



Curso Superior de Licenciatura em Biologia

LAURA EDUARDA FERNANDES FRANÇA

**MAPEANDO A PESQUISA EM ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR:
análise bibliométrica da produção científica indexada na base Scopus**

Planaltina-DF
2022

LAURA EDUARDA FERNANDES FRANÇA

MAPEANDO A PESQUISA EM ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR:
análise bibliométrica da produção científica indexada na base Scopus

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em Biologia do *Campus* Planaltina do Instituto Federal de Brasília como requisito parcial para obtenção de título de Licenciada em Biologia.

Orientadora: Prof.^a Dra. Mayara Lustosa
Barbosa

Planaltina-DF
2022



Curso Superior de Licenciatura em Biologia

LAURA EDUARDA FERNANDES FRANÇA

MAPEANDO A PESQUISA EM ENSINO DE BIOLOGIA CELULAR:
análise bibliométrica da produção científica indexada na base Scopus

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Licenciatura em Biologia do *Campus* Planaltina do Instituto Federal de Brasília como requisito parcial para obtenção de título de Licenciada em Biologia.

Orientadora: Prof.^a Dra. Mayara Lustosa Barbosa

Aprovado em: 07 de janeiro de 2022

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dra. Mayara Lustosa Barbosa – Orientadora

Prof.^a Dra. Juliana Rocha de Faria Silva – Examinadora

Prof.^a Dra. Renata Henrique Santana – Examinadora

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer a mim, por ter conseguido chegar até aqui. A caminhada foi longa e difícil, mas com as pessoas certas ao meu lado e com Deus à frente, tudo se encaminhou para o certo.

Gostaria de agradecer à Prof.^a dra. Mayara Lustosa de Oliveira Barbosa por ter me mostrado como ser uma ótima profissional. Durante esses anos de graduação, a levei comigo como inspiração. Não teria conseguido concretizar esse trabalho sem a sua orientação e apoio.

Gostaria de agradecer também à Prof.^a Dra. Juliana Rocha de Faria Silva, que me orientou no projeto de iniciação científica e me ensinou como ser mais independente e uma excelente profissional. Sou muito grata a vocês por terem me dado o exemplo de como ser uma mulher forte, inteligente e responsável.

Gostaria de agradecer a toda a minha família, em especial à minha irmã, também bióloga, que me ajudou a pensar e repensar conceitos e estratégias de montar o meu trabalho e ao meu companheiro, que esteve comigo quando precisei e me apoiou nos momentos mais difíceis.

Por fim, mas não menos importante, sou grata ao IFB, por ter me proporcionado uma educação de qualidade, com profissionais extraordinários e também por me proporcionar conhecer amigos que vou levar para o resto da vida.

RESUMO

A Biologia celular (BC) é uma das disciplinas base para a maioria dos cursos da área das biológicas. Por essa razão, inúmeros pesquisadores se dispõem a desenvolver e avaliar métodos que facilitem os processos de ensino e aprendizagem da disciplina. Contudo, não são encontradas muitas publicações atuais que cataloguem os achados de tais pesquisas, de modo a sumarizar e compartilhar dados bibliométricos a respeito dessa área. Foi objetivo dessa pesquisa realizar uma análise bibliométrica da produção científica sobre o ensino na área da BC, verificando a evolução do campo e características relacionadas aos principais autores, países, redes de colaboração e cocitação, assim como os assuntos mais frequentes nos artigos. Para isso foi utilizada a base Scopus e o programa RStudio. Como resultados, foram encontrados 721 artigos, publicados em 260 fontes ao longo de 59 anos. Os Estados Unidos exercem dominância em pesquisas sobre o tema, concentrando o maior número de publicações, autores, instituições e revistas envolvidas. As redes de colaboração são esparsas e pouco estruturadas. As redes de cocitação revelam predominância no uso de metodologias ativas e inventários como métodos de ensino. Em relação às lacunas na pesquisa, é possível identificar estudos focados apenas em cursos de graduação, deixando de lado a educação básica. Este estudo permite uma visão geral da evolução da pesquisa na área do ensino da BC, bem como contribui para o direcionamento de pesquisadores interessados em seguir nessa linha de pesquisa.

Palavras-chave: Biologia Celular; Bibliometria; Ensino; Aprendizagem.

ABSTRACT

Cell biology (CB) is one of the basic disciplines of most biological courses. For this reason, numerous researchers are engaged in developing and evaluating methods to facilitate the teaching and learning processes of this discipline. However, there are not many current publications that catalog the findings of such research in order to summarize and share bibliometric data about this area. The objective of this research was to carry out a bibliometric analysis of the scientific production on teaching in the area of CB, verifying the evolution of the field and characteristics related to the main authors, countries, collaboration networks and co-citation, as well as the most frequent subjects in the articles. For this, the Scopus database and the RStudio program were used. As results, 721 articles were found, published in 260 sources over 59 years. The United States dominates the research on the theme, concentrating the largest number of publications, authors, institutions and journals involved. Collaboration networks are sparse and poorly structured. The co-citation networks reveal a predominance in the use of active methodologies and inventories as teaching methods. Regarding gaps in research, it is possible to identify studies focused only on undergraduate courses, leaving aside basic education. This study allows an overview of the evolution of research in the area of CB teaching, as well as contributes to the direction of researchers interested in pursuing this line of research.

Keywords: Cell Biology; Bibliometrics; Teaching; Learning.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	9
2.1	Caracterização da Pesquisa	9
2.2	Levantamento de dados e delimitação da amostra	9
2.3	Análise de dados	10
3	RESULTADOS E DISCUSSÕES	12
3.1	Crescimento das pesquisas no decorrer dos anos	12
3.2	Principais periódicos e autores na área	13
3.3	Países com maior número de autores dedicados a pesquisas sobre o Tema	15
3.4	Redes de colaboração e de cocitação	16
3.5	Análise de co-ocorrência e dos tópicos de tendência na área	19
4	CONCLUSÃO	23
5	REFERÊNCIAS	24

1. INTRODUÇÃO

A Biologia celular (BC) é uma das disciplinas base para a maioria dos cursos da área das biológicas. Ela se desdobra em uma sequência de estudos relacionados ao entendimento da unidade básica de formação dos seres vivos. Define o micro, para assim, se entender o macro (VIGARIO; CICILLINI, 2019). Por ser considerada uma disciplina desafiadora para os estudantes, o ensino da BC demanda aplicação de propostas didáticas variadas, permitindo melhor compreensão dos conceitos abstratos que a compõem (LIMA, 2020; BEAULIEU e PETIT-TURCOTTE, 2018).

Além de ser uma disciplina presente no ensino superior, o conteúdo de BC compõe também parte da grade curricular do ensino fundamental e médio, nos quais a falta de propostas de ensino mais atuais, tem levado ao descontentamento de alunos com relação ao conteúdo, que muitas vezes se torna mais complexo quando ensinado de maneira passiva e monótona (LIMA, 2020; SOARES; BARBOSA; SILVA, 2021).

Para Krasilchik (1996), a biologia pode ser a mais relevante e digna da atenção dos alunos, ou pode ser a menos importante, depende do que é lecionado e de como é lecionado. É a partir deste pressuposto que inúmeros pesquisadores e professores se dispõem a procurar e a criar métodos de ensino e aprendizagem de BC. São encontradas diversas pesquisas relacionadas ao ensino da BC e meios pelos quais o docente pode apresentar seus conceitos de forma diferente e instigante (SOARES; BARBOSA; SILVA, 2021; VIGARIO; CICILLINI, 2019).

Em contrapartida, não são encontradas muitas publicações atuais que catalogam e levantam todas essas informações sobre propostas metodológicas para o ensino e aprendizagem de BC. Um único exemplo de revisão com esse intuito na área de BC, publicado nos últimos cinco anos, é o artigo de Paiva, Guimarães e Almeida (2018), o qual utiliza como marco temporal inicial a década de 1990 e analisou trabalhos publicados nas principais revistas de pesquisa em ensino de Ciências no âmbito nacional e em anais de encontros nacionais da área.

Com relação ao cenário internacional, a publicação de Veselinovska, Gudevab e Djokic (2011), apresenta apenas uma revisão narrativa apontando métodos apropriados para o ensino da BC. Os autores afirmam que uma combinação de múltiplas abordagens de ensino é necessária para transformar uma aprendizagem superficial em uma aprendizagem profunda, incluindo habilidades de resolução de problemas, habilidades de comunicação e habilidade de cooperação.

