



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação

Análise Bibliométrica do Pensamento Computacional na Educação

Breno R. Corrêa

Monografia apresentada como requisito parcial
para conclusão do Curso de Computação — Licenciatura

Orientador
Prof. Dr. Jorge Henrique Cabral Fernandes

Brasília
2023



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação

Análise Bibliométrica do Pensamento Computacional na Educação

Breno R. Corrêa

Monografia apresentada como requisito parcial
para conclusão do Curso de Computação — Licenciatura

Prof. Dr. Jorge Henrique Cabral Fernandes (Orientador)
CIC/UnB

Prof. Dr. Edison Ishikawa Prof. Me. Lucas dos Santos Althoff
UnB Projeto Smart City Games - SEBRAE

Prof. Dr. Jorge Henrique Cabral Fernandes
Coordenador do Curso de Computação — Licenciatura

Brasília, 19 de maio de 2023

Dedicatória

Dedico esse trabalho aos meus pais que me ensinaram os valores essenciais que me trouxeram até aqui.

Agradecimentos

Agradeço a minha companheira Thaís Pessoa Ramos que esteve ao meu lado durante a produção desse trabalho, sempre me encorajando, principalmente nos momentos mais difíceis. Se não fosse por ela eu não teria chegado até aqui. Agradeço também ao meu orientador por ter me direcionado, aos meus professores e pela Universidade de Brasília por tudo que aprendi durante essa caminhada.

Resumo

Devido à crescente quantidade de trabalhos produzidos sobre o Pensamento Computacional (PC) nos últimos anos e observando que uma parte significativa dos estudos na literatura se preocupa com o desenvolvimento do pensamento computacional em conjunto com a educação, este artigo tem como objetivo realizar uma análise bibliométrica da produção científica relacionada ao desenvolvimento do pensamento computacional no campo educacional, que foi publicada nas principais coleções presentes na base de dados *Web of Science* (WoS). Neste trabalho, a metodologia utilizada para compreender o pensamento computacional na educação é de natureza exploratória, por meio de uma análise bibliométrica de documentos publicados entre 1995 e 2022. Para isso, foram utilizadas bases de dados da plataforma WoS e a ferramenta de código aberto Bibliometrix para mapeamento científico. Como resultados, a pesquisa permitiu uma investigação exploratória sobre como as pesquisas científicas são conduzidas em relação ao pensamento computacional no contexto educacional, possibilitando a análise, visualização e interpretação dessas informações. Por meio da análise bibliométrica, foi possível concluir que o PC tem prioritariamente sido apresentado aos estudantes através da Linguagem de Programação Visual (LPV) e Robótica Educacional (RE). Além disso, evidencia os constantes esforços em definir e aplicar o pensamento computacional na educação principalmente nas áreas relacionadas ao Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (*Science, Technology, Engineering and Mathematics* (STEM)). Portanto, considerando a grande quantidade de informações levantadas, este trabalho pode vir a contribuir com futuros estudos que busquem o desenvolvimento do pensamento computacional no campo educacional.

Palavras-chave: pensamento computacional, educação, análise bibliométrica, bibliometrix

Abstract

Due the growing amount of work produced on Computational Thinking (CT) in recent years, and observing that a significant portion of studies in literature are concerned with the development of computational thinking in conjunction with education, this article aims an bibliometric analysis of the scientific production related to the development of computational thinking in the educational field, which was published in the main collections present in the Web of Science (WoS) database. In this work, the methodology used to understand computational thinking in education is of an exploratory nature, through a bibliometric analysis of documents published between 1995 and 2022. For this, databases from the WoS platform and the open source tool Bibliometrix were used to scientific mapping. As results, the research allowed an exploratory investigation into how scientific research is conducted in relation to computational thinking in the educational context, enabling the analysis, visualization and interpretation of this information. Through bibliometric analysis, was possible to conclude that computational thinking has primarily been presented to students through the Visual Programming Language (VPL) and Educational Robotics (ER). In addition to highlighting the constant efforts to define and apply computational thinking in education mainly in related areas to Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM). So, considering the large amount of information collected, this work may contribute to future studies that seek the development of computational thinking in the educational field.

Keywords: computational thinking, education, bibliometric analysis, bibliometrix

Sumário

1	Introdução	1
2	Pensamento Computacional no Contexto Educacional	4
2.1	Pensamento Computacional uma Introdução	4
2.2	Delimitando o Conceito de Pensamento Computacional	6
2.3	Pensamento Computacional na Educação	7
3	Metodologia Científica	10
3.1	Método de Análise Bibliométrica	10
3.2	Detalhando as Etapas de uma Análise Bibliométrica	11
3.2.1	Projeto de Estudo	11
3.2.2	Coleta de Dados	11
3.2.3	Análise, Visualização e Interpretação dos Dados	12
4	Análise Bibliométrica do Pensamento Computacional na Educação	13
4.1	Projeto de Estudo	13
4.1.1	Motivações	13
4.1.2	Questões de Pesquisa	14
4.1.3	O que já existe de pesquisa bibliométrica sobre esse tema?	14
4.1.4	Escopo	15
4.1.5	Uso do Bibliometrix e Biblioshiny	15
4.1.6	Limitações	16
4.1.7	Objetivo do trabalho	16
4.2	Primeira Coleta de Dados	17
4.2.1	<i>Query</i> de Busca	17
4.2.2	Registros recuperados	18
4.2.3	Filtragem dos Registros	21
4.3	Primeira Análise, Visualização e Interpretação dos Dados	22
4.3.1	Análise Descritiva do <i>dataset</i> CTEducation	22
4.3.2	Análise de Alinhamento dos Temas de Interesse	23

4.3.3	Evolução da Produção Científica	25
4.3.4	Interpretação do Crescimento	25
4.3.5	Evolução das Citações	26
4.3.6	Interpretação das Citações	26
4.3.7	<i>Three-Field Plots (Sankey diagram)</i>	27
4.3.8	Interpretação da figura 4.4	28
4.4	Refinamento e Segunda Coleta de Dados	31
4.4.1	Filtragem dos Registros	31
4.5	Segunda Análise, Visualização e Interpretação dos Dados	33
4.5.1	Análise descritiva do <i>dataset</i> CTLearn	33
4.5.2	Medidas bibliométricas	42
4.5.3	Medidas relativas aos documentos (Artigos científicos) no <i>dataset</i>	43
4.5.4	Medidas Relativas aos Autores	68
4.5.5	Medidas Relativas às Fontes de Informação	81
4.5.6	Mapas de Acoplamento	88
4.5.7	Estrutura Conceitual do Conhecimento	90
4.5.8	Estrutura Intelectual do Conhecimento	104
4.5.9	Estrutura Social do Conhecimento	108
4.5.10	Rede de Colaboração	108
4.5.11	<i>WorldMap</i> de Colaboração	112
5	Interpretação dos Resultados	114
6	Considerações Finais	116
6.1	Conclusões	116
6.2	Trabalhos Futuros	117
	Referências	119

Lista de Figuras

4.1	Rede de Co-ocorrências de Palavras-chave, com 50 termos, aplicada ao <i>dataset</i> CTEducation.	24
4.2	Evolução da produção científica anual, segundo o <i>dataset</i> CTEducation.	25
4.3	Evolução das citações ao <i>dataset</i> CTEducation.	26
4.4	Plotagem “Três Campos” (Sankey plot) do <i>dataset</i> CTEducation: 20 autores, citações e palavras-chave mais proeminentes.	27
4.5	Plotagem “Três Campos” (Sankey plot) do <i>dataset</i> CTEducation: 20 autores, 10 citações e 20 palavras-chave mais proeminentes.	29
4.6	Evolução da produção científica anual, segundo o <i>dataset</i> CTLearn.	34
4.7	Média de citações para cada artigo do <i>dataset</i> CTLearn, conforme o ano de publicação.	35
4.8	Diagrama Sankey, relacionando as afinidades mais evidentes entre Referências citadas (esquerda), Autores (centro) e Palavras-chave (direita).	36
4.9	Diagrama Sankey, relacionando as afinidades mais evidentes entre revistas (esquerda), palavras-chave (centro) e instituição de filiação dos autores (direita).	38
4.10	Espectroscopia (RPYS) completa das referências do <i>dataset</i> CTLearn.	53
4.11	Espectroscopia (RPYS) das referências do <i>dataset</i> CTLearn, entre 1930 e 1990.	55
4.12	Espectroscopia (RPYS) das referências do <i>dataset</i> CTLearn, entre 1991 e 2022.	57
4.13	Nuvem dos 100 termos mais frequentes do <i>dataset</i> CTLearn.	61
4.14	<i>Tree Map</i> dos 50 termos mais frequentes do <i>dataset</i> CTLearn.	63
4.15	Dinâmica de uso ao longo do tempo, dos 20 termos mais frequentes do <i>dataset</i> CTLearn.	65
4.16	<i>Trending Topics</i> do <i>dataset</i> CTLearn dos últimos 5 anos.	67
4.17	Variação da produção dos autores de maior impacto, do <i>dataset</i> CTLearn.	71
4.18	Produtividade dos autores no <i>dataset</i> CTLearn, conforme a Lei de Lotka.	73

4.19	20 países mais relevantes de acordo com o número de produções, do <i>dataset</i> CTLearn	77
4.20	Produção dos 5 países mais relevantes ao longo do tempo.	79
4.21	Revistas mais relevantes no <i>dataset</i> CTLearn, conforme a Lei de Bradford.	84
4.22	Revistas com maior volume de publicações no tema no <i>dataset</i> CTLearn, ao longo do tempo.	87
4.23	Palavras-chave mais evidentes formados pelos autores no <i>dataset</i> CTLearn.	89
4.24	50 palavras-chave mais evidentes, clusterizadas pela coocorrência em documentos, no <i>dataset</i> CTLearn.	91
4.25	Detalhamento do <i>cluster</i> vermelho, na rede das 50 palavras-chave mais evidentes, clusterizadas pela coocorrência em documentos, no <i>dataset</i> CTLearn.	93
4.26	Detalhamento do <i>cluster</i> azul, na rede das 50 palavras-chave mais evidentes, clusterizadas pela coocorrência em documentos, no <i>dataset</i> CTLearn.	94
4.27	Mapa temático do <i>dataset</i> CTLearn.	96
4.28	Dimensões de variabilidade mais relevantes, nas palavras-chave do <i>dataset</i> CTLearn.	98
4.29	Dendograma das dimensões de variabilidade mais relevantes, nas palavras-chave do <i>dataset</i> CTLearn.	100
4.30	Documentos que mais contribuíram para determinar das dimensões de variabilidade mais relevantes, nas palavras-chave do <i>dataset</i> CTLearn.	102
4.31	Rede de cocitação entre as 50 referências mais presentes no <i>dataset</i> CTLearn.	105
4.32	Mapa histórico das citações diretas entre os documentos mais evidentes no <i>dataset</i> CTLearn.	107
4.33	Rede de colaboração entre as 50 instituições mais evidentes, no <i>dataset</i> CTLearn.	109
4.34	Rede de colaboração entre os 50 autores mais evidentes, no <i>dataset</i> CTLearn.	110
4.35	Rede de colaboração entre os 50 países, no <i>dataset</i> CTLearn.	111
4.36	Rede de colaboração entre os países mais evidentes, no <i>dataset</i> CTLearn.	112

Lista de Tabelas

4.1	Principais dados descritivos do <i>dataset</i> CTLearn.	33
4.2	25 artigos mais citados globalmente no <i>dataset</i> CTLearn.	44
4.3	25 artigos mais citados localmente no <i>dataset</i> CTLearn.	45
4.4	25 referências mais citadas localmente no <i>dataset</i> CTLearn.	49
4.5	40 palavras mais frequentes no <i>dataset</i> CTLearn.	59
4.6	20 autores com mais produziram artigos no <i>dataset</i> CTLearn.	68
4.7	20 autores com mais artigos citados localmente no <i>dataset</i> CTLearn.	69
4.8	Autores de maior impacto no <i>dataset</i> CTLearn, apresentando os índices H, G e M.	74
4.9	20 Instituições mais produtivas no <i>dataset</i> CTLearn.	76
4.10	Produção científica dos países, do <i>dataset</i> CTLearn.	78
4.11	10 países mais relevantes, de acordo com o número de citações.	80
4.12	20 revistas mais relevantes por número de publicações no <i>dataset</i> CTLearn.	81
4.13	20 revistas mais citadas localmente no <i>dataset</i> CTLearn, conforme a soma de citações por outros artigos dentro do <i>dataset</i>	82
4.14	Revistas de maior impacto no <i>dataset</i> CTLearn, conforme o cada um dos índices	85

Lista de Abreviaturas e Siglas

ATI Avaliação Tridimensional Integrada.

CAFe Comunidade Acadêmica Federada.

CAPES Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

CAPTCHAs *Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart.*

CT Computational Thinking.

CTS *Computational Thinking Scales.*

DOI Digital Object Identifier.

DTP Desenvolvimento Tecnológico Positivo.

ER *Educational Robotics.*

LPV Linguagem de Programação Visual.

MCA *Multiple Correspondence Analysis.*

PC Pensamento Computacional.

RE Robótica Educacional.

RPYS *Reference Publication Year Spectroscopy.*

STEM *Science, Technology, Engineering and Mathematics.*

TC *Times Cited.*

VPL *Visual Programming Language.*

WoS *Web of Science.*

Capítulo 1

Introdução

Nos últimos anos, o Pensamento Computacional (PC) tem sido amplamente discutido como uma habilidade essencial para a resolução de problemas e tomada de decisões no mundo atual. O pensamento computacional envolve a capacidade de decompor problemas em partes menores, pensar de forma lógica e algorítmica, bem como a habilidade de analisar e interpretar dados Wing [1].

Com a crescente importância do pensamento computacional em muitas áreas, incluindo ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM), a integração do pensamento computacional na educação tem se tornado uma prioridade que necessita ser implementada Barr e Stephenson [2]. Há uma busca em distinguir a ciência da computação do PC. Onde a ciência da computação é uma disciplina acadêmica dedicada ao estudo de computadores e sistemas computacionais. Já o pensamento computacional diz respeito aos processos mentais utilizados na resolução de problemas complexos e à habilidade de aplicar esses processos de forma generalizada e transferi-los para a solução de uma variedade de problemas Voogt et al. [3].

Ainda assim, muitas questões permanecem em aberto quanto à melhor forma de integrar o pensamento computacional na educação de jovens, e como avaliar o desenvolvimento dessas habilidades em estudantes Brennan e Resnick [4]. Além disso, há preocupações quanto à generalização de uma vaga definição do que é o pensamento computacional, que é muito promovida por entusiastas mas que na prática acaba por deixar os professores ainda mais confusos em explicar o que é o pensamento computacional e como conseguir aplicá-lo aos seus alunos [5].

O presente trabalho tem como objetivo compreender o atual estado do pensamento computacional e como ele está sendo utilizado no contexto educacional. Para este fim foi escolhido a realização de uma análise bibliométrica, com o intuito de obter-se dados mais relevantes nessa área e através da análise e comparação desses dados serem retiradas conclusões que possam ser significativas.

Para iniciar a análise bibliométrica neste estudo, é necessário criar uma *query* que será composta por uma lista de termos que serão usados para buscar informações na base de dados escolhida. A base de dados selecionada é a coleção de periódicos disponível na *Web of Science* (WoS), acessada através da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) do governo federal, utilizando a Comunidade Acadêmica Federada (CAFe). Depois que a *query* for elaborada e refinada, os dados serão coletados e a análise começará.

Será utilizado o Bibliometrix para auxiliar nas análises. Essa ferramenta, desenvolvida na linguagem R, possibilita a coleta de dados de citações de artigos científicos e outras publicações acadêmicas, assim como a análise e visualização desses dados por meio de técnicas estatísticas e gráficas. Com essa ferramenta, os pesquisadores podem identificar tendências em suas áreas de estudo, avaliar a produção científica em uma determinada área e compreender a rede de colaboração entre pesquisadores e instituições. O Bibliometrix é especialmente útil para pesquisadores que buscam informações quantitativas e objetivas sobre a produção acadêmica em suas áreas de interesse.

Esse estudo foi motivado por meu grande interesse em compreender formas eficazes de se aprender e ensinar o pensamento computacional, e para isso analisar como o pensamento computacional está sendo utilizado atualmente na educação. Essa motivação se originou pois durante minhas experiências acadêmicas tive interesse em compreender como a forma que os computadores operam se assemelham com a maneira que nós seres humanos organizamos nossas ideias. Observando que a linguagem computacional é uma das maneiras de expressar nossos pensamentos.

Acreditando assim no grande potencial do pensamento computacional para mudar a vida das pessoas, esse trabalho busca evidenciar o panorama atual do pensamento computacional com o foco no ensino e aprendizagem. Podendo assim, posteriormente contribuir de alguma forma com outros trabalhos que investiguem sobre o pensamento computacional ou como ele está sendo articulado no contexto da educacional vigente.

O primeiro questionamento a ser levantado em relação ao tema é a atual produção de estudos sobre o assunto. É importante conhecer o nível de avanço de outras pesquisas para direcionar as próximas etapas. Depois disso, é relevante compreender de forma mais profunda como essa estratégia está sendo aplicada na prática, em contexto escolar. Em seguida, ampliando a análise, pode-se desejar entender as conexões do pensamento computacional com outras áreas e quais são os fatores que envolvem essa temática na educação. Por fim, após uma visão geral do contexto, deve-se analisar a estrutura social da comunidade, que pesquisa sobre como o pensamento computacional está sendo articulado no contexto educacional.

Este trabalho de conclusão está organizado da seguinte forma: esse primeiro capítulo apresenta uma introdução geral do trabalho, resumindo o que será apresentado nas próximas etapas. O segundo capítulo abordará o referencial teórico sobre pensamento computacional, educação e suas relações, servindo como base de conhecimentos para a elaboração do projeto. Já o terceiro capítulo apresentará a metodologia científica utilizada, que será uma análise bibliométrica sobre o tema proposto. No quarto capítulo serão apresentados os resultados obtidos a partir do planejamento realizado anteriormente, seguido pelo quinto capítulo, que irá conter a análise e discussão das questões de pesquisa. Por fim, no sexto e último capítulo, será apresentada a conclusão do trabalho, bem como sugestões para possíveis trabalhos futuros.

Capítulo 2

Pensamento Computacional no Contexto Educacional

Neste capítulo serão apresentados os conceitos que fundamentam este trabalho, servindo como base de conhecimentos para a elaboração do projeto. Serão abordados os conceitos de pensamento computacional e seu desenvolvimento durante os anos, depois será apresentado os desdobramentos do PC na educação e suas implicações.

2.1 Pensamento Computacional uma Introdução

O termo pensamento computacional foi utilizado pela primeira vez na obra *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas* de Seymour Papert [6]. Ele apresentou a ideia de que os computadores poderiam ser utilizados como um meio de estimular o pensamento e melhor representar determinados conceitos, principalmente aqueles derivados da matemática.

Apoiado pela corrente construtivista de Jean Piaget, o autor defendia a ideia de que todas as crianças deveriam ter acesso aos computadores como forma de ampliar a busca pelo conhecimento de cada uma delas. Onde elas como protagonistas no papel de ensino, ensinariam os computadores ao invés de serem ensinadas por eles.

Analisando o termo pensamento computacional, é comum pensar que se trata de uma forma de programar computadores, ou algum pensamento que auxilia na programação de máquinas e dispositivos eletrônicos. Porém o PC vai muito além disso, não chega ser necessário uma máquina ou algum dispositivo eletrônico para que o pensamento computacional possa ser exercido.

Apesar do termo "pensamento computacional" ter sido cunhado originalmente por Seymour Papert [6] ele de fato só ficou popular quando Jeannette M. Wing [1] no ano de 2006 apresentou o artigo *Computational Thinking* [1]. Nele a autora apresenta a ideia de que

o PC não é uma forma de como computadores atuam, e sim um modelo de pensamento computável que se baseia nos fundamentos teóricos da computação.

Wing [1] apresenta em seu trabalho exemplos vividos no cotidiano das pessoas que já reproduzem modelos computacionais, como os exemplos a seguir, nas palavras da própria autora:

- Quando sua filha vai para a escola de manhã, ela coloca na mochila as coisas de que precisa para o dia; isso é pré-busca e cache.
- Quando seu filho perde as luvas, você sugere que ele refaça seus passos; isso é rastreamento de volta.
- Em que momento você para de alugar esquis e compra um par?; isso é algoritmo online.
- Em que fila você fica no supermercado?; isso é modelagem de desempenho para sistemas multiservidor.
- Por que seu telefone ainda funciona durante a era da falta de energia?; isso é independência de falha e redundância no design.
- Como os *Completely Automated Public Turing test to tell Computers and Humans Apart* (CAPTCHAs), autenticam humanos?; isso está explorando a dificuldade de resolver problemas difíceis de IA para frustrar os agentes de computação.

Dessa forma pode-se observar que os computadores em conformidade com a teoria da computação desempenham papéis semelhantes com atividades humanas, Isso fica mais evidente se levarmos em conta que a ciência da computação foi criada por seres humanos e conseqüentemente exprime sua cognição e forma de pensamento.

Então, aprender conceitos do pensamento computacional vai muito além de aprender programar computadores, pois esses conceitos podem ser utilizados de diversas formas diferentes no cotidiano de cada um. Isso se deve ao fato de que adquirir habilidades de expressão computacional significa explorar uma variedade de novas formas de comunicação e oportunidades. Portanto, alcançar a proficiência em PC é uma maneira de exercitar a criatividade, ampliar os horizontes do conhecimento e descobrir novas abordagens para enfrentar desafios.

Depois que o termo pensamento computacional foi popularizado principalmente por conta do artigo de Wing [1] muitos autores dedicaram estudos em busca de reproduzir novas ideias que contribuam com uma definição do que venha ser Pensamento Computacional. O trabalho da autora consolidou um marco, e a partir dele, muitos pesquisadores têm buscado formas de definir o que é pensamento computacional, e todos os aspectos que o constituem.

2.2 Delimitando o Conceito de Pensamento Computacional

Apesar de todos esses anos de pesquisa desde o artigo de Jeannette Wing [1] do ano de 2006, atualmente ainda não há um consenso geral do que é pensamento computacional. Durante esse tempo, muitos pesquisadores contribuíram com tentativas de definir o pensamento computacional. De maneira geral o PC é um conceito multifacetado e tem sido discutido em diversas áreas, como Ciência da Computação, Educação e Psicologia. Há várias tentativas de definir o que é o PC, que variam de acordo com o contexto em que é utilizado. Algumas dessas tentativas de definição serão apresentadas a seguir.

Inicialmente, Wing [1] propôs uma definição ampla para o PC, incluindo diversas habilidades mentais, como a decomposição de problemas em partes menores, reconhecimento de padrões e abstração. Argumentado que o PC não é apenas uma habilidade técnica, mas uma habilidade cognitiva que pode ser aplicada em diversas áreas.

Resnick et al. [7] apresentam a linguagem de programação visual Scratch¹. Propondo a prática da programação como meio de se alcançar uma fluência digital plena. Apontando que a programação oferece vantagens significativas, como a capacidade de ampliar a criatividade e a expressão através do computador além de oferecer suporte ao PC, ensinando estratégias de solução de problemas e design que se aplicam a diferentes domínios. Os autores apontam que a programação também oferece oportunidades para refletir sobre o próprio pensamento, pois envolve a criação de representações externas dos processos de resolução de problemas.

Utilizando-se ainda do Scratch, Brennan e Resnick [4] utilizam a estrutura visual interativa desse programa como forma de desenvolvimento do PC. Os autores teorizam o PC em três pilares principais: conceitos computacionais (os conceitos com os quais os designers se envolvem enquanto programam, como iteração, paralelismo etc.), práticas computacionais (as práticas que os designers desenvolvem à medida que se envolvem com o conceitos, como depurar projetos ou remixar o trabalho de outras pessoas) e perspectivas computacionais (as perspectivas que os designers formam sobre o mundo ao seu redor e sobre si mesmos). Esses conceitos são trabalhados através do da interface do Scratch.

Denner, Werner e Ortiz [8] definem o PC em três competências-chave que são trabalhadas em conjunto para desenvolver o pensamento computacional: programação, documentação e compreensão de software e design para usabilidade. Tais competências são desenvolvidas através da programação de jogos que são utilizados como objeto de prática e avaliação.

¹Para mais informações sobre o Scratch acessar: <https://scratch.mit.edu/about>.

Outra tentativa de definir o PC foi realizada por Weintrop et al. [9] onde apresenta uma resposta para esse desafio propondo uma definição de pensamento computacional na forma de uma taxonomia composta por quatro categorias principais: práticas de dados, práticas de modelagem e simulação, práticas de solução de problemas computacionais e práticas de pensamento sistêmico. Com o objetivo de introduzir os conceitos do pensamento computacional nas matérias de ciências e matemáticas no ensino médio.

Além disso, o PC também é frequentemente relacionado à programação de computadores. Nos primórdios da concepção do termo Papert [6] já argumentava, por exemplo, que a programação é uma forma de aprendizado por descoberta, em que os estudantes podem experimentar e testar suas ideias de maneira concreta. Logo, ela deve ser vista como uma ferramenta educacional para desenvolver o PC. Portanto o uso de ferramentas tecnológicas como meio de ensino estão na gênese do PC.

Os primeiros trabalhos de Papert [6] já traziam o computador como meio de uma educação construtivista, principalmente associando o uso do computador com matérias de ciências exatas. Nos anos posteriores, o pensamento computacional passou a ser visto então como competência fundamental para o cenário educativo atual, integrando principalmente os conhecimentos que tange às disciplinas do STEM [10], pela afinidade que os constructos do PC tem com essas disciplinas. Acreditando em razões importantes para introduzir o pensamento computacional nas salas de aula, apoiadas pela ideia de que as disciplinas do STEM contribuem para o desenvolvimento do pensamento computacional, da mesma forma que o pensamento computacional também desenvolve as disciplinas que compõem essas ciências, pela afinidade que os constructos do PC tem com esses conhecimentos.

Por fim, é importante ressaltar que Grover e Pea [11] apontam a falta de compreensão teórica e prática sobre as habilidades que definem o PC em crianças, incluindo suas disposições, atitudes e estereótipos. Havendo assim uma necessidade de entender como esses fatores influenciam o desenvolvimento da identidade do aluno e como podem ser melhorados através de um currículo para desenvolver o pensamento computacional. As questões mais importantes que precisam ser respondidas incluem o que as crianças podem aprender com o currículo e como isso pode ser avaliado. Há portanto uma necessidade de corrigir essas lacunas para que se possa ampliar o discurso acadêmico sobre o pensamento computacional no século 21.

2.3 Pensamento Computacional na Educação

Na educação, o pensamento computacional é considerado uma habilidade fundamental para o desenvolvimento dos alunos. A incorporação dessas habilidades nas escolas e

universidades pode fornecer aos alunos uma visão mais profunda do mundo em rápida evolução contemporânea. O PC tem sido cada vez mais reconhecido como uma habilidade essencial para os alunos em uma sociedade cada vez mais tecnológica. Várias pesquisas têm explorado a relação entre o PC e a educação, incluindo o uso da tecnologia na sala de aula, incorporação do PC no currículo escolar e formas de avaliar as habilidades do pensamento computacional.

Para discutir a incorporação do pensamento computacional na educação escolar, é importante enfatizar que o pensamento computacional vai além da simples criação e execução de programas de computador, abrangendo outros aspectos Olabe et al. [12]. O pensamento computacional amplia as capacidades cognitivas com o auxílio de recursos tecnológicos, onde a capacidade de visualizar e criar é essencial para conceber novas ideias de ambientes virtuais Balladares et al. [13]. No entanto, é comum ocorrer a associação equivocada do pensamento computacional como uma habilidade restrita ao campo da engenharia de computação e ciência da computação, sendo que na verdade isso não corresponde à realidade Basogain et al. [14]. Valverde et al. [15] consideram que o pensamento computacional é uma competência complexa, e está relacionado a um modelo específico de conceituação do ser humano quando se trata de desenvolver ideias. Na verdade, está ligado ao pensamento matemático-abstrato e à engenharia pragmática, mas é aplicado em múltiplos aspectos da vida cotidiana. Portanto, não deve ser sinônimo da capacidade de programação de um computador, pois exige pensar em diferentes níveis de abstração e não precisa estar relacionado a dispositivos eletrônicos.

Vários autores destacam a importância do pensamento computacional na educação. Jeannette Wing, defende que o pensamento computacional deve ser incluído na educação básica e se tornar uma habilidade tão importante quanto a leitura e a escrita Wing [1]. Outro autor que destaca a importância do pensamento computacional na educação é Seymour Papert. Ele foi pioneiro no uso da computação como ferramenta educacional e defendia que o uso de computadores na sala de aula poderia ajudar a desenvolver o pensamento matemático e lógico dos alunos Papert [6]. A perspectiva de Papert pode ser sintetizada na seguinte expressão: “são as crianças que devem educar os computadores, não os computadores que devem educar as crianças” Zapata-Ros [16].

Alguns estudos também apontam para a eficácia da inclusão do pensamento computacional na educação. Por exemplo, um estudo realizado por Weintrop et al. [9] mostrou que a inclusão do pensamento computacional em aulas de ciências e matemática pode ajudar os alunos a entender melhor conceitos científicos complexos.

Essas divergências de ideias e a ausência de um consenso geram discussões acerca da melhor forma de se introduzir o pensamento computacional no currículo escolar. Embora existam contribuições significativas nessa área, é fato que ainda não há uma metodologia

específica para o ensino do pensamento computacional e para a formação de professores, seja na formação inicial ou na formação continuada. Esse cenário pode ser explicado pela falta de experiência prévia com o tema (Yadav, Hong e Stephenson [17]; Yadav et al. [18]).

Além dos fatores citados anteriormente, são escassas as propostas relacionadas à avaliação do aprendizado do pensamento computacional, o que torna difícil mensurar o nível de desenvolvimento dessa habilidade de raciocínio Grover e Pea [11]. Zapata-Ros [16] destaca que, embora os efeitos positivos possam se manifestar a partir da prática e da experiência, ainda é necessário desenvolver instrumentos de medição adequados para o pensamento computacional.

Tendo como base tudo que foi exposto anteriormente, e pela relevância que o pensamento computacional está tendo no contexto educacional, o presente trabalho propõe realizar uma análise bibliométrica de toda literatura científica sobre pesquisas educacionais relacionadas ao pensamento computacional indexadas na base de dados *Web of Science* (WoS) até o ano de 2022. Este trabalho irá aplicar cada uma das métricas de análise disponibilizadas pelo *software* Bibliometrix com o objetivo de inferir o atual estado da arte e desdobramentos do pensamento computacional na educação.

Vários métodos de análises distintos serão aplicados traçando comparativos entre os dados, algumas dessas análises são: evolução da produção científica, evolução das citações, trabalhos mais citados, uso de palavras-chave, autores mais produtivos, autores mais relevantes, produção dos autores, filiação dos autores, países dos autores, produção científica dos países, países com mais citações, países mais relevantes, produção das fontes, fontes mais relevantes, além de outras métricas mais específicas.

Capítulo 3

Metodologia Científica

A metodologia científica aplicada para compor este trabalho consiste em uma análise bibliométrica. Este tipo de metodologia é de carácter exclusivamente quantitativo, e normalmente envolve o uso de ferramentas computacionais para analisar registros obtidos a partir de bases de dados de referências bibliográficas. A análise bibliométrica, também conhecida como pesquisa bibliométrica, é uma abordagem de pesquisa empírica que se concentra na análise quantitativa dos dados.

3.1 Método de Análise Bibliométrica

A bibliometria é muito utilizada para estudos que possuem uma base de dados extensa e prolífica. Onde há muitos trabalhos sendo desenvolvidos e há uma dificuldade constante em definir os trabalhos mais relevantes dos demais. Pela capacidade de levantar dados sobre diversos estudos e compará-los, a análise bibliométrica é de extrema relevância para apresentar as pesquisas mais proeminentes, que podem destacar-se como alicerce de um campo de estudos, e identificar as tendências de uma comunidade científica.

Assim, estudos realizados com o uso da análise bibliométrica serão muito importantes no futuro para o avanço de outros trabalhos que necessitem acessar os dados que fundamentam determinado campo de pesquisa. Esse conceito é melhor definido por Broadus [19], que apresenta a bibliometria como um estudo quantitativo da literatura científica, aplicando modelos matemáticos e estatísticos para análise de documentos.

Para realizar a análise bibliométrica deste trabalho será utilizado a ferramenta Bibliometrix e o seu fluxo de trabalho *workflow* sugeridos pelos autores do pacote Bibliometrix [20] que consiste em 5 etapas, sendo elas:

1. Projeto de Estudo;
2. Coleta de Dados;

3. Análise dos Dados;
4. Visualização dos Dados;
5. Interpretação dos Dados.

Segundo Zupic e Carter [21] um fluxo de trabalho padrão consiste nessas cinco etapas. Cada uma delas serão detalhadas a seguir.

3.2 Detalhando as Etapas de uma Análise Bibliométrica

Nesta Seção serão detalhados como cada um dos passos do fluxo de trabalho *workflow* sugeridos pelos autores do pacote Bibliometrix [20] serão utilizados nesse trabalho.

