dois fizeram parte do grupo de acadêmicos da corte de Abu al-Hasan Ali.
Abu Ali Al Hussain ibn Abdallah ibn Sina (Avicena)	Fazia parte do grupo de acadêmicos da corte de al-Hasan Ali juntamente com al-Biruni. Ibn Sina também se correspondeu, por cartas, com al-Biruni, respondendo perguntas feitas por esse último. Nas cartas enviadas os estudiosos tratavam de assuntos relacionados por exemplo à física, filosofia e astronomia
Abu Said Ahmad ibn Muhammad ibn Abd al-Jalil al-Sijz	al-Biruni o admirava e a precisão de seu astrolábio heliocêntrico. Eles também se corresponderam através de cartas, as quais continham provas nas versões plana e esférica da Lei dos Senos.
Mohammad Abu'l-Wafa Al-Buzjani	Abu'l-Wafa combinou com al-Biruni de observar um eclipse lunar em 24 de maio de 997, visível em Bagdá e Kath, respectivamente. Isso possibilitou que eles calculassem a diferença de longitude entre as cidades devido a comparação de seus horários.
Abu Mahmud Hamid ibn al-Khidr Al-Khujandi	al-Khujandi discutiu com al-Biruni observações feitas através do seu sextante em 994, para os solstícios de verão e de inverno, em que ele pôde calcular a inclinação do eixo de rotação da terra e latitude de Rayy. al-Biruni mais tarde relatou sobre isso em seu Tahdid, apontando os erros na precisão dos cálculos de al-Khujandi devido ao peso de seu instrumento.
Abu Sahl Masihi	Fazia parte do grupo de acadêmicos da corte de al-Hasan Ali juntamente com al-Biruni.
Abu al-Khayr Khummar	Fazia parte do grupo de acadêmicos da corte de al-Hasan Ali juntamente com al-Biruni.

Fonte: Quaresma; Sousa (2023).

Tais informações, bem como os principais trabalhos e obras produzidos por cada um desses estudiosos foram utilizadas na criação do *Mapa Mental: Árvore Genealógica Científica em torno de al-Biruni* (Figura 3) (disponível no link: Mapa Mental 1).

Figura 3 – Visão geral do Mapa Mental: Árvore Genealógica Científica em torno de al-Biruni.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Esse Mapa Mental foi organizado no formato de uma árvore genealógica científica em torno de al-Biruni. Desse modo, al-Biruni é a figura central, está no topo do Mapa, e as figuras dos outros estudiosos estão dispostas em três linhas, seguindo um critério de hierarquia conforme o nível de sua relação com al-Biruni. Na primeira linha, estão os contemporâneos cuja relação com al-Biruni foi mais evidente e, na terceira linha, estão aqueles cuja relação foi menos evidente. Além disso, para cada estudioso foram associadas três informações, nessa ordem: trabalhos desenvolvidos, principais obras, descrição de sua relação com al-Biruni.

Outrossim, baseados na análise bibliográfica realizada, obtivemos informações sobre conhecimentos de natureza matemática desenvolvidos por al-Biruni e seus contemporâneos. Quando al-Biruni estava na Índia, observou de uma montanha alta adjacente ao forte Nandana, uma grande planície ao sul da montanha, então decidiu observar o seu método de encontrar a circunferência da Terra lá. Nesse método, al-Biruni estabelece uma relação entre a altura da montanha e o raio da Terra, utilizando a Lei dos Senos e conhecimentos equivalentes a relações de ternos pitagóricos (hoje conhecida como Teorema de Pitágoras). Ele encontrou o valor de 80.478.118,3039 cúbitos (unidade de medida de comprimento baseada na medida de uma parte do corpo humano) para a circunferência da Terra, o que equivale a 36.794,6692 Km, o que é bem próxima da medida de 40.075 Km que conhecemos hoje para o comprimento da circunferência da Terra.

al-Biruni também resolveu problemas envolvendo a distância entre dois pontos na superfície da Terra. Um desses problemas era o de encontrar a direção de Meca em relação a uma determinada localidade. Esse problema “foi um produto da religião do Islã, pois Meca é o ponto mais sagrado do mundo islâmico, e é a direção para a qual os muçulmanos devem se voltar para fazer suas cinco orações diárias” (Berggren, 2000, p. 182, tradução nossa). Isso evidencia a influência da religião no desenvolvimento científico dessa região nessa época.