Outro exemplo que leva em consideração os últimos dez anos, é o trabalho de Oliveira e Colaboradores (2013), os quais examinaram dissertações e teses abordando o tema ensino da BC no Brasil a partir das informações contidas no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES, publicadas no período de 1987 a 2011. Entretanto, nas buscas realizadas para a construção deste projeto não foram constatados trabalhos que considerassem 1) todos os níveis de ensino, 2) o histórico global de publicações na área de ensino da BC, e 3) a análise de um período de mais de 50 anos incluindo publicações nacionais e internacionais em todas as línguas disponíveis.

Dado o exposto, o objetivo da presente proposta é realizar uma análise bibliométrica da produção científica sobre o ensino na área da BC na base de dados Scopus, considerando as primeiras publicações disponíveis sobre o assunto (1962) até o último trabalho publicado em setembro de 2021, e, analisar a evolução e características bibliométricas das pesquisas nacionais e internacionais relacionadas ao ensino da BC na Educação Básica e Superior, levando em consideração: 1) os principais periódicos e autores envolvidos em pesquisas na área, tendo como base o número de publicações e o impacto destas, 2) os países com maior número de autores dedicados a pesquisas no tema, assim como a frequência de colaboração internacional entre eles, 3) quais as publicações mais influentes, considerando o número de citações, identificando de maneira resumida o conteúdo destas e 4) as redes de colaboração e cocitação existentes na área. Tal proposta amplia o corpo amostral das publicações anteriormente mencionadas e permite uma visão mais extensa da área.

A técnica da bibliometria foi escolhida pois, segundo Agarwal (2016), trata-se de um processo de extração de dados mensuráveis de estudos que permite uma análise quantitativa em larga escala. Além disso, a bibliometria é um dos principais métodos para medir objetivamente o impacto das publicações acadêmicas (HERNÁNDEZ-TORRANO; SOMERTON; HELMER, 2020). A técnica tem a vantagem de coletar e processar grandes quantidades de informações, auxiliando na divulgação científica, na identificação de lacunas e na proposição de inovações em todos os campos de estudo (PAYUMO; SUTTON, 2015; HASSAN; HADDAWY, 2015).

Tendo em vista o potencial da bibliometria, acredita-se que a análise de publicações na área do ensino da BC pode não só ajudar a socializar algumas das práticas desenvolvidas, mas verificar também o panorama, as tendências e avaliar

possíveis lacunas para abrir espaço para inovações neste campo. Haja vista que, quando se tem um número considerável e representativo de publicações sistematizadas, em um só manuscrito, é possível, a partir desses dados, fazer observações, propor inovações, estabelecer conexões com pesquisadores experientes e projetar o desenvolvimento de novos métodos de ensino, tendo como base as evidências identificadas em pesquisas prévias (PEREIRA; BARBOSA, 2020). É também relevante dizer que em qualquer área do conhecimento é importante parar e analisar o caminho percorrido, bem como as opções a seguir, afinal, atitudes como essa podem representar a diferença entre um campo de investigação bem-sucedido e um campo fragmentado, que não produz inovações significativas (TEIXEIRA, MEGID-NETO, 2011). Por essas razões justificam-se os esforços da presente pesquisa.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1. Caracterização da Pesquisa

A presente pesquisa é de natureza básica, descritiva-exploratória, com abordagem predominantemente quantitativa e, quanto aos procedimentos, trata-se de uma revisão bibliográfica (PRODANOV; FREITAS, 2013). Ressalta-se que a revisão bibliográfica será do tipo revisão sistemática, tendo em vista que será composta pelas seguintes etapas: 1) selecionar os objetivos da pesquisa, 2) estabelecer os critérios de inclusão e exclusão de publicações na amostra, 3) definir as informações a serem extraídas de acordo com os objetivos e 4) analisar e discutir os resultados.

A técnica empregada para levantamento e análise dos dados foi a bibliometria, fazendo uso de manuscritos extraídos do banco de dados da base *Scopus*. As revisões bibliométricas oferecem uma abordagem alternativa para mapear um campo de pesquisa que permite uma cobertura consideravelmente maior, em menor tempo e com maior objetividade ao selecionar e analisar a literatura disponível (HERNÁNDEZ-TORRANO; SOMERTON; HELMER, 2020).

2.2 Levantamento de dados e delimitação da amostra

Como apontado anteriormente, para obter um levantamento de dados abrangente, a pesquisa foi realizada na base *Scopus*. Isso porque além de ser reconhecida mundialmente pela abrangência e critérios de seleção de revistas

indexadas, possui também milhares de exemplares disponíveis em sua plataforma (BURNHAM, 2006). Houve uma tentativa inicial de busca na base Web of Science, contudo esta apresentou-se mais seletiva, revelando menos resultados a respeito da área, fato apontado pela literatura recente (SIGNH *et al.*, 2021). Assim, tendo em vista a cobertura mais exaustiva de publicações, a Scopus foi selecionada para levantamento dos artigos a respeito da temática de pesquisa.

Na base, a ferramenta utilizada para a busca foi a “pesquisa avançada”. Os descritores para a busca foram selecionados a partir das orientações do *thesaurus* de Educação da Unesco e nos Descritores em Ciências da Saúde (DESCS – BIREME), sendo estes “Biologia Celular”, “educação”, “aprendizagem” e “ensino” (em inglês “Cell Biology”, “education”, “learning” e “teaching”). De acordo com o Portal da Rede BVS, O DESCs serve como uma linguagem única na indexação de artigos de revistas científicas, livros, anais de congressos, relatórios técnicos, e outros tipos de materiais.

Além dos descritores, para adequação da fórmula de busca na base de dados e de modo a obter uma pesquisa mais completa e abrangente possível, serão utilizados operadores booleanos “AND” e “OR”. Outro detalhe é a adição do termo "TITLE-ABS-KEY" antes da fórmula, que significa que o descritor pode ser encontrado no título, resumo ou palavras-chave do artigo.

Vale ressaltar que a busca na base de dados é realizada em inglês e seleciona todas as publicações a partir de 1962, ano de início das publicações sobre o tema na base, até 2021. Assim, a fórmula de busca na base de dados foi: “TITLE-ABS-KEY(("cell biology" AND education) OR ("cell biology" AND teaching) OR ("cell biology" AND learning) OR ("cell biology" AND literacy) OR ("cell biology" AND classroom) OR ("cell biology" AND curriculum))”.

A pesquisa foi realizada em setembro de 2021, considerando todos os artigos publicados até esse mês do ano, de modo a obter resultados mais atuais. Após a busca, foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão das publicações. No caso de inclusão, os critérios foram: 1) somente artigos científicos (excluindo trabalhos publicados em eventos, editoriais, capítulos de livro etc.) revisados por pares em revistas indexadas na base Scopus, 2) artigos diretamente relacionados ao tema do ensino da BC. Após a aplicação dos critérios acima elencados, a amostra foi delimitada, exportada da base e seguiu para a análise dos dados.

2.3. Análise de dados

Para a análise da amostra, todos os dados dos artigos foram extraídos em formato BibTex e exportados para o programa e ambiente de desenvolvimento R-Studio. O *software* é gratuito e permite construir e visualizar mapas bibliométricos com base em dados de rede. O *software* R, é um ambiente computacional especializado na manipulação, análise e visualização gráfica de dados e cálculos estatísticos (FONSECA; JR., 2019).

Nele foi utilizado o pacote do Bibliometrix, de modo a preparar os dados para serem tratados no Biblioshiny. O Bibliometrix fornece um conjunto de ferramentas para pesquisa quantitativa em bibliometria e cientometria. É escrito na linguagem R, que é um ambiente e ecossistema de código aberto (ARIA; CUCCURULLO, 2017).

De acordo com Moreira, Guimarães e Tsunoda (2020), o Biblioshiny é uma ferramenta de código aberto que abrange uma série de possibilidades de análises quantitativas, podendo ser utilizada por meio de comandos (*scripts*) ou interfaces gráficas. É necessário salientar que a Scopus também possui seu sistema de análise, mas o Biblioshiny realiza análises mais abrangentes de mapeamento científico e suporta um fluxo de trabalho recomendado para realizar análises bibliométricas (ARIA; CUCCURULLO, 2017).

Para o desenvolvimento da presente pesquisa, foram obtidos do levantamento do *software* R as seguintes informações: 1) quantos artigos são publicados a cada ano e qual é a taxa média de crescimento anual; 2) quais são os principais periódicos e autores na área, assim como as publicações de maior impacto, levando em consideração o número de citações; 3) quais os países e agências de fomento que mais contribuiram para a formulação de propostas neste campo, 4) quais as principais redes de colaboração (publicações conjuntas entre os autores) e de cocitação (citação conjunta de dois artigos em uma literatura subsequente) e 5) quais os termos mais frequentes e os principais tópicos de tendência nos últimos 10 anos.