3.2.1 Projeto de Estudo

A etapa de projeto costuma ser um dos passos iniciais que mais contribuem para a realização de qualquer atividade humana. Portanto o projeto de estudo é uma etapa essencial para a criação de qualquer trabalho de cunho científico. Através dele é possível seguir um modelo coerente e organizado que facilita para qualquer pesquisador que tenha o trabalho em mãos possa compreendê-lo de forma íntegra.

Será nesta etapa que serão apresentadas as questões de pesquisa que irá direcionar o início dos estudos. Portanto é fundamental que essas questões sejam inicialmente definidas. Além de definir as questões de pesquisa, o projeto de estudo deste trabalho passa por etapas como: motivações, o que já existe de pesquisa sobre esse tema, escopo do trabalho, limitações e objetivo do trabalho. Portanto um trabalho que tem um planejamento coerente tem mais chances de ser um trabalho que se destaque e possa contribuir para o avanço da área de conhecimento que está inserido.

3.2.2 Coleta de Dados

Durante o processo de coleta de dados, os estudiosos optam por um banco de dados que inclui dados bibliométricos, realizam uma filtragem nos principais documentos e exportam os dados desse banco de dados específico. Essa etapa pode incluir a criação do próprio banco de dados Waltman [22].

Na Seção Coleta de Dados 4.2 do presente trabalho será produzida cada uma das etapas como: criação da *query* de busca bem como a explicação do porque da escolha dela,

apresentação dos registros recuperados através de sua exportação e por fim, a filtragem dos registros culminando com a construção do *dataset*.

3.2.3 Análise, Visualização e Interpretação dos Dados

No presente trabalho as últimas 3 etapas do fluxo de trabalho do Bibliometrix serão realizadas de forma integrada e serão apresentadas a seguir.

Análise dos Dados aqui serão selecionados e descritos os dados referentes a cada uma das abordagens disponibilizadas pelo *software* Bibliometrix como por exemplo uma rede de co-citação.

Visualização dos Dados nessa segunda etapa todas as visualizações geradas como gráficos, mapas, dendogramas e redes sociais serão apresentados e descritos tendo como objetivo subsidiar a interpretação feita na última etapa.

Interpretação dos Dados por último, será realizada a interpretação de cada um dos conjuntos de dados com o intuito de utilizar as informações apresentadas para responder as questões de pesquisa definidas.

Neste trabalho essas três etapas serão realizadas de forma integrada e apresentadas no Capítulo 4 com o intuito de aproximar cada uma delas criando uma sequência lógica na realização desses passos facilitando a análise, visualização e interpretação das informações apresentadas. No Capítulo 5 serão recuperadas as interpretações feitas no decorrer do trabalho com o intuito de apresentar respostas para as questões de pesquisa definidas.

O trabalho será realizado seguindo cada uma das análises apresentadas no Bibliometrix. Sendo que algumas análises serão melhor exploradas e aprofundadas do que outras, tendo em vista os objetivos que este trabalho deseja alcançar. Além de seguir as análises disponibilizadas pelo Bibliometrix será utilizado também o modelo de trabalho fornecido pelo Professor Dr. Jorge Henrique Cabral Fernandes, orientador deste trabalho, como exemplo de estudo que faz uso da análise bibliométrica. Esse documento¹ encontra-se disponibilizado para acesso livre.

¹Documento pode ser recuperado em: <http://bit.ly/3JujDxn>.

Capítulo 4

Análise Bibliométrica do Pensamento Computacional na Educação

Neste capítulo serão realizadas cada uma das etapas apresentadas no Capítulo anterior Metodologia Científica.

4.1 Projeto de Estudo

4.1.1 Motivações

Cada vez mais se torna evidente o uso indispensável da tecnologia na vida dos seres humanos. Nos últimos anos, por conta da pandemia do coronavírus que apresentou desafios relacionados ao modo como as pessoas vivem e interagem, ficou ainda mais claro como estamos dependentes das tecnologias computacionais em todas as etapas da vida. Provou-se que muitas atividades puderam ser migradas para um ambiente totalmente virtual e ainda assim funcional, programadores foram ainda mais necessários do que em outros tempos aumentando consideravelmente a procura por bons profissionais na área de programação, valorizando ainda mais os trabalhadores dessa área.

Tendo em vista a alta demanda computacional constante nos dias atuais, torna-se indispensável pensar em formas de ensinar a fluência computacional. E além disso, como essa fluência pode contribuir para o desenvolvimento de outros conhecimentos. Portanto este trabalho tem como motivação compreender como pensamento computacional está sendo utilizado no contexto educacional, qual é a base de conhecimento que fundamenta os estudos do PC na educação, quais são os principais conceitos relacionados a esse tema,

como as pesquisas evoluíram com o tempo e como se relaciona a comunidade que pesquisa sobre o PC na educação pelo mundo.

Muito além da programação ou de como se utiliza computadores, o autor acredita que da mesma forma que a teoria da computação foi criada por seres humanos, de forma recíproca, essa computação também exprime a forma como os seres humanos pensam. Sendo então, a forma de pensar computacionalmente, essencial para que os seres humanos possam desenvolver habilidades poderosas, essas que estão ficando cada vez mais evidentes e necessárias na vida moderna.

4.1.2 Questões de Pesquisa

De acordo com o objetivo deste trabalho, as seguintes perguntas foram definidas para serem respondidas até o final dessa pesquisa. Essas perguntas foram selecionadas visando traçar caminhos que possam gerar respostas que guiem para o objetivo final desse estudo. As perguntas são:

- Qual a base de conhecimentos científicos produzida em torno do tema pensamento computacional no contexto educacional?
- Como o pensamento computacional tem sido utilizado no cenário educativo?
- Quais os principais termos e conceitos ligados à frente de pesquisa no tema pensamento computacional na educação?
- Qual é a evolução do conhecimento das pesquisas sobre o pensamento computacional na educação?
- Qual a estrutura social da comunidade, que pesquisa sobre o pensamento computacional no contexto educacional?

4.1.3 O que já existe de pesquisa bibliométrica sobre esse tema?

A seguir estão listados outros trabalhos que utilizaram a pesquisa bibliométrica para a análise do pensamento computacional:

- Piazza e Mengual-Andrés [23] através da pesquisa bibliométrica analisam a produtividade científica na base de dados SCOPUS sobre pensamento computacional e sua difusão nas escolas, com referência específica ao contexto K-12.
- Tekdal [24] busca identificar tendências no desenvolvimento em pesquisas relacionadas ao pensamento computacional. A base de dados utilizada foi a SCOPUS e

321 artigos de periódicos foram analisados. O software VOSviewer¹ foi usado para análise do conjunto de dados recuperado.

- Ozyurt e Ozyurt [25] desenvolvem um estudo em larga escala baseado em modelagem de tópicos para determinar os interesses e tendências de pesquisa em pensamento computacional utilizando a análise bibliométrica. A base de dados SCOPUS foi selecionada como banco de dados.
- Saqr et al. [26] realizam um estudo cientométrico do pensamento computacional através da análise bibliométrica. 1.874 documentos foram recuperados do base de dados SCOPUS.

4.1.4 Escopo

Para definir o escopo da pesquisa, uma base de dados foi selecionada como ambiente de pesquisa. A *Web of Science* (WoS) é um site que compila a assinatura de trabalhos de diversos bancos de dados renomados, é conhecida como uma das principais indexadoras de bancos de dados de trabalhos científicos. Por esse motivo, e levando em conta sua relevância e grande acervo, além da pouca quantidade de trabalhos sobre o tema que utilizaram a base de dados do WoS, portanto, justificando sua escolha. Busca-se através da grande quantidade de artigos científicos disponibilizados pela WoS encontrar trabalhos que sejam de grande relevância para esse estudo.

Através da pesquisa realizada no banco de dados da WoS, será aplicado filtros buscando alinhar os resultados da pesquisa com os objetivos do trabalho. Inicialmente será realizada uma busca com o objetivo de encontrar trabalhos que relacionem o pensamento computacional com a educação. Os artigos retornados serão analisados e aos poucos serão lapidados gerando como resultado trabalhos que serão fundamentais para o desenvolvimento do presente estudo. Assim podendo apresentar informações e tendências que explicitem o atual estado da arte de estudos relacionados do pensamento computacional no contexto educacional.

4.1.5 Uso do Bibliometrix e Biblioshiny

A análise bibliométrica deste trabalho será realizada com o uso da ferramenta Bibliometrix, que consiste em um pacote para a linguagem de programação R frequentemente utilizada para pesquisas quantitativas em cientometria e bibliometria. Será utilizada também a ferramenta Biblioshiny², que é uma interface de aplicação *web* que simplifica

¹Para mais informações sobre o VOSviewer acessar: <https://www.vosviewer.com/>.

²Para mais informações sobre o Biblioshiny acessar: <https://www.bibliometrix.org/home/index.php/layout/biblioshiny>.

o manuseio e visualização dos dados gerados pelo Bibliometrix. A versão da linguagem de programação R que é utilizada como base do pacote Bibliometrix é a 2022.12.0. Essa combinação de softwares é comumente utilizado para a criação e visualização de redes bibliométricas.

4.1.6 Limitações

A maior limitação durante o desenvolvimento do presente trabalho foi a falta de experiência de como realizar uma análise bibliométrica. Questão que foi motivadora de um estudo sobre o método de análise bibliométrica e a leitura do artigo *bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis* de Aria e Cuccurullo [20]. Este que auxiliou em uma melhor compreensão do uso da ferramenta Bibliometrix e no entendimento das etapas que constituem uma pesquisa bibliométrica.

Outra dificuldade encontrada foi em relação a grande quantidade de análises possíveis referentes ao método de pesquisa bibliométrica. Durante o uso do Bibliometrix vários tipos diferentes de métricas são apresentados ao usuário, algumas são mais complexas que outras e exigem um estudo mais aprofundado para uma melhor compreensão. A pouca experiência com o método de pesquisa bibliométrica foi uma limitação, pois alguns desses modelos de análises não foram compreendidos de forma íntegra. Sendo assim, podendo ter deixado algum artigo relevante ao escopo desse estudo sem o devido destaque que merecia, devido a sua informação e possível contribuição.

4.1.7 Objetivo do trabalho

Esse trabalho tem como principal objetivo investigar o uso do pensamento computacional na educação, buscando evidenciar os estudos mais relevantes que tratam desse tema. Através da análise e comparação desses estudos busca-se compreender o atual estado da arte do pensamento computacional e suas contribuições no contexto educacional.

Podendo assim o presente trabalho contribuir para melhor definir o que é pensamento computacional, quais as habilidades que o compõe, como está sendo utilizado nas escolas e como atualmente está sendo utilizado no contexto de ensino e aprendizagem. Visto que apesar de ser um campo de pesquisa muito prolífico, o PC ainda é formado por estudos recentes, portanto os estudiosos estão em constante busca em definir o que é o pensamento computacional e o que o constitui.

4.2 Primeira Coleta de Dados

A coleta de dados feita usando o *Web of Science* (WoS) no dia 17 de janeiro de 2023, acessado por meio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

4.2.1 Query de Busca

Query de Busca Selecionada

A seguir é apresentada a *query* selecionada para o início da pesquisa:

Listing 4.1: *query* de busca sobre o pensamento computacional na educação.

```
1 ("computational thinking")
2 (Topic)
3 and
4 learn* or teach* or educat* or scho*
5 (Topic)
6 and
7 6.11 Education & Educational Research
8 (Citation Topics Meso)
```

Explicação da escolha dos termos de busca

As palavras-chave “pensamento computacional” e “educação” são as que melhor sintetizam a busca de acordo com o objetivo do trabalho. Portanto os termos *computational thinking* e *education* foram escolhidas como as principais palavras norteadoras da busca. O termo *computational thinking* foi escrito entre aspas para que fossem encontrados apenas resultados que retornassem o termo completo, enquanto *education* foi escrito como *educat** dessa forma podendo retornar resultados derivados da palavra como *education*, *educational*, *educating* dentre outras possíveis derivações da palavra.

Sinônimos que ocasionalmente poderiam acabar substituindo a palavra *education* diante do tema do trabalho também foram incluídas na busca. Para isso foi utilizado um site³ de dicionário de sinônimos que tem como objetivo apresentar os principais sinônimos de qualquer palavra que for submetida para busca. Dentre essas palavras sinônimas foram selecionadas também *learnig*, *teaching* e *school* pois acredita-se que muitos artigos possam utilizar de palavras como aprendizado, ensino e escola; ou mesmo derivações dessas palavras como aprendizagem, ensinar e escolarização; portanto foi acrescido o símbolo

³Site do dicionário de sinônimos utilizado: <https://www.thesaurus.com>.

de * nos termos *education**, *learn**, *teach** e *scho** com o intuito de encontrar possíveis resultados que possuem essas palavras derivadas nos tópicos dos artigos.

Um tópico na WoS consiste em: título, resumo, palavras-chave do autor e *keywords plus*. Portanto, a opção *Topic* também foi utilizada em conjunto com cada uma das palavras selecionadas com o intuito que os termos pudessem ser encontrados em qualquer uma dessas partes que compõe os tópicos dos artigos indexados na WoS. Assim resultando na *query* apresentada na Seção 4.2.1.

Várias tentativas foram feitas antes de serem definidas essas palavras chaves como busca, porém depois de muitas tentativas foi observado que a busca realizada dessa forma foi a que retornou os resultados mais alinhados com o presente estudo.

O dia escolhido para a busca foi 17 de janeiro de 2023, podendo assim incluir os trabalhos realizados no ano de 2022. A opção “todos os períodos de tempo” foi selecionada com o intuito de retornar a maior quantidade possível de resultados. Após ser submetida a busca com os termos citados houve um retorno de um total de 2886 resultados. Ao analisar alguns dos trabalhos foi observado que poucos deles não atendiam os critérios de interesse dessa pesquisa. Retornando termos que envolviam o pensamento computacional porém de forma dissociada ao ensino e aprendizagem. Portanto viu-se necessário um melhor filtragem dos resultados.

Sendo assim, em seguida a busca foi melhor refinada selecionando a seção educação e pesquisa educacional, dentre as categorias disponíveis no WoS. Levou-se em conta que os trabalhos que incluem o termo pensamento computacional normalmente vem associados aos conteúdos de ensino e aprendizagem, e através do filtro mencionado anteriormente a garantia de obter apenas resultado relacionados ao ensino e aprendizagem é ainda maior, com o intuito dessa forma de abranger o maior número de estudos possíveis, sem correr o risco que a restrição de certas palavras pudessem descartar trabalhos que seriam do interesse da pesquisa. Depois da filtragem foi obtido um total de 2062 documentos datados entre os anos de 2007 a 2023.

O termo “computational thinking” foi selecionado como parte fundamental da *query* pois especifica o campo de estudo que do presente estudo, deixando assim a busca mais direcionada a encontrar trabalhos de interesse do tema de PC na educação.

Depois da filtragem um total de 2062 trabalhos foram encontrados, os documentos pesquisados são salvos com registros completos e referências citadas, dados que serão substanciais para que seja feita uma análise bibliométrica mais aprofundada.

4.2.2 Registros recuperados

Após a obtenção dos 2.062 registros gerados como resultado da busca foram utilizadas as opções no WoS referente à exportação de arquivos. Foram elas: *Exportar registros*

para arquivo de texto sem formatação, Opções de registros: Registros de/até e Gravar conteúdo: Registro Completo e Referências Citadas, para que as citações também fossem usadas em análises das citações. Os 2.062 registros foram recuperados em cinco blocos de até 500 registros por vez (1-500, 501-1000, 1001-1500, 1501-2000, 2001-2062). Cada um desses blocos é composto por um arquivo de texto que será utilizado como entrada no Bibliometrix.

Cada registro é um metadado que possui siglas que representam cada um dos campos que o compõe. Alguns campos específicos serão comentados a seguir:

PT - Publication Type indica o tipo da publicação, no caso específico um artigo de *journal* (J);

AU - Author Nome de um autor;

AF - Author Full Name Nome completo de um autor;

TI - Title Título da publicação;

SO - Source Nome da revista;

DE - Descriptor Palavras-chave;

AB - Abstract Resumo;

CR - Cited Referente Cada uma das referências citadas no artigo;

TC - Times Cited Quantidade de vezes que esse artigo foi globalmente citado;

PY - Publication Year Ano de publicação;

VL - Volume, IS - Issue Volume e número onde o artigo foi publicado, na revista;

BP - Begin page, EP - End page Páginas inicial e final do artigo dentro do volume e número da revista;

DI - Digital Object Identifier Identificador único do artigo no sistema <http://doi.org>;

DA - Date of Acquisition Data em que o registro foi obtido da WoS;

ER - End of Record Fim do registro.

Listing 4.2: Exemplo de um registro recuperado no formato RIS, sobre o tema pensamento computacional na educação.

```

1  FN Clarivate Analytics Web of Science
2  VR 1.0
3  PT J
4  AU Shin, S
5     Cheon, J
6     Shin, S
7  AF Shin, Suhkyung
8     Cheon, Jongpil
9     Shin, Sungwon
10 TI Teachers' Perceptions of First-Year Implementation of Computer Science
11     Curriculum in Middle School: How We Can Support CS Initiatives
12 SO COMPUTERS IN THE SCHOOLS
13 LA English
14 DT Article
15 DE computer science; coding education; computer science curriculum;
16     curriculum evaluation
17 ID COMPUTATIONAL THINKING; MATHEMATICS; ENVIRONMENT; FRAMEWORK; DESIGN;
18     GAMES
19 AB Incorporating computer science (CS) into K-12 education has been highlighted in recent years as an important way to promote computation
20 C1 [Shin, Suhkyung] Hanyang Univ, Dept Educ, Seoul, South Korea.
21 [Cheon, Jongpil; Shin, Sungwon] Texas Tech Univ, Dept Curriculum & Instruct, Lubbock, TX 79409 USA.
22 C3 Hanyang University; Texas Tech University System; Texas Tech University
23 RP Shin, S (autor correspondente), Hanyang Univ, Dept Educ, Seoul, South Korea.
24 EM suhshin@hanyang.ac.kr
25 OI Shin, Suhkyung/0000-0002-7188-5390
26 FU STEM-Computer Science and Technology Department at Dallas Independent
27     School District; College of Education at Texas Tech University; Ministry
28     of Education of the Republic of Korea; National Research Foundation of
29     Korea [NRF-2020S1A3A2A02091529]
30 FX This work was supported by the STEM-Computer Science and Technology
31     Department at Dallas Independent School District and the College of
32     Education at Texas Tech University. This work was also supported by the
33     Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research
34     Foundation of Korea (NRF-2020S1A3A2A02091529).
35 CR Berland M, 2011, INT J GAME-BASED LEA, V1, P65, DOI 10.4018/ijgbl.2011040105
36 Clements DH, 2008, AM EDUC RES J, V45, P443, DOI 10.3102/0002831207312908
37 Code.org Advocacy Coalition CSTA ECEP, 2019, 2019 STAT COMP SCI E
38 Computing Education Pathways, 2019, 2019 STAT COMP SCI E
39 Department for Education, 2013, NAT CURR ENGL COMP P
40 Dickinson DK, 2007, EARLY CHILD RES Q, V22, P243, DOI 10.1016/j.ecresq.2007.03.001
41 Ferreira, 2017, INT J COMPUTER SCI E, V1, P35, DOI [10.21585/ijcses.v1i4.17, DOI 10.21585/IJCSSES.V1I4.17]
42 Fessakis G, 2013, COMPUT EDUC, V63, P87, DOI 10.1016/j.compedu.2012.11.016
43 Finger G, 2009, INT J TECHNOL DES ED, V19, P309, DOI 10.1007/s10798-007-9044-2
44 Friday Institute for Educational Innovation, 2012, STUD ATT STEM SURV M
45 G?nay R, 2016, J ED TRAINING STUDIE, V4, P128, DOI [10.11114/jets.v4i7.1477, DOI 10.11114/JETS.V4I7.1477]
46 Gal-Ezer J, 2014, ACM T COMPUT EDUC, V14, DOI 10.1145/2602483
47 Glaser BG, 1978, THEORETICAL SENSITIV
48 Grover S, 2019, COMPUT SCI EDUC, V29, P106, DOI 10.1080/08993408.2019.1568955
49 Grover S, 2017, EDUC COMMUN TECHNOL, P269, DOI 10.1007/978-3-319-52691-1_17
50 Grover S, 2015, COMPUT SCI EDUC, V25, P199, DOI 10.1080/08993408.2015.1033142
51 Harn B, 2013, EXCEPT CHILDREN, V79, P181, DOI 10.1177/001440291307900204
52 Isiksal-Bostan M., 2015, INT J ENV SCI ED, V10, P603
53 Israel M, 2015, COMPUT EDUC, V82, P263, DOI 10.1016/j.compedu.2014.11.022
54 Jones-Harris C, 2017, EDUC COMMUN TECHNOL, P33, DOI 10.1007/978-3-319-52691-1_3
55 Ke FF, 2014, COMPUT EDUC, V73, P26, DOI 10.1016/j.compedu.2013.12.010
56 Kim DK, 2015, COMPUT SCI EDUC, V25, P371, DOI 10.1080/08993408.2016.1140409
57 Ko AC., 2003, J SCI EDUC TECHNOL, V12, P187, DOI [10.1023/A:1025094122118, DOI 10.1023/A:1025094122118]
58 Leighton J., 2011, CURRICULUM LEADERSHI, P356
59 Lesseig K, 2019, INT J SCI MATH EDUC, V17, P449, DOI 10.1007/s10763-017-9875-6
60 Lewthwaite B, 2005, INT J SCI EDUC, V27, P593, DOI 10.1080/0950069042000230758
61 Meerbaum-Salant O, 2013, COMPUT SCI EDUC, V23, P239, DOI 10.1080/08993408.2013.832022
62 Merriam SharanB., 1998, QUALITATIVE RES CASE
63 O'Donnell CL, 2008, REV EDUC RES, V78, P33, DOI 10.3102/0034654307313793
64 Odom SL, 2009, TOP EARLY CHILD SPEC, V29, P53, DOI 10.1177/0271121408329171
65 Quaye AM, 2017, EDUC COMMUN TECHNOL, P121, DOI 10.1007/978-3-319-52691-1_8
66 Remillard JT, 2005, REV EDUC RES, V75, P211, DOI 10.3102/00346543075002211
67 Robertson J, 2008, COMPUT EDUC, V50, P559, DOI 10.1016/j.compedu.2007.09.020
68 Roehrig GH, 2007, J RES SCI TEACH, V44, P883, DOI 10.1002/tea.20180
69 Ross JA, 2003, J RES MATH EDUC, V34, P344, DOI 10.2307/30034787
70 Ruberg LF, 2017, EDUC COMMUN TECHNOL, P367, DOI 10.1007/978-3-319-52691-1_23
71 Saye JW, 2002, ETR&D-EDUC TECH RES, V50, P77, DOI 10.1007/BF02505026
72 Seidel T, 2013, TEACH TEACH EDUC, V34, P56, DOI 10.1016/j.tate.2013.03.004
73 Seneviratne O, 2017, EDUC COMMUN TECHNOL, P21, DOI 10.1007/978-3-319-52691-1_2

```

74 Sentance S, 2017, EDUC INF TECHNOL, V22, P469, DOI 10.1007/s10639-016-9482-0
75 Sharp JG, 2011, INT J SCI EDUC, V33, P2407, DOI 10.1080/09500693.2010.550698
76 Sherin MG, 2009, J CURRICULUM STUD, V41, P467, DOI 10.1080/00220270802696115
77 Stinson K, 2009, SCHOOL SCI MATH, V109, P153, DOI 10.1111/j.1949-8594.2009.tb17951.x
78 Tashakkori A., 2003, HDB MIXED METHODS SO, DOI DOI 10.4135/9781506335193
79 U.S. Office of the Press Secretary, 2016, FACT SHEET YEAR ACT
80 van Es EA, 2014, J TEACH EDUC, V65, P340, DOI 10.1177/0022487114534266
81 Von Wangenheim C. G., 2017, INT J COMPUTER SCI E, V1, P3
82 Vos N, 2011, COMPUT EDUC, V56, P127, DOI 10.1016/j.compedu.2010.08.013
83 Wiebe E, 2019, SIGCSE '19: PROCEEDINGS OF THE 50TH ACM TECHNICAL SYMPOSIUM ON COMPUTER SCIENCE EDUCATION, P456, DOI 10.1145/3287324.3287328
84 Wing JM, 2006, COMMUN ACM, V49, P33, DOI 10.1145/1118178.1118215
85 Yadav A, 2016, COMPUT SCI EDUC, V26, P235, DOI 10.1080/08993408.2016.1257418
86 Yildirim A., 2003, INT REV EDUC, V49, P525, DOI [10.1023/A:1026361208399, DOI 10.1023/A:1026361208399]
87 Yin R. K., 2017, CASE STUDY RES APPL
88 NR 53
89 TC 0
90 Z9 0
91 U1 2
92 U2 9
93 PU ROUTLEDGE JOURNALS, TAYLOR & FRANCIS LTD
94 PI ABINGDON
95 PA 2-4 PARK SQUARE, MILTON PARK, ABINGDON OX14 4RN, OXON, ENGLAND
96 SN 0738-0569
97 EI 1528-7033
98 J9 COMPUT SCH
99 JI Comput. Sch.
100 PD APR 3
101 PY 2021
102 VL 38
103 IS 2
104 BP 98
105 EP 124
106 DI 10.1080/07380569.2021.1911540
107 EA APR 2021
108 PG 27
109 WC Education & Educational Research
110 WE Emerging Sources Citation Index (ESCI)
111 SC Education & Educational Research
112 GA TP2JD
113 UT WOS:000672235200001
114 DA 2023-01-25
115 ER

4.2.3 Filtragem dos Registros

Antes da análise, é possível aplicar filtros sobre os registros obtidos. Os registros recuperados foram carregados no Biblioshiny e antes de qualquer análise, foi aplicado um filtro ao *dataset* inicial, com 2062 registros. Dentro do Biblioshiny, na aba *filters* foi selecionado apenas a opção *article*, com o objetivo de se obter apenas artigos completos publicados por revistas científicas. Eliminando assim prévias de artigos, artigos de conferência, capítulos de livro etc. Foram mantidos apenas os registros de artigos publicados em revistas científicas⁴. Após a aplicação desse filtro, 943 registros foram mantidos no *dataset*, que será chamado CTEducation.

⁴A hipótese inicial é que o conhecimento de maior qualidade sobre o tema está nas publicações realizadas por revistas.

4.3 Primeira Análise, Visualização e Interpretação dos Dados

4.3.1 Análise Descritiva do *dataset* CTEducation

A análise descritiva apresenta um conjunto base de dados. Dados esses que serão utilizados para traçar várias medidas bibliométricas que serão apresentadas no decorrer do trabalho. As informações gerais referentes ao *dataset* CTEducation são:

Timespan Os artigos que atenderam aos critérios de busca e filtragem foram publicados a partir de 2013, até 2023.

Sources (Journals, Books, etc) São 261 fontes de informação que publicaram os documentos recuperados no *dataset* CTEducation. Ou seja, em média, cada scientific journal publicou $943/261 = 3,6$ artigos.

Documents 943 documentos foram obtidos.

Annual Growth Rate -10.4 é a taxa de crescimento anual.

Document Average Age A idade média dos documentos é 2.75.

Average citations per documents Cada artigo no *dataset* CTEducation foi citado, em média 10.82 vezes

References O *dataset* CTEducation contém 29.763 referências citadas (tags CR).

Keywords Plus (ID) 676 palavras-chave distintas foram encontradas no *dataset* .

Author's Keywords (DE) 2086 palavras-chave distintas indicadas pelos autores foram encontradas no *dataset*.

Authors 2.317 nomes distintos de autores foram encontrados no *dataset*.

Authors of single-authored documents Dentre os 2.317 nomes distintos de autores encontrados, 87 deles editaram artigos individualmente, isso é, sem co-autores.

Single-authored documents Dentre os 943 documentos presentes no *dataset* CTEducation, 95 foram escritos por um único autor, e os 856 restantes foram elaborados em coautoria.

Documents per Author Dentre os 2.317 (nomes de) autores, cada um publicou em média 0,4069 artigos.

Authors per Document Cada um dos 943 documentos presentes no *dataset* CTEducation foi autorado com 3,35 autores em média ($2.317/943 = 2,457$).

Co-Authors per Doc 3.29 autores produziram documentos em coautoria.

International co-authorships 16.76% foi a produção em coautoria internacional.

4.3.2 Análise de Alinhamento dos Temas de Interesse

Antes de ser iniciada uma análise mais aprofundada sobre os dados coletados, foi tomada a decisão de analisar os termos mais relevantes encontrados através de uma Rede de co-ocorrências de palavras-chave. Dessa forma é possível analisar se os termos que se conectam são do interesse da pesquisa. Através do uso do Biblioshiny selecionando a opção *Co-occurrence Network* na aba *Conceptual Structure* obteve-se a Figura 4.1 que apresenta essas relações. Podemos observar que ela é formada por dois *clusters*, o vermelho e o azul. O *cluster* vermelho diz respeito aos temas relacionados a educação, sendo as principais palavras: *education, k-12, skills, robotics, school, validity e scratch*; Já o *cluster* azul é formado por temas relacionados a ciência, sendo os principais: *computational thinking, design, science, students e mathematics*.

Ao analisar esses termos e os demais temas, em esferas menores, relacionados a eles podemos concluir que são temas do interesse da presente pesquisa. Incentivando a partir de agora que seja aplicada uma análise aprofundada, selecionando várias opções que o Bibliometrix disponibiliza para serem feitas várias análises diferentes, dados que serão apresentados no decorrer desse trabalho.

4.3.3 Evolução da Produção Científica

A evolução da produção científica apresenta o volume de publicações referentes ao *dataset* CTEducation através dos anos. Essa é uma informação importante pois permite inferir a intensidade do crescimento em determinado campo de pesquisa (está em crescimento ou em queda).

A Figura 4.2 apresenta a evolução da produção científica mundial do tema do *dataset* CTEducation. O aumento acentuado do gráfico demonstra um crescimento exponencial da número de publicação através dos anos. Sendo a primeira publicação datada no ano de 2013.

A taxa de crescimento anual (*Annual Growth Rate*) é de -10.4%, o que é curioso pois segundo o gráfico da figura 4.2 pode-se observar que o crescimento da produção científica anual é crescente ano a ano. Busca-se então com análises posteriores entender o motivo dessa taxa de crescimento negativa.

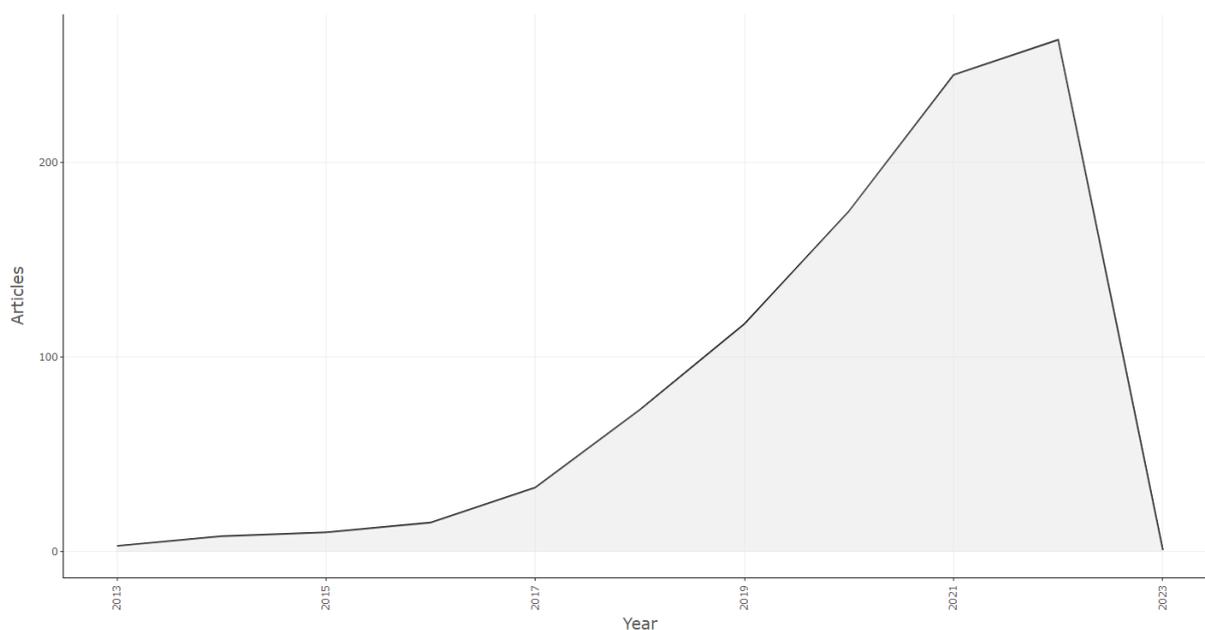


Figura 4.2: Evolução da produção científica anual, segundo o *dataset* CTEducation.

4.3.4 Interpretação do Crescimento

A taxa de crescimento constante do *dataset* CTEducation, demonstra que é um tema que está em constante crescimento, despertando o interesse dos estudiosos.