Os estudiosos islâmicos também precisavam de tabelas trigonométricas (por exemplo, a tabela mostrada na Figura 5) e de métodos de interpolação linear. Assim, eles desenvolviam tabelas que forneciam as posições do sol, da lua e dos planetas em intervalos de tempo ao longo do ano, assim, eles utilizavam a interpolação para compilar essas tabelas.

Figura 4 – Transcrição de parte das tabelas senoidais de al-Biruni.

Deg- rees	Min- utes	Sines				Differences			Corrections			
		Minutes	Seconds	Thirds	Fourths	Seconds	Thirds	Fourths	Minutes	Seconds	Thirds	Fourths
0	15	0	15	42	28	15	42	28	1	2	49	52
0	30	0	31	24	56	15	42	25	1	2	49	40
0	45	0	47	7	21	15	42	22	1	2	49	28
1	0	1	2	49	43	15	42	18	1	2	49	12
1	15	1	18	32	1	15	42	12	1	2	48	48
1	30	1	34	14	13	15	42	6	1	2	48	24
1	45	1	49	56	19	15	41	58	1	2	47	52

Fonte: Episodes in the Mathematics of Medieval Islams (Berggren, 2000, p. 147).

Além de al-Biruni, estudiosos como Abu Nasr Mansur, Yunus e Abu Wafa trabalharam com a investigação de funções trigonométricas e com tabulações. Os principais tópicos de natureza matemática estudados por al-Biruni e seus contemporâneos são mostrados no Quadro 3.

Quadro 3 – Conhecimentos de natureza matemática estudados por al-Biruni e seus contemporâneos.

Estudioso	Conhecimentos de natureza matemática estudados
al-Biruni	Determinação da circunferência da Terra, função seno, tabulações astronômicas, interpolação, distância entre localidades, diferenças de latitudes, somatório de séries, análise combinatória, regra de três, números irracionais, teoria das razões, método de resolução de equações algébricas, trisseção do ângulo e outros problemas que não podem ser resolvidos apenas com régua e compasso, seções cônicas, projeção estereográfica, teorema do seno no plano, resolução de triângulos esféricos.

Abu Nars Mansur	Lei dos senos, funções trigonométricas, tabulações astronômicas, interpolação, trigonometria esférica.
Avicena	Diferenças de latitude, subdivisão da matemática, instrumentos astronômicos.
al-Sijz	Problema da trissecção do ângulo, decomposição do cubo, teorema do seno, construção de um heptágono, trigonometria esférica, medição de esferas, cônicas.
al-Karaji	Potências, sequências, proporções, operações entre monômios e polinômios, determinação de incógnitas, matriz triangular, somas de cubos integrais.
Abu Wafa	Construção de um pentágono, funções trigonométricas, problemas envolvendo compasso, mensuração, pagamento de impostos, unidades monetárias, números negativos, construção de um quadrado, trigonometria esférica, diferenças de latitudes.
ibn Yunus	Diferenças de latitudes, tabulações astronômicas, interpolação, funções trigonométricas.
al-Baghdadi	Pagamento de impostos, sistema sexagesimal, numerais, frações, números irracionais, aritmética empresarial.
al-Nasawi	números inteiros, frações, operações, raízes quadradas e cúbicas.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2024).

A partir da análise do Quadro 3, podemos notar que as produções dos estudiosos islâmicos contribuíram para diversos tipos de conhecimentos de natureza matemática. Neste caso, ganham destaque as tabulações astronômicas, as interpolações, as funções trigonométricas, as operações, a trigonometria esférica, as diferenças de latitudes, o teorema do seno, as construções geométricas e o estudo dos conjuntos numéricos.

Figura 5 – Visão geral do Mapa Mental: al- Biruni, alguns de seus contemporâneos e suas contribuições de natureza matemática.



Fonte: Elaborado pelas autoras (2024).