No caso da produção dos autores, foram selecionados os 10 que mais produziram ao longo dos anos. Além da produção, também foi considerado o impacto das publicações, de acordo com a quantidade de citações de cada trabalho publicado. Para as redes de colaboração (publicação conjunta), foram considerados os 50 autores com no mínimo 2 conexões entre si e, para as redes de cocitação (citação conjunta de dois artigos em uma literatura subsequente), as 50 pesquisas citadas aos menos duas vezes por outros trabalhos também dispostos no espaço amostral. O

número não é aleatório, foi escolhido tendo em vista o limite de leitura que a ferramenta gráfica permite, sem que seja inviável identificar os nomes na imagem.

De modo a analisar o conteúdo dos artigos, foi feito um levantamento das palavras-chave em co-ocorrência. Para tanto, foram selecionadas as 50 palavras mais frequentes em todos os artigos de modo a estabelecer os *clusters*. Em relação às principais tendências na área, também foram utilizadas as palavras-chave dos artigos para identificar tópicos de tendência ao longo dos anos, sendo consideradas somente aquelas cuja frequência seja igual ou superior a cinco vezes ao ano.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Crescimento das pesquisas no decorrer dos anos

Em nossa busca na base foram encontrados 721 documentos, publicados em 260 fontes ao longo de 59 anos, tendo em vista que a primeira publicação na área encontrada na base data de 1962. A quantidade de publicações ao longo do período pode ser identificada na figura 1. Pela imagem é possível observar que mais de 90% da produção está concentrada nos últimos 20 anos, o que revela um crescimento relativamente recente no interesse em pesquisas na área.

Figura 1 - Produção científica anual das publicações sobre o ensino de BC no decorrer dos anos de 1962 a 2021.



Em um mapeamento da produção sobre o ensino de Bioquímica, Loguercio, Souza e Pino (2007) apontam que apesar de a proliferação de pesquisas na área ter se iniciado no início da década de 80, houve oscilações, e elas se intensificaram de fato na década de 90 e nos anos 2000. Padrão semelhante é encontrado na pesquisa

em educação em Biologia Celular, sendo que a partir de 2002 o número de pesquisas aumentou significativamente.

Leite (2002), aponta que “2002 foi o ano do RNA”, colocando a BC e a Genética no centro de discussões científico-contemporâneas. O artigo de Fink (2002), apresenta uma discussão sobre as questões éticas envolvidas em tópicos como clonagem e pesquisa de células-tronco, revelando que as crenças pessoais dominavam a população no período, o que dificultava a apresentação de estudos científicos para um curso introdutório de Biologia. Esse cenário, muito provavelmente, mostrou-se propício ao desenvolvimento de pesquisas que envolvessem o ensino de Biologia Celular.

Apesar da queda acentuada nos anos de 2017 e 2018, é possível observar outro aumento significativo no número de publicações no ano de 2021. Esse aumento recente pode ser fruto da aplicação de novas propostas de ensino que foram desenvolvidas no período da pandemia (SILVA; FILHO, 2020) demonstrando que a área pode estar novamente recebendo atenção de pesquisadores e docentes, em função do novo contexto de ensino não presencial.

3.2. Principais periódicos e autores na área

Com relação aos periódicos com maior número de publicações, cerca de 50% (354) do total de manuscritos foram publicados em dez revistas indicadas na tabela 1. Merecem destaque os dois primeiros periódicos, que além de possuírem o maior *índice h*, também possuem mais de 50 publicações no período. O *índice h* é uma métrica que tenta medir tanto a produtividade quanto o amplo impacto de um trabalho publicado por um cientista (AGARWAL et al., 2016).

Tabela 1 - Periódicos com maior número de publicações no período de 1962 a 2021, assim como o índice h de cada revista.

Periódicos	Artigos	Índice - H
CBE - Life Sciences Education	200	42
Cell Biology Education	50	22
Biochemistry and Molecular Biology Education	37	9
Molecular Biology of The Cell	25	8
Anatomical Sciences Education	9	5
Science Signaling	8	3
Journal of Cell Science	7	2
International Journal of Developmental Biology	6	2
Science's Stke: Signal Transduction Knowledge Environment	6	2
Scientific Reports	6	4

Ressalta-se que o primeiro colocado, o periódico *CBE - Life Sciences Education*, é sozinho responsável por 27,7% das publicações, o que indica que pode ser considerado o periódico mais influente do campo. Em termos de dinâmica das fontes, ou seja, quais fontes tem publicado mais artigos recentemente, os três primeiros periódicos continuam a liderar a lista com mais publicações recentes em detrimento dos demais presentes na lista.

Tais informações são relevantes pois fornecem fontes seguras de busca de publicações na área, de modo a substanciar a aplicação de propostas de ensino baseadas em evidência em sala de aula. Se levarmos em consideração também a atuação de pesquisadores e estudantes de pós-graduação, dados como este também são relevantes para este público, tendo em vista que podem direcionar fontes de referenciais teóricos e futuros periódicos para publicação de suas próprias pesquisas (PEREIRA; BARBOSA, 2020).

Com relação aos autores, a totalidade das produções encontradas foi publicada por 2.304 autores, sendo a média de 3,2 autores por documento. Apenas 191 publicações são de autores únicos, as demais 530 são de múltiplos autores. Aqueles que possuem mais publicações no período indicado estão listados na Tabela 2.

Além do número de publicações, são também considerados os artigos fracionados, os quais se relacionam com a quantidade de coautores nos artigos, ou seja, quanto maior o número de autores, menor a fração de trabalho que cada um executou. A autoria fracionada atribui meio artigo para cada autor no caso de um artigo publicado por dois autores, um terço de artigo no caso de três autores, e assim sucessivamente (VANZ; STUMPF, 2010). Assim, a autoria fracionada é uma forma de quantificar a contribuição de um único autor para os artigos publicados. Adicionou-se essa medida, tendo em vista o empate entre os autores com maior número de produções ao longo dos anos. Espera-se com essa métrica identificar algum autor de destaque.

Tabela 2 - Autores que mais publicaram no período analisado.

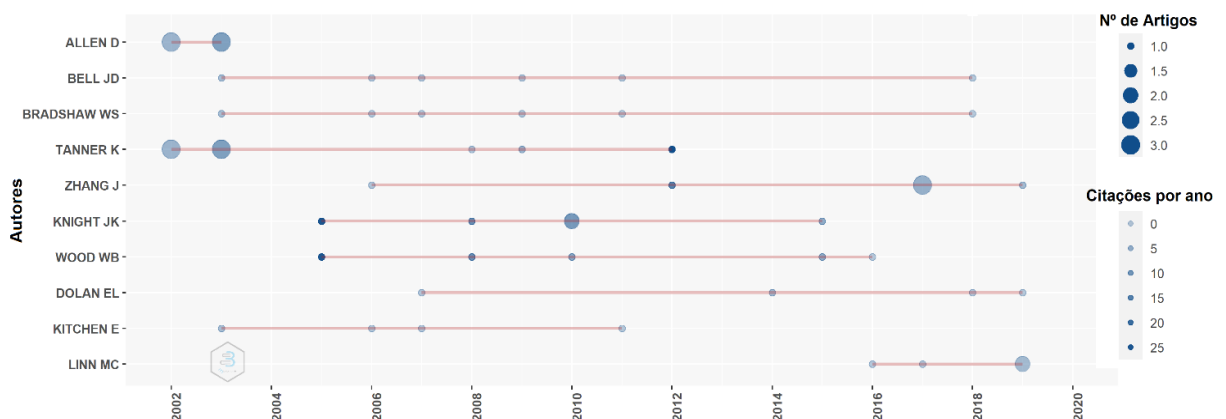
Autores	Artigos	Artigos Fracionados	Instituição Afiliada
Deborah Allen	6	2,83	Universidade de Delaware / EUA
Kimberly Tanner	6	2,83	Universidade Estadual de São Francisco / EUA
Jiayuan Zhang	6	1,57	Curriculum Associates, LLC / EUA
Jhon D. Bell	6	1,27	Universidade Brigham Young / EUA
William S. Bradshaw	6	1,27	Universidade Brigham Young / EUA

Jennifer K. Knight	5	1,83	Universidade do Colorado em Boulder / EUA
William B. Wood	5	2,33	Universidade do Colorado em Boulder / EUA
Erin L. Dolan	4	2,83	Universidade da Georgia / EUA
Marcia C. Linn	4	1,17	Universidade da California / EUA
Elizabeth Kitchen	4	0,77	Universidade Brigham Young / EUA

De acordo com a tabela 2, observa-se que os autores que mais publicaram no período têm 6 artigos cada e, levando em consideração a autoria fracionada, destacam-se Deborah Allen da Universidade de Delaware (EUA) e Kimberly Tanner, da Universidade Estadual de São Francisco (EUA). Embora o dado seja relevante, não indica se essas publicações foram feitas atualmente ou já são antigas.