4.3.5 Evolução das Citações

A Figura 4.3 apresenta a evolução das citações aos 943 artigos do *dataset* CTEducation. Observa-se que os primeiros artigos publicados tem um grande número de citações comparados com os mais recentes, isso provavelmente ocorre pois estão há mais anos em disposição para estudo e conseqüentemente gerando um maior número de citações. O pico do gráfico é evidente no ano de 2016 seguido por outro pico menor em 2014, onde possivelmente há dois artigos que foram publicados, cada um referente a cada um desses anos citados, entre os artigos do *dataset* que possuem um grande número de citações comparados com os demais.

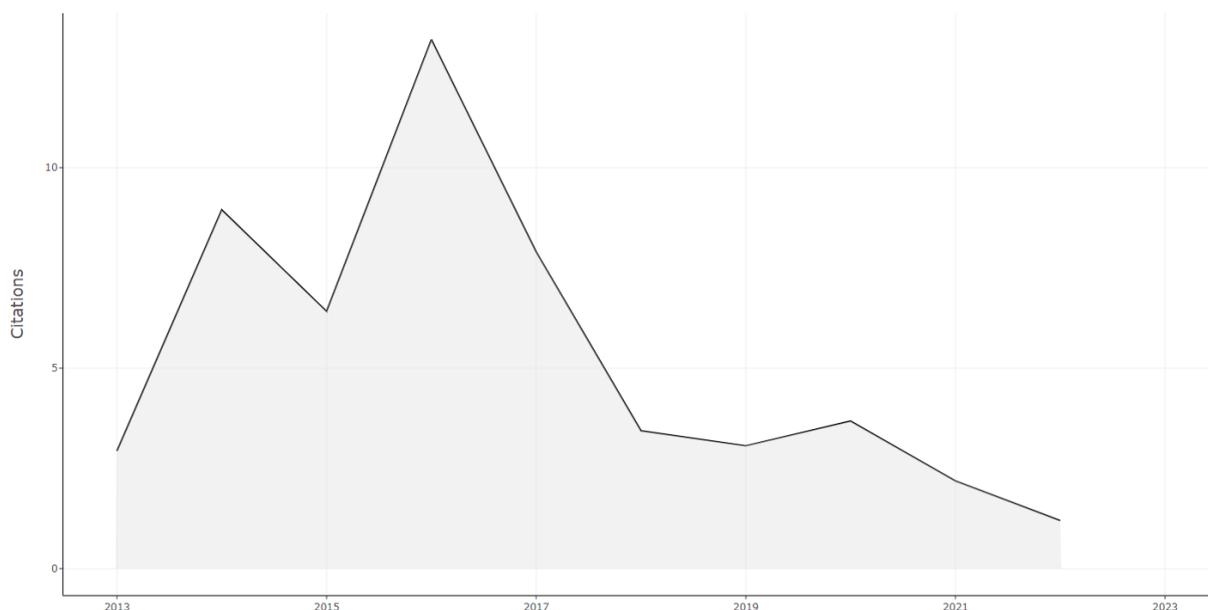


Figura 4.3: Evolução das citações ao *dataset* CTEducation.

4.3.6 Interpretação das Citações

Apesar do crescimento aparentemente exponencial nas publicações de artigos através dos anos, o maior número de citações desses trabalhos se concentram nos primeiros artigos publicados. Possivelmente demonstrando que não houve um artigo recente com um diferencial que o destacasse a ponto de ser foco de um grande número de citações. Importante ressaltar que tal artigo possa existir porém ainda não tenha ficado evidente.

4.3.7 Three-Field Plots (Sankey diagram)

As representações gráficas denominadas *Three-Field Plots* (*Sankey diagram*), ou Plotagens de Três Campos consistem em demonstrar as associações existentes entre três grupos de características consolidados no *dataset*. Ao utilizar um diagrama de Sankey, busca-se evidenciar as principais fluxos entre diferentes conjuntos de elementos. Esses diagramas mostram as conexões entre grupos de atributos agregados gerados no *dataset*. Sendo assim, um diagrama do tipo Sankey busca mostrar os principais fluxos entre diferentes conjuntos de itens. No presente trabalho os diagramas Sankey serão utilizados para apresentar o fluxo de informação das redes que constituem o tema pensamento computacional na educação.

A Figura 4.4 apresenta a plotagem do tipo “Três Campos” do *dataset* CTEducation, vinculando, ao centro, os 20 autores mais proeminentes (AU), à esquerda, as 20 citações mais frequentes (CR - Cited Records), e à direita, as 20 palavras-Chave mais frequentes empregadas pelos autores. Dessa forma, será avaliada a relação entre os autores mais citados com as referências citadas, e por fim as palavras-chave mais utilizadas.

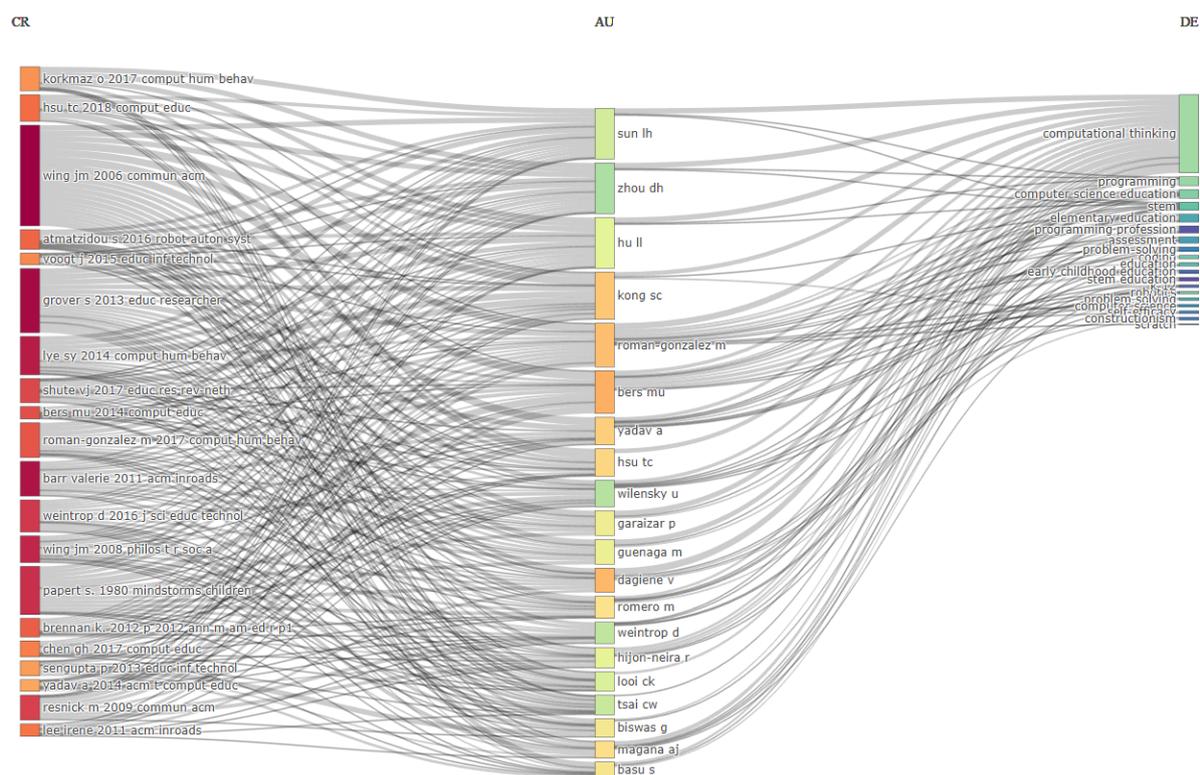


Figura 4.4: Plotagem “Três Campos” (Sankey plot) do *dataset* CTEducation: 20 autores, citações e palavras-chave mais proeminentes.

4.3.8 Interpretação da figura 4.4

Os autores mais evidentes na plotagem, citados pelos artigos do *dataset* CTEducation, supostamente são de origem asiática, provavelmente chinesa se julgarmos pelos sobrenomes. No entanto, ao analisar a coluna CR referente aos trabalhos mais citados, observa-se fazendo a mesma análise por nomes que a maioria dos trabalhos são de origem norte-americana ou europeia. Esse fenômeno sugere que está havendo atualmente uma migração da produção científica, de países ocidentais para orientais.

Adicionalmente, dentre as palavras-chave (DE) pode-se observar que os termos apresentados que se seguem: *computational-thinking, programming, computer science education, stem, elementary education, ..., scratch*; estão altamente relacionados com os termos da busca.

Ainda sobre a interpretação da plotagem da figura 4.4, observa-se que os artigos mais citados encontram-se em média no ano de 2013 a quase 10 anos atrás. Sendo de 2017 dois trabalhos que seriam os mais recentes, sugerindo que não houveram, nos últimos anos, uma quantidade significativa de trabalhos que gerassem uma mudança de paradigma no tema. A fim de melhor evidenciar as citações mais relevantes segundo o peso dos autores e palavras-chave, o gráfico da Figura 4.5 plota apenas as 10 referências citadas, para 20 autores e palavras-chave mais proeminentes.

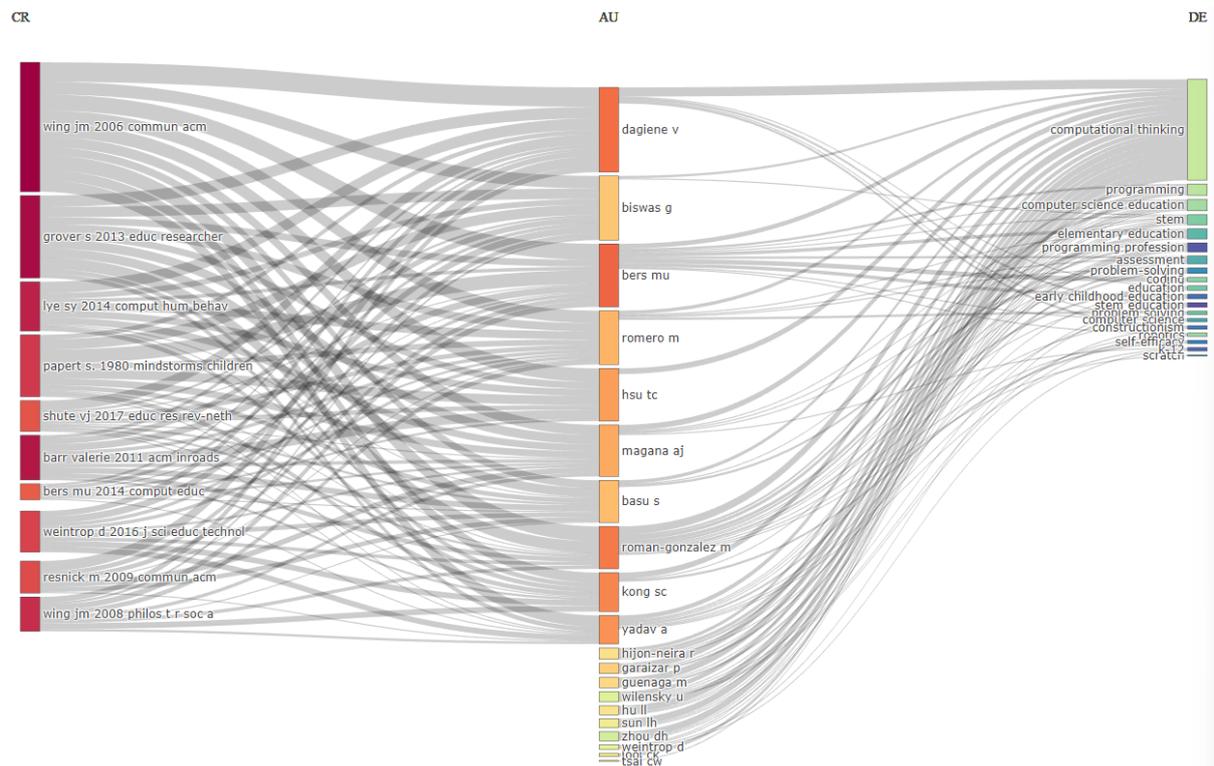


Figura 4.5: Plotagem “Três Campos” (Sankey plot) do *dataset* CTEducation: 20 autores, 10 citações e 20 palavras-chave mais proeminentes.

Trabalhos Mais Citados

Com o objetivo de apresentar os trabalhos mais relevantes, comentários sobre cada um dos trabalhos mais citados serão apresentados a seguir⁵.

- WING JM, 2006 [1] Trabalho de 2006 que trouxe a tona o termo pensamento computacional. Nesse artigo, a autora observou que o pensamento computacional representa uma atitude e uma habilidade universalmente importante que não apenas os cientistas da computação, mas também qualquer pessoa estará disposta a aprender e usar.
- GROVER S, 2013 [11] investigam o que é pensamento computacional, e como outros autores a partir do trabalho de Wing [1] interpretaram a definição de pensamento computacional, além disso investigam quais avanços foram feitos desde que o artigo de Wing [1] foi publicado. Analisa também o discurso sobre pensamento computacional examinando a educação K-12.

⁵Supõe-se que os trabalhos mais citados no *dataset* possivelmente são os mais relevantes.

- LYE SY, 2014 [27] analisam 27 estudos de intervenção disponíveis, o artigo apresenta as tendências atuais da pesquisa empírica no desenvolvimento do pensamento computacional por meio da programação e sugere possíveis pesquisas e implicações instrucionais no contexto do k-12. Propõe também um ambiente de aprendizagem de resolução de problemas baseado no construcionismo, com atividades de processamento de informações, scaffolding e reflexão, que possa ser projetado para promover práticas computacionais e perspectivas computacionais.
- PAPERTE S, 1980 [6] descreve em seu livro os benefícios do ensino da alfabetização em informática no ensino fundamental e médio. O autor descreve a *Turtle* um objeto no qual as crianças interagem e expressam seus pensamentos. Um dos trabalhos pioneiros da computação em conjunto com a ciência cognitiva.
- SHUTE VJ, 2017 [28] examina o crescente campo do pensamento computacional na educação. Através de uma revisão de literatura propõe uma definição para o PC. Categorizando o PC em seis facetas principais: decomposição, abstração, projeto de algoritmo, depuração, iteração e generalização.
- BARR VALERIE, 2011 [2] discute a importância de se ensinar o pensamento computacional para estudantes do ensino fundamental e médio (K-12), e explora o papel que a comunidade de educação em ciência da computação pode desempenhar nesse processo.
- BERS MU, 2014 [29] descrevem como um currículo construcionista, juntamente com o uso de programação de computador e ferramentas de robótica, é utilizado para envolver crianças do jardim de infância no aprendizado de pensamento computacional, robótica, programação e resolução de problemas. O artigo apresenta informações sobre a implementação desse currículo em três salas de aula do jardim de infância e discute os resultados da aprendizagem alcançados com esse método.
- WEINTROP D, 2016 [9] apresenta uma resposta ao desafio de definir o pensamento computacional e fornecer uma base teórica para a forma que ele deve assumir nas aulas de ciências e matemática nas escolas, propondo uma definição de pensamento computacional para matemática e ciências na forma de uma taxonomia composta por quatro categorias principais: práticas de dados, práticas de modelagem e simulação, práticas de solução de problemas computacionais e práticas de pensamento sistêmico. É discutido como a taxonomia será usada para alinhar os esforços educacionais atuais com a natureza cada vez mais computacional da ciência e da matemática modernas.

- RESNICK M, 2009 [7] apresenta o software educacional Scratch e seu papel na promoção do pensamento computacional entre estudantes. O artigo discute como o Scratch foi projetado para ser uma ferramenta acessível e amigável para ensinar programação a estudantes de todas as idades, incluindo aqueles sem conhecimento prévio de programação. Ele descreve as características do Scratch, como blocos de programação visual que podem ser arrastados e soltos para criar programas, e uma comunidade online onde os usuários podem compartilhar seus projetos e aprender com os outros.
- WING JM, 2008 [30] discute o pensamento computacional como um pensamento analítico. A autora argumenta que o PC compartilha com outras ciências formas gerais para resolução de problemas. Como por exemplo, pensamento matemático, pensamento de engenharia e pensamento científico.

4.4 Refinamento e Segunda Coleta de Dados

Por conta das análises apresentadas nas seções anteriores referentes ao *dataset* CTEducation, identificou-se aspectos curiosos como a taxa de crescimento anual que apresentava um valor negativo, e a primeira produção datando o ano de 2013, esperava-se datações anteriores a essa. Foi descoberto através de tentativas de filtragem distintas que a taxa de crescimento negativa ocorreu pelo fato que o ano de 2023 não foi retirado durante filtragem, antes que a coleta de dados fosse feita. Dessa forma como o ano começou há pouco menos de um mês quase nenhum artigo foi publicado gerando essa taxa de crescimento negativa que não condiz com o gráfico de crescimento anual das produções que claramente evidencia um aumento constante de publicações ano a ano.

Já a questão das publicações sendo iniciadas apenas no ano de 2013 se deve ao fato de que durante a etapa da busca no WoS, o campo pesquisa educacional (*educational research* no WoS) foi selecionado logo após o retorno do resultado de busca da *query*. Essa escolha acabou por retirar alguns trabalhos que poderiam ser do interesse do presente estudo.

Portanto, no dia 25 de janeiro foi decidido realizar uma nova busca. A *query* utilizada foi a mesma apresentada na Seção Coleta de Dados em 4.2, porém na parte de filtragem do WoS, o campo de pesquisa educacional não foi marcado, retornando assim 2.865 novos registros.

4.4.1 Filtragem dos Registros

Sobre os 2.865 documentos retornados no WoS, foram aplicados os seguintes filtros:

- Ainda dentro do WoS, todos os artigos que eram Artigo de conferência, Acesso antecipado, Artigo de revisão, Material editorial, Resumo da reunião, Crítica literária, Correção, Capítulos de livros, Cartas e Reimpressão foram retirados durante a filtragem disponibilizada no WoS. Foram mantidos apenas os registros de artigos publicados em revistas científicas⁶, retornando 1.211 documentos que foram exportados seguindo os mesmos critérios usados na Subseção 4.2.2. Os 1.211 registros foram recuperados em três blocos de até 500 registros por vez (1-500, 501-1000, 1001-1211).
- Depois desses 1211 registros serem importados no Bibliometrix foi aplicada também uma filtragem fornecida por ele retirando todos os artigos de 2023 que é o ano atual que acaba de iniciar durante a produção do presente trabalho⁷.

Após os filtros aplicados obteve-se um total de 1.090 registros no novo *dataset* que será o definitivo utilizado até o fim do trabalho, sendo agora nomeado de CTLearn.

⁶Supõe-se que o conhecimento de maior qualidade sobre o tema está nas publicações realizadas por revistas.

⁷Supõe-se que a adição do ano de 2023 na filtragem do *dataset* está ocasionando a taxa de crescimento negativa.

4.5 Segunda Análise, Visualização e Interpretação dos Dados

4.5.1 Análise descritiva do *dataset* CTLearn

Dados Sumários Gerais

Description	Results
MAIN INFORMATION ABOUT DATA	
Timespan	1995:2022
Sources (Journals, Books, etc)	319
Documents	1090
Annual Growth Rate %	23.51
Document Average Age	2,83
Average citations per doc	10.79
References	34649
DOCUMENT CONTENTS	
Keywords Plus (ID)	784
Author's Keywords (DE)	2448
AUTHORS	
Authors	2691
Authors of single-authored docs	108
AUTHORS COLLABORATION	
Single-authored docs	116
Co-Authors per Doc	3.28
International co-authorships %	17.06
DOCUMENT TYPES	
article	1079
article; proceedings paper	11

Tabela 4.1: Principais dados descritivos do *dataset* CTLearn.

Infere-se, com os resultados da Tabela 4.1, que o *dataset* CTLearn abrange um período de 28 anos de publicações (1995 a 2022), revelando a publicação dos 1090 artigos em 319 fontes distintas. Esses artigos tem idade média de publicação de 2,83.

Complementarmente, o *dataset* apresenta 34649 referências citadas, com uma média de $(34649/1090 = 31,78)$ referências citadas por artigo. 2691 autores distintos produziram os artigos, com uma média de 2,46 autores por documento.

Evolução anual da produção científica

No tema do pensamento computacional no contexto educacional, a evolução anual da produção científica mundial é apresentada no gráfico da Figura 4.6.

Entre 1995 e 2012 o número de publicações era inexpressivo, havendo 1 publicação em 1995 e só no ano de 2008 que houveram publicações novamente. As publicações demonstram ascendência evidente a partir do ano de (2013), onde passou a ocorrer um crescimento exorbitante no número de publicações desde então. Vale ressaltar que esse padrão de crescimento é aparente em várias outras áreas de conhecimento.

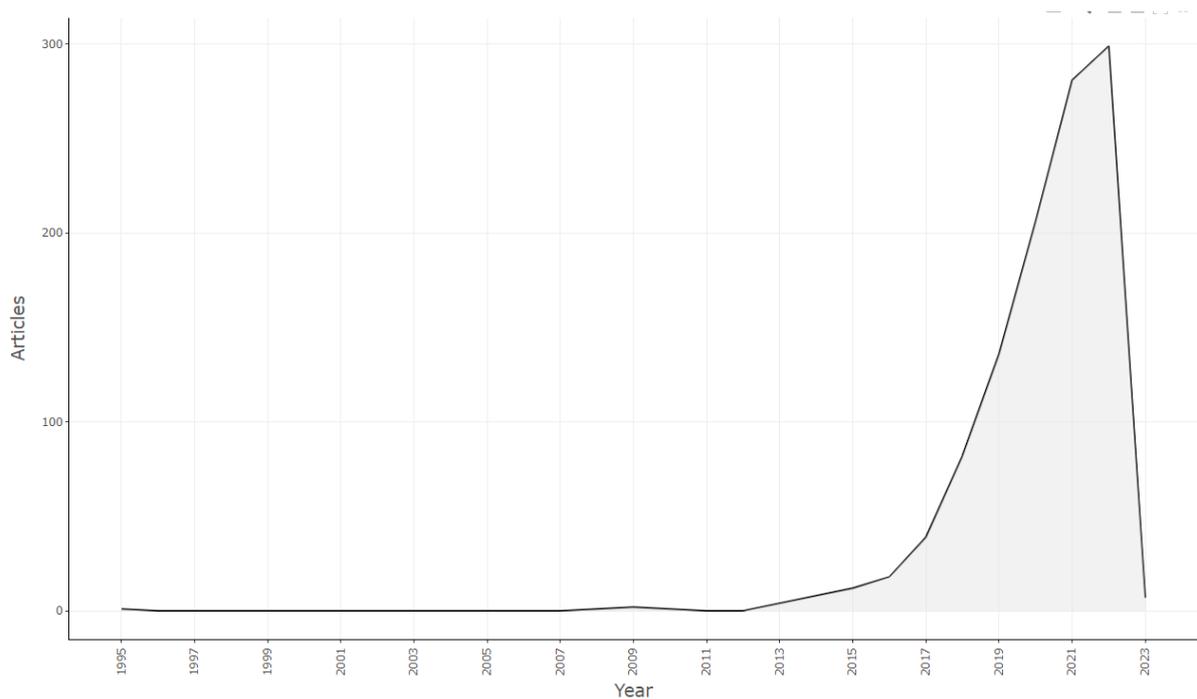


Figura 4.6: Evolução da produção científica anual, segundo o *dataset* CTLearn.

Média de Citações Anuais por Artigo

A Figura 4.7 apresenta um gráfico com a evolução das citações anuais médias, para os artigos do *dataset* CTLearn. Observa-se que no ano de 2008 houve um enorme crescimento comparado com os demais anos, possivelmente por conta de algum artigo que obteve uma quantidade muito grande de citações, depois disso, do ano de 2012 em diante houve uma média discreta no número de citações.

A quantidade inferior de citações referente ao ano de 2022 comparada com os anos antecessores pode ser explicada pois no momento atual da produção deste trabalho o ano

de 2022 encerrou-se a exato 1 mês atrás, não obtendo assim todas as indexações mais recentes referentes a esse ano.

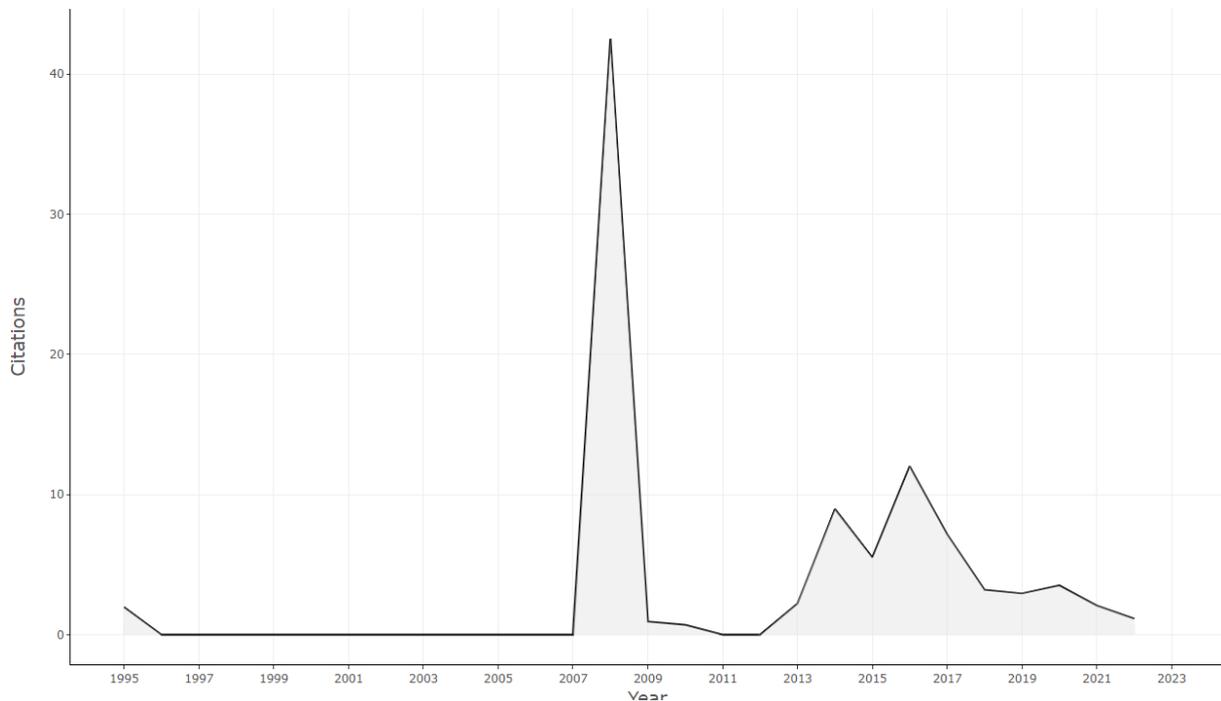


Figura 4.7: Média de citações para cada artigo do *dataset* CTLearn, conforme o ano de publicação.

Diagramas de Sankey (*three fields plots*)

Os diagramas de Sankey também conhecido como *Three fields plots* representam gráficos direcionados e ponderados com funções de peso que satisfazem a conservação do fluxo: a soma dos pesos de entrada para cada nó é igual aos pesos de saída. Esses diagramas geralmente são desenhados à mão ou gerados por programas de desenho. O modelo de simulação e o gráfico de fluxo podem ser analisados em detalhes usando o recurso de rastreamento de fluxo, que permite aos usuários seguir fluxos individuais no gráfico de fluxo.⁸ Assim os *three fields plots* possibilitam várias relações de afinidade entre as diversas colunas de registro do *dataset*.

Em busca de apresentar mais alguns dados sumários gerais sobre o *dataset*, as Figuras 4.8 e 4.9 apresentam dois *three fields plots* diferentes. A figura 4.8, apresenta as afinidades mais explícitas entre 15 referências citadas (esquerda), 15 autores (centro) e 15 palavras-

⁸Para uma introdução ver https://en.wikipedia.org/wiki/Sankey_diagram. Para obter detalhes sobre a forma de geração e utilização desse gráfico, inclusive de forma interativa, veja o vídeo em <https://www.youtube.com/watch?v=jBb1iha6-sg>.

chave (direita). No centro, observa-se que em maioria, os autores mais evidentes, segundo a técnica abordada, são de origem asiática, julgando pelos nomes.

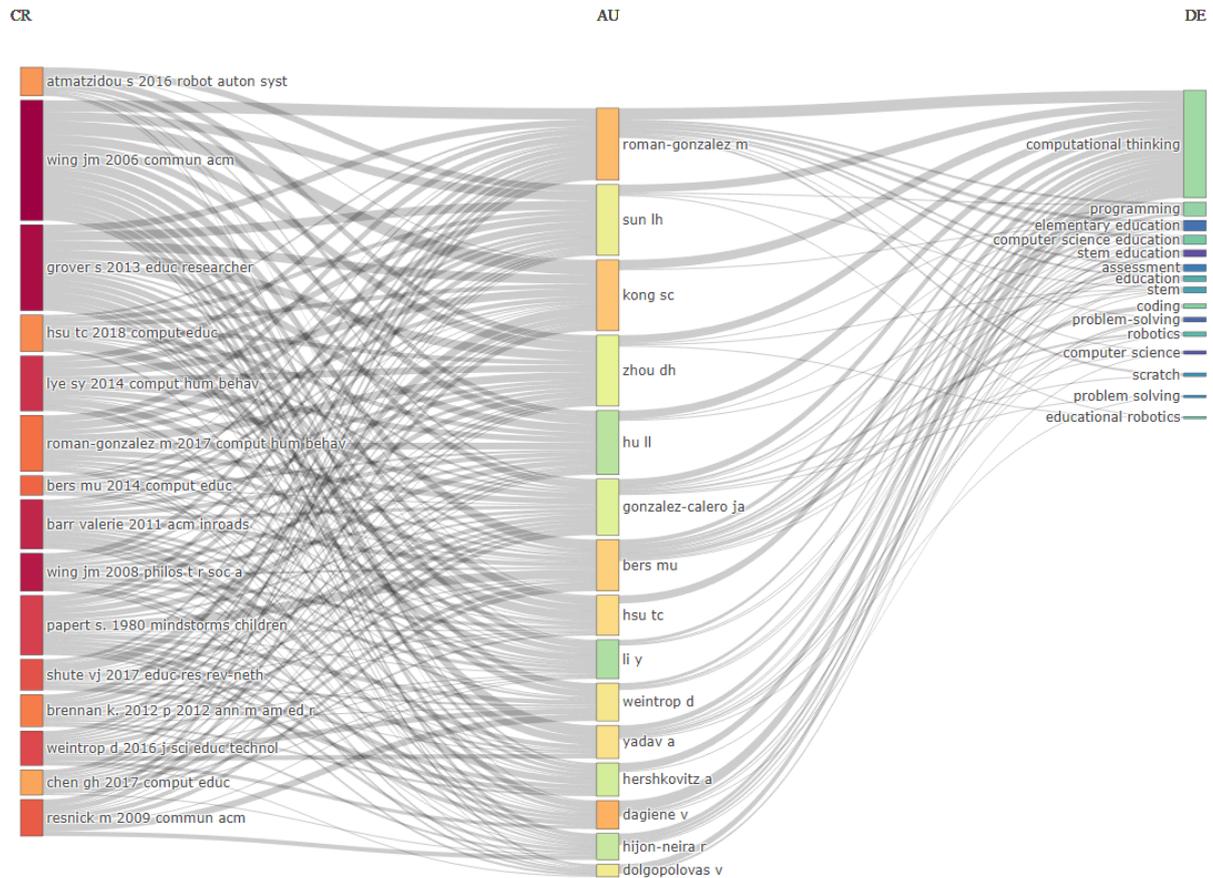


Figura 4.8: Diagrama Sankey, relacionando as afinidades mais evidentes entre Referências citadas (esquerda), Autores (centro) e Palavras-chave (direita).

As 15 palavras-chave mais expressivas sugerem que o *dataset* possui artigos que refletem a busca sobre o tema desejado, e que há muitas palavras que se relacionam diretamente com o tema educação, como as listadas a seguir:

1. *elementary education*;
2. *computer science education*;
3. *stem education*;
4. *education*;
5. *stem*;
6. *educational robotics*;

As seguintes palavras insinuam, o que pode ser evidenciado com a análise detalhada desse estudo bibliográfico. Fica evidente também que o estado da arte no tema do trabalho busca respostas, ou possui bases nas seguintes questões:

computational thinking Como o pensamento computacional está sendo utilizado na educação?

programming Como a programação está sendo utilizada para o desenvolver habilidades do pensamento computacional?

assessment Como o pensamento computacional está sendo utilizado no contexto avaliativo?

stem (science, technology, engineering e mathematics) Como o pensamento computacional está sendo utilizado para o desenvolvimento de habilidades nos conteúdos de Matemática, Engenharia, Tecnologia e Ciências?

coding Como o pensamento computacional está sendo expresso na codificação?

problem solving Como o pensamento computacional está sendo utilizado para resolver problemas?

robotics Como os robôs estão sendo utilizados para o desenvolvimento do pensamento computacional? (ou como o pensamento computacional está sendo utilizado para programar robôs?)

computer science Como a ciência da computação tem desenvolvido o pensamento computacional?

scratch Como a Linguagem de Programação Visual (LPV) Scratch tem sido utilizada como meio para promover habilidades do pensamento computacional?