Tais contribuições são descritas sucintamente no *Mapa Mental: al- Biruni, alguns de seus contemporâneos e suas contribuições de natureza matemática* (Figura 5), que pode ser acessado no link: Mapa Mental 2. O Mapa possui uma organização radial, com al-Biruni como figura central, interligando-o a alguns de seus contemporâneos, os quais foram representados por figuras dispostas ao redor da figura de al-Biruni. A cada um dos estudiosos, são associados os conhecimentos de natureza matemática produzidos por eles.

A construção dos Mapas Mentais possibilitou uma associação visual das informações, permitindo o uso de imagens, a integração de *hiperlinks* e a movimentação da estrutura do Mapa Digital (ampliação e direcionamento), permitindo a interatividade propiciada por essas tecnologias digitais. Além disso, esses materiais podem ser constantemente atualizados, com maior facilidade para reor-

ganização de seus elementos do que se fossem produzidos no meio físico. Assim, os Mapas desenvolvidos representam uma *aliança* (Sousa, 2023) entre História da Matemática e Tecnologias Digitais.

Desse modo, os Mapas apresentam contribuições importantes na história da matemática, com ênfase na contribuição da matemática islâmica medieval. Assim, eles podem colaborar para uma melhor compreensão do seu contexto e do processo de construção de conhecimentos matemáticos, numa perspectiva que se aproxima da historiografia atualizada, conforme Saito (2015). Além dos Mapas Mentais, em nossa pesquisa obtivemos outros produtos com o uso das tecnologias digitais, como HQs e vídeos³, que também sistematizam as informações supracitadas. Portanto, essa pesquisa é fundamental para a visibilização das contribuições islâmicas medievais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Norteados pelo objetivo de elucidar conhecimento em trânsito da matemática islâmica medieval em torno de al-Biruni, foi possível aprofundar conhecimento acerca do nosso objeto de estudo, de modo a evidenciar relações entre al-Biruni e seus contemporâneos por meio da produção de Mapas Mentais Digitais. Assim, identificamos conhecimentos de natureza matemática desenvolvidos, que possuem relação de forma evidente com que conhecemos hoje por trigonometria, geometria, álgebra e aritmética.

Como desdobramentos futuros, os Mapas Mentais elaborados poderão ser utilizados na formação de professores e na educação básica, como uma possibilidade de fomento da aliança entre história da matemática e tecnologias digitais, podendo contribuir para o processo de ensino e aprendizagem em matemática, de forma objetiva, visual, interativa e contextualizada. A partir do contexto e dos conhecimentos de natureza matemática mapeados, poderemos nos aprofundar acerca de conteúdos matemáticos específicos que poderão gerar novos Mapas Mentais ou outros materiais que utilizem as tecnologias digitais como recurso, trabalhando eixos como geometria e álgebra, entre outros, além das informações históricas, por exemplo, por meio de atividades associadas.

Além disso, os materiais produzidos, evidenciam informações sobre o contexto em que viviam os estudiosos islâmicos medievais e como isso influenciou o desenvolvimento de conhecimentos nessa época e região, bem como difundem (por meio dos hiperlinks) outras fontes que tratam desses conteúdos. Por isso, os Mapas Mentais poderão estimular novas pesquisas sobre a temática, auxiliando na compreensão do contexto da matemática islâmica medieval e de conhecimentos de natureza matemática desenvolvidos nessa época e região.

Almejamos ainda buscar e analisar mais fontes relativas às produções de al-Biruni e seus contemporâneos, adicionar mais informações nos Mapas Mentais, conforme a pesquisa for avançando, e produzir novos materiais utilizando as tecnologias digitais (a exemplo de novos Mapas Mentais, HQs, podcasts, vídeos, entre outros). Portanto, esse trabalho contribui para a difusão das contribuições da matemática islâmica medieval, para a disponibilização de materiais cientificamente embasados numa perspectiva de aproximação historiográfica atualizada e para uma melhor compreensão da própria matemática.

³ A HQ digital pode ser acessada em: HQ—Uma história de al-Biruni e o vídeo está disponível em: <https://www.instagram.com/reel/DAQ5fVhJOK2/?igsh=MWZuanZ0cHNsenB4Zw==>.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa de Educação Tutorial de Matemática da UFRN (PET) (FNDE) e da Pró-Reitoria de Pesquisa da UFRN (PROPESQ).