A figura 2 permite analisar o impacto e a atualidade das produções de cada um dos autores, revelando aqueles que possuem produções com mais citações e artigos mais atuais. Afinal, nem sempre o autor com mais artigos é atualmente o mais produtivo. O que pode ser observado é que o autor com a produção mais recente e de maior impacto é Kimberly Tanner. O artigo em questão trata sobre as barreiras que existem às mudanças pedagógicas no corpo do docente (BROWNEL; TANNER, 2012). O ponto de vista de Brownell e Tanner (2012) é de que os professores formulem planos coordenados e sustentáveis para implementar princípios de ensino e aprendizagem razoáveis, como por exemplo os conceitos de identidade profissional de um cientista; os pontos de tensão entre manter a identidade profissional científica e participar da mudança pedagógica; e também como é possível alterar as identidades profissionais para serem mais inclusivas no ensino para assim, melhorar a qualidade do ensino na graduação.

Figura 2 - Produção dos autores ao longo dos anos de 2002 a 2021. Quanto maiores os círculos, maior o número de publicações no ano. Quanto mais escuros os tons dos círculos, maior o número de citações.

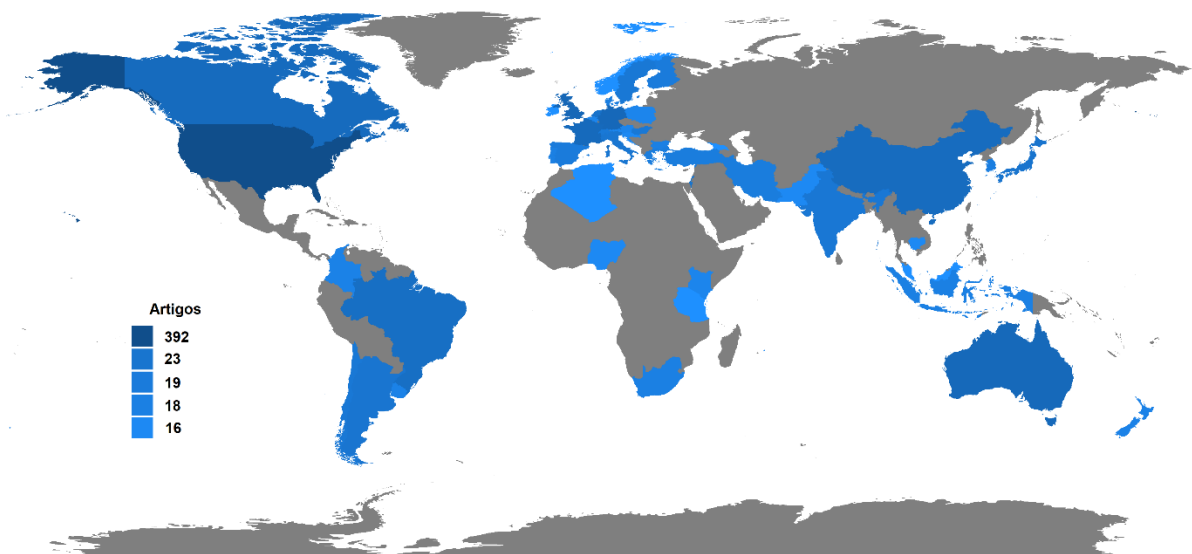


Na imagem também é possível observar que o autor com o maior número de publicações mais recentes, entre os dez, é a último da lista, Marcia C. Linn, fato que pode revelar uma possível nova líder de pesquisas na área.

3.3. Países com maior número de autores dedicados a pesquisas sobre o Tema

Na figura 3, encontram-se todos os países que possuem pesquisadores que publicaram ao menos um artigo sobre o ensino de BC ao longo do período pesquisado. É interessante pontuar que, apesar de os Estados Unidos comporem o primeiro lugar no número de artigos publicados, em termos de proporção de pesquisas em colaboração com autores de outro país, apenas 4,6% dos trabalhos possuem colaboração internacional. A França é o país com maior proporção de trabalhos com contribuição internacional (31%). Vale destacar que o Brasil é o único país, entre os dez que mais publicaram, que não possui nenhum trabalho com contribuição internacional.

Figura 3 - Países com ao menos uma publicação ao longo do período de 1962 a 2021. O dado foi obtido a partir da localidade institucional do autor correspondente. Os dez países com maior produtividade são: Estados Unidos (392), Reino Unido (23), Alemanha (19), Austrália (18), China (18), Canadá (16), França (13), Brasil (9), Israel (7), Japão (7).



Como aponta Silva (2007) a cooperação internacional é a melhor forma de alcançar objetivos comuns no mundo globalizado, isso porque, além de permitir o

compartilhamento dos custos, o acesso à experiência de pesquisadores ao redor do mundo, assim como da tecnologia e instalações utilizadas por eles, a cooperação serve também para estreitar boas relações entre os países. O autor aponta também que as chances de sucesso de parcerias internacionais fundamentam-se não só nos conhecimentos anteriores de cada parceiro, como naqueles adquiridos na parceria, o que favorece em especial países em desenvolvimento. Assim, é possível que o Brasil fosse beneficiado com tais cooperações e essas devem ser estimuladas por agências de fomento, instituições de pesquisa e empresas públicas e privadas.

3.4. Redes de colaboração e de cocitação

Utilizando apenas artigos com múltiplos autores, o que soma a maioria de nossa amostra (530 artigos), é possível identificar as chamadas “redes de colaboração”, as quais revelam grupos de pesquisa possivelmente consolidados ou mesmo colaboradores eventuais. Tais redes são importantes para pesquisadores e estudantes de pós-graduação em busca de parcerias em pesquisas, assim como para identificar possíveis grupos de pesquisa para associar-se (KOSEOGLU, 2016).

Para analisar as redes de colaboração, foram selecionados 50 autores que mais publicaram conjuntamente, com no mínimo duas publicações entre si. Ao se estabelecer esses parâmetros, apenas 28 autores surgem em *clusters* distintos (Figura 4). Em geral, nota-se que há poucas redes consolidadas, o que demonstra que a área ainda não é madura em termos de grupos de pesquisa fixos e isso pode ser mais bem desenvolvido. A seguir serão descritos os trabalhos mais recentes dos três *clusters* mais representativos.

Figura 4 - Rede de colaboração entre os autores. Foram selecionados os 50 autores com pelo menos duas publicações entre si.



Fonte: elaborado no software *biblioshiny* a partir dos dados obtidos na base (2021).

O trabalho mais recente do *cluster* vermelho é o de Reeve e colaboradores (2011), que descreve o desenvolvimento de uma escala de dez itens para avaliar a autoeficácia das áreas de biologia para o desenvolvimento do pensamento crítico e das habilidades de análise de dados ensinadas em um curso de biologia celular.

A pesquisa mais recente do *cluster* azul (ALLEN; TANNER, 2003) descreve abordagens de ensino de BC que utilizam mapas conceituais como indicadores do desenvolvimento do que eles chamam de estruturas do conhecimento. As autoras apontam os desafios da implementação de uma metodologia mais ativa e que um aluno com passagens educacionais anteriores, dominadas por terrenos altamente centrados no instrutor, ao se deparar com o aprendizado ativo pode considerá-lo desagradável e complexo.

No *cluster* roxo, o trabalho mais recente é o de Matuk e colaboradores (2019), no qual discutem os mal-entendidos comuns dos estudantes com relação à leitura de gráficos na disciplina de Biologia Celular. O estudo ofereceu uma exploração crítica de como projetar instruções que apoiam a compreensão dos gráficos dentro de contextos de investigação complexos.

Com relação às redes de cocitação, como mostra a figura 5, há quatro redes bem estabelecidas. O maior *cluster* (vermelho), apresenta trabalhos que envolvem estratégias de aprendizagem ativa. Handelsman e colaboradores (2004), por exemplo, apresentam técnicas ativas de aprendizagem para melhorar a educação científica dos estudantes. Na mesma linha de raciocínio, Knight e Wood (2005), conduziram um experimento para determinar se é possível melhorar a aprendizagem dos alunos em

cursos teóricos avançados de grande escala, em um formato de sala de aula mais interativo.

O *cluster* azul tem proximidade e conexão com o *cluster* vermelho, isso porque possui trabalhos que têm como tema central o aprendizado por pares ou instrução por pares, que também se encaixa como uma aprendizagem ativa, na qual os alunos passam uma porção significativa do tempo de aula trabalhando e discutindo problemas em pequenos grupos (CALDWELL, 2007). Nesse *cluster*, Mazur e Hilborn (1997) foram os precursores dos estudos, pois criaram um manual do usuário referente à instrução por pares.