Algumas das referências citadas, apresentadas à esquerda do gráfico, devem evidenciar a relevância das questões sugeridas acima, a ser validadas até o final do presente trabalho.

O segundo diagrama, Figura 4.9, apresenta as afinidades mais explícitas entre 15 revistas (esquerda), 15 palavras-chave (centro) e 15 instituições de filiação dos autores (direita). Com base na técnica usada, fica evidente a proeminência dos seguintes *journals* sobre os demais, sendo apresentado a seguir um trecho que descreve do foco de cada revista, extraído da página online respectiva de cada revista:

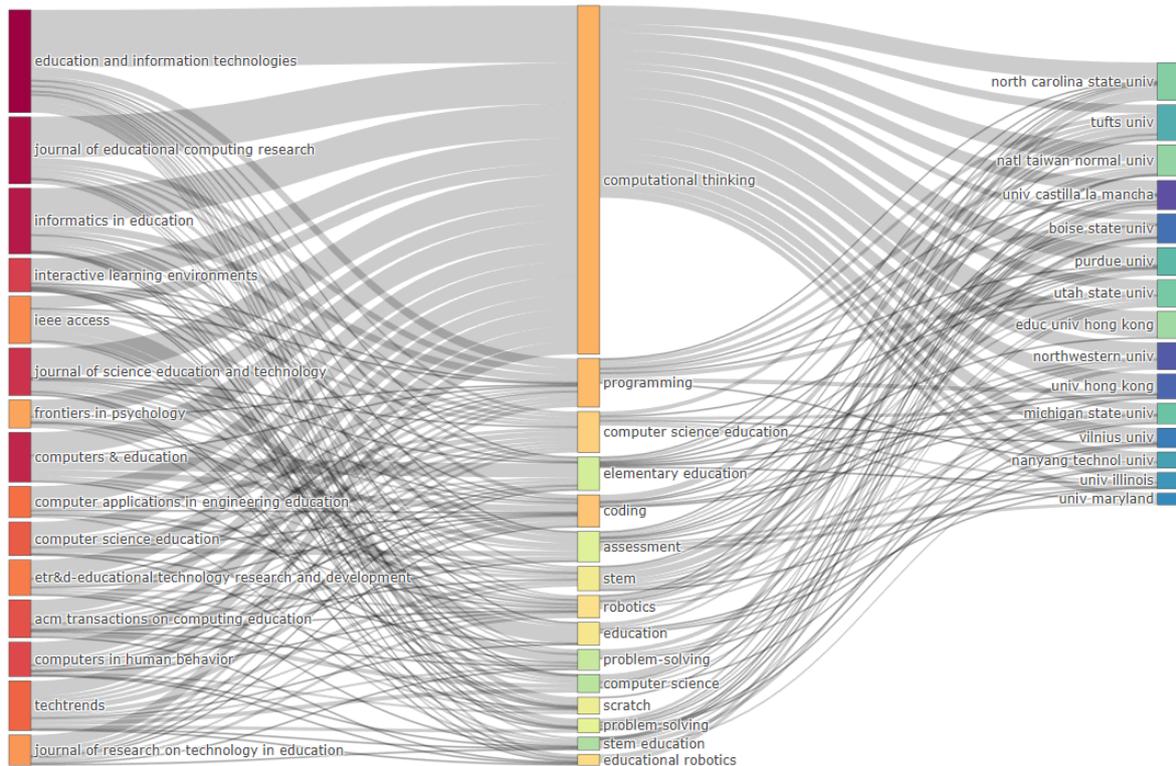


Figura 4.9: Diagrama Sankey, relacionando as afinidades mais evidentes entre revistas (esquerda), palavras-chave (centro) e instituição de filiação dos autores (direita).

- ***Education and Information Technologies.*** Abrange as complexas relações entre as tecnologias de informação e comunicação e a educação. A revista oferece perspectivas em todos os níveis, desde o micro de aplicações específicas ou instâncias de uso em salas de aula até preocupações macro de políticas nacionais e grandes projetos; de turmas de crianças de cinco anos a adultos em instituições terciárias; de professores e administradores a pesquisadores e designers; das instituições ao ensino aberto, à distância e ao longo da vida.. Fonte <https://www.springer.com/journal/10639>
- ***Journal of Education Computing Research.*** O Journal of Educational Computing Research é um periódico acadêmico interdisciplinar revisado por pares que publica os últimos relatórios de pesquisa e análises críticas sobre computação educacional para teóricos e profissionais... Os termos "educação" e "computação" são vistos de forma ampla. “Educação” refere-se ao uso de tecnologias baseadas em computador em todos os níveis do sistema educacional formal, negócios e indústria, educação domiciliar, aprendizagem ao longo da vida e ambientes de aprendizagem

não intencional. “Computação” refere-se a todas as formas de aplicativos e inovações de computador - hardware e software. Por exemplo, isso pode variar de computação móvel e onipresente a simulações 3D imersivas e jogos a ambientes virtuais de aprendizado aprimorados por computação. Cada edição apresenta artigos úteis para profissionais e teóricos. Fonte <https://journals.sagepub.com/description/JEC>

- ***INFORMATICS IN EDUCATION***. É uma revista revisada por pares que fornece um fórum internacional para apresentar os mais recentes resultados de pesquisas originais e desenvolvimentos nas áreas de informática (ciência da computação ou computação também depende da terminologia usada em diferentes países) e educação. A revista promoverá contatos entre pesquisadores em informática e educadores práticos tanto nos países bálticos quanto na Europa Central e Oriental, onde uma metodologia distinta de ensino e aprendizagem de informática foi desenvolvida e é de grande interesse. Fonte <https://infedu.vu.lt/journal/INFEDU>
- ***Interactive Learning Environments (ILE)***...publica artigos sobre todos os aspectos do design e uso de ambientes de aprendizagem interativos no sentido mais amplo, abrangendo ambientes que apoiam alunos individuais até ambientes que apoiam a colaboração entre grupos de alunos ou colegas de trabalho. Domínios relevantes de aplicação incluem educação e treinamento em todos os níveis, aprendizagem ao longo da vida e compartilhamento de conhecimento. Os tópicos relevantes para artigos incluem: sistemas adaptativos, teoria da aprendizagem, pedagogia e design de aprendizagem, sala de aula eletronicamente aprimorada, comunicações mediadas por computador de todos os tipos, avaliação auxiliada por computador, design e uso de ambientes virtuais de aprendizagem e sistemas de gerenciamento de aprendizagem, facilitando a mudança organizacional, aplicando padrões para reutilização de material didático, rastreamento, manutenção de registros e interoperabilidade do sistema, o uso de sistemas de gerenciamento de conteúdo de aprendizagem, incluindo design de fluxo de trabalho e publicação em uma variedade de mídias, e questões associadas à ampliação da entrega para grandes coortes de estudantes e estagiários dentro do corporativo, educacional e outros setores públicos. Fonte <https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=145681&tip=sid>
- ***Computers and Education*** Computers and Education tem como objetivo aumentar o conhecimento e a compreensão das maneiras pelas quais a tecnologia digital pode melhorar a educação, por meio da publicação de pesquisas de alta qualidade, que ampliam a teoria e a prática. Os Editores aceitam trabalhos de pesquisa sobre os usos pedagógicos da tecnologia digital, onde o foco é amplo o

suficiente para ser de interesse de uma comunidade educacional mais ampla. Fonte <https://www.sciencedirect.com/journal/computers-and-education>

- ***ACM Transactions on Computing Education*** ACM Transactions on Computing Education (TOCE, pronuncia-se “tose”) publica artigos de pesquisa de alta qualidade, revisados por pares, sobre todos os aspectos da educação em computação de interesse para pesquisadores de educação em computação, educadores em computação, designers instrucionais, educadores de professores, administradores escolares, formuladores de políticas, e outras partes interessadas. Fonte <https://dl.acm.org/journal/toce/scope>

Observa-se, com base no escopo declarado que as revistas: *Education and Information Technologies*, *Journal of Education Computing Research*, *Informatics in Education*, *Interactive Learning Environments (ILE)*, *Computers Education* e *ACM Transactions on Computing Education* são bem enquadrada no escopo da busca, tendo como base pesquisas no campo da educação e computação. Enquanto as demais 7 revistas listadas a seguir não tem relação direta com o tema, porém pela diversidade e amplitude de seus estudos podem abarcar também trabalhos que relacionem a computação com a educação:

1. ***IEEE Access***. ... é uma revista multidisciplinar, exclusivamente online, de acesso totalmente aberto, apresentando continuamente os resultados da pesquisa ou desenvolvimento original em todos os campos de interesse do IEEE. Apoiado por taxas de processamento de artigos (APCs), suas características são a rápida revisão por pares, um tempo de envio para publicação de 4 a 6 semanas e artigos que estão disponíveis gratuitamente para todos os leitores. Fonte <https://ieeaccess.ieee.org/about-ieee-access/learn-more-about-ieee-access/>
2. ***Frontiers in Psychology*** Frontiers in Psychology é a maior revista em seu campo, publicando pesquisas rigorosamente revisadas por pares nas ciências psicológicas, da pesquisa clínica à ciência cognitiva, da percepção à consciência, dos estudos de imagem aos fatores humanos e da cognição animal à psicologia social. Frontiers in Psychology, como um periódico grande, multidisciplinar e de acesso aberto, visa estar na vanguarda da divulgação do melhor conhecimento científico e descobertas impactantes para pesquisadores, acadêmicos, clínicos e o público em todo o mundo. Fonte <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/about>
3. ***Journal of Science Education and Technology*** ... é um fórum interdisciplinar para a publicação de artigos de pesquisa originais revisados por pares, contribuídos e convidados da mais alta qualidade que abordam a interseção da educação científica e da tecnologia com implicações para melhorar e aprimorar a educação científica

em todos os níveis em todo o mundo. Os tópicos abordados podem ser categorizados como disciplinares (biologia, química, física, bem como algumas aplicações da ciência da computação e engenharia, incluindo os processos de aprendizagem, ensino e desenvolvimento de professores), tecnológicos (hardware, software, ambientes projetados e situados envolvendo aplicativos caracterizados como com, através e em) e organizacional (legislação, administração, implementação e valorização do professor). Na medida em que a tecnologia desempenha um papel cada vez maior em nossa compreensão e desenvolvimento das disciplinas científicas, nas relações sociais entre pessoas, informações e instituições, a revista a inclui como um componente da educação científica. A revista fornece uma variedade estimulante e informativa de trabalhos de pesquisa que expandem e aprofundam nossa compreensão teórica, ao mesmo tempo em que fornecem implicações práticas e baseadas em políticas na expectativa de que esse trabalho de alta qualidade compartilhado entre uma ampla coalizão de indivíduos e grupos facilite esforços futuros. Fonte <https://www.springer.com/journal/10956>

4. ***Computers in Human Behavior*** Computers in Human Behavior é uma revista acadêmica dedicada a examinar o uso de computadores de uma perspectiva psicológica. São publicados trabalhos teóricos originais, relatórios de pesquisa, revisões de literatura, análises de software, resenhas de livros e anúncios. A revista aborda o uso de computadores em psicologia, psiquiatria e disciplinas relacionadas, bem como o impacto psicológico do uso de computadores em indivíduos, grupos e sociedade. A primeira categoria inclui artigos que exploram o uso de computadores para prática profissional, treinamento, pesquisa e desenvolvimento teórico. A última categoria inclui artigos que tratam dos efeitos psicológicos dos computadores em fenômenos como desenvolvimento humano, aprendizado, cognição, personalidade e interações sociais. A revista aborda interações humanas com computadores, não computadores em si. O computador é discutido apenas como um meio através do qual os comportamentos humanos são moldados e expressos. A mensagem principal da maioria dos artigos envolve informações sobre o comportamento humano. Portanto, profissionais com interesse nos aspectos psicológicos do uso do computador, mas com conhecimento limitado de computadores, acharão esta revista interessante. Fonte <https://www.sciencedirect.com/journal/computers-in-human-behavior>
5. ***TechTrends*** TechTrends é uma revista líder para profissionais da área de comunicação e tecnologia educacional. Ele fornece um veículo que promove a troca de informações importantes e atuais entre profissionais. Os artigos publicados na revista contribuem para o avanço do conhecimento e da prática na área. Entre os

tópicos abordados estão o gerenciamento de mídia e programas, a aplicação de princípios e técnicas de tecnologia educacional a programas instrucionais e treinamento corporativo e militar. Fonte <https://www.springer.com/journal/11528/>

6. ***Journal of Research on Technology in Education (JRTE)*** O Journal of Research on Technology in Education (JRTE) é a principal fonte de pesquisa revisada por pares de alta qualidade que define o estado da arte e os horizontes futuros do ensino e aprendizagem com tecnologia. Os termos "educação" e "tecnologia" são amplamente definidos. A educação inclui ambientes educacionais formais, desde o PK-12 até o ensino superior, e ambientes informais de aprendizado, como museus, centros comunitários e programas extracurriculares. Tecnologia refere-se a inovações de software e hardware e, de forma mais ampla, à aplicação de processos tecnológicos à educação. Fonte <https://www.tandfonline.com/action/journalInformation?show=aimsScope&journalCode=ujrt20>
7. ***Computer Applications in Engineering Education*** Computer Applications in Engineering Education oferece um fórum para publicação de informações revisadas por pares sobre os usos inovadores de computadores, Internet e ferramentas de software no ensino de engenharia. Além de novos cursos e ferramentas de software, a revista CAE abrange áreas que suportam a integração de módulos baseados em tecnologia no currículo de engenharia e promove a discussão das questões de avaliação e disseminação associadas a esses novos métodos de implementação. e possível publicação no CAE. Fonte <https://onlinelibrary.wiley.com/page/journal/10990542/homepage/productinformation.html>

Algumas dessas revistas tem foco em áreas específicas como psicologia ou engenharia, porém podem ter trabalhos relacionados a educação e o pensamento computacional, dada as afinidades relativa de todas essas áreas de conhecimento.

Sobre as instituições de filiação dos autores, nota-se duas regiões dominantes que concentram a maior parte das instituições. 9 de 15 das instituições é localizada nos EUA, seguido por 4 de 15 na Ásia (Hong Kong, Taiwan e Singapura).

4.5.2 Medidas bibliométricas

No Bibliometrix há 3 tipos principais de medidas bibliométricas que podem ser realizadas, referentes ao *dataset* CTLearn. Elas serão exploradas nesta subseção, e são organizadas em três principais conjuntos:

Relativas aos Documentos As medidas relativas aos documentos podem ser realizadas pois cada citação adicional a um documento (artigo de revista, de conferência,

livro, ou capítulo de livro) é um indicador do impacto do documento em si, que evidencia a sua importância. Além das citações, a ocorrência de palavras dentro dos documentos, inclusive ordenada pelo tempo, também produz indicadores numéricos (métricas) relevantes para analisar a importância do documento em relação a outros.

Relativas aos Autores Medida referente aos autores. Pode ser calculada pois sempre que um artigo publicado por um ou mais autores e também indexado por uma organização (WoS, SCOPUS etc), é citado em um outro artigo também indexado por essa mesma organização, então é feita a anotação de uma citação ao mesmo, e o impacto potencial desse autor sobre a ciência é atestado pelo valor mais alto da citação do conjunto de seus artigos indexados. Várias métricas (índice H, G, M etc) podem ser derivadas dessa medida (quantidade de citações), e são exploradas tanto em relação aos autores como em relação às revistas onde esses artigos foram publicados;

Referentes às Fontes de Informação No presente trabalho as medidas bibliométricas referentes às fontes de informação são aquelas provenientes de apenas de publicações em revistas, todas as fontes de informação mensuradas serão revistas científicas, ou *journals*. As principais medidas são de impacto das fontes, mensuradas com base no número de citações que os artigos publicados nas revistas obtiveram de outras publicações, possivelmente feitas em outras fontes de informação, como outras revistas, seções de livros, artigos de conferência etc. As citações são registradas pelas organizações que fazem indexação de artigos, como a Web of Science e SCOPUS;

Essas três medidas e as métricas que as compõem serão apresentadas a seguir.

4.5.3 Medidas relativas aos documentos (**Artigos científicos**) no *dataset*

Citações Globais aos Artigos no *Dataset* Os registros encontrados no *dataset* incluem informações sobre a quantidade de citações registradas no índice do WoS, desde que a solicitação seja feita durante a extração *Times Cited* (TC). A Tabela 4.2 mostra os 25 artigos mais citados no conjunto de dados, ordenados por número de citações globais em índices do WoS. Para cada artigo, é fornecida uma referência abreviada, um Digital Object Identifier (DOI) e o número de citações globais no índice do WoS. Para acessar a página do artigo, basta abrir uma URL com o prefixo <http://doi.org/> e inserir o valor do DOI fornecido. Por exemplo, o DOI 10.1098/rsta.2008.0118 leva à página

do artigo mais citado globalmente, intitulado "*Computational thinking and thinking about computing*".

#	Artigo (Referência Abreviada)	DOI	Tot.Cit.
1	WING JM, 2008, PHILOS T R SOC A	10.1098/rsta.2008.0118	638
2	WEINTROP D, 2016, J SCI EDUC TECHNOL	10.1007/s10956-015-9581-5	465
3	BERS MU, 2014, COMPUT EDUC	10.1016/j.compedu.2013.10.020	350
4	ROMAN-GONZALEZ M, 2017, COMPUT HUM BEHAV	10.1016/j.chb.2016.08.047	251
5	ATMATZIDOU S, 2016, ROBOT AUTON SYST	10.1016/j.robot.2015.10.008	211
6	SAEZ-LOPEZ JM, 2016, COMPUT EDUC	10.1016/j.compedu.2016.03.003	207
7	YADAV A, 2014, ACM T COMPUT EDUC	10.1145/2576872	173
8	CHEN GH, 2017, COMPUT EDUC	10.1016/j.compedu.2017.03.001	162
9	KALELIOGLU F, 2015, COMPUT HUM BEHAV	10.1016/j.chb.2015.05.047	151
10	KORKMAZ O, 2017, COMPUT HUM BEHAV	10.1016/j.chb.2017.01.005	143
11	ANGELI C, 2016, EDUC TECHNOL SOC	NA	115
12	ISRAEL M, 2015, COMPUT EDUC	10.1016/j.compedu.2014.11.022	115
13	GARCIA-PENALVO FJ, 2018, COMPUT HUM BEHAV	10.1016/j.chb.2017.12.005	101
14	ANGELI C, 2020, COMPUT HUM BEHAV-a	10.1016/j.chb.2019.03.018	100
15	ENGLISH LD, 2017, INT J SCI MATH EDUC	10.1007/s10763-017-9802-x	97
16	REPENNING A, 2015, ACM T COMPUT EDUC	10.1145/2700517	86
17	YADAV A, 2017, COMMUN ACM	10.1145/2994591	85
18	LEONARD J, 2016, J SCI EDUC TECHNOL	10.1007/s10956-016-9628-2	84
19	EGUCHI A, 2016, ROBOT AUTON SYST	10.1016/j.robot.2015.05.013	82
20	BASU S, 2017, USER MODEL USER-ADAP	10.1007/s11257-017-9187-0	80
21	KONG SC, 2018, COMPUT EDUC	10.1016/j.compedu.2018.08.026	79
22	DURAK HY, 2018, COMPUT EDUC	10.1016/j.compedu.2017.09.004	76
23	NOURI J, 2020, EDUC INQ	10.1080/20004508.2019.1627844	72
24	JAIPAL-JAMANI K, 2017, J SCI EDUC TECHNOL	10.1007/s10956-016-9663-z	68
25	BERS MU, 2019, COMPUT EDUC	10.1016/j.compedu.2019.04.013	66

Tabela 4.2: 25 artigos mais citados globalmente no *dataset* CTLearn.

Depois de ter sido realizada uma análise do resumo do texto de vários dos documentos citados, infere-se que nem todos alinham-se de forma adequada ao foco do *dataset*, alguns são mais voltados para o campo de robótica por exemplo, o que se justifica pelo fato de que esses documentos são os de maior citação global, e não necessariamente os que tem maior citação local dentro do próprio *dataset*. Dessa forma, com o objetivo de buscar resultados mais alinhados ao foco do presente estudo procede-se para a próxima análise.

Citações Locais aos Artigos no *Dataset* Cada entrada encontrada no *dataset* contém diversas informações, incluindo a lista de referências a outros documentos presentes na seção de bibliografia. O Bibliometrix realiza uma estimativa da frequência com que cada artigo no *dataset* é citado por outros artigos dentro do mesmo *dataset*, criando uma tabela das citações locais mais frequentes. Essa tabela pode indicar artigos que possuem uma relação mais próxima com a pesquisa realizada.

	Document	DOI	L.Cit	G. Cit
1	WING JM, 2008, PHILOS T R SOC A	10.1098/rsta.2008.0118	275	638
2	WEINTROP D, 2016, J SCI EDUC TECHNOL	10.1007/s10956-015-9581-5	236	465
3	BERS MU, 2014, COMPUT EDUC	10.1016/j.compedu.2013.10.020	169	350
4	ROMAN-GONZALEZ M, 2017, COMPUT HUM BEHAV	10.1016/j.chb.2016.08.047	165	251
5	ATMATZIDOU S, 2016, ROBOT AUTON SYST	10.1016/j.robot.2015.10.008	128	211
6	CHEN GH, 2017, COMPUT EDUC	10.1016/j.compedu.2017.03.001	113	162
7	KORKMAZ O, 2017, COMPUT HUM BEHAV	10.1016/j.chb.2017.01.005	109	143
8	YADAV A, 2014, ACM T COMPUT EDUC	10.1145/2576872	98	173
9	SAEZ-LOPEZ JM, 2016, COMPUT EDUC	10.1016/j.compedu.2016.03.003	90	207
10	ANGELI C, 2016, EDUC TECHNOL SOC		80	115
11	ISRAEL M, 2015, COMPUT EDUC	10.1016/j.compedu.2014.11.022	68	115
12	DURAK HY, 2018, COMPUT EDUC	10.1016/j.compedu.2017.09.004	57	76
13	ANGELI C, 2020, COMPUT HUM BEHAV-a	10.1016/j.chb.2019.03.018	57	100
14	KALELIOGLU F, 2015, COMPUT HUM BEHAV	10.1016/j.chb.2015.05.047	55	151
15	YADAV A, 2017, COMMUN ACM	10.1145/2994591	54	85
16	KONG SC, 2018, COMPUT EDUC	10.1016/j.compedu.2018.08.026	52	79
17	GARCIA-PENALVO FJ, 2018, COMPUT HUM BEHAV	10.1016/j.chb.2017.12.005	52	101
18	LEONARD J, 2016, J SCI EDUC TECHNOL	10.1007/s10956-016-9628-2	46	84
19	DEL OLMO-MUNOZ J, 2020, COMPUT EDUC	10.1016/j.compedu.2020.103832	42	54
20	BERLAND M, 2015, J SCI EDUC TECHNOL	10.1007/s10956-015-9552-x	35	62
21	NOURI J, 2020, EDUC INQ	10.1080/20004508.2019.1627844	34	72
22	JAIPAL-JAMANI K, 2017, J SCI EDUC TECHNOL	10.1007/s10956-016-9663-z	31	68
23	BERS MU, 2019, COMPUT EDUC	10.1016/j.compedu.2019.04.013	31	66
24	FALLOON G, 2016, J COMPUT ASSIST LEAR	10.1111/jcal.12155	30	54
25	ZHONG BC, 2016, J EDUC COMPUT RES	10.1177/0735633115608444	29	57

Tabela 4.3: 25 artigos mais citados localmente no *dataset* CTLearn.

A lista dos artigos encontrados pelo critério de citação local retornou textos bastante pertinentes no tema de pensamento computacional no contexto educacional, a seguir será apresentado um trecho explicando cada um dos 25 artigos, conforme a ordem apresentada na Tabela 4.3:

1. *"Computational thinking and thinking about computing"*(Wing [30]), discute como o pensamento computacional influenciará a todos em todos os campos de atuação;
2. *"Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms"*(Weintrop et al. [9]), propõe uma definição de pensamento computacional para matemática e ciências na forma de uma taxonomia composta por quatro categorias principais: práticas de dados, práticas de modelagem e simulação, práticas de solução de problemas computacionais e práticas de pensamento sistêmico;
3. *"Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum"*(Bers et al. [29]), combina programação de computador apropriada para o desenvolvimento e ferramentas de robótica com um currículo construcionista projetado para envolver as crianças do jardim de infância no aprendizado de pensamento computacional, robótica, programação e resolução de problemas;
4. *"Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test"*(Roman-González et al. [31]), Busca fornecer um novo

instrumento para medição do PC e, adicionalmente, fornecer evidências da natureza do PC por meio de suas associações com construtos psicológicos relacionados;

5. *"Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences"*(Atmatzidou e Demetriadis [32]), Este trabalho investiga o desenvolvimento das habilidades do PC de alunos no contexto da atividade de aprendizagem de Robótica Educacional (RE);
6. *"Assessing elementary students' computational thinking in everyday reasoning and robotics programming"*(Chen et al. [33]), desenvolve um instrumento para avaliar o PC de alunos da quinta série;
7. *"A validity and reliability study of the Computational Thinking Scales (CTS)"*(Korkmaz et al.[34]), Desenvolve uma escala com a finalidade de determinar os níveis de habilidades do pensamento computacional dos alunos;
8. *"Computational Thinking in Elementary and Secondary Teacher Education"*(Yadav et al. [18]), Descreve um estudo sobre o projeto e a introdução de módulos de pensamento computacional e a avaliação de seu impacto na compreensão dos conceitos de PC por professores de formação inicial, bem como em sua atitude em relação à computação;
9. *"Visual programming languages integrated across the curriculum in elementary school: A two year case study using "Scratch" in five schools"*(Sáez-López et al. [35]), avalia o uso de uma Linguagem de Programação Visual usando Scratch na prática de sala de aula, analisando no decorrer de 2 anos os resultados e atitudes de 107 alunos do ensino fundamental de 5^a a 6^a série em cinco escolas diferentes na Espanha;
10. *"Supporting all learners in school-wide computational thinking: A cross-case qualitative analysis"*(Israel et al. [36]), Investiga como professores do ensino fundamental com experiência limitada em ciência da computação em uma escola de alta necessidade integravam o pensamento computacional em sua instrução;
11. *"Analysis of the relation between computational thinking skills and various variables with the structural equation model"*(Durak e Saritepeci [37]), busca determinar o quanto várias variáveis explicam as habilidades de pensamento computacional dos alunos;
12. *"Developing young children's computational thinking with educational robotics: An interaction effect between gender and scaffolding strategy"*(Angeli e Valanides [38]), examina os efeitos do aprendizado com o Bee-Bot no pensamento computacional de meninos e meninas no contexto de duas técnicas de andaime;

13. *"A new way of teaching programming skills to K-12 students: Code.org"*(Kalelioglu [39]), tenta investigar o efeito do ensino do site code.org nas habilidades de pensamento reflexivo para a resolução de problemas;
14. *"Computational thinking for teacher education"*(Yadav et al. [40]), framework para desenvolver o conhecimento dos professores em formação que não depende necessariamente de computadores ou outras tecnologias educacionais;
15. *"A study of primary school students' interest, collaboration attitude, and programming empowerment in computational thinking education"*(Kong et al. [41]), baseada na visão de Seymour Papert de capacitar os alunos ao dominar a programação, este estudo conceituou o empoderamento da programação como consistindo de quatro componentes: significado, impacto, autoeficácia criativa e autoeficácia de programação;
16. *"Exploring the computational thinking effects in pre-university education"*(Garcia-Penalvo [42]), busca desenvolver habilidades de raciocínio lógico e habilidades de resolução de problemas dos alunos pré universitários por meio de abordagens de programação ou pensamento computacional;
17. *"Using Robotics and Game Design to Enhance Children's Self-Efficacy, STEM Attitudes, and Computational Thinking Skills"*(Leonard et al. [43]), descreve as descobertas de um estudo piloto que usou robótica e design de jogos para desenvolver estratégias de pensamento computacional de alunos do ensino médio;
18. *"Computational thinking through unplugged activities in early years of Primary Education"*(Del Olmo [44]), o objetivo deste estudo é avaliar se a inclusão das chamadas atividades desplugadas favorece o desenvolvimento do PC nos alunos dos anos iniciais do Ensino Fundamental;
19. *"Comparing Virtual and Physical Robotics Environments for Supporting Complex Systems and Computational Thinking"*(Berland e Wilensky [45]), compara uma simulação participativa de robótica física e outra usando uma simulação participativa de robótica virtual quanto à sua eficácia em apoiar o pensamento de sistemas complexos e as habilidades de pensamento computacional dos alunos;
20. *"Development of computational thinking, digital competence and 21st century skills when learning programming in K-9"*(Nouri et al. [46]), procura entender quais habilidades, tanto relacionadas ao PC quanto gerais, são desenvolvidas entre os alunos no processo de trabalho com programação nas escolas;

21. *"Effect of Robotics on Elementary Preservice Teachers' Self-Efficacy, Science Learning, and Computational Thinking"*(Jaipal e Angeli [47]), relata um estudo que examinou professores de formação inicial (n = 21) autoeficácia, compreensão de conceitos científicos e pensamento computacional ao se envolverem com a robótica em um curso de métodos científicos;
22. *"Coding as a playground: Promoting positive learning experiences in childhood classrooms"*([48]), avalia uma experiência de “codificação como um playground” de acordo com a estrutura do Desenvolvimento Tecnológico Positivo (DTP) com o kit de robótica KIBO, especialmente projetado para crianças pequenas;
23. *"An analysis of young students' thinking when completing basic coding tasks using Scratch Jnr. On the iPad"*(Falloon [49]), analisa os dados coletados enquanto alunos de 5 e 6 anos de uma escola primária da Nova Zelândia estavam usando o Scratch Jnr. para aprender sobre formas básicas, como parte de um tópico de numeramento. A análise combinou a estrutura de habilidades de pensamento computacional de Brennan e Resnick (2012) e a revisão de Krathwohl (2002) da Taxonomia de Bloom para avaliar qualquer papel que as habilidades de pensamento geral desempenham nas habilidades desses alunos;
24. *"An Exploration of Three-Dimensional Integrated Assessment for Computational Thinking"* (Zhong et al. [50]), projeta a estrutura da Avaliação Tridimensional Integrada (ATI). A ATI tem dois objetivos: integrar três dimensões (direcionalidade, abertura e processo) no projeto de tarefas de avaliação eficazes; e a outra era avaliar de forma abrangente as três dimensões do PC, incluindo conceitos, práticas e perspectivas computacionais;

Depois de ter sido feita a análise dos 25 artigos mais citados do *dataset* ganhou-se uma confiança de que os documentos são relevantes quanto à pertinência do pensamento computacional no contexto educacional. Os principais tópicos investigados nesses artigos são relacionados com as ideias de:

1. Definir o que é pensamento computacional;
2. Definir quais habilidades constituem o pensamento computacional;
3. Busca de um instrumento para avaliar alunos no ensino do PC;
4. Desenvolver uma maneira de determinar os níveis de habilidades do pensamento computacional adquiridas;
5. Uso de uma Linguagem de Programação Visual para o ensino do PC;

6. Como integrar o pensamento computacional na educação escolar;
7. Ferramentas para auxiliar o ensino do PC;
8. Robótica para o ensino do PC;
9. Introduzir o ensino do PC para crianças pequenas;

Referências a outros documentos citados pelos artigos do *dataset* Os documentos do *dataset* CTLearn possuem cada um seu respectivo registro e nele contém metadados com o conjunto das referências citadas, no campo CR. A Tabela 4.4 apresenta quais foram as 25 citações mais frequentes, sugerindo os principais documentos que contém o conhecimento que forma a base usada pelos pesquisadores nesse campo de conhecimento do pensamento computacional na educação. Importante ressaltar que os registros de muitos desses documentos poderão não estar contidos no *dataset* CTLearn, apenas o número de vezes que foram referenciados.