REFERÊNCIAS

BERGGREN, John Lennart. **Episodes in the mathematics of medieval Islam**. Canadá: Springer, 2000.

BORBA, Marcelo de Carvalho; SILVA, Ricardo Scucuglia Rodrigues da; GADANIDIS, George. **Fases das Tecnologias Digitais em Educação Matemática: sala de aula e internet em movimento**. Belo Horizonte: Autêntica, 2020.

BORBA, Marcelo de Carvalho; SOUTO, Daise Lago Pereira; CANEDO JUNIOR, Neil da Rocha. **Vídeos na educação matemática: Paulo Freire e a quinta fase das tecnologias digitais**. Belo Horizonte: Autêntica, 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2017. Disponível em: https://www.gov.br/mec/pt-br/escola-em-tempo-integral/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal.pdf. Acesso em: 29 set. 2024.

BUZAN, Tony. **Mapas Mentais**. Tradução de Paulo Polzonoff Jr. Rio de Janeiro: Sextante, 2009. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/426848485/Tony-Buzan-Mapas-Mentais-z-lib-org-pdf>. Acesso em 28 nov. 2024.

CHORLAY, Renaud; CLARK, Kathleen Michelle; TZANAKIS, Constantinos. History of mathematics in mathematics education: Recent developments in the field. **ZDM – Mathematics Education**, [S.I.], v. 54, p. 1407-1420, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11858-022-01442-7>. Acesso em 8 out 2023.

FAUVEL, J., VAN MAANEN, J. **History in Mathematics Education**. The ICMI Study. 2000.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. – São Paulo: Atlas, 2017.

KATZ, Victor Joseph. **A History of Mathematics: An introduction**. 3 ed. Pearson Education, 2009.

MACTUTOR. **Maths History**. (1999). Disponível em: <https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/>. Acesso em: 01 out. 2024.

MIGUEL, Antonio; MIORIM, Maria Ângela. **História na educação matemática: propostas e desafios**. 1. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2005.

O'CONNOR, John Joseph; ROBERTSON, Edmund Frederick. **MacTutor–Abu Arrayhan Muhammad ibn Ahmad al-Biruni**. University of St Andrews, Escócia. (1999). Disponível em: <https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Al-Biruni/>. Acesso em: 23 nov. 2024.

OLIVEIRA, Maria Marly. **Como fazer pesquisa qualitativa**. 3 ed. Petrópolis/RJ: Vozes, 2008.

QUARESMA, Vitória Lima; SOUSA, Giselle Costa de. **Uma história da matemática islâmica medieval via hq e mapas mentais na educação**. Anais IX CONEDU. Campina Grande: Realize

Editora, 2023. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/95583>. Acesso em 10 out. 2024.

ROQUE, Tatiana. **A História da Matemática: uma visão crítica: Desfazendo mitos e lendas**. Rio de Janeiro: Ed. Zahar, 2012.

SAITO, Fumikazo. **História da matemática e suas (re)construções contextuais**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.

SCHEPPLER, Bill. **Al- Biruni: Master Astronomer and Muslim Scholar of the Eleventh Century**. New York: The Rosen Publishing, 2006.

SOUSA, Angélica Silva; OLIVEIRA, Guilherme Saramago; ALVES, Laís Hilário. **A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos**. Cadernos da FUCAMP, v. 20, n. 43, 2021.

SOUSA, Giselle Costa de. Abu Arrayhan Muhammad ibn Ahma al-Biruni (973 – 1048). In: MOREY, Bernadete; PEREIRA, Ana Carolina Costa (org). **Estudiosos em Ciências e Matemática no Mundo Islâmico Medieval**. Fortaleza: Editora da Universidade Estadual do Ceará, 2021, p. 98-126.

SOUSA, Giselle Costa de. **Aliança entre História da Matemática e Tecnologias via Investigação Matemática**. São Paulo: Livraria da Física, 2020.

SOUSA, Giselle Costa de. **Aliança entre história da matemática e tecnologias digitais na educação matemática**. São Paulo: Livraria da Física, 2023.