O estudo de Crouch e Mazur (2001) relata dados de dez anos de ensino com a instrução por pares, nos cursos de física introdutória para biólogos. Embora o conteúdo não esteja diretamente relacionado à BC, há inegável interdisciplinaridade entre os conteúdos quando se trata de conceitos como o potencial de membrana, por exemplo. Os resultados de Crouch e Mazur (2001) indicam um maior domínio do aluno tanto no raciocínio conceitual quanto na resolução quantitativa de problemas ao implementar a instrução por pares. Os estudos de Caldwell (2007) e Freeman e colaboradores (2007), por sua vez, apresentam a mesma ferramenta tecnológica em suas metodologias: os *clickers*. Ambos concluíram que esses sistemas são particularmente valiosos para a introdução e monitoramento de métodos de aprendizagem. Os *clickers* são dispositivos tecnológicos semelhantes a controles remotos de TV, contendo, em geral, um teclado numérico e alguns botões de controle que permitem que o aluno responda, de forma rápida, questões apresentadas pelo professor durante uma aula expositiva-dialogada (DANTAS et al, 2016).

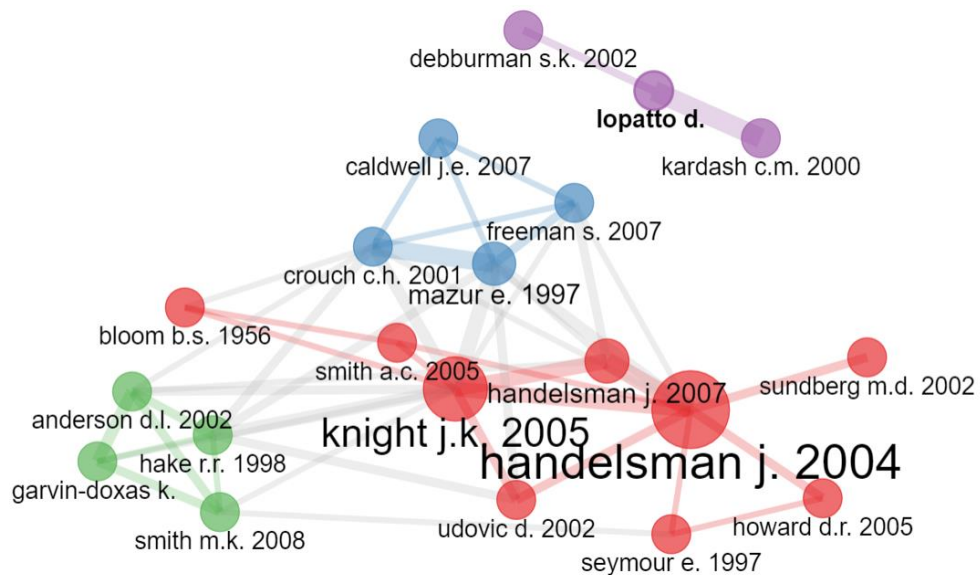
O *cluster* verde traz trabalhos com tema central voltado para o desenvolvimento e avaliação de inventários de conceitos, como se fossem glossários. Por exemplo, o trabalho de Smith, Wood e Knight (2008) projeta, desenvolve e avalia um inventário de conceitos com 25 perguntas para testar o cumprimento de nove metas amplas de aprendizado em cursos que envolvem conceitos relacionados à genética. Já Anderson, Fisher e Norman (2002), desenvolveram e avaliaram um inventário conceitual com 20 itens de múltipla escolha, que empregam conceitos alternativos comuns como distratores. O tema central está mais relacionado a conceitos da biologia evolutiva, como a seleção natural, mas também tangencia a BC.

Por fim, o *cluster* roxo, aborda o ensino baseado na investigação e na prática experimental. Lopatto (2004) fez uma pesquisa online com estudantes de 41

instituições diferentes, sobre os benefícios das experiências de aprendizado investigativo na graduação. Como resultado, os participantes indicaram 20 benefícios potenciais das propostas que envolvem pesquisas, especialmente relacionado ao desenvolvimento de competências uteis para o mercado de trabalho.

Debburman (2002), por sua vez, promove a pesquisa experimental em grupos, as quais imitam atividades profissionais da comunidade científica. Para promover o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao processamento e interpretação dos dados, os estudantes escrevem artigos científicos primários detalhando os experimentos e as atividades de investigação realizados no laboratório.

Figura 5 - Rede de cocitação de artigos revelando clusters bem estabelecidos com relação às citações. Cada cluster revela uma possível linha de pesquisa na área.

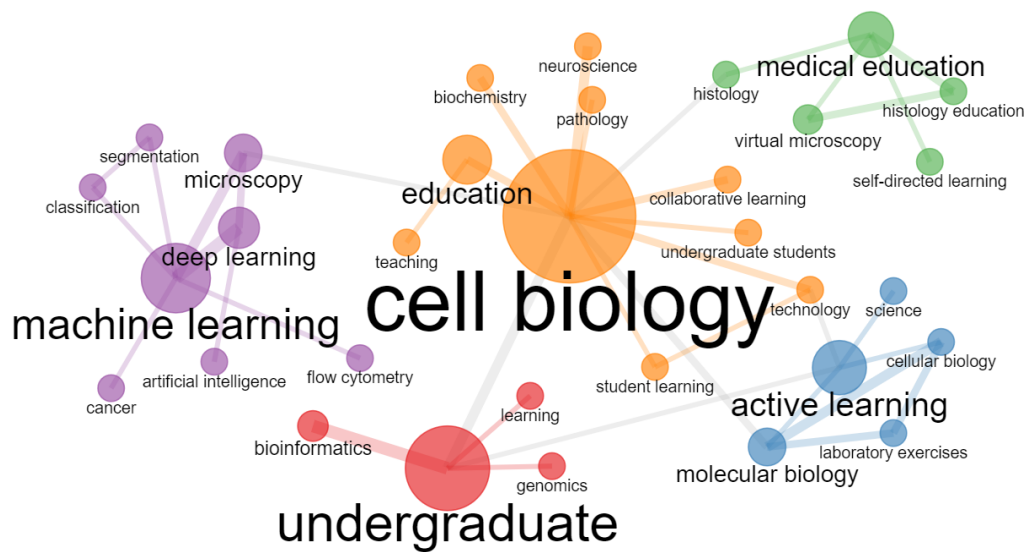


Fonte: elaborado no software *biblioshiny* a partir dos dados obtidos na base (2021).

3.5. Análise de co-ocorrência e dos tópicos de tendência na área

A análise de co-ocorrência permite mapear termos associados mensurando a ocorrência conjunta destes em uma coleção bibliográfica. Essa análise fornece uma visão da estrutura conceitual dos trabalhos da amostra (ARIA; CUCCURULLO, 2017). A figura 6 revela *clusters* dessa análise, os quais expressam conceitos comuns nos documentos. Os termos foram retirados das palavras-chave mais frequentes dos artigos da amostra.

Figura 6 - Termos mais frequentes nas palavras-chave dos artigos da amostra que aparecem em co-ocorrência. Foram selecionadas as 50 palavras mais frequentes em todos os artigos de modo a estabelecer os clusters.



Fonte: elaborado no software *biblioshiny* a partir dos dados obtidos na base (2021).

O *cluster* laranja, é central e possui conexões com os demais, os termos que chamam atenção são aprendizagem colaborativa, tecnologia e estudantes de graduação, além da associação entre as disciplinas de BC e Bioquímica, bem como áreas correlatas.

A aprendizagem colaborativa ou cooperativa traz uma proposta similar à instrução por pares, e pretende oferecer uma nova interação dos estudantes com o conteúdo, tendo em vista que eles ouvirão sobre os conceitos a partir de um colega de classe (CALDWELL, 2007). Pelo fato de ter uma linguagem mais acessível ou mesmo uma relação mais próxima, os estudantes podem ter mais liberdade para esclarecer dúvidas com seus pares, sem timidez ou o desconforto de fazê-lo em público.

De acordo com Torres, Alcantara e Irala (2004), a aprendizagem colaborativa é uma estratégia de ensino que encoraja a participação do estudante no processo de instrução e que faz da aprendizagem um processo ativo e efetivo. Tanner, Chatman e Allen (2003) utilizaram a aprendizagem colaborativa através da aplicação de um jogo do tipo quebra-cabeça. O objetivo era gerar uma discussão para fazer com que os alunos compartilhassem seus conhecimentos e coletassem informações de colegas que concluíram uma tarefa diferente. Os autores expõem que, embora grande parte da ênfase na literatura sobre aprendizagem cooperativa seja colocada nas mudanças no que os alunos estão fazendo e em como estão aprendendo, a mudança do papel do instrutor não deve ser negligenciada pois, o comportamento do instrutor muda de

um transmissor do conhecimento para um mediador fundamental no direcionamento das discussões e no auxílio para retirada de dúvidas pontuais sobre o conteúdo (TANNER; CHATMAN; ALLEN, 2003).