#	Artigo Citado	DOI	Tot.Cit.
1	WING JM, 2006, COMMUN ACM, V49, P33	DOI 10.1145/1118178.1118215	735
2	GROVER S, 2013, EDUC RESEARCHER, V42, P38	DOI 10.3102/0013189X12463051	413
3	WING JM, 2008, PHILOS T R SOC A, V366, P3717	DOI 10.1098/RSTA.2008.0118	275
4	BARR VALERIE, 2011, ACM INROADS, V2, P48	DOI 10.1145/1929887.1929905	273
5	LYE SY, 2014, COMPUT HUM BEHAV, V41, P51	DOI 10.1016/J.CHB.2014.09.012	264
6	PAPERT S., 1980, MINDSTORMS CHILDREN		255
7	WEINTROP D, 2016, J SCI EDUC TECHNOL, V25, P127	DOI 10.1007/S10956-015-9581-5	236
8	SHUTE VJ, 2017, EDUC RES REV-NETH, V22, P142	DOI 10.1016/J.EDUREV.2017.09.003	205
9	RESNICK M, 2009, COMMUN ACM, V52, P60	DOI 10.1145/1592761.1592779	197
10	BERS MU, 2014, COMPUT EDUC, V72, P145	DOI 10.1016/J.COMPEDU.2013.10.020	169
11	ROMAN-GONZALEZ M, 2017, COMPUT HUM BEHAV, V72, P678	DOI 10.1016/J.CHB.2016.08.047	165
12	BRENNAN K., 2012, P 2012 ANN M AM ED R, V1, P25		147
13	HSU TC, 2018, COMPUT EDUC, V126, P296	DOI 10.1016/J.COMPEDU.2018.07.004	135
14	ATMATZIDOU S, 2016, ROBOT AUTON SYST, V75, P661	DOI 10.1016/J.ROBOT.2015.10.008	128
15	CHEN GH, 2017, COMPUT EDUC, V109, P162	DOI 10.1016/J.COMPEDU.2017.03.001	113
16	KORKMAZ O, 2017, COMPUT HUM BEHAV, V72, P558	DOI 10.1016/J.CHB.2017.01.005	109
17	LEE IRENE, 2011, ACM INROADS, V2, P32	DOI 10.1145/1929887.1929902	109
18	TANG XD, 2020, COMPUT EDUC, V148	DOI 10.1016/J.COMPEDU.2019.103798	107
19	VOOGT J, 2015, EDUC INF TECHNOL, V20, P715	DOI 10.1007/S10639-015-9412-6	107
20	SENGUPTA P, 2013, EDUC INF TECHNOL, V18, P351	DOI 10.1007/S10639-012-9240-X	99
21	YADAV A, 2014, ACM T COMPUT EDUC, V14	DOI 10.1145/2576872	98
22	BRENNAN K., 2012, P ANN AM ED RES ASS, P1		97
23	BARR D.C., 2011, LEARNING LEADING TEC, V38, P20		90
24	SAEZ-LOPEZ JM, 2016, COMPUT EDUC, V97, P129	DOI 10.1016/J.COMPEDU.2016.03.003	90
25	AHO AV, 2012, COMPUT J, V55, P832	DOI 10.1093/COMJNL/BXS074	87

Tabela 4.4: 25 referências mais citadas localmente no *dataset* CTLearn.

A listagem com o título de cada um desses artigos será apresentada a seguir, bem como um trecho explicando cada um deles. Acrescentando-se que os dez mais citados já foram descritos na plotagem Sankey na Seção 4.3.8.

1. **Computational Thinking** Wing [1], já descrito na plotagem Sankey na Seção 4.3.8;

2. ***Computational Thinking in K-12: A Review of the State of the Field*** Grover e Pea [11], já descrito na plotagem Sankey na Seção 4.3.8;
3. ***Computational thinking and thinking about computing*** Wing [30], já descrito anteriormente em Citações Locais aos Artigos no *Dataset* na Seção 4.5.3;
4. ***Bringing Computational Thinking to K-12: What is Involved and What is the Role of the Computer Science Education Community?*** Barr e Stepherson [2], já descrito já descrito na plotagem Sankey na Seção 4.3.8;
5. ***Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12?*** Lye e Koh [27], analisa 27 estudos e propõe um novo artigo no contexto do k-12⁹ com foco em práticas computacionais e perspectivas computacionais que possam ser aplicadas em salas de aula regular;
6. ***MINDSTORMS CHILDREN*** Papert [6], livro de Seymour Papert publicado em 1980, que utiliza a linguagem de programação LOGO para ensinar crianças através do uso do computador;
7. ***Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms*** Weintrop et al. [9], já descrito anteriormente em Citações Locais aos Artigos no *Dataset* na Seção 4.5.3;
8. ***Demystifying computational thinking*** Shute et al. [28], já descrito anteriormente em Citações Locais aos Artigos no *Dataset* na Seção 4.5.3;
9. ***Scratch: Programming for All*** Resnick et al. [7], já descrito já descrito na plotagem Sankey na Seção 4.3.8;
10. ***Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum*** Bers et al. [29], já descrito anteriormente em Citações Locais aos Artigos no *Dataset* na Seção 4.5.3;
11. ***Which cognitive abilities underlie computational thinking Criterion validity of the Computational Thinking Test*** Román-González et al. [31], já descrito anteriormente em Citações Locais aos Artigos no *Dataset* na Seção 4.5.3;
12. ***How to learn and how to teach computational thinking: Suggestions based on a review of the literature*** Hsu et al. [51], estudo que realiza uma meta-revisão dos estudos publicados em revistas acadêmicas de 2006 a março de 2017, são analisados cursos de aplicação, estratégias de aprendizagem adotadas,

⁹K-12 (pronuncia-se "k twelve", "k through twelve", ou "k to twelve"), é uma expressão norte-americana para designar o intervalo, em anos, abrangido pelo Ensino Primário e Ensino Secundário na educação dos Estados Unidos. Uma introdução em: <https://en.wikipedia.org/wiki/K-12>).

participantes, ferramentas de ensino, linguagens de programação e categorias de cursos de educação no PC;

13. ***Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences*** Atmatzidou e Demetriadis [32], já descrito anteriormente em Citações Locais aos Artigos no *Dataset* na Seção 4.5.3;
14. ***Assessing elementary students' computational thinking in everyday reasoning and robotics programming*** Chen et al. [33], já descrito anteriormente em Citações Locais aos Artigos no *Dataset* na Seção 4.5.3;
15. ***A validity and reliability study of the Computational Thinking Scales (CTS)*** Korkmaz et al. [34], já descrito anteriormente em Citações Locais aos Artigos no *Dataset* na Seção 4.5.3;
16. ***Computational Thinking for Youth in Practice*** Lee et al. [52], artigo que discute oportunidades e desafios em contextos dentro e fora da escola. Com base nessas observações, apresentam uma estrutura “usar-modificar-criar”, representando três fases da atividade cognitiva e prática dos alunos no pensamento computacional;
17. ***Assessing computational thinking: A systematic review of empirical studies*** Tang et al. [53], estudo que realiza uma revisão sistemática de 96 artigos com o intuito de investigar como avaliar as habilidades do pensamento computacional;
18. ***Computational thinking in compulsory education: Towards an agenda for research and practice*** Voogt et al. [3], artigo que busca explicar melhor o que é o pensamento computacional discutindo sua definição e apresenta exemplos do que precisa ser ensinado e como;
19. ***Integrating computational thinking with K-12 science education using agent-based computation: A theoretical framework*** Sengupta et al. [54], artigo que apresenta uma investigação teórica de questões-chave para integrar o pensamento computacional aos tópicos de ciências K-12, identificando as sinergias entre PC e conhecimento científico usando computação baseada em agentes;
20. ***Computational Thinking in Elementary and Secondary Teacher Education*** Yadav et al. [18], já descrito anteriormente em Citações Locais aos Artigos no *Dataset* na Seção 4.5.3;
21. ***Visual programming languages integrated across the curriculum in elementary school: A two year case study using “scratch” in five schools***

Sáez-López et al. [35], já descrito anteriormente em Citações Locais aos Artigos no *Dataset* na Seção 4.5.3;

22. ***Computation and Computational Thinking*** Aho [55], artigo que discute a necessidade da definição clara do termo computação e o uso em novos domínios de investigação;

Espectroscopia das referências A técnica de Espectroscopia das Referências Bibliográficas Anual (*Reference Publication Year Spectroscopy* (RPYS)) foi introduzida inicialmente em um estudo por Marx et. al [56]. Consiste em um método quantitativo com o objetivo de revelar a origem e progressão histórica de um determinado campo de conhecimento. Essa técnica busca todas as citações durante os anos sobre determinado tema, e verifica quais foram mais citadas no decorrer dos anos. Através do *RPYS* é possível aplicar a abordagem de análise de referência citadas em qualquer sistema de classificação de campo [57].

O gráfico da Figura 4.10 apresenta, distribuída ao longo dos anos, a quantidade de referências citadas no *dataset*, bem como os desvios dessa quantidade em relação à média (em vermelho). A referência mais antiga data o ano de 1762, e não há evidentes picos isolados de referências em qualquer ano específico, que indicariam surgimento de publicações mais importantes que as sucederam. Entretanto, existe uma oscilação dos desvios na quantidade de citações, em períodos de três em três anos, especificamente entre 1976 e 2018 (linha vermelha).

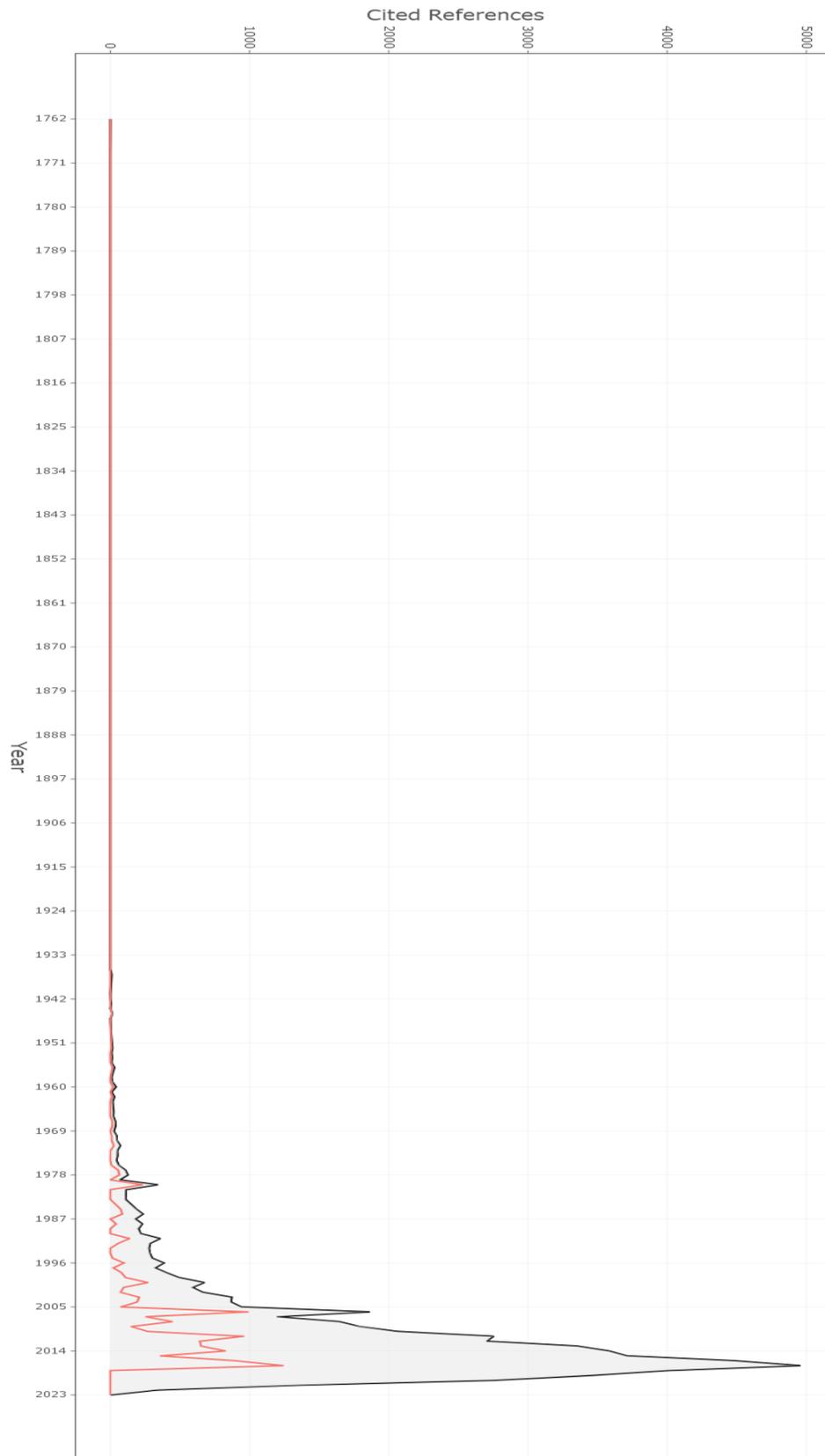


Figura 4.10: Espectroscopia (RPYS) completa das referências do *dataset* CTLearn.

Analisando mais atentamente a espectroscopia do mesmo *dataset* com um recorte nos anos de 1930 a 1990, como no gráfico da Figura 4.11, percebe-se que há um desvio da curva a partir do ano de 1955, período esse poucos anos depois do término da Segunda Guerra Mundial, e início do desenvolvimento de computadores de válvulas e criação da linguagem de livre contexto (GLC) por Noam Chomsky no artigo *Three models for the description of language* [58]. Ambos decorrentes do desenvolvimento científico na área da teoria da computação desenvolvido durante a segunda guerra ¹⁰.

¹⁰A hipótese é que com o desenvolvimento da teoria da computação o número de publicações começou a crescer

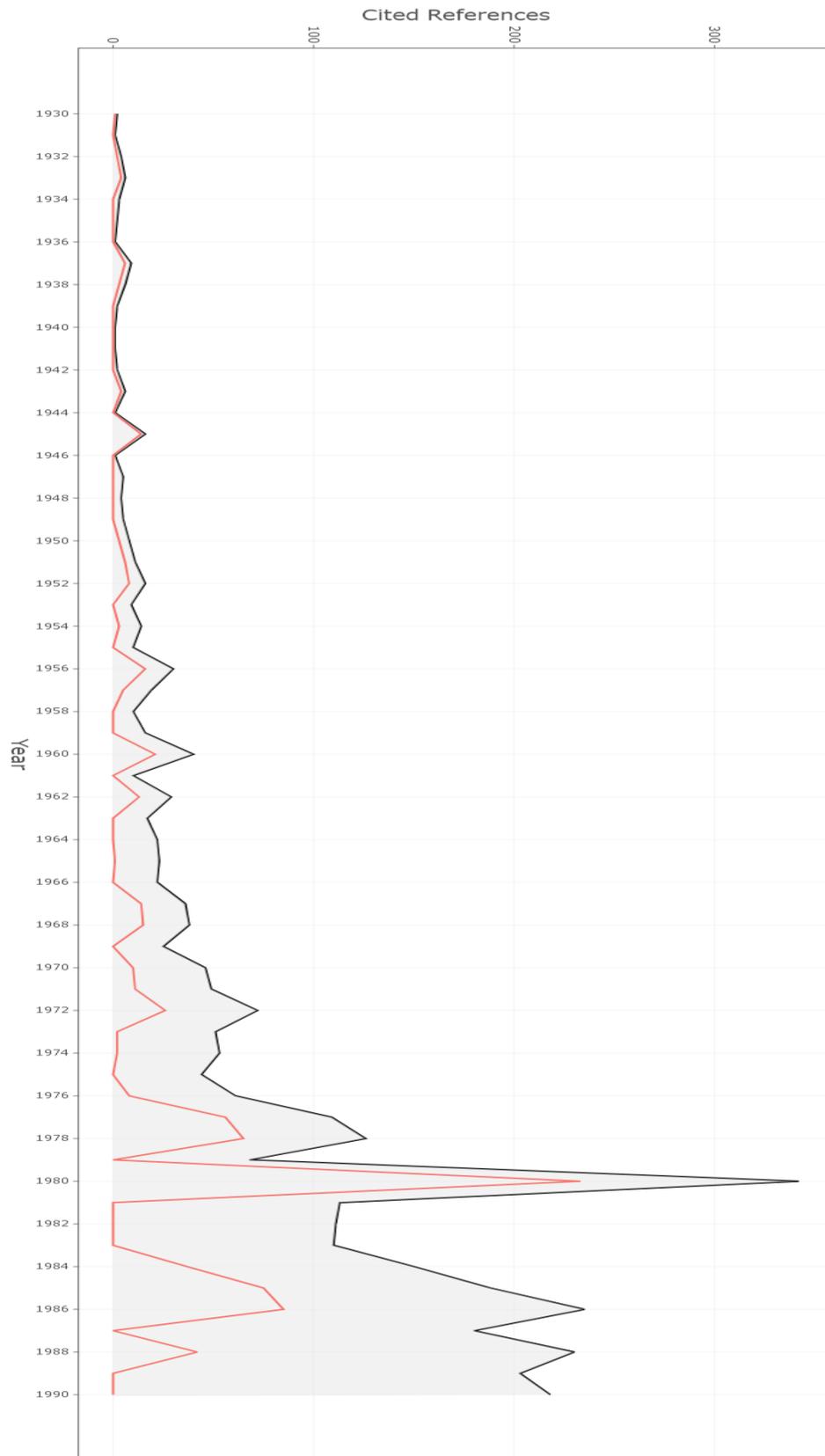


Figura 4.11: Espectroscopia (RPYS) das referências do *dataset* CTLearn, entre 1930 e 1990.

Analisando mais minuciosamente o gráfico espectroscópico do mesmo *dataset* apenas dos anos de 1991 e 2022, percebe-se na Figura 4.12 um ponto de involução na quantidade de citações a partir do ano de 2016, demonstrando que o campo de conhecimento do *dataset* alcançou seu ápice a pouco menos de 7 anos atrás.

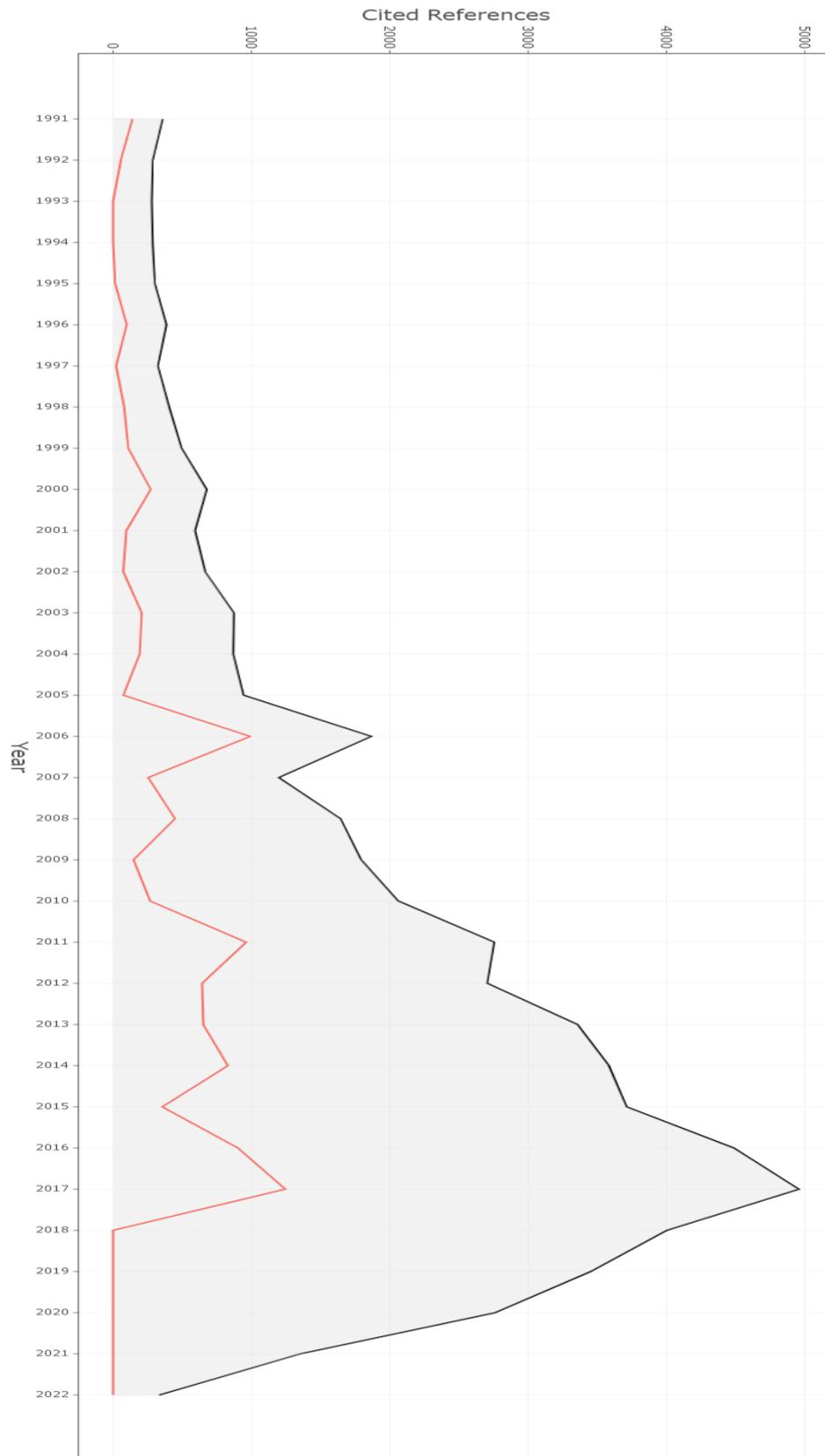


Figura 4.12: Espectroscopia (RPYS) das referências do *dataset* CTLearn, entre 1991 e 2022.

Uso de Palavras Dentro dos Artigos no *dataset* A Tabela 4.5 apresenta a contagem simples do número de ocorrência de termos no texto dos artigos, com os 40 termos mais frequentemente utilizados.

	Palavras	Ocorrências
1	computational thinking	255
2	education	139
3	k-12	121
4	science	103
5	robotics	93
6	design	92
7	skills	92
8	students	89
9	mathematics	71
10	technology	61
11	validity	61
12	school	52
13	framework	50
14	scratch	49
15	performance	47
16	self-efficacy	39
17	teachers	36
18	curriculum	33
19	knowledge	32
20	motivation	31
21	impact	30
22	achievement	29
23	thinking	27
24	game	26
25	model	24
26	children	23
27	learn	22
28	state	19
29	attitudes	18
30	ability	17
31	environments	17
32	gender	17
33	literacy	17
34	classroom	16
35	educational robotics	15
36	instruction	15
37	languages	15
38	perceptions	15
39	beliefs	14
40	language	14

Tabela 4.5: 40 palavras mais frequentes no *dataset* CTLearn.

Outras formas de apresentação dos termos mais utilizados são apresentadas nas duas figuras a seguir, que apresentam de forma alternativa a mesma informação:

Nuvem de Palavras (*Word Cloud*) O Bibliometrix apresenta também uma nuvem de palavras, ela mostra as palavras mais utilizadas de maneira simples. Quanto maior é o número de vezes que determinada palavra foi utilizada maior é o tamanho da fonte das letras dessa palavra. Como pode-se ver na Figura 4.13, que apresenta as 100 palavras mais utilizadas;

Como pode ser observado o termo "*computational thinking*" tem um tamanho discrepante em relação aos demais, seguido pela palavra *education*. Ambos termos que compõem as principais palavras referentes ao tema do *dataset*. Essa fato ocorre pois ambas palavras foram utilizadas na *query* de busca. Portanto é de se esperar que essas palavras sejam justamente as que possuem um maior tamanho dentro da *Word Cloud*.

As palavras *robotics*, *mathematics*, *students*, *k-12*, *design*, *science* e *skills* possuem tamanhos de destaque dentro da *Word Cloud* presente na Figura 4.13. Esse fato é interessante pois demonstra que robôs, matemática, k-12, design, ciência e habilidades são temas que estão bem relacionados com o tema principal do *dataset* CTLearn. Ou seja, são temas bem relacionados com os trabalhos do pensamento computacional no contexto educacional.

Mapa em Árvore (*Tree Map*) Um mapa em árvore, tem esse nome pois distribui os termos de forma semelhante a estrutura de uma árvore, tronco (termos mais utilizados), depois galhos e gradativamente diminuindo até chegar nas folhas (termos menos utilizados). Como pode ser observado na Figura 4.14, que evidência as 50 palavras mais frequentes;

Todos as figuras apresentadas anteriormente são representações diferentes dos mesmos dados. Que tem como um dos objetivos simplificar a forma de apresentação dos termos mais relevantes dentro do *dataset* CTLearn.

Em uma última análise dos documentos, o Bibliometrix permite apresentar o uso dos termos ordenados temporalmente, como nas duas figuras que se seguem:

Palavras mais utilizadas ao longo do tempo a Figura 4.15 apresenta o crescimento do uso das palavras através dos anos. Através do gráfico é possível observar que o crescimento significativo no uso dos termos começa de fato em 2015. Todos tendo um crescimento constante a partir desse ano. Os termos *computational thinking*, *design* e *education* foram os que mais se destacaram dos demais, porém todos os termos apresentados no gráfico demonstram um crescimento contínuo, evidenciando que o tema do *dataset* está em constante interesse pelos pesquisadores.

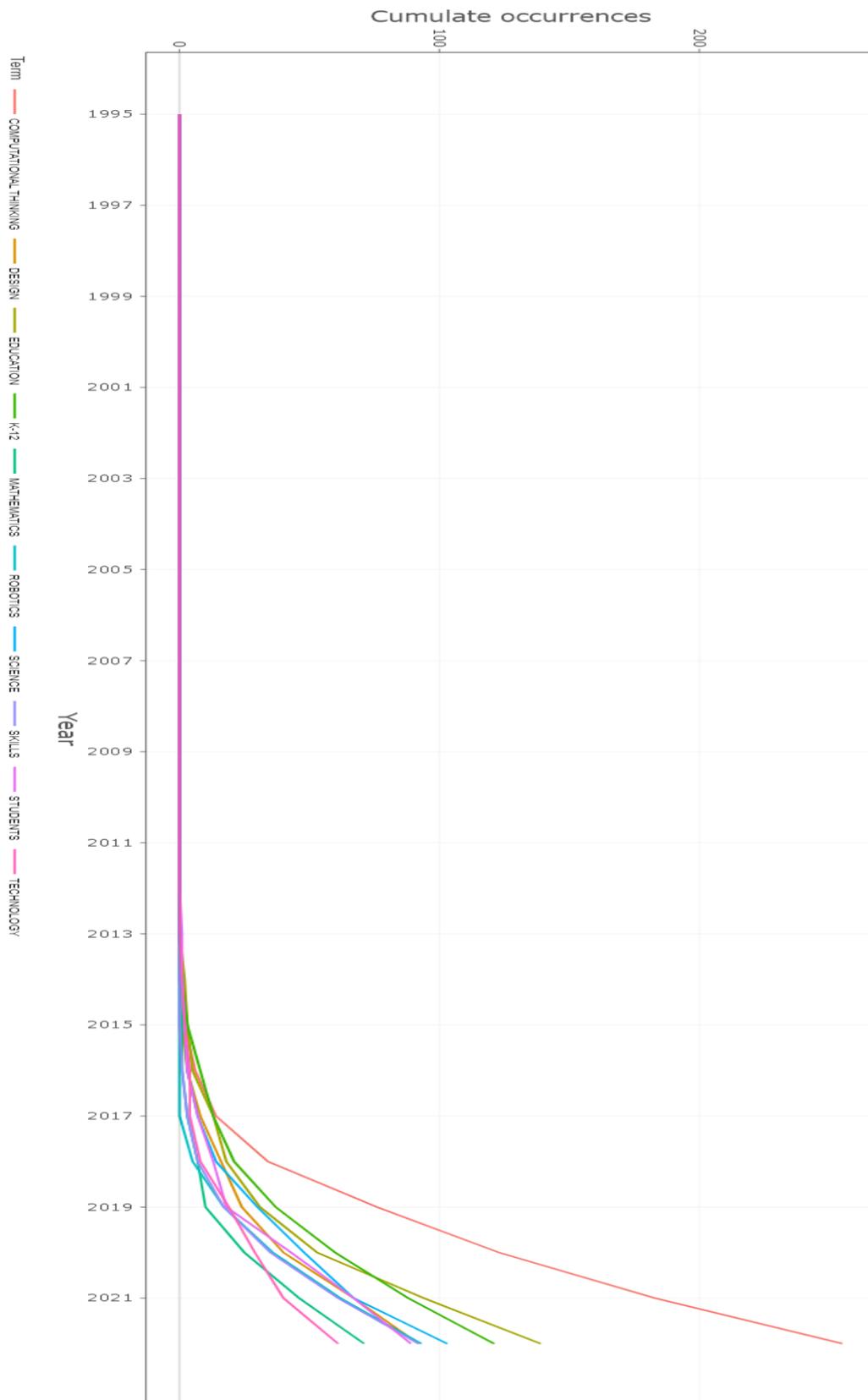


Figura 4.15: Dinâmica de uso ao longo do tempo, dos 20 termos mais frequentes do *dataset* CTLearn.

Trending topics análise que apresenta as tendências de tópicos para uso de determinadas palavras em certas faixas de tempo, como na Figura 4.16. O gráfico apresentado mostra as tendências de tópicos dos últimos 5 anos.

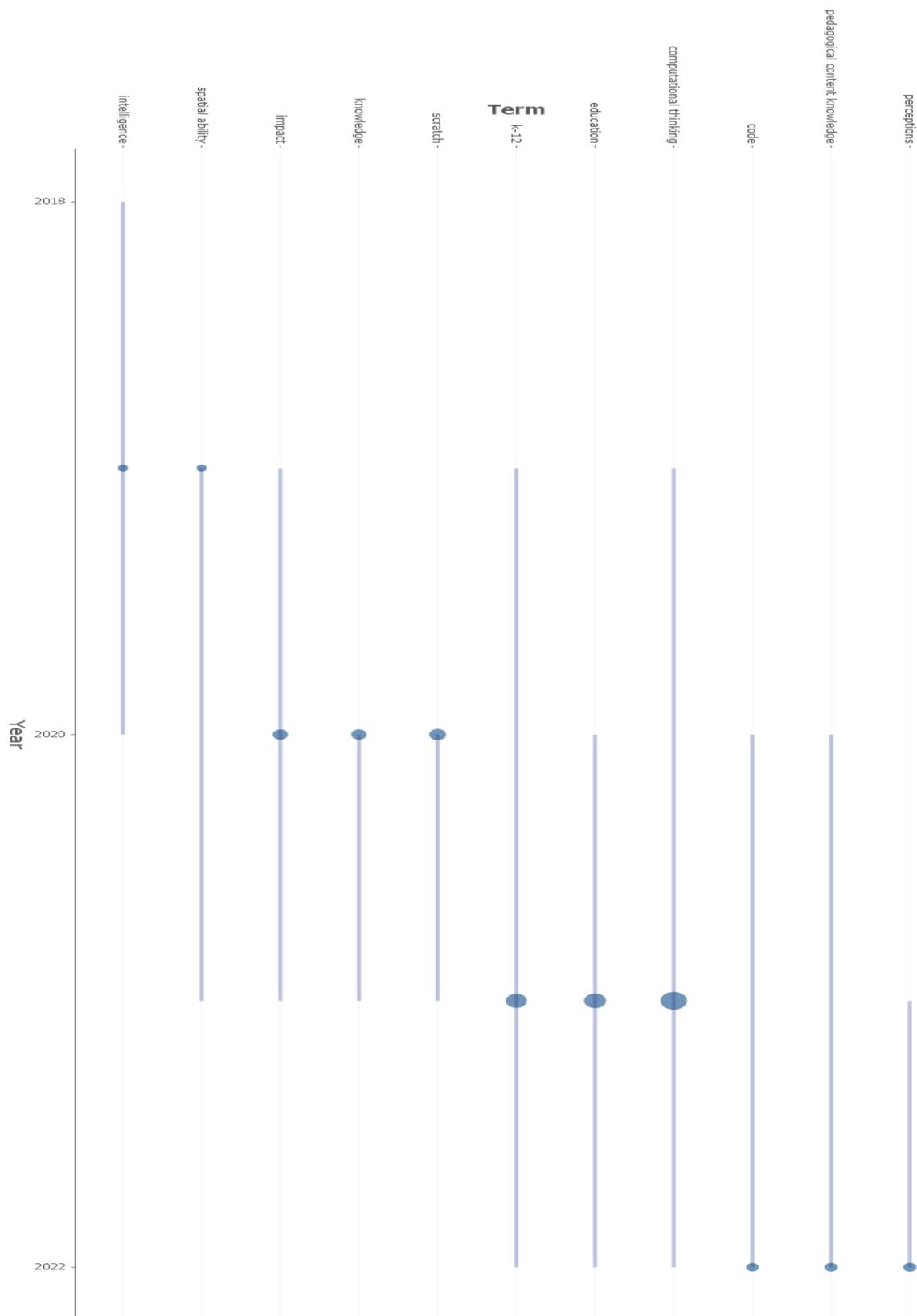


Figura 4.16: *Trending Topics* do dataset CTLearn dos últimos 5 anos.

4.5.4 Medidas Relativas aos Autores

Cada autor que cria um novo documento cita outros autores que contribuem para a constituição desse novo trabalho. Quanto mais um autor é citado mais relevante ele vai se tornando. Portanto, através da média bruta de citações podem ser criadas métricas que originam uma série de análises e informações. Algumas serão apresentadas a seguir:

Autores mais produtivos do *dataset*

A Tabela 4.6 apresenta a lista dos autores com o a maior quantidade de documentos no *dataset*, em ordem decrescente.

	Autores	Qtd. de Artigos	Qtd. Proporcional
1	DAGIENE V	14	5.33
2	ROMAN-GONZALEZ M	12	3.37
3	BERS MU	11	5.17
4	KONG SC	10	4.83
5	YADAV A	9	3.20
6	DOLGOPOLOVAS V	8	3.08
7	HSU TC	8	2.68
8	HIJON-NEIRA R	7	1.92
9	MAGANA AJ	7	2.45
10	ROMERO M	7	1.91
11	WEINTROP D	7	1.89
12	BAEK Y	6	2.25
13	BASU S	6	1.13
14	BISWAS G	6	1.27
15	GARAIJAR P	6	1.40
16	GONZALEZ-CALERO JA	6	1.83
17	GUENAGA M	6	1.40
18	HU LL	6	1.87
19	LI Y	6	1.50
20	LOOI CK	6	1.29

Tabela 4.6: 20 autores com mais produziram artigos no *dataset* CTLearn.

Autores Mais Relevantes Citados Localmente

A Tabela 4.7 apresenta a lista dos 20 autores mais citados localmente ou seja autores com o maior número de documentos citados por outros documentos dentro do mesmo *dataset*, em ordem decrescente.

Author	LocalCitations
ROMAN-GONZALEZ M	263
WILENSKY U	252
WING JM	240
BERS MU	234
WEINTROP D	218
HORN M	206
ORTON K	204
BEHESHTI E	196
JONA K	196
TROUILLE L	196
YADAV A	173
PEREZ-GONZALEZ JC	162
ANGELI C	157
SULLIVAN A	155
FLANNERY L	152
KAZAKOFF ER	152
JIMENEZ-FERNANDEZ C	139
ATMATZIDOU S	116
DEMETRIADIS S	116
SAEZ-LOPEZ JM	115

Tabela 4.7: 20 autores com mais artigos citados localmente no *dataset* CTLearn.

A seguir são apresentados os trabalhos dos autores que ocupam as cinco primeiras posições na lista, vale ressaltar que só serão evidenciados os trabalhos onde os autores foram os principais na ordem de contribuição, não apresentando todos os trabalhos no qual o autor possa ter contribuído em um menor grau.

Román-González possui dois trabalhos: *Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test* [31] (já descrito na Seção 4.5.3) e *Extending the nomological network of computational thinking with non-*

cognitive factors [59]. Ambos com respectivamente um total de 139 e 22 citações locais por outros artigos dentro do *dataset*.

Marina Bers possui três trabalhos: *Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum* [29](já descrito na Seção 4.5.3), *Coding as a playground: Promoting positive learning experiences in childhood classrooms* [48](já descrito na Seção 4.5.3) e *Coding as another language: a pedagogical approach for teaching computer science in early childhood* [60]. Todos com respectivamente um total de 152, 24 e 15 citações locais por outros artigos dentro do *dataset*.

Jeannette Wing interessante observar que todas as citações locais feitas a autora que ocupa a terceira posição da lista são oriundas de um único trabalho intitulado: *Computational thinking and thinking about computing* [30](já descrito na Seção 4.5.3), que também é o único trabalho de Wing dentro do *dataset*. Demonstrando tamanha relevância desse artigo para o desenvolvimento dos trabalhos relacionados ao tema do pensamento computacional na educação.

David Weintrop contribuiu com dois trabalhos: *Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classroom* [9](já descrito na Seção 4.5.3) e *The Teacher Accessibility, Equity, and Content (TEC) Rubric for Evaluating Computing Curricula* [61]. Ambos com respectivamente um total de 196 e 2 citações locais por outros artigos dentro do *dataset*. Um fato semelhante ocorre com Weintrop e Wing. Onde o artigo *Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classroom* [9] detém quase todas as referências locais feitas a esse autor oriundas de um único trabalho. Evidenciando também a importante contribuição desse trabalho na evolução das produções dos artigos dentro do *dataset*.

Uri Wilensky apesar de possuir uma grande quantidade de referências locais não possui nenhum trabalho referenciado onde é o autor principal dentro do *dataset* CTLearn. Demonstrando que todas as referências a esse autor foram oriundas de trabalhos onde o autor não foi o principal contribuinte no desenvolvimento do artigo. Porém Wilensky ocupa o segundo lugar na lista de autores com mais artigos mais citados localmente no *dataset* CTLearn demonstrando que ele contribuiu com outros autores que tiveram trabalhos de muita relevância.

Produção dos autores ao longo do tempo

Todo autor possui um período de produtividade, esse período é semelhante ao período de atividade (ciclo de vida) de todo organismo vivo. Onde há um período inicial de produtividade, crescimento, ápice e declínio do número de publicações. O diagrama da Figura 4.17 apresenta o ciclo de vida dos principais autores do *dataset* CTLearn.

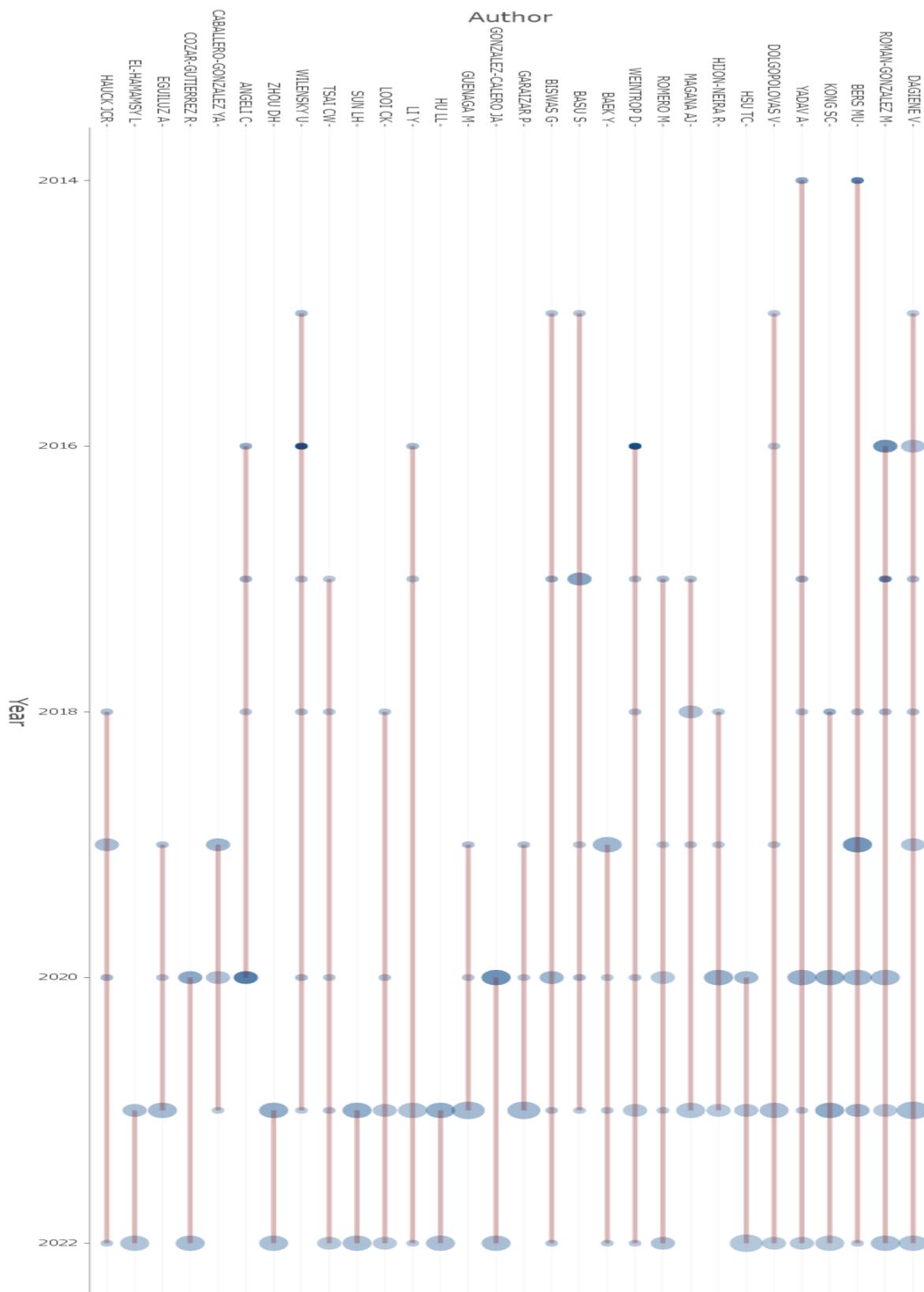


Figura 4.17: Variação da produção dos autores de maior impacto, do *dataset* CTLearn.

Lei de Lotka

A Lei de Lotka, também conhecida como Lei de Lotka-Zipf, é uma lei empírica que descreve a relação entre o número de autores e o número de publicações em um determinado campo de pesquisa. Ela afirma que, em um determinado campo de pesquisa, o número de autores que publicam n artigos é inversamente proporcional ao quadrado de n . Em outras palavras, se houver x autores que publicaram um artigo, haverá aproximadamente $x/4$ autores que publicaram dois artigos, $x/9$ autores que publicaram três artigos, e assim por diante.

A Lei de Lotka é importante na bibliometria porque ela ajuda a descrever a distribuição dos autores e publicações em um campo de pesquisa. Isso pode ajudar os pesquisadores a entender melhor a estrutura da produção de conhecimento em uma determinada área, identificar padrões de publicação e colaboração, e avaliar o impacto dos autores e publicações.

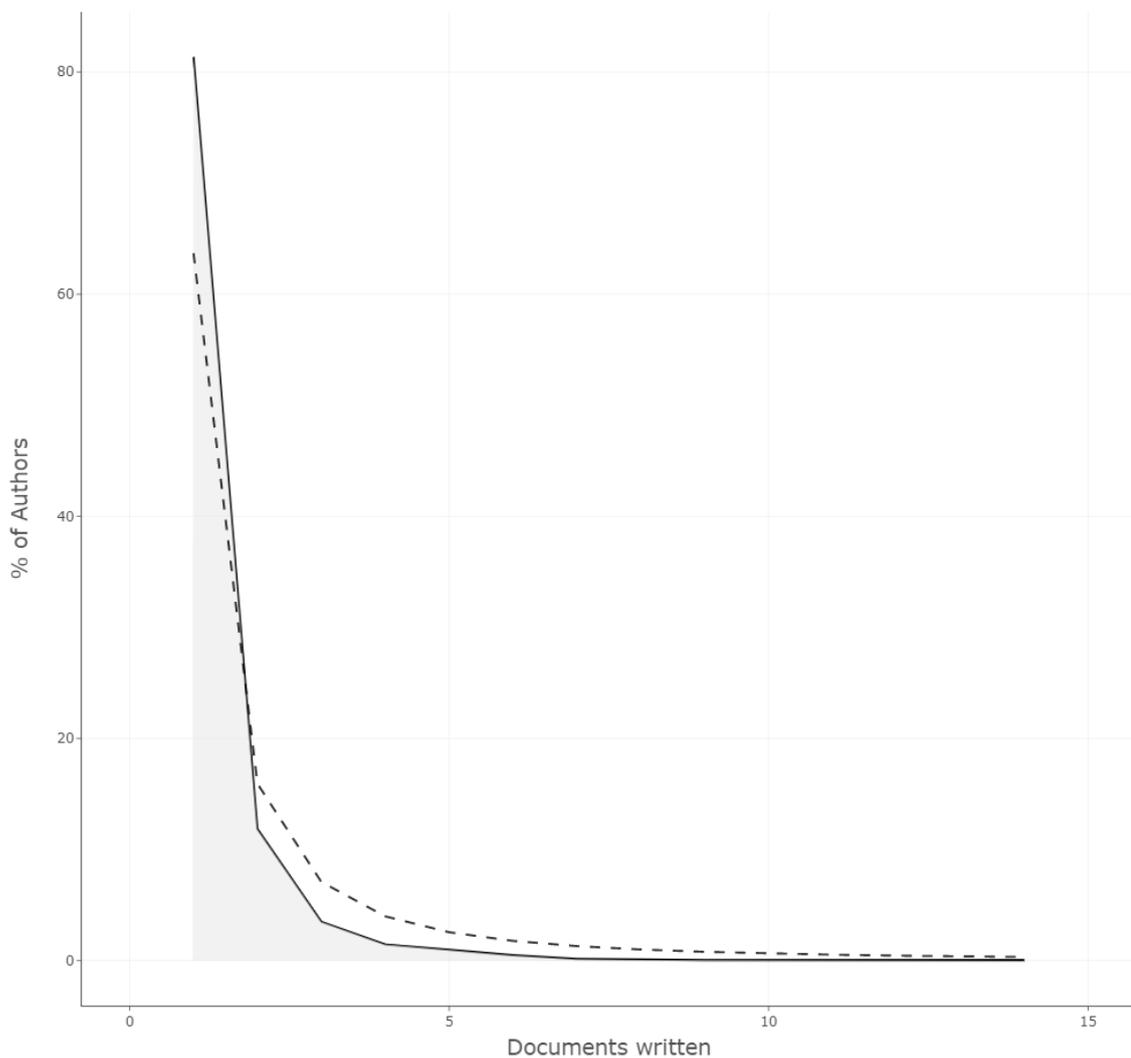


Figura 4.18: Produtividade dos autores no *dataset* CTLearn, conforme a Lei de Lotka.

A Figura 4.18 apresenta o gráfico de distribuição da produtividade dos autores na literatura científica sobre o PC na educação. O gráfico segue o padrão mencionado anteriormente, em que a maioria dos autores publicou apenas um artigo e poucos autores publicaram vários artigos. Isso sugere que a Lei de Lotka, que descreve a distribuição da produtividade entre os autores, está sendo cumprida na área de aplicação e que a produção de conhecimento referente ao tema do *dataset* está concentrada em poucos autores altamente produtivos.

Medidas de Impacto dos Autores

A partir do número total de citações (TC) é possível formar outros índices, alguns deles são os índices H, G e M que serão apresentados a seguir.

Element	h_index	g_index	m_index	TC	NP	PY_start
BERS MU	8	11	0.800	567	11	2014
ROMAN-GONZALEZ M	7	12	0.875	550	12	2016
ANGELI C	5	5	0.625	331	5	2016
BASU S	5	6	0.556	178	6	2015
BISWAS G	5	6	0.556	146	6	2015
DAGIENE V	5	11	0.556	135	14	2015
EGUILUZ A	5	5	1.000	53	5	2019
GARAIZAR P	5	6	1.000	53	6	2019
GONZALEZ-CALERO JA	5	6	1.250	116	6	2020
GUENAGA M	5	6	1.000	53	6	2019

Tabela 4.8: Autores de maior impacto no *dataset* CTLearn, apresentando os índices H, G e M.

Índice H O índice H utilizado para autores é uma métrica em nível que mede a produtividade e o impacto de citação das publicações, utilizado para cientistas ou acadêmicos de forma individual. O índice H é melhor explorado para comparar estudiosos que trabalham no mesmo campo, uma vez que as convenções de citação diferem amplamente entre campos diferentes de estudo. ¹¹

A Tabela 4.8 apresenta os 10 autores mais impactantes no *dataset* CTLearn de acordo com cada um dos índices. Na coluna `h_index`, Em primeiro lugar, encontra-se Marina Umaschi Bers com um total de 11 publicações e tendo 567 citações totais. Curioso observar que em sexto lugar se encontra Valentina Dagienè com um total de 14 publicações porém com um número menor que citações se comparado com o primeiro lugar, totalizando 135 citações.

Índice G O Índice G utilizado para autores é uma alternativa para o índice h, esse último não calcula a média do número de citações. Em vez disso, o índice G requer apenas um mínimo de n citações para o artigo menos citado no conjunto e, portanto, ignora a contagem de citações de artigos altamente citados. ¹²

A coluna `g_index` da Tabela 4.8 apresenta os 10 autores mais impactantes no *dataset* CTLearn de acordo com o índice G. Diferente do índice H em primeiro lugar se encontra Marcos Román-González seguido por Marina Umaschi Bers e em terceiro lugar Valentina Dagienè, esta que pelo índice H estava na sexta colocação.

¹¹Para uma introdução ver <https://en.wikipedia.org/wiki/H-index>.

¹²Para uma introdução ver <https://en.wikipedia.org/wiki/G-index>.

Índice M O índice M utilizado para autores é obtido com a divisão do índice h pelo número de anos desde o primeiro artigo publicado pelo seu autor, índice esse conhecido também por m-quociente.

A coluna `m_index` da Tabela 4.8 apresenta os 10 autores mais impactantes no *dataset* CTLearn de acordo com o índice M. Diferente do índice H em primeiro lugar se encontra Marcos Román-González seguido por Marina Umaschi Bers e em terceiro lugar Valentina Dagienè, esta que pelo índice H estava na sexta colocação. Importante observar que aqui, por conta das funções aplicadas relativas ao índice M, há uma predominância dos autores mais recentes.

Filiação dos Autores às Instituições

Cada um dos autores que produzem documentos científicos são filiados a uma instituição específica. Cada uma dessas instituições portanto possuem uma quantidade de trabalhos relacionados a ela. A Figura 4.9 a seguir mostra as principais instituições levando em conta o número de trabalhos realizados por seus autores filiados. Assim pode-se inferir que as instituições que estão no topo possuindo um maior número de publicações também são as que mais contribuem para o desenvolvimento desse tema.

As filiações mais importantes de acordo com a imagem são *National Taiwan Normal University* com um total de 29 publicações, seguida de *The Education University of Hong Kong* com 27 artigos publicados, *Michigan State University*, *Purdue University* e *Tufts University* todas essas últimas empatadas com 20 publicações.

Affiliation	Articles
NATL TAIWAN NORMAL UNIV	29
EDUC UNIV HONG KONG	27
MICHIGAN STATE UNIV	20
PURDUE UNIV	20
TUFTS UNIV	20
NORTH CAROLINA STATE UNIV	19
NANYANG TECHNOL UNIV	17
UNIV ILLINOIS	17
UTAH STATE UNIV	17
VILNIUS UNIV	17
BOISE STATE UNIV	15
NORTHWESTERN UNIV	15
UNIV CASTILLA LA MANCHA	14
AMASYA UNIV	13
UNIV DEBRECEN	13
UNIV GRANADA	13
UNIV OSLO	13
UNIV REY JUAN CARLOS	13
NATL CHENG KUNG UNIV	12
UNIV MARYLAND	12

Tabela 4.9: 20 Instituições mais produtivas no *dataset* CTLearn.

Aqui pode-se observar que as duas primeiras instituições que detém o maior número de publicações são de origem asiática.

Países Correspondentes dos Autores

Cada produção é feita por um autor que é filiado a uma instituição, conseqüentemente cada uma dessas é sediada em algum país. Através da Figura 4.19 é possível visualizar os países que possuem uma maior produtividade e impacto em um campo específico, de acordo com a filiações sediadas nesses países.

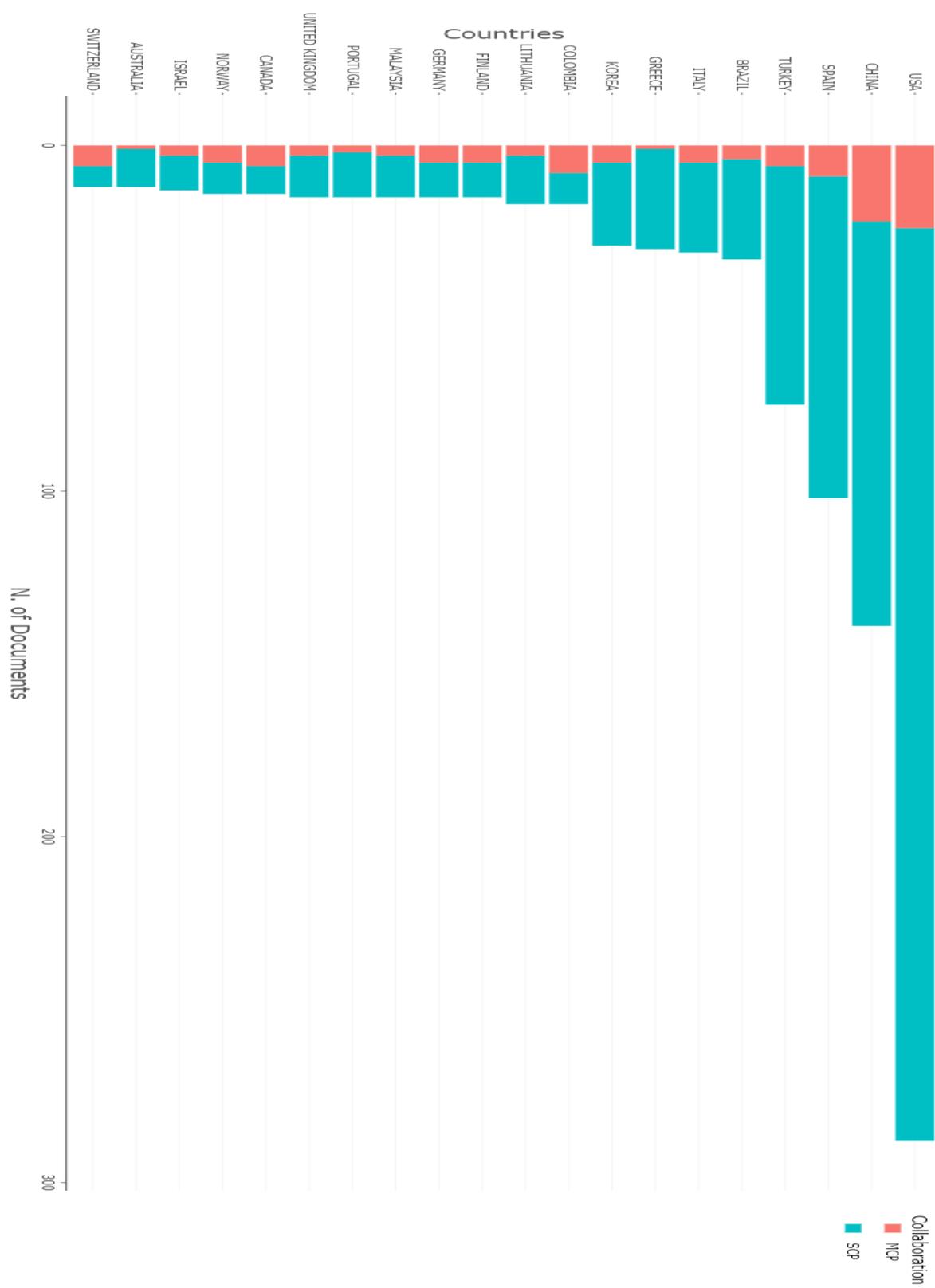


Figura 4.19: 20 países mais relevantes de acordo com o número de produções, do *dataset* CTLearn

Produção Científica dos Países

A Tabela 4.10 apresenta os 10 países com a maior número de produções referente ao *dataset* CTLearn.

Região	Frequência
USA	705
CHINA	321
SPAIN	198
TURKEY	137
BRAZIL	81
ITALY	65
SOUTH KOREA	55
GREECE	42
CANADA	38
PORTUGAL	36

Tabela 4.10: Produção científica dos países, do *dataset* CTLearn.

Produção dos Países ao Longo do Tempo

Através do gráfico da Figura 4.15 é possível visualizar a produção científica dos países através dos anos. Os 5 países mais relevantes ao longo do tempo de acordo com o número de artigos publicados são em ordem Estados Unidos, China, Espanha, Turquia e Brasil. Demonstrando que o tema do PC na Educação é do interesse de vários países e está em constante desenvolvimento.

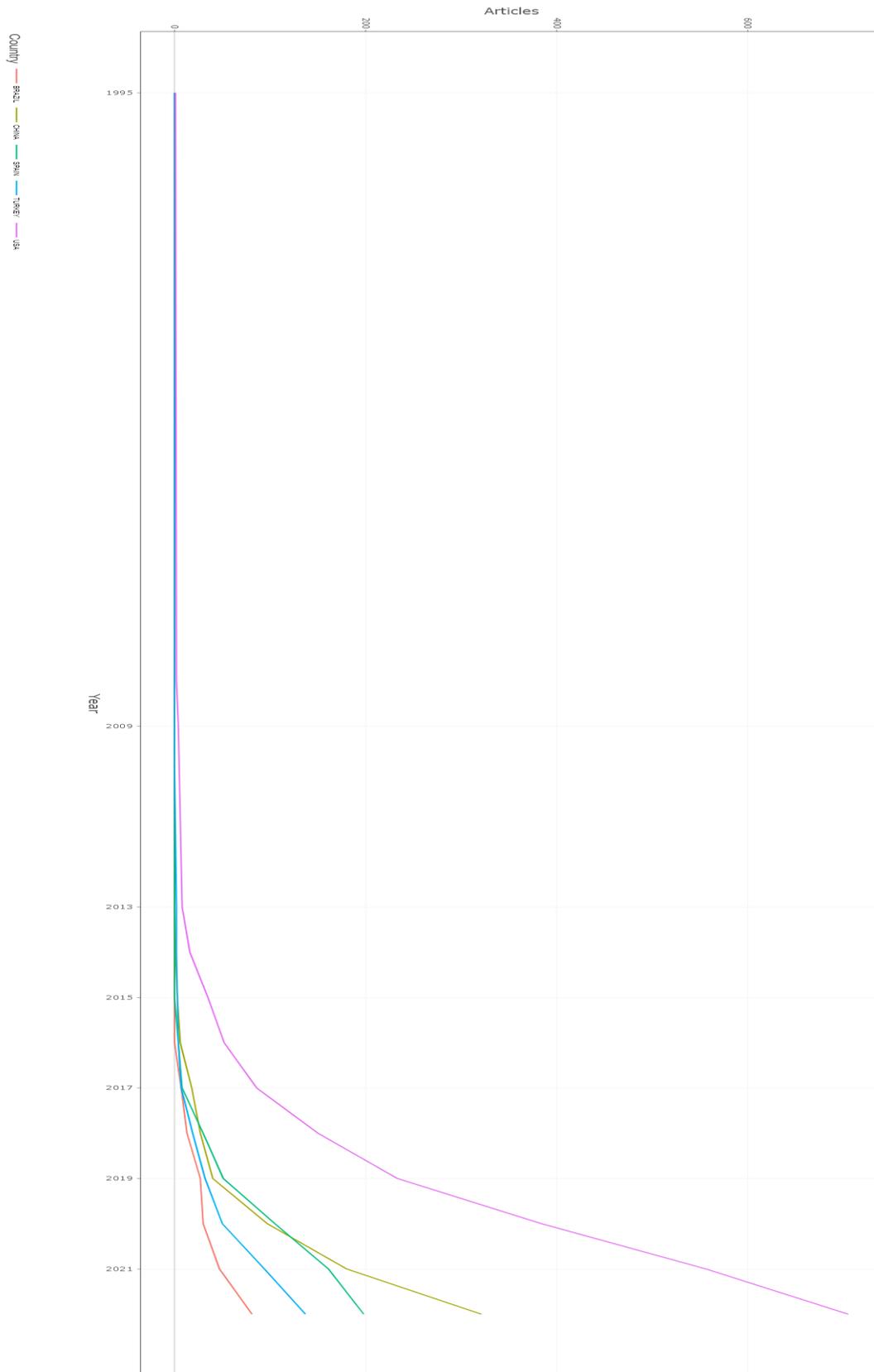


Figura 4.20: Produção dos 5 países mais relevantes ao longo do tempo.

Países com Mais Citações

Um país que detém um grande número de citações demonstra sua importância em determinado campo de conhecimento, pois a tendência é que um artigo que possui um grande número de citações é um trabalho com grande relevância.

A Tabela 4.11 apresenta a lista dos países com o maior número de citações no tema do *dataset* CTLearn. Os países mais importantes de acordo com essa classificação são Estados Unidos com um total de 4908 citações, Espanha com 1429 citações, China com 1094 citações, Turquia com 768 e Grécia com 546 citações.

Country	TC	Average Article Citations
USA	4908	17.04
SPAIN	1429	14.01
CHINA	1094	7.87
TURKEY	768	10.24
GREECE	546	18.20
CYPRUS	335	33.50
KOREA	239	8.24
ITALY	201	6.48
UNITED KINGDOM	163	10.87
LITHUANIA	154	9.06

Tabela 4.11: 10 países mais relevantes, de acordo com o número de citações.

Países Mais Relevantes no Tema do *dataset*

A quantidade de produções ao longo do tempo demonstra quanto interesse cada país teve em determinada área de conhecimento. Como visto no gráfico da figura 4.20 os três países que ocupam as principais posições são em ordem Estados Unidos, China e Espanha.

Já na Tabela 4.11 que apresenta os países com o maior número de citações, os países ocupam posições diferentes. Nas três primeiras posições o Estados Unidos continuam ocupando a primeira colocação, a Espanha toma o lugar da China ficando na segunda posição e conseqüentemente a China vai para a terceira posição. Já as outras posições tiveram mudanças significativas ao comparar os países que tiveram mais produções com os que detém a maior quantidade de citações.

Através da análise desses dois gráficos é possível inferir que países como o Estados Unidos dominam o conhecimento no que se refere o tema do *dataset* pois ocupam o primeiro lugar tanto no número de produções quanto na quantidade de citações. A Espanha ocupa o segundo lugar na quantidade de citações mas perde pra China no número de

publicações, esse fato pode significar que o idioma espanhol seja mais utilizado por outros trabalhos internacionais (assim como o inglês), fora do país de origem, contribuindo para o aumento do número de citações. Além de comprovar também o elevado grau de qualidade dos estudos oriundos da Espanha.

Já o Brasil que ocupa o quinto lugar dos países com o maior número de produções mundialmente não ocupa nenhuma posição nos 10 primeiros países com o maior número de citação. Isso pode demonstrar que apesar do Brasil produzir muitos trabalhos referentes ao PC na Educação os trabalhos não estão sendo vistos como trabalhos relevantes internacionalmente a ponto de se destacarem pela quantidade de citações.

4.5.5 Medidas Relativas às Fontes de Informação

Através das medidas das fontes de informação é possível analisar quais são as revistas que mais se destacam em determinado campo de conhecimento, e quais são as mais influentes em determinados assuntos.

Fontes mais relevantes por número de publicação

A Tabela 4.12 apresenta as revistas com os maiores números de artigos publicados de acordo com o tema de interesse do *dataset* CTLearn.

Sources	Articles
EDUCATION AND INFORMATION TECHNOLOGIES	49
JOURNAL OF EDUCATIONAL COMPUTING RESEARCH	43
INFORMATICS IN EDUCATION	40
COMPUTERS & EDUCATION	34
JOURNAL OF SCIENCE EDUCATION AND TECHNOLOGY	29
COMPUTERS IN HUMAN BEHAVIOR	28
ACM TRANSACTIONS ON COMPUTING EDUCATION	27
IEEE ACCESS	23
TECHTRENDS	23
COMPUTER APPLICATIONS IN ENGINEERING EDUCATION	21
FRONTIERS IN PSYCHOLOGY	21
SUSTAINABILITY	21
COMPUTER SCIENCE EDUCATION	20
ETR&D-EDUCATIONAL TECHNOLOGY RESEARCH AND DEVELOPMENT	20
EDUCATION SCIENCES	18
INTERACTIVE LEARNING ENVIRONMENTS	18
RED-REVISTA DE EDUCACION A DISTANCIA	15
BRITISH JOURNAL OF EDUCATIONAL TECHNOLOGY	13
THINKING SKILLS AND CREATIVITY	13
FRONTIERS IN EDUCATION	12

Tabela 4.12: 20 revistas mais relevantes por número de publicações no *dataset* CTLearn.

As três revistas que possuem o maior número de artigos publicados são: *Education and Information Technologies*, *Journal of Education Computing Research* e *Informatics in Education*. Uma descrição mais detalhada sobre o escopo de pesquisa de cada uma delas pode ser visto na seção 4.5.1.

Fontes mais relevantes localmente

A tabela 4.13 apresenta as 20 revistas mais citadas localmente, ou sejam por fontes dentro do mesmo *dataset* CTLearn.

Sources	Articles
COMPUT EDUC	2176
COMMUN ACM	1478
COMPUT HUM BEHAV	1129
J SCI EDUC TECHNOL	670
ACM INROADS	517
EDUC INF TECHNOL	508
COMPUTATIONAL THINKI	493
EDUC RESEARCHER	473
ACM T COMPUT EDUC	457
COMPUT SCI EDUC	403
J EDUC COMPUT RES	377
SIGCSE BULLETIN	341
J RES SCI TEACH	332
J LEARN SCI	316
INFORM EDUC	287
ETR&D-EDUC TECH RES	280
MINDSTORMS CHILDREN	272
LECT NOTES COMPUT SC	270
EDUC TECHNOL SOC	262
TECHTRENDS	255

Tabela 4.13: 20 revistas mais citadas localmente no *dataset* CTLearn, conforme a soma de citações por outros artigos dentro do *dataset*.

As três revistas que possuem o maior número de citações locais são: *Computers and Education*, *Communications of the ACM* e *Computers in Human Behavior*. a primeira e a terceira possuem uma descrição mais detalhada na Seção 4.5.1. porém a revista *Communications of the ACM* não aparece no *three fields plots* da Seção 4.5.1 que relaciona as 15 fontes mais relevantes, 15 palavras-chave mais relevantes e 15 autores mais rele-

vantes. Evidenciando que essa última revista tem menos relação com as palavra-chave relacionadas ao tema do trabalho. A seguir uma descrição da página online da revista:

Communications of the ACM "A principal revista da ACM, Communications of the ACM, é o principal cronista das tecnologias de computação, cobrindo as últimas descobertas, inovações e pesquisas que inspiram e influenciam o campo. A cada mês, Communications traz aos leitores histórias detalhadas de áreas emergentes da ciência da computação, novas tendências em TI e aplicações práticas de pesquisa. Os líderes da indústria escolhem Communications para debater implicações tecnológicas, políticas públicas, desafios de engenharia e tendências de mercado."Fonte: <https://dl.acm.org/magazine/cacm>;

Lei de Bradford

A Lei de Bradford é uma lei empírica proposta por Samuel C. Bradford em 1934 que descreve a distribuição da literatura em áreas temáticas em uma determinada disciplina. Essa lei é frequentemente usada em análise bibliométrica para ajudar os pesquisadores a identificar fontes relevantes de informação em um campo de pesquisa específico.