O *cluster* vermelho tem em destaque o termo graduação conectado com aprendizagem e bioinformática. Um exemplo da relação entre os termos apresentados está no artigo de Nunes e colaboradores (2015), os quais desenvolvem uma nova abordagem para ensinar conceitos relacionados à biologia molecular a estudantes de graduação em Biologia. Foram apresentados alguns conceitos de Bioinformática e resolvidos alguns problemas da plataforma *Rosalind*. Os autores concluem que intervenções de bioinformática melhoram a aprendizagem da biologia molecular.

Ressalta-se que, do espaço amostral levantado, a maioria dos artigos são destinados somente à graduação e isso pode ser considerado uma lacuna nas pesquisas pois, abordagens metodológicas relacionadas ao ensino da BC podem e devem ser destinadas a todos os tipos de públicos, do ensino básico até o ensino superior. Especialmente por ser um conteúdo base para compreensão de outras temáticas, tais como a genética, a imunologia, patologias e outras temáticas científico-contemporâneas que envolvem a sociedade atualmente.

No *cluster* azul, os termos que mais chamam atenção são aprendizagem ativa e exercícios de laboratório. Há um número significativo de estudos que utilizam métodos ativos de aprendizagem. Armbruster e colaboradores (2009), por exemplo, descrevem o desenvolvimento e a implementação de várias formas de aprendizagem ativa e pedagogias centradas no aluno para um curso introdutório de graduação em Biologia. Com relação às atividades em laboratório, Howard e Miskowski (2005) buscam envolver os alunos de graduação em biologia no processo científico e utilizam módulos de laboratório para esse fim. Baseando-se em uma análise de cinco semestres de dados, os autores apontam que as atividades aumentam o interesse do aluno e melhoram a atitude em relação ao aprendizado.

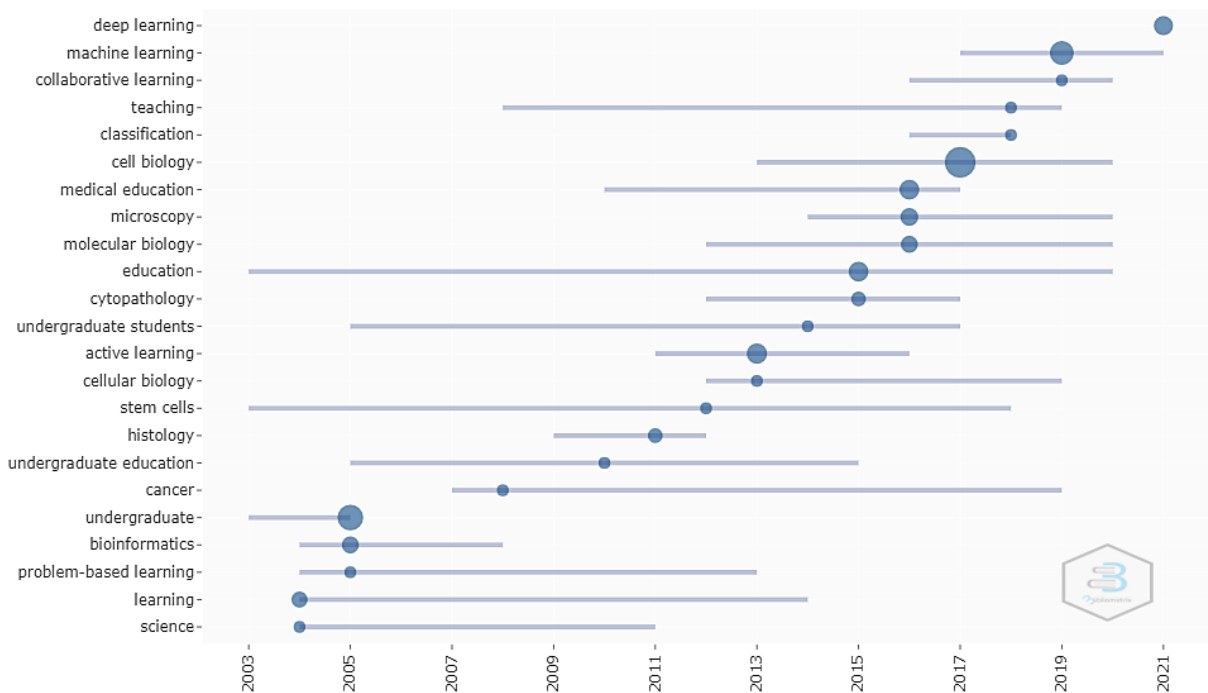
Já no *cluster* verde, se destaca o termo educação médica, o qual está relacionado à microscopia virtual e histologia. King e Colaboradores (2019) descrevem o uso de casos clínicos para ensino de histopatologia em conjunto com microscopia virtual, com o objetivo de estimular o envolvimento dos estudantes, promover o aprendizado autodirigido e melhorar a interação entre os estudantes.

Por último, tem-se o *cluster* roxo, cuja temática não está propriamente relacionada à educação, visto que o tema central é a aprendizagem de máquina, cujo

principal objetivo é melhorar o desempenho de programas de computador para a leitura e interpretação de dados (ARRIAL, 2008; TANG et al, 2019). Embora possam ser aplicadas ao ensino, as pesquisas da amostra não descrevem essa abordagem direta, mas sim o desenvolvimento de recursos associados, por exemplo, aos microscópios virtuais, os quais poderão em breve contribuir significativamente para propostas de ensino e pesquisa na área.

Embora os termos em co-ocorrência nos forneçam uma visão geral dos conteúdos que aparecem em associação nos artigos, não é possível a partir dessa análise verificar quais tópicos são mais atuais e quais fazem parte de pesquisas mais antigas. Assim, no que diz respeito aos tópicos de tendência na área, a figura 7 aponta quais termos estão em crescimento atualmente e quais foram mais frequentes em pesquisas no passado, onde quanto maior o círculo mostrado, maior a frequência de aparição do tópico de tendência.

Figura 7 – Tópicos de tendência na área, tendo como base as palavras-chave que apareceram com maior frequência nos últimos 10 anos.



Fonte: elaborado no software *biblioshiny* a partir dos dados obtidos na base (2021).

Aprendizagem profunda e aprendizagem de máquina são termos atuais, mas não diretamente relacionados ao ensino. O estudo de Wang et al (2017), que está na amostra, descreve a aprendizagem de máquina e compara seis modelos diferentes de propostas para aumentar a compreensão das interações hospedeiro-patógeno e

patogênese bacteriana, por meio do reconhecimento de novas proteínas efetoras utilizando computadores. No geral, a pesquisa conduz uma avaliação de desempenho abrangente de diferentes algoritmos de aprendizagem de máquinas, juntamente com uma análise detalhada das seleções de uma e várias características (WANG et al, 2017).

Já a aprendizagem colaborativa aparece com bastante frequência em pesquisas atuais, demonstrando ser um tópico de tendência para os próximos anos. Como já pontuado, trata-se de uma modalidade de aprendizagem ativa, termo que também aparece com certa frequência nos últimos 10 anos (KUMAR, 2005). Outra palavra-chave que chama atenção é a educação médica, também presente nos últimos 10 anos. Aqui podemos encontrar uma lacuna na pesquisa, como apontado anteriormente, visto que o enfoque na educação médica e no ensino superior, revela pouca ou nenhuma atenção para esforços no sentido de facilitar os processos de ensino e aprendizagem de tais conteúdos na Educação Básica.

Outro termo que compõe pesquisas anteriores a 2013 e já não aparece com a mesma frequência em pesquisas atuais na área do ensino da BC é a aprendizagem baseada em problemas. Análises como esta permitem identificar tópicos que já estão em desuso ou cujas pesquisas trouxeram evidências suficientes de aplicação, assim como propostas mais recentes que ainda podem ser aplicadas com públicos distintos, por exemplo, de modo a revelar novas evidências.

4. CONCLUSÃO

Com os dados obtidos por meio do *software* R, foi possível observar que a pesquisa em ensino de BC parece pulverizada com poucos pesquisadores interligados em redes colaborativas, especialmente no que diz respeito à colaboração internacional, o que acaba dificultando o desenvolvimento de novas pesquisas ou até mesmo o aperfeiçoamento das já existentes. Quanto às redes de cocitação, as análises apontaram para dois focos principais: aprendizagem ativa e colaborativa, assim como o desenvolvimento de inventários.

Também foi possível identificar que os Estados Unidos exercem dominância em pesquisas sobre o tema, concentrando o maior número de publicações, autores, instituições e revistas envolvidas. Apesar disso, não há autores em destaque, tendo

em vista que estes não são muito recorrentes em pesquisas no tema, sendo que os que mais publicaram, obtiveram apenas seis publicações cada, ao longo dos mais de 50 anos analisados. Contudo, um dado a ser ressaltado é o aumento no número de publicações de forma significativa a cada ano desde 2002, trazendo consigo novas experiências e mais estudos relevantes.

Em relação às lacunas na pesquisa, é possível identificar que existem muitos estudos focados em aplicar e desenvolver metodologias de ensino apenas em cursos de graduação, deixando de lado a educação básica, onde o ensino da disciplina em questão é de extrema importância para o preparo dos cidadãos para participação em discussões científico-contemporâneas. Outro ponto a ser destacado é o interesse dos pesquisadores na educação médica, o que mostra que a pesquisa focada em outras áreas do ensino superior que abordem a disciplina pode também estar defasada.

E também, quando se compara os resultados da presente pesquisa com a pesquisa do Oliveira e Colaboradores (2013), que tem o objetivo de estudo semelhante mas focado somente nas publicações nacionais, nota-se que existe também a lacuna da concentração do ensino de Biologia Celular apenas em um nível de ensino, no caso Mestrado, deixando assim, enormes lacunas nos outros níveis, como nível básico, profissionalizante e Doutorado.

Por fim, este estudo permite uma visão geral da evolução da pesquisa na área do ensino da BC, bem como contribui para o direcionamento de pesquisadores e estudantes de pós-graduação interessados em seguir nessa linha de pesquisa, tendo em vista que, quando se tem um número considerável e representativo de publicações sistematizadas em um só manuscrito, é possível, a partir desses dados, fazer observações úteis no sentido da busca por inovações e da identificação de temas já saturados. Isso cria uma base direcionadora, a qual facilita trabalhos e pesquisas posteriores.

Ressalta-se que o presente levantamento possui limitações, tendo em vista a utilização de apenas uma base de dados e a limitação dos descritores. No entanto, acreditamos ter alcançado o objetivo de fornecer uma visão geral de como o ensino da BC tem evoluído ao longo do tempo, algumas lacunas e tendências possíveis para os próximos anos.

5. REFERÊNCIAS

AGARWAL, A. et al. Bibliometrics: tracking research impact by selecting the appropriate metrics. **Asian Journal of Andrology**, Maryland, v. 18, n. 2, p. 296–309, jan. 2016. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4770502/>. Acesso em: 7 jul. de 2021.

ALLEN, D.; TANNER, K. Approaches to cell biology teaching: Mapping the journey - Concept maps assign posts of developing knowledge structures. **Cell Biology Education**, Grinnell, v. 2, n. 3, p. 133-136, jul. 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1187/cbe.03-07-0033>. Acesso em 18 nov. 2021.

ANDERSON, D. L.; FISHER, K. M.; NORMAN, G. J. Development and evaluation of the conceptual inventory of natural selection. **J. Res. Sci. Teach**, [S.l.], v. 39, n. 10, p. 952–978, nov. 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/tea.10053>. Acesso em: 3 jan. 2022.

ARIA, M.; CURCCURULLO, C. Bibliometrix: an R-tool for comprehensive science mapping analysis. **J Informet**, [S.l.] v. 11, n. 4, p. 959–975, nov. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1751157717300500>. Acesso em: 7 jul. de 2021.

ARMBRUSTER, P. et al. Active Learning and Student-centered Pedagogy Improve Student Attitudes and Performance in Introductory Biology. **CBE—Life Sciences Education**, São Francisco, v. 8, n. 3, p. 203–213, set. 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1187/cbe.09-03-0025>. Acesso em: 3 jan. 2022.

ARRIAL, R. T. **Predição de RNAs não-codificadores no transcriptoma do fungo Paracoccidioides brasiliensis usando aprendizagem de máquina**. 2008. 102 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Molecular) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/2105>. Acesso: 30 dez. 2021.

BEAULIEU, E.; PETIT-TURCOTTE, C. Gamification of learning in an introductory cell biology class. **The FASEB Journal**, [S.l.], v. 32, p. 35-535, abr. 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1096/fasebj.2018.32.1_supplement.535.35. Acesso em: 7 jul. 2021.

BROWNELL, S. E.; TANNER, K. Barriers to Faculty Pedagogical Change: Lack of Training, Time, Incentives, and... Tensions with Professional Identity? **CBE—Life Sciences Education**, São Francisco, v. 11, n. 4, p. 339–346, dez. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1187/cbe.12-09-0163>. Acesso em: 3 jan. 2022.

BURNHAM, J. F. Scopus database: a review. **Biomedical Digital Libraries**, Alabama, v. 3, n. 1, p. 1-8, mar. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1742-5581-3-1>. Acesso em: 4 jan. 2022.

CALDWELL, J. E. Clickers in the Large Classroom: Current Research and Best-Practice Tips. **Cell Biology Education**, Grinnell, v. 6, n.1, p. 9–20, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1187/cbe.06-12-0205>. Acesso em: 3 jan. 2022.

CROUCH, C. H.; MAZUR, E. Peer Instruction: Ten years of experience and results. **American Journal of Physics**, [S.l.], v. 69, n. 9, p. 970-977, set. 2001. Disponível em <https://doi.org/10.1119/1.1374249>. Acesso em: 4 jan. 2022.

DANTAS, A. C. et al. XQUESTION: Um sistema pessoal de resposta para decisões estratégicas do professor durante uma aula. **Anais dos Workshops do CBIE 2016**, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5753/cbie.wcbie.2016.367>. Acesso em: 25 jan. 2022.

DEBBURMAN, S. K. Learning How Scientists Work: Experiential Research Projects to Promote Cell Biology Learning and Scientific Process Skills. **Cell Biology Education**, Grinnell, v.1, n. 4, p. 154–172, dez. 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1187/cbe.02-07-0024>. Acesso em 1 jan. 2022.

FINK, R. D. Analysis of protein localization and secretory pathway function using the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. **Cell Biology Education**, Grinnell, v. 1, n. 4, p. 173–192, out. 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1187/cbe.02-08-0027>. Acesso em 18 nov. 2021.

FONSECA, E. S.; JR., C. F. A. Learning Analytics para avaliar o desempenho discente em uma disciplina de cursos a distância. **REnCiMa**, [S.l.], v. 10, n. 4, p. 137–151, jul. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.26843/rencima.v10i4.2415>. Acesso em: 25 jan. 2022.

FREEMAN, S. et al. Prescribed Active Learning Increases Performance in Introductory Biology. **CBE—Life Sciences Education**, São Francisco, v. 6, n. 2, p. 85-185, jun. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1187/cbe.06-09-0194>. Acesso em: 3 jan. 2022.

HANDELSMAN, J. et al. Scientific Teaching. **Science**, [S.l.], v. 304, n. 5670, p. 521–522, abr. 2004. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1096022>. Acesso em 30 dez. 2021.

HASSAN, S. U.; HADDAWAY, P. Analyzing knowledge flows of scientific literature through semantic links: A case study in the field of energy. **Scientometrics**, Califórnia, v. 103, n. 1, p. 33–46, jun. 2015. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11192-015-1528-3>. Acesso em: 7 jul. 2021.

HERNÁNDEZ-TORRANO, D.; SOMERTON, M.; HELMER, J. Mapping research on inclusive education since Salamanca Statement: a bibliometric review of the literature over 25 years. **International Journal of Inclusive Education**, Londres, v. 24, n. 1, mar. 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13603116.2020.1747555?journalCode=tied2>. Acesso em: 27 jul. 2021.

HOWARD, D. R.; MISKOWSKI, J. A. Using a module-based laboratory to incorporate inquiry into a large cell biology course. **Cell Biology Education**, Grinnell, v. 4, n. FALL, p. 249-260, set. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1187/cbe.04-09-0052>. Acesso em: 31 dez. 2021.

KING, T. S. et al. Clinical Case-Based Image Portfolios in Medical Histopathology. **Anatomical Science Education**, [S.l.], v.12, n.12, p 1-10, ago. 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/ase.1794>. Acesso em: 3 jan. 2022.

KNIGHT, J. K.; WOOD, W. B. **Cell Biology Education**, Grinnell, v. 4, n. 4, p. 298-310, set. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1187/05-06-0082>. Acesso em: 3 jan. 2022.

KOSEOGLU, M. A. Mapping the institutional collaboration network of strategic management research: 1980–2014. **Scientometrics**, [S.l.], v. 109, n.1, p. 203-226, out. 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11192-016-1894-5>. Acesso em: 28 dez. 2021.