Ela sugere que o número de publicações em cada zona pode ser aproximado por uma progressão geométrica comum. Em outras palavras, a quantidade de publicações em cada zona diminui à medida que se afasta do tópico central, mas a relação entre o número de publicações nas zonas é constante.

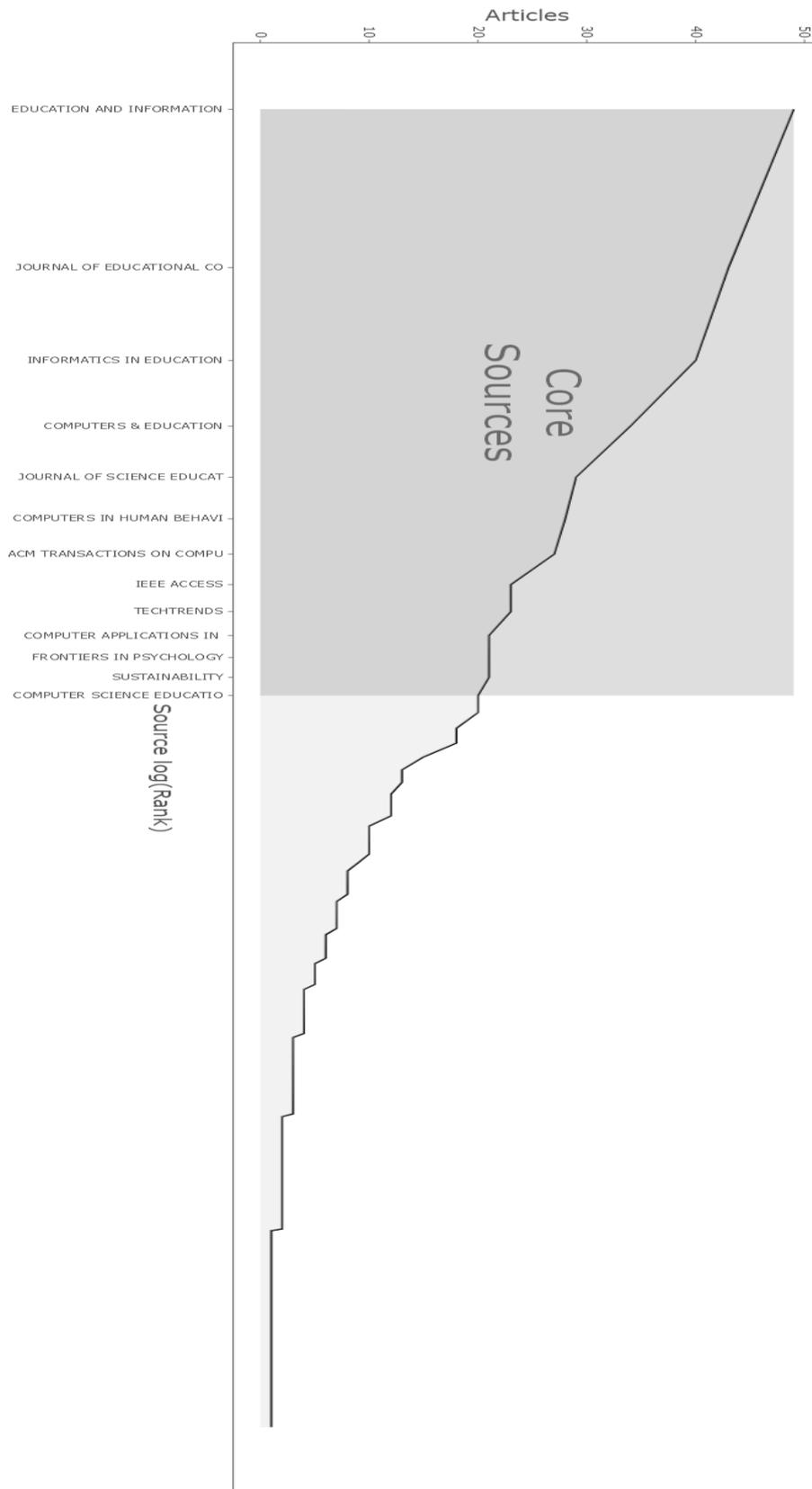


Figura 4.21: Revistas mais relevantes no *dataset* CTLearn, conforme a Lei de Bradford.

O conceito em questão é apresentado pela Figura 4.21, que indica que a maioria dos artigos relevantes em um determinado tema se concentra no primeiro terço do número total de revistas. A figura mostra que na zona 1 é possível observar que a *Education and Information Technologies* é a fonte de informação mais relevante, com 49 artigos sobre o tema, enquanto a *Computer Applications in Engineering Education* é a última fonte mais relevante, com 21 artigos.

Métricas de Impacto das Fontes

Da mesma forma que foi analisado as medidas de impacto dos autores na seção 4.5.4, agora as métricas serão aplicadas para as fontes de informação.

Element	h_index	g_index	m_index	TC	NP	PY_start
COMPUTERS & EDUCATION	19	34	1.900	1486	34	2014
COMPUTERS IN HUMAN BEHAVIOR	18	28	2.000	1262	28	2015
JOURNAL OF SCIENCE EDUCATION AND TECHNOLOGY	16	29	1.455	1096	29	2013
JOURNAL OF EDUCATIONAL COMPUTING RESEARCH	12	20	1.091	476	43	2013
INFORMATICS IN EDUCATION	11	16	1.833	326	40	2018
INTERACTIVE LEARNING ENVIRONMENTS	10	15	1.429	257	18	2017
ACM TRANSACTIONS ON COMPUTING EDUCATION	9	22	0.900	498	27	2014
ASIA-PACIFIC EDUCATION RESEARCHER	9	10	1.000	160	10	2015
EDUCATION AND INFORMATION TECHNOLOGIES	9	15	1.500	316	49	2018
COMPUTER APPLICATIONS IN ENGINEERING EDUCATION	8	12	1.143	177	21	2017
TECHTRENDS	8	13	1.333	192	23	2018
IEEE ACCESS	7	11	1.400	154	23	2019
JOURNAL OF RESEARCH ON TECHNOLOGY IN EDUCATION	7	8	1.400	79	12	2019
EDUCATION IN THE KNOWLEDGE SOCIETY	6	9	1.000	119	9	2018
ETR&D-EDUCATIONAL TECHNOLOGY RESEARCH AND DEVELOPMENT	6	11	0.600	136	20	2014
JOURNAL OF COMPUTER ASSISTED LEARNING	6	12	0.750	149	12	2016
BRITISH JOURNAL OF EDUCATIONAL TECHNOLOGY	5	10	0.714	120	13	2017
COMPUTER SCIENCE EDUCATION	5	9	0.833	101	20	2018
EDUCATION SCIENCES	5	7	0.833	72	18	2018
IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION	5	8	0.714	92	8	2017

Tabela 4.14: Revistas de maior impacto no *dataset* CTLearn, conforme o cada um dos índices

Índice H O índice H aplicado para as fontes de informação é apresentado na coluna `h_index` da tabela 4.14. As principais revistas, de acordo com o índice H referentes ao tema do *dataset* são *Computers and Education*, *Computers in Human Behavior*, *Journal of Science Education and Technology*, *Journal of Educational Computing Research* e *Informatics in Education*.

Índice G O índice G aplicado para as fontes de informação é apresentado na coluna `g_index` da tabela 4.14. As principais revistas, de acordo com o índice G referentes ao tema do *dataset* são *Computers and Education*, *Journal of Science Education and*

Technology, Computers in Human Behavior, ACM Transactions on Computing Education e Journal of Educational Computing Research.

Índice M O índice M aplicado para as fontes de informação é apresentado na coluna *m_index* da tabela 4.14. As principais revistas, de acordo com o índice M referentes ao tema do *dataset* são *Computers in Human Behavior, Computers and Education, Informatics in Education, Education and Information Technologies e Journal of Science Education and Technology.*

Analisando os resultados referentes aos índices H, G e M é possível observar que as revistas *Computers and Education, Computers in Human Behavior e Journal of Science Education and Technology* aparecem na listagem de todos os três. Infere-se então que essas três revistas são as fontes de informação mais impactantes no tema pensamento computacional na Educação.

Dinâmica das Fontes

O gráfico da figura 4.22 apresenta as revistas que mais produziram artigos sobre o tema do *dataset* ao longo do tempo.

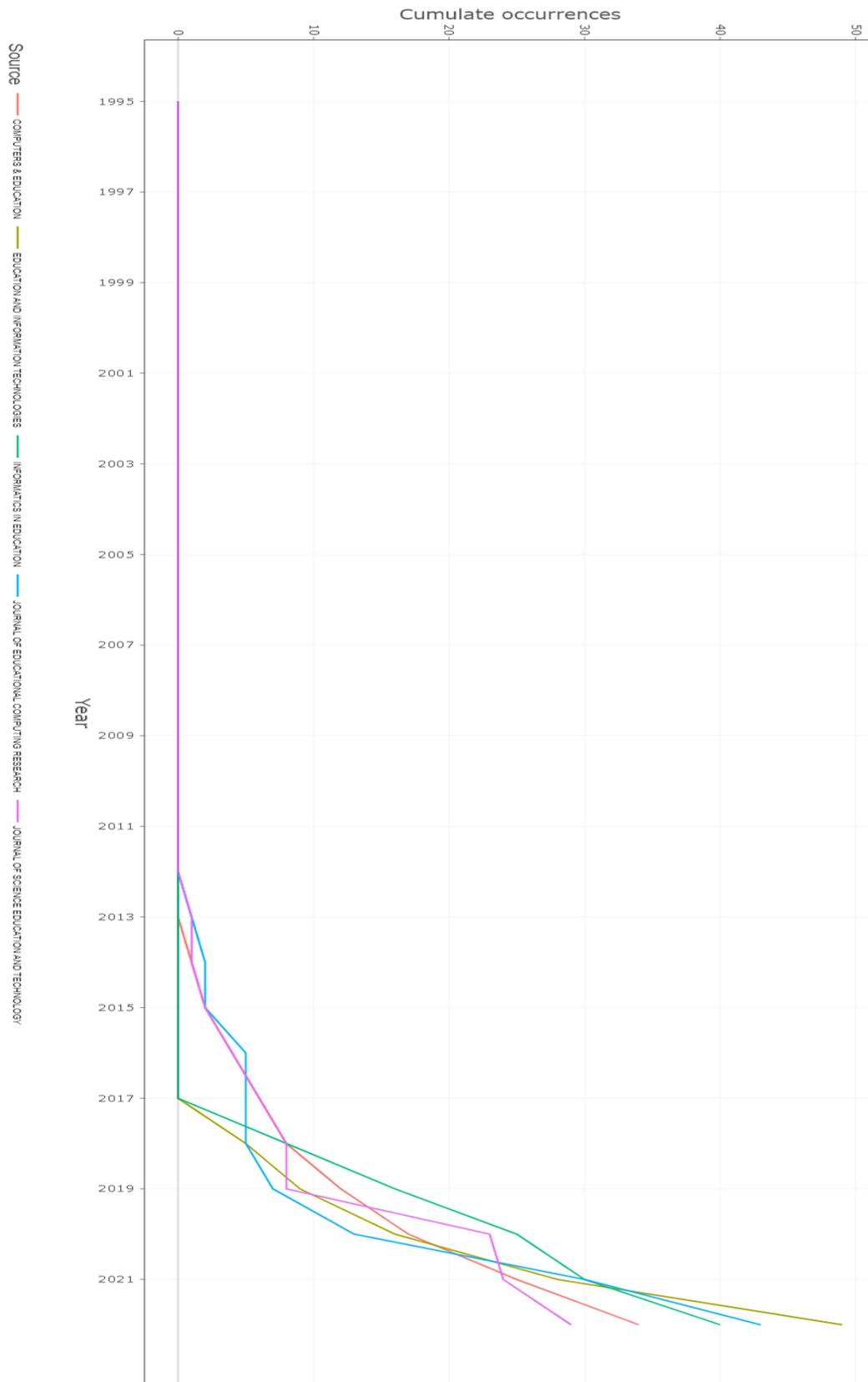


Figura 4.22: Revistas com maior volume de publicações no tema no *dataset* CTLearn, ao longo do tempo.

Pode-se inferir através do gráfico da Figura 4.22 que as revistas *Journal of Science Education and Technology* e *Journal of Educational Computing Research* foram as primeiras a produzirem artigos relacionados ao tema do PC na Educação. Porém a partir de 2017 a revista *Education and Information Technologies* começou a produzir artigos relacionados ao referido tema, e mesmo tendo um menor tempo de produção anual comparada com as outras duas já tornou-se atualmente a mais prolífica das revistas. Assim pode-se concluir que a revista *Education and Information Technologies* tem grande interesse em pesquisas relacionadas ao tema PC na Educação.

4.5.6 Mapas de Acoplamento

Um mapa de acoplamento bibliográfico é um tipo de visualização bibliométrica que representa as relações entre as publicações científicas com base em suas referências compartilhadas. Em outras palavras, mostra o grau de semelhança entre dois ou mais documentos com base no número de referências que eles têm em comum.

Os mapas de acoplamento bibliográfico são apenas um tipo de visualização bibliométrica, ao lado de outros métodos, como análise de cocitação, redes de coautoria e análise de rede de citação. Cada método fornece uma perspectiva única sobre as relações entre as publicações acadêmicas e pode ajudar os pesquisadores a obter insights sobre a estrutura e a evolução dos campos científicos.



Figura 4.23: Palavras-chave mais evidentes formados pelos autores no *dataset* CTLearn.

A Figura 4.23 ilustra as palavras-chave dos autores mais proeminentes emergentes dos grupos criados por meio do Acoplamento Bibliográfico entre Autores (Clustering by Coupling). Para realizar esse processo, foram aplicados os seguintes parâmetros: acoplamento por referências, medida de impacto por pontuação de citação local e rotulagem feita por palavras-chave dos autores. Além disso, o número de unidades usadas foi de 250, a frequência mínima dos clusters foi definida em 5 e foram utilizados 3 rótulos para cada *cluster*.

4.5.7 Estrutura Conceitual do Conhecimento

A memética¹³ descreve como as ideias e informações sobre um cultura podem se propagar. A partir da agregação memética de termos e palavras que expressam conceitos e ideias, que conseqüentemente se unem para formar tópicos e temas que por sua vez constituem o conhecimento científico.

Através da memética a estrutura conceitual do conhecimento pode ser produzida, através da análise do relacionamento de termos e palavras. No Bibliometrix é possível aplicar um conjunto de técnicas para analisar a estrutura conceitual do conhecimento, essas que se organizam em dois grandes grupos:

Abordagem em Rede utiliza de grafos que representam relacionamentos, demonstrando por medidas e análises como determinada área de estudo se organiza conceitualmente.

Abordagem Fatorial é uma técnica estatística utilizada para representar processos, utilizada aqui para explorar um mapa bidimensional de como os termos e palavras estão se relacionando.

Medidas Utilizando Redes (Grafos)

Redes de Co-ocorrências Através da análise da rede de co-ocorrência de palavras-chave apresentada na Figura 4.24 é possível verificar as palavras mais evidentes presentes no *dataset* CTLearn sendo elas:

¹³Introdução sobre memética em: <https://en.wikipedia.org/wiki/Memetics>.

7. *robotics*;
8. *students*;
9. *mathematics*;
10. *technology*;

Observando essas palavras fica evidente que são termos com uma forte ligação com o tema de PC na Educação, sendo alguns muito relevantes como o termo *computational thinking* e *education* e outros termos menos abordados como, por exemplo *game* e *curriculum* que podem ser considerados temas de nicho. Fica evidente também que os termos do *dataset* CTLearn são agrupados em dois grandes clusters, um azul e o outro vermelho, que serão melhor descritos a seguir.

Analisando mais atentamente as palavras do cluster vermelho presentes no recorte da Figura 4.25 é evidente que os termos de maior impacto são *computational thinking*, *education*, *robotics*, *k-12* e *design*.

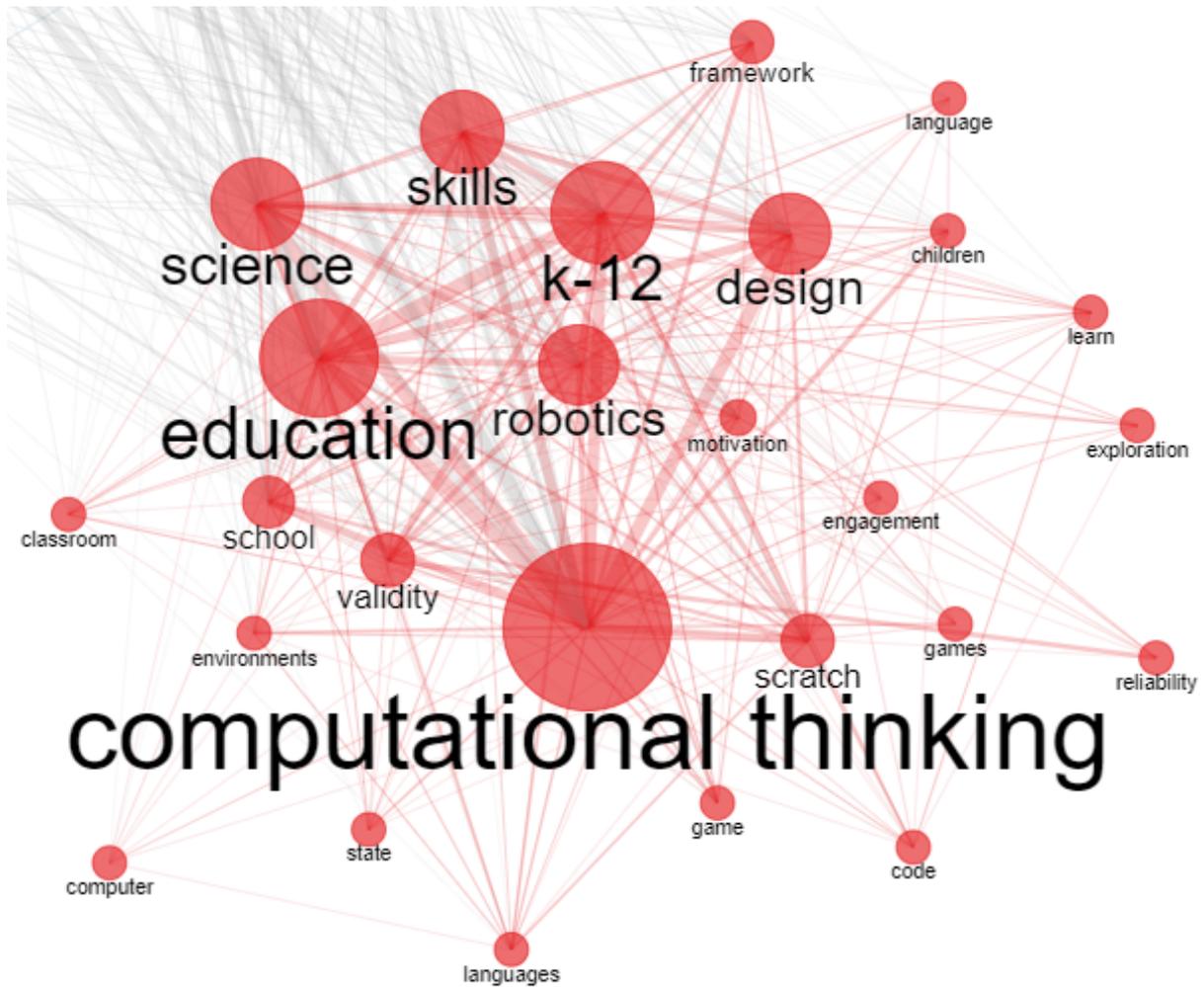


Figura 4.25: Detalhamento do *cluster* vermelho, na rede das 50 palavras-chave mais evidentes, clusterizadas pela coocorrência em documentos, no *dataset* CTLearn.

Agora analisando mais atentamente as palavras do *cluster* azul presentes no recorte da figura 4.26 é evidente que os termos com maior impacto são *students*, *mathematics* e *technology*.

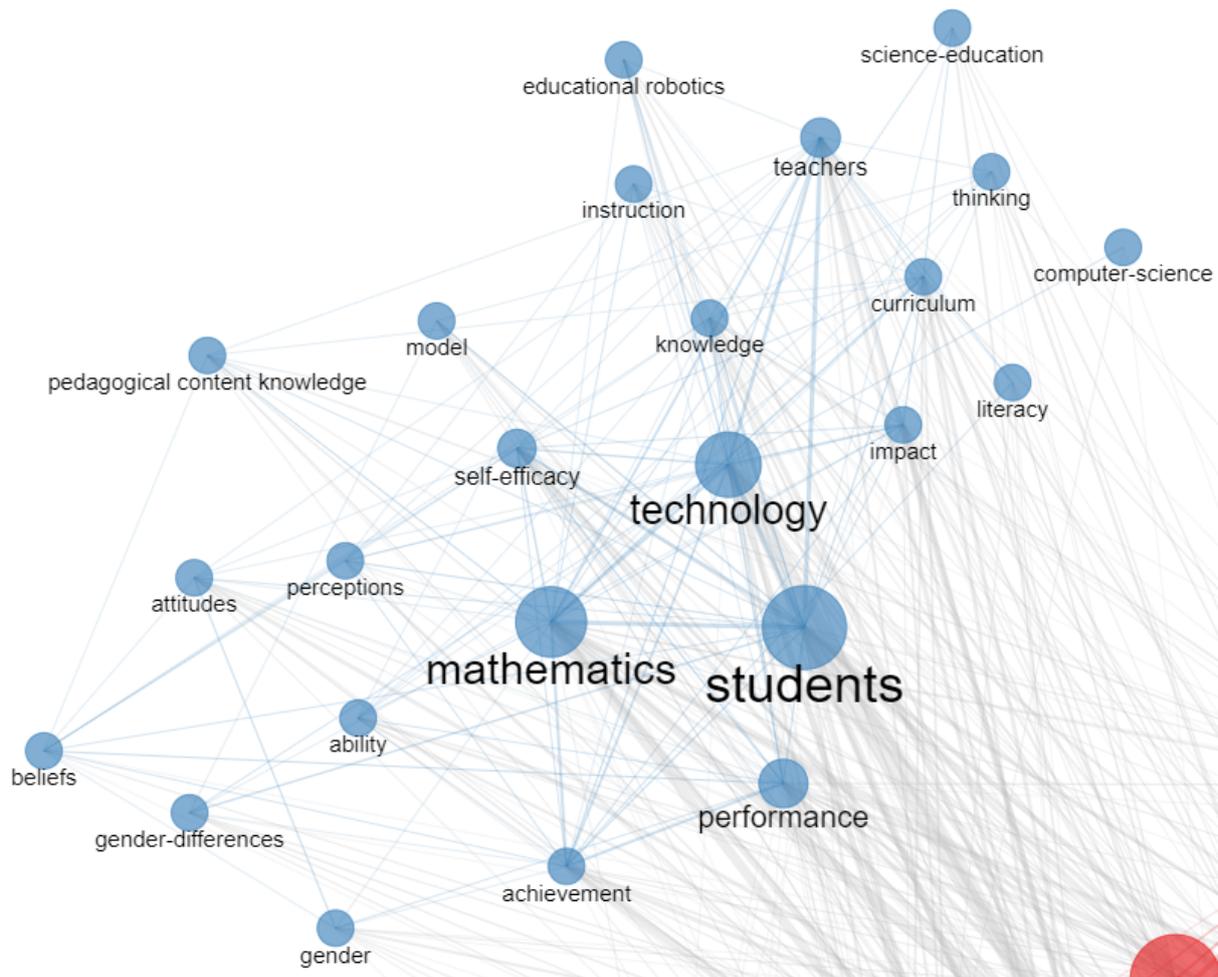


Figura 4.26: Detalhamento do *cluster* azul, na rede das 50 palavras-chave mais evidentes, clusterizadas pela coocorrência em documentos, no *dataset* CTLearn.

Mapas Temáticos Os mapas temáticos permitem uma visualização dos termos mais importantes dentro de um estudo. Ele utiliza de métricas visuais para simplificar a maneira de inferir informações de uma base de dados. Utilizando-se de cores é possível verificar a intensidade de cada termo pesquisado e sua importância; além das cores há duas métricas *development degree* e *relevance degree* que posiciona os termos em quatro quadrantes distintos, sendo eles *Emerging or Declining Themes*, *Basic Themes*, *Niche Themes* e *Motor Themes*.

Callon et al. [62] explica que um *Thematic Map* é um mapa que permite a construção coletiva de conhecimento. Ele propõe que o mapa é construído por um grupo diverso de usuários, como cientistas, técnicos e tomadores de decisão, que contribuem com suas diferentes perspectivas e conhecimentos para a elaboração do mapa.

Analisando o mapa temático da Figura 4.27 é possível inferir que os termos *validity*, *performance* e *self-efficacy* são os temas de maior impacto segundo as métricas aplicadas no mapa temático, pois está no quadrante *Motor Themes* e sendo o que melhor se posiciona na parte superior direita do quadrante. Sendo assim os termos validade, desempenho e autoeficácia são temas motores no tema de pesquisa do *dataset* CTLearn, possuindo um alto grau de desenvolvimento e relevância. Outros termos importantes que se encontram também no quadrante *Motor Themes* porém com um grau menor de relevância ou desenvolvimento são: *beliefs*, *intrinsic motivation* e *future* (presentes na esfera laranja), *instruction*, *collaboration* e *creativity* (presentes na esfera rosa) e *sex-differences*, *level* e *intelligence* (presentes na esfera cinza).

No quadrante *Niche Themes*, é possível observar termos que tem um alto grau de desenvolvimento e um menor grau de relevância, sendo eles *content knowledge* e *school science* (presentes na esfera verde), *gamification* (presentes na esfera amarela) e *bebras* e *informatics* (presentes na esfera rosê).

No quadrante *Emerging or Declining Themes*, é possível observar os termos *model*, *program* e *system* sendo os principais representantes desse e por último o quadrante *Basic Themes* possui como principais representantes os termos *education*, *k-12* e *science*. Assim é possível concluir que da mesma forma que os termos validade, desempenho e autoeficácia possuem um alto grau de desenvolvimento e relevância os termos pedagogia, comportamento e aceitação possuem atualmente um menor grau de desenvolvimento e relevância em relação as pesquisas do PC na Educação.

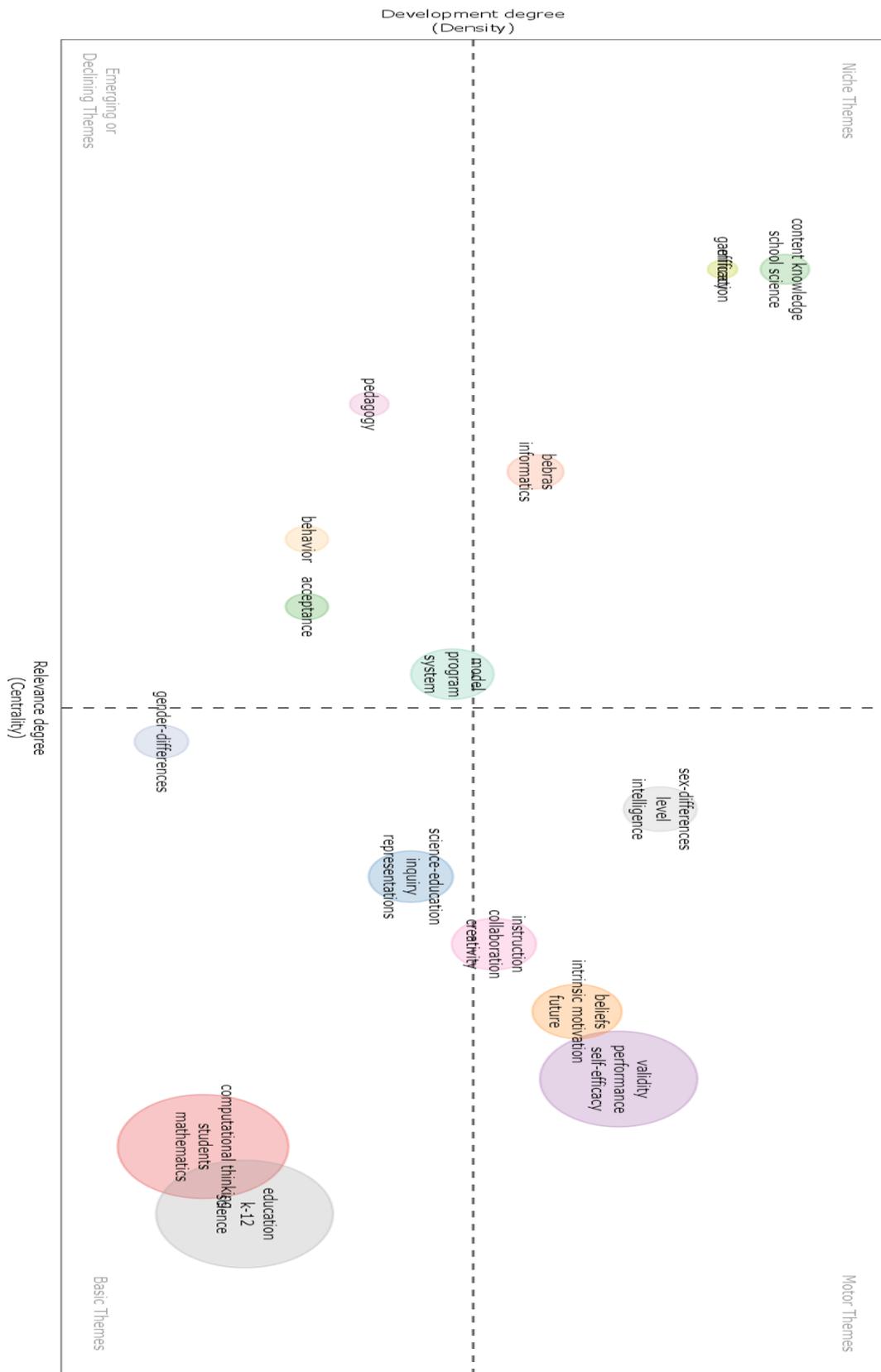


Figura 4.27: Mapa temático do *dataset* CTLearn.

Medidas Utilizando Análise Fatorial

Mapa de Análise de Correspondência Múltipla A *Multiple Correspondence Analysis* (MCA) é um método que apresenta a proximidade entre os temas dentro de um *dataset*. Quanto mais próximos os pontos se encontram dentro do mapa mais similar são suas categorias.

No mapa da Figura 4.28 é possível verificar as palavras-chave que melhor se relacionam de acordo com o critério de similaridade. O mapa formado se divide em dois *clusters*, o vermelho de maior tamanho e que possui a grande maioria dos termos contidos em seu interior, e o azul de menor tamanho sendo formado por 4 termos, sendo que cada um possui uma grande distância um do outro. Ambos serão melhor analisados a seguir:

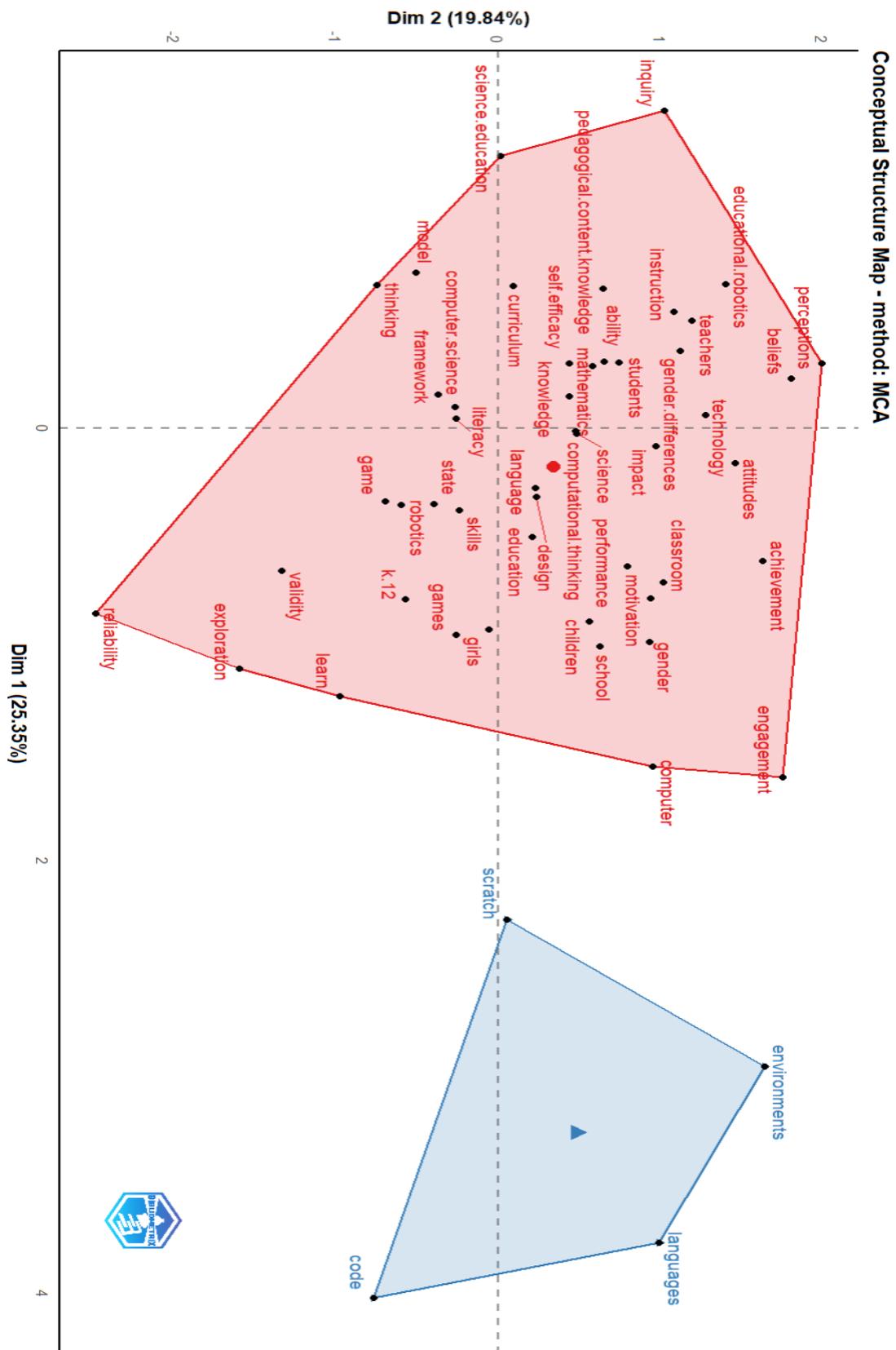


Figura 4.28: Dimensões de variabilidade mais relevantes, nas palavras-chave do *dataset* CTLearn.