KRASILCHIK, M. **Formação de professores e ensino de Ciências: tendências nos anos 90**. In: MENEZES, L. C. (org.) Formação Continuada de Professores de Ciências: Nupes. 1996. p. 135-170.

KUMAR, A. Teaching systems biology: An active-learning approach. **Cell Biology Education**, Grinnell, v. 4, n. 4, p. 323-329, jul. 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1187/cbe.04-12-0057>. Acesso em: 3 jan. 2022.

LEITE, M. Micromolécula faz de 2002 o ano do RNA. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 20 dez. 2002. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/ciencia/fe2012200201.htm>. Acesso em 18 nov. 2021.

LIMA, A. B. de. **Tecnologia educacional no contexto do ensino de citologia: uso de aplicativo educacional na produção de um ambiente virtual de ensino e aprendizagem**. 2020. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/37348>. Acesso em: 7 jul. 2021.

LOGUERCIO, R.; SOUZA, D.; PINO, J. C. D. Mapeando a educação em bioquímica no Brasil. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, v.10, p 147-155, mar. 2007. Disponível em: <https://www.cienciasecognicao.org/revista/index.php/cec/article/view/626>. Acesso em 4 jan. 2022.

LOPATTO, D. Survey of Undergraduate Research Experiences (SURE): First Findings. **Cell Biology Education**, Grinnell, v. 3, n. 4, p. 270-277, dez. 2004. Disponível em: <https://www.lifescied.org/doi/10.1187/cbe.04-07-0045>. Acesso em 10 nov. 2021.

MATUK, C. et al. Qualitative graphing in an authentic inquiry context: How construction and critique help middle school students to reason about cancer. **Journal of Research in Science Teaching**, Nova York, v. 56, n. 7, p. 905-936, set. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/tea.21533>. Acesso em 18 nov. 2021.

MAZUR, E.; HILBORN, R. C. Peer Instruction: A User's Manual. **Physics Today**, Maryland, v. 50, n. 4, p. 68-69, abr. 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1063/1.881735>. Acesso em: 4 jan. 2022.

MOREIRA, P. S. C.; GUIMARÃES, A. J. R.; TSUNODA, D. F. Qual ferramenta bibliométrica escolher? um estudo comparativo entre softwares. **P2P & INOVAÇÃO**, Rio de Janeiro, v. 6, n. 2, Ed. Especial, p.140-158, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.21721/p2p.2020v6n2.p140-158>. Acesso em: 8 jul. 2021.

NUNES, R. et al. Learning nucleic acids solving by bioinformatics problems. **Biochemistry and Molecular Biology Education**, Nova Jersey, v. 43, n. 5, p. 377-383, set. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/bmb.20886>. Acesso em: 3 jan. 2022.

OLIVEIRA, K. S. S. et al. Uma breve revisão sobre o ensino de Biologia Celular no Brasil. **Debates em Educação científica e tecnológica**, Santa Teresa – ES, v. 3, n. 2, p. 14-25, dez. 2013. Disponível em: <https://ojs2.ifes.edu.br/index.php/dect/article/view/225/116>. Acesso em: 23 jun. 2021.

PAIVA, A. de S.; GUIMARÃES, A. P. M.; ALMEIDA, R. O. de. Biologia celular: uma revisão sistemática sobre experiências didáticas no ensino médio. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 11, n. 2, p.201-229, nov. 2018.

PEREIRA, M. L. da S.; BARBOSA, M. L. de O. Ensino e Educação Especial: análise bibliométrica e metassíntese qualitativa da produção científica indexada na base Web of Science. **Revista Educação Especial**, Santa Maria, v. 33, out. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/educacaoespecial/article/view/44283/html>. Acesso em: 20 jun. 2021.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. Metodologia do Trabalho Científico: métodos e técnicas da pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: **Feevale**, 2013. Disponível em: <https://www.feevale.br/Comum/midias/0163c988-1f5d-496f-b118-a6e009a7a2f9/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>. Acesso em: 7 jul. 2021.

REEVE, S. et al. Development of an instrument for measuring self-efficacy in cell biology. **Journal of Applied Measurement**, Maple Grove, v. 12, n. 3, p. 242-260, jan. 2011. Disponível em: <https://europepmc.org/article/med/22357126>. Acesso em 18 nov. 2021.

SILVA, D. H. Cooperação internacional em ciência e tecnologia: oportunidades e riscos. **Rev. Bras. Polít. Int**, Brasília, v. 50, n. 1, p. 5-28, jun. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-73292007000100001>. Acesso em: 3 jan. 2022.

SILVA, J. P. B.; FILHO, D. M. L. Softwares educacionais e suas aplicações em tempos de pandemia: estudo sobre possibilidades de aplicação. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 7, p. 50866-50878, jul. 2020. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/13835/11577>. Acesso em: 3 jan. 2022.

SINGH, V. K.; SINGH, P.; KARMAKAR, M.; LETA, J.; MAYR, P. The journal coverage of Web of Science, Scopus and Dimensions: A comparative analysis. **Scientometrics**, [S.l.], v. 126, p. 5113–5142, mar. 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11192-021-03948-5>. Acesso em: 3 jan. 2022.

SMITH, M. K.; WOOD, W. B.; KNIGHT, J. K. The Genetics Concept Assessment: A New Concept Inventory for Gauging Student Understanding of Genetics. **CBE—Life Sciences Education**, São Francisco, v. 7, n. 4, p. 347- 430, dez. 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1187/cbe.08-08-0045>. Acesso em: 3 jan. 2022.

SOARES, W. dos S.; BARBOSA, M. L. de O.; SILVA, J. R. de F. . The use of artistic expressions in Cell Biology teaching: A proposal combining active methodologies and interdisciplinarity. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 6, p. e26810615779, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i6.15779. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/15779>. Acesso em: 6 jul. 2021.

TANG, B. et al. Recent Advances of Deep Learning in Bioinformatics and Computational Biology. **Frontiers in Genetics**, Lausanne, mar. 2019. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fgene.2019.00214/full>. Acesso em: 30 dez. 2021.

TANNER, K.; CHATMAN, L. S.; ALLEN, D. Approaches to Cell Biology Teaching: Cooperative Learning in the Science Classroom—Beyond Students Working in Groups. **Cell Biology Education**, Grinnell, v. 2, n. 1, p. 1-5, mar. 2003. Disponível em: <https://www.lifescied.org/doi/10.1187/cbe.03-03-0010>. Acesso em: 3 jan. 2022.

TEIXEIRA, P. M. M.; NETO, J. M. Pós-graduação e pesquisa em ensino de biologia no Brasil: um estudo com base em dissertações e teses. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 17, n. 3, p. 559-578, out. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/X9zdf3MWgbRtyBwkdfznhg/?lang=pt>. Acesso em: 6 jul. 2021.

TORRES, P. L.; ALCANTARA, P. R.; IRALA, E. A. F. Grupos de consenso: uma proposta de aprendizagem colaborativa para o processo de ensino-aprendizagem. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 4, n.13, p.129-145, set./dez. 2004. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/dialogoeducacional/article/view/7052/6932#>. Acesso em: 28 dez. 2021.

VANZ, S. A. S.; STUMPF, I. R. C. Procedimentos e ferramentas aplicados aos estudos bibliométricos. **Inf. & Soc.:Est.**, João Pessoa, v. 20, n. 2, p. 67-75, ago. 2010. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/173225>. Acesso em: 25 jan. 2022.

VESELINOVSKA, S. S.; GUDEVA, L. K.; DJOKIC, M. Applying appropriate methods for teaching cell biology. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, [S.l.], v. 15, p. 2837-2842, ago. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.04.199>. Acesso em: 6 jul. 2021.

VIGARIO, A. F.; CICILLINI, G. A. Os saberes e a trama do ensino de Biologia Celular no nível médio. **Ciência e Educação**, Bauru, v. 25, n. 1, p. 57-74, abr. 2019.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/szjBnyF8ympXvPZ6rmpBL5H/?lang=pt>. Acesso em: 6 jul. 2021.

WANG, J. et al. Systematic analysis and prediction of type IV secreted effector proteins by machine learning approaches. **Briefings in Bioinformatics**, [S. l.], v. 20, n. 3, p. 931-951, mai. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/bib/bbx164>. Acesso em: 3 jan. 2022.

Documento Digitalizado Público

TCC da Laura Eduarda Fernandes França

Assunto: TCC da Laura Eduarda Fernandes França
Assinado por: Sílvia Fernandes
Tipo do Documento: Trabalho de Conclusão de Curso - TCC
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Público
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

■ **Sílvia Dias da Costa Fernandes, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 10/02/2022 17:00:03.

Este documento foi armazenado no SUAP em 10/02/2022. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 314821

Código de Autenticação: 0fec154a37