- O *cluster* vermelho, de maior tamanho, presente na Figura 4.28 detém a grande maioria das palavras em seu interior, sendo que essas possuem a característica de estarem muito próximas entre si. Analisando cada uma das palavras desse *cluster* é possível observar que o *cluster* representa bem o tema do *dataset* onde mescla muitas palavras relacionadas a educação *school, children, education, curriculum, students...* com palavras referentes ao pensamento computacional como *instruction, ability, games, exploration, technology, attitudes, computer...* Uma possível análise do que representa o *cluster* vermelho é os esforços dos estudiosos em desenvolver habilidades que definam o pensamento computacional e como essas habilidades estão sendo utilizadas no contexto educacional dos estudantes.
- O *cluster* azul, de menor tamanho, presente na Figura 4.28 possui poucas palavras em seu interior, as palavras são *scratch, environments, languages* e *code*. Cada uma delas estão distantes entre si. Analisando cada uma das palavras é possível observar uma área voltada para a codificação e linguagem de programação. Uma possível análise que representa esse *cluster* é o trabalho dos estudiosos em desenvolver ambientes virtuais que possibilitem o desenvolvimento da codificação, como por exemplo a linguagem de programação Scratch que está contida no *cluster* azul.

Dendrograma de Tópicos O dendrograma de tópicos (*Topic Dendogram*) é um gráfico que apresenta de forma visual as palavras que melhor se relacionam dentro de um campo de pesquisa. O gráfico é organizado de forma hierárquica onde os termos vão sendo separados em ramificações distintas. Dessa forma é possível analisar como cada um desses temas se relacionam em nível hierárquico. Quanto mais próxima cada uma das palavras se encontram mais trabalhos agrupam essas palavras nos mesmos documentos.

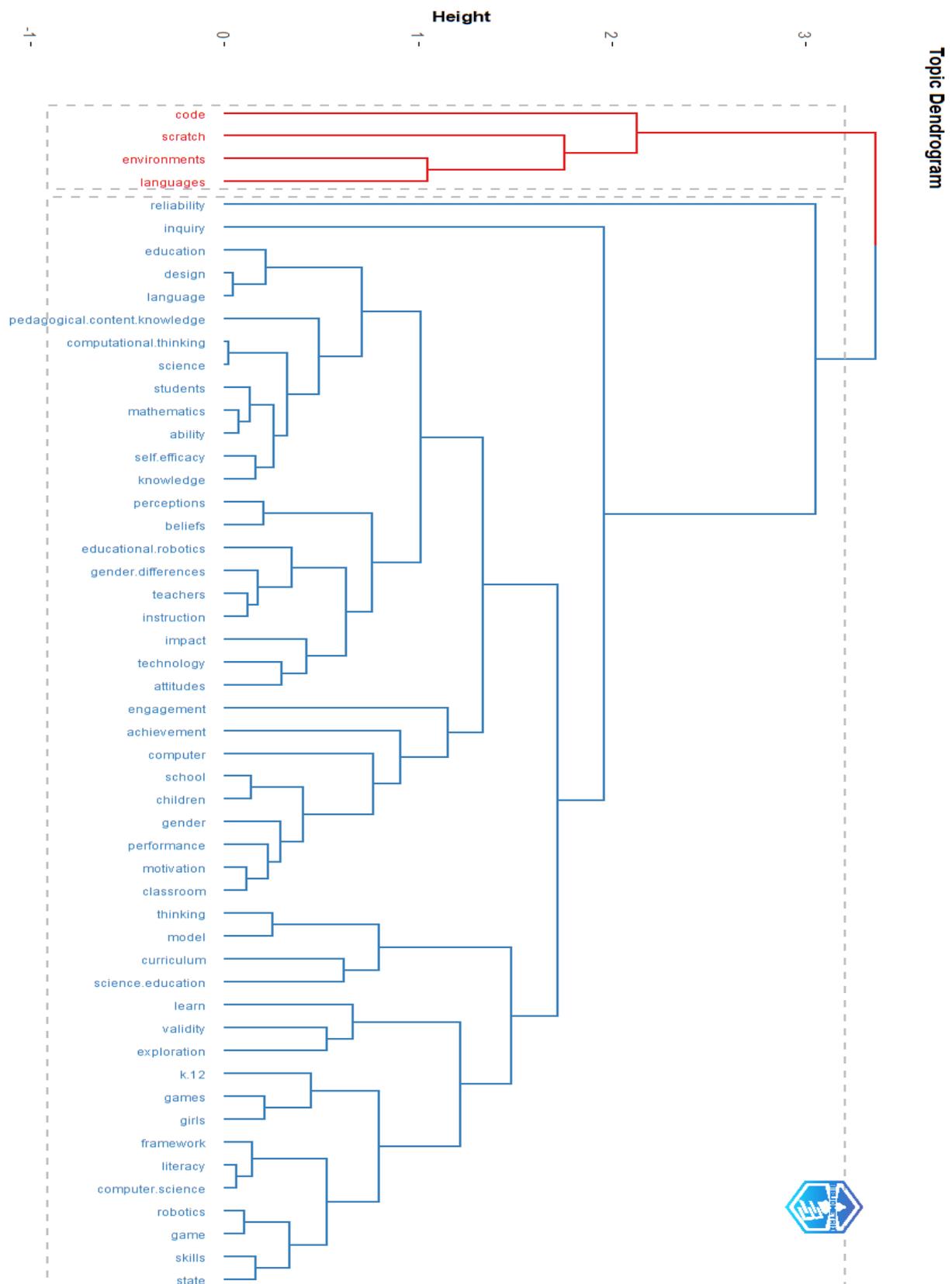


Figura 4.29: Dendrograma das dimensões de variabilidade mais relevantes, nas palavras-chave do *dataset* CTLearn.

No dendrograma de tópicos da Figura 4.29 referente ao *dataset* CTLearn, é possível observar que o gráfico se separa em dois *clusters*, um azul e outro vermelho. Esses possuem características similares aos *clusters* analisados na análise de correspondência múltipla na Seção 4.5.7 (com exceção das cores que foram invertidas). As palavras que compõem cada um dos *clusters* são as mesmas. Porém aqui é possível observar uma ramificação que define melhor a distância entre cada uma das palavras como por exemplo as palavras *reliability* e *state* que apesar de estarem contidas no mesmo *cluster* apresentam uma grande distância uma da outra.

Outro fato é observado ao notar que as palavras *robotics*, *game*, *skills* e *state* se encontram no mesmo nível hierárquico, uma possível interpretação desse fato é que existem trabalhos que são compostos relacionando os temas jogos, robôs, habilidades e estado. Possivelmente trabalhos que utilizam de jogos e robótica para o desenvolvimento de habilidades que compõem o pensamento computacional.

Já no outro *cluster* composto por 4 palavras, os temas ambiente e linguagem estão em um nível similar dentro da hierarquia, possivelmente justificando a existência de trabalhos que articulam de forma conjunta os temas ambientes e linguagem de programação.

Mapa dos Documentos com Maior Contribuição O gráfico da Figura 4.30 apresenta o nome dos documentos que mais contribuíram para determinar as dimensões de variabilidade mais relevantes dentro do tema do *dataset*, esses documentos foram obtidos através das métricas aplicadas que gerou os *clusters* do dendrograma de tópicos apresentado na Seção 4.5.7.

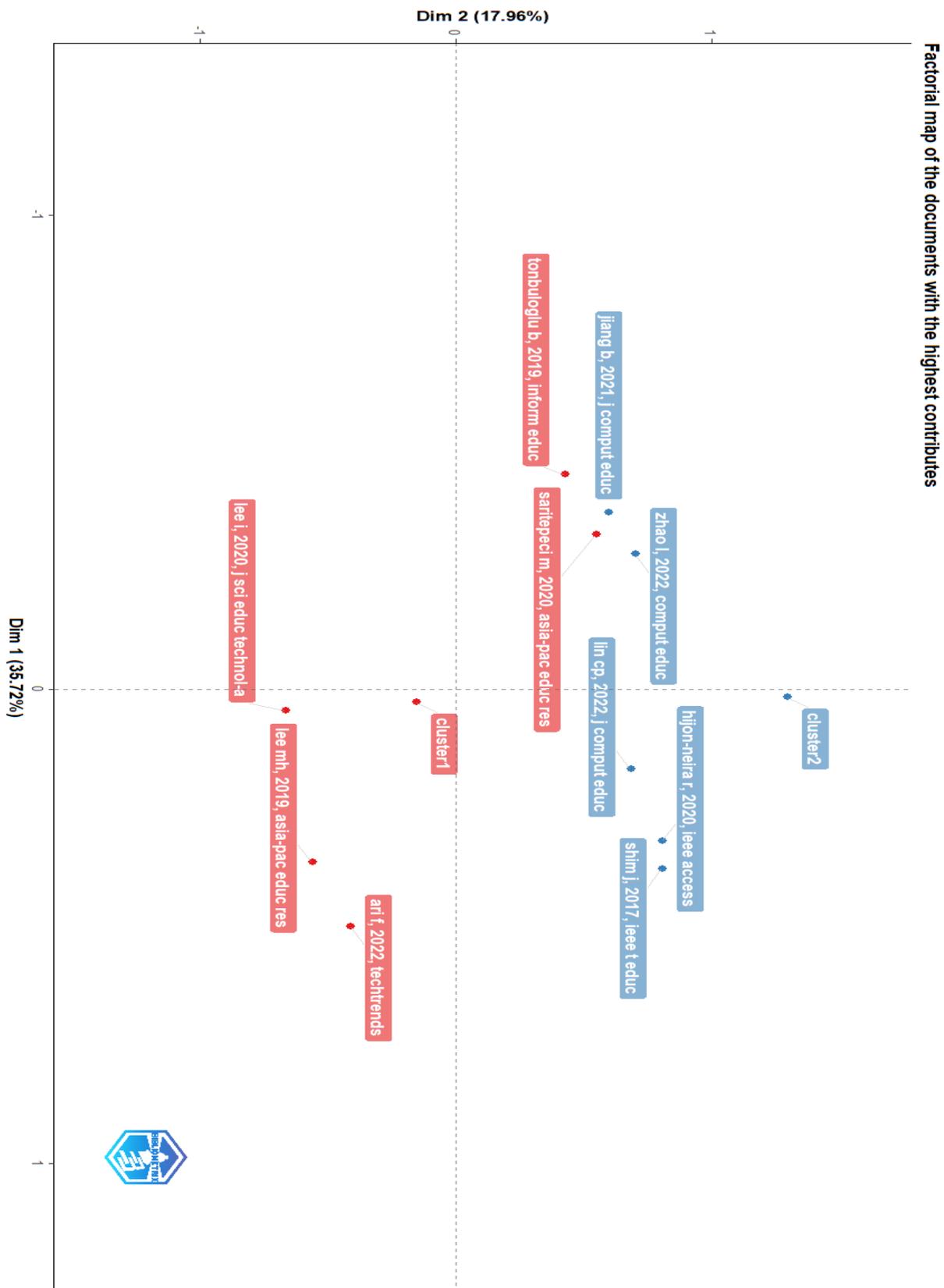


Figura 4.30: Documentos que mais contribuíram para determinar das dimensões de variabilidade mais relevantes, nas palavras-chave do *dataset* CTLearn.

O *cluster* 1 representado pela cor vermelha é apresentado na figura 4.30, os títulos dos principais documentos do *cluster* 1 serão apresentados a seguir:

- Tonbuloglu e Ismael [63]: *The Effect of Unplugged Coding Activities on Computational Thinking Skills of Middle School Students.*
- Saritepeci [64]: *Developing Computational Thinking Skills of High School Students: Design-Based Learning Activities and Programming Tasks.*
- Ari et al. [65]: *Early Childhood Preservice Teachers' Perceptions of Computer Science, Gender Stereotypes, and Coding in Early Childhood Education.*
- Lee et al. [66]: *Identifying Taiwanese Teachers' Perceived Self-efficacy for Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Knowledge.*
- Lee e Joyce [67]: *Computational Thinking Integration Patterns Along the Framework Defining Computational Thinking from a Disciplinary Perspective.*

O *cluster* 2 representado pela cor azul é apresentado na figura 4.30, os títulos dos principais documentos do *cluster* 2 são os seguintes:

- Jiang e Zhixuan [68]: *Effect of Scratch on computational thinking skills of Chinese primary school students.*
- Zhao et al. [69]: *Effect of different mind mapping approaches on primary school students' computational thinking skills during visual programming learning.*
- Lin et al. [70]: *Explorations of two approaches to learning CT in a game environment for elementary school students.*
- Hijon et al. [71]: *The Effects of a Visual Execution Environment and Makey Makey on Primary School Children Learning Introductory Programming Concepts.*
- Shim et al. [72]: *The Effects of a Robot Game Environment on Computer Programming Education for Elementary School Students.*

Comparativo entre os *clusters* através das métricas utilizando análise fatorial foi possível observar os trabalhos que mais contribuiram para determinar as dimensões de variabilidade mais relevantes dentro do *dataset* CTLearn. Realizando uma breve leitura dos artigos que compõem o *cluster* 1 representado na cor vermelha, é possível inferir que todos os 5 trabalhos buscam desenvolver atividades computacionais em uma perspectiva educacional.

Fica evidente também que há trabalhos diversos abrangendo cada uma das diferentes etapas de ensino, tanto de crianças pequenas, alunos do ensino fundamental e alunos do

ensino médio. Assim, é possível observar que o *cluster* 1 é composto por trabalhos que estão bem alinhados com a tema de pesquisa do presente trabalho, que investigam o uso do pensamento computacional no contexto educacional.

Realizando uma breve leitura dos artigos que compõem o *cluster* 2 representado na cor azul, é possível inferir que todos os 5 trabalhos buscam desenvolver habilidades do pensamento computacional através do uso de ambientes de programação. Os meios mais evidentes para o desenvolvimento do PC de acordo com os trabalhos são as linguagens de programação visuais sendo o Scratch o melhor exemplo delas, jogos, placas de prototipagem (Arduino por exemplo) e Robôs. Fica evidente também que os autores concentram seus esforços em trabalhos voltados principalmente para a educação de crianças pequenas.

Assim sendo, é possível verificar que há uma tendência demonstrada pelo *cluster* 2 de trabalhos que utilizam de meios tecnológicos com o intuito de fomentar o desenvolvimento de habilidades relativas ao pensamento computacional em crianças pequenas.

4.5.8 Estrutura Intelectual do Conhecimento

Redes de Co-citação

Uma rede de co-citação é uma representação gráfica das citações de diferentes artigos científicos, onde os nós são os artigos e as arestas representam as citações entre eles. Ou seja, se dois artigos são frequentemente citados em conjunto por outros artigos, eles terão uma aresta que os conecta na rede de co-citação.

Essa rede é útil para identificar padrões de conexão entre diferentes áreas de pesquisa, bem como para identificar os artigos mais influentes em uma determinada área. Além disso, pode ajudar a identificar novas áreas de pesquisa que estão emergindo e a visualizar as conexões entre diferentes campos de estudo.

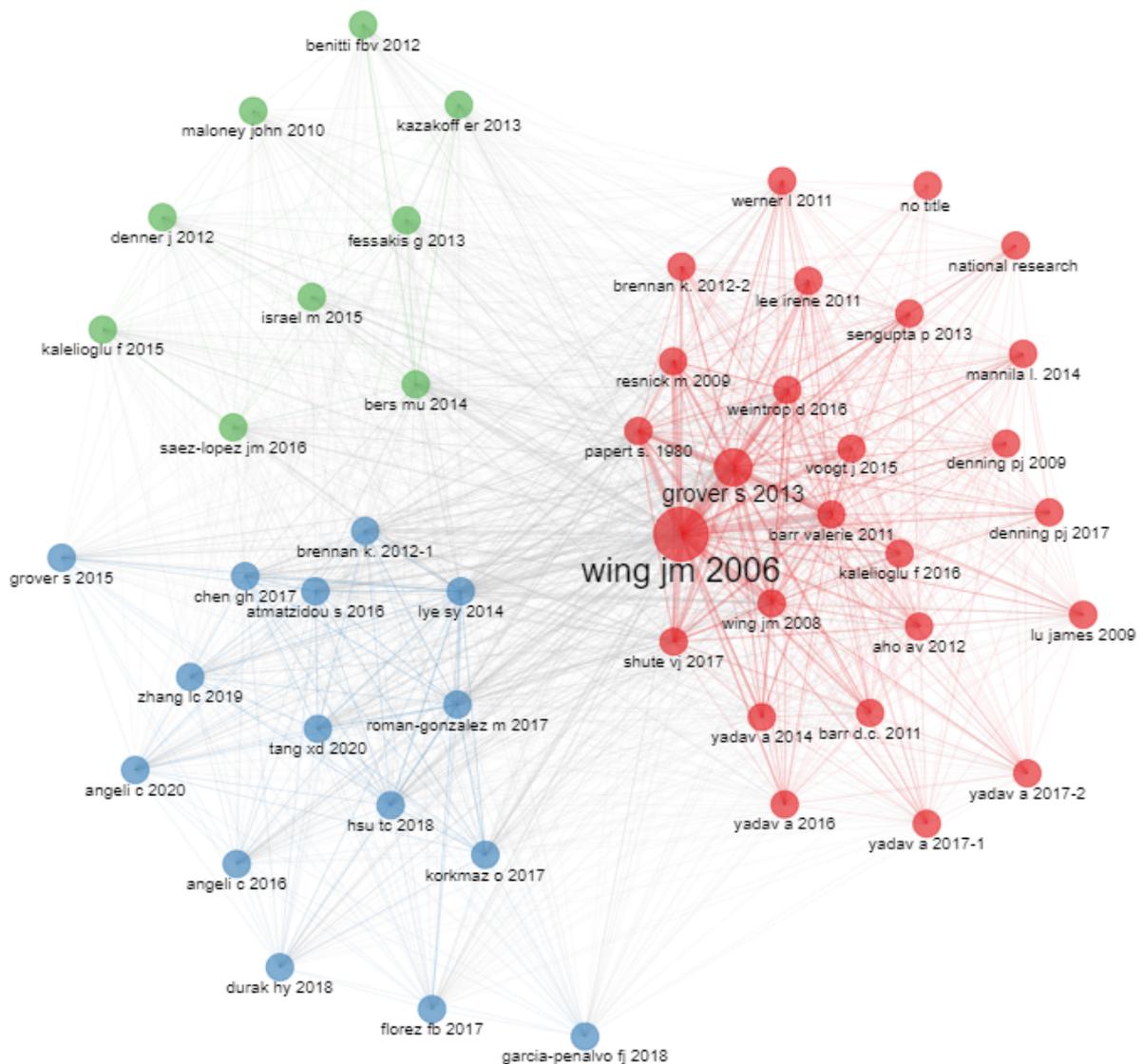


Figura 4.31: Rede de cocitação entre as 50 referências mais presentes no *dataset* CTLearn.

A Figura 4.31 apresenta a rede de co-citação do *dataset* CTLearn. Essa rede evidencia de maneira visual as co-citações entre as referências no *dataset*. Analisando o gráfico da figura é possível observar que Jeannette Wing se destaca, por conta de seu artigo de 2006. Como já evidenciado anteriormente este trabalho foi seminal para o progresso dos estudos na área, sendo um dos alicerces dos estudos do pensamento computacional.

Próximo a referência de Jeannette Wing, concentrando-se também no centro da figura está o estudo de Bers et al. no ano de 2014, ocupando o *cluster* verde. E por último, conectado aos outros dois estudos citados anteriormente, é possível observar o trabalho de Lye e Koh realizado também no ano de 2014.

Analisando os trabalhos respectivos a cada uma dessas referências é possível confirmar o interesse das pesquisas em como ensinar o pensamento computacional para crianças e formas de introduzir o pensamento computacional nos currículos escolares. Demonstrando a frequente associação entre estudos sobre o pensamento computacional relacionados ao contexto educativo.

Historiografia

A historiografia em uma análise bibliométrica se refere à compreensão da evolução histórica de um campo de pesquisa ou disciplina, a partir da análise das publicações científicas em um determinado período de tempo. É uma forma de investigar como o conhecimento em uma área se desenvolveu ao longo do tempo, quais foram os principais temas, autores e instituições envolvidas, e como as teorias e conceitos foram sendo modificados ou atualizados.

Essa abordagem pode ser útil para entender a dinâmica do desenvolvimento de um campo de pesquisa, as influências que moldaram seu desenvolvimento e as implicações que isso teve para a sociedade em geral. Além disso, pode ajudar a identificar áreas de pesquisa que precisam ser mais exploradas ou que apresentam um potencial significativo para o futuro.

A Figura 4.32 apresenta a historiografia das citações entre os artigos mais relevantes no *dataset* CTLearn.

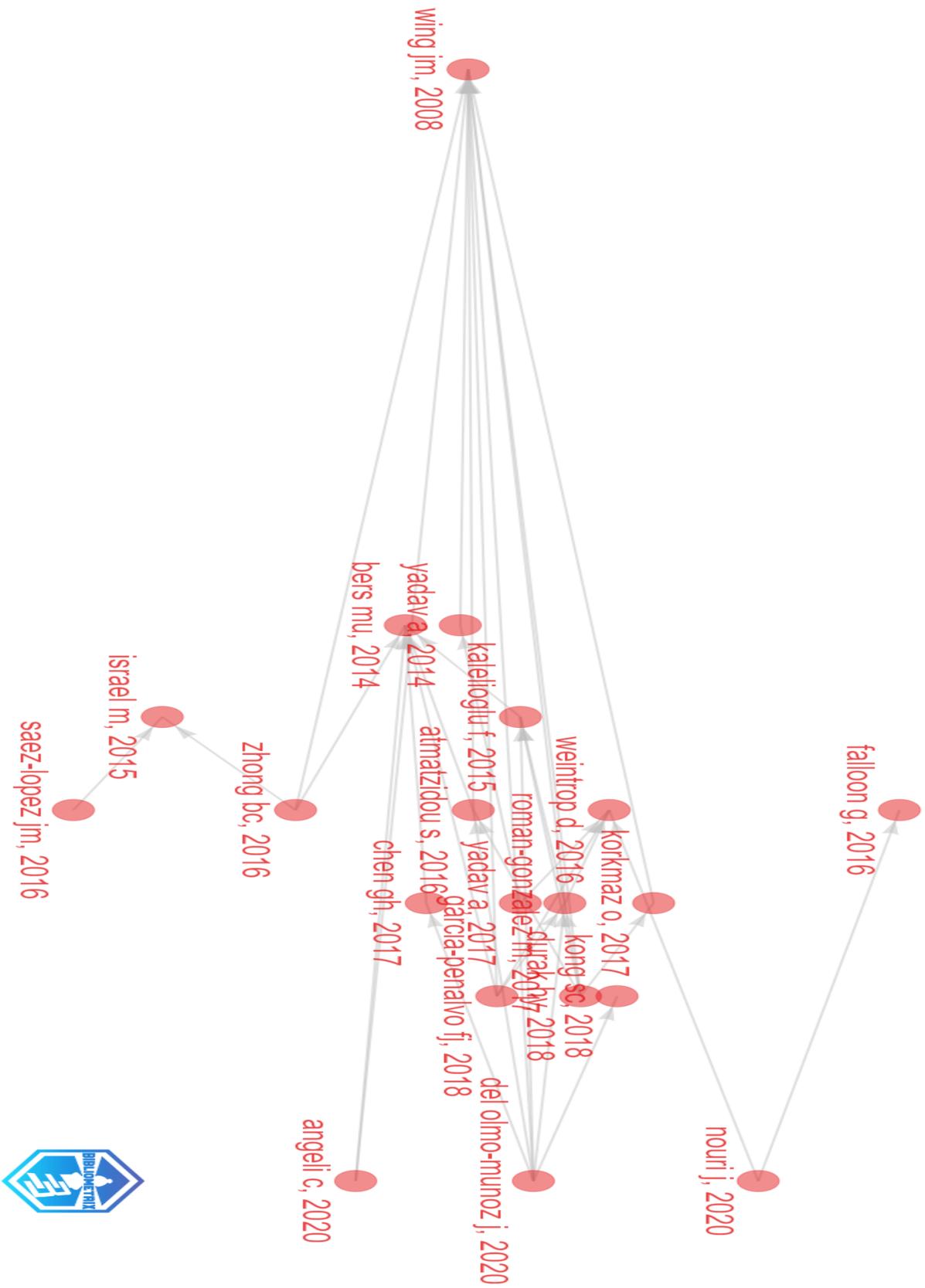


Figura 4.32: Mapa histórico das citações diretas entre os documentos mais evidentes no *dataset* CTLearn.

Através da análise visual da figura 4.32 é possível inferir mais um trabalho da autora Jeannette Wing, este do ano de 2008 é a base que fundamentou os estudos no tema do *dataset*. Esse trabalho intitulado de *Computational thinking and thinking about computing* [30] trata de como o pensamento computacional irá influenciar a ciência, tecnologia e sociedade nos anos posteriores.

Analisando os trabalhos de Bers et al. [29] e Yadav et al. [18] ambos de 2014, evidencia-se uma busca em inserir o pensamento computacional na educação escolar. Demonstrando que nesses anos houve uma forte relação entre trabalhos do pensamento computacional com foco no ensino e aprendizagem.

Indo para o ano de 2018 há os trabalhos de García-Peñalvo e Mendes [42], Durak e Saritepeci [37] e Kong et al. [41] que também são trabalhos que articulam o pensamento computacional no contexto da educação.

E por último, analisando os trabalhos do ano de 2020, esses que são os de Nouri et al. [46], Del Olmo et al. [44] e Angeli e Valanides [38]. Os três trabalhos lidam com o pensamento computacional no contexto educativo só que dessa vez utilizando de meios para promover essa interação. Esses meios podem ser tecnológicos como softwares de programação e robôs ou meios alternativos como atividades desplugadas.

Observando a historiografia de citação durante os anos de produção desses trabalhos, e suas evoluções históricas é possível inferir que houve um crescente aprimoramento no estudo e a constante busca para inserir o pensamento computacional na educação. Partindo inicialmente de uma perspectiva teórica dos trabalhos iniciais, evoluindo para tentativas concretas de aplicar o pensamento computacional nas escolas e no contexto educativo, e por último a evolução desses estudos onde articula-se as habilidades desenvolvidas do pensamento computacional com o ensino e a atual tecnologia disponível.

4.5.9 Estrutura Social do Conhecimento

4.5.10 Rede de Colaboração

Uma rede de colaboração em uma análise bibliométrica é uma representação gráfica das relações de colaboração entre autores ou instituições em um determinado campo de pesquisa. Essa rede é gerada a partir dos dados bibliográficos das publicações científicas e mostra como os autores ou instituições trabalharam juntos em diferentes projetos de pesquisa.

Na rede de colaboração, os nós representam autores ou instituições e as arestas representam as colaborações entre eles. As arestas podem ter diferentes pesos, dependendo da quantidade de colaborações estabelecidas entre os autores ou instituições.

A rede de colaboração é uma ferramenta importante para identificar oportunidades de colaboração futura, bem como para avaliar o impacto das colaborações existentes em um determinado campo de pesquisa.

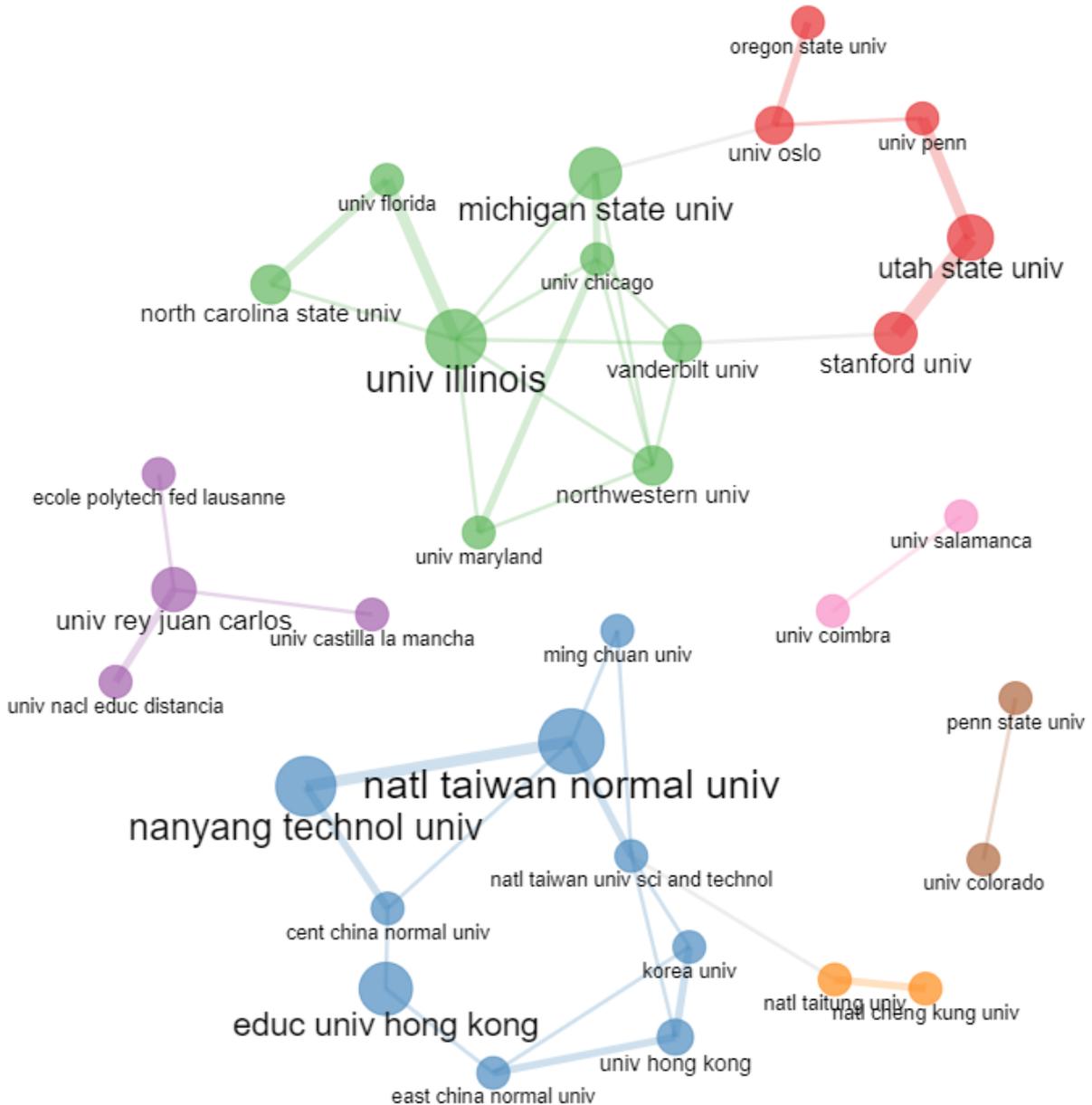


Figura 4.33: Rede de colaboração entre as 50 instituições mais evidentes, no *dataset* CTLearn.

A Figura 4.33 apresenta a rede referente a colaboração entre as universidades. Analisando esta rede infere-se que os *clusters* formados são separados por instituições que estão

presente no mesmo país ou território. Esse fato demonstra que as relações de colaboração entre instituições do mesmo país são muito mais comuns do que relações internacionais.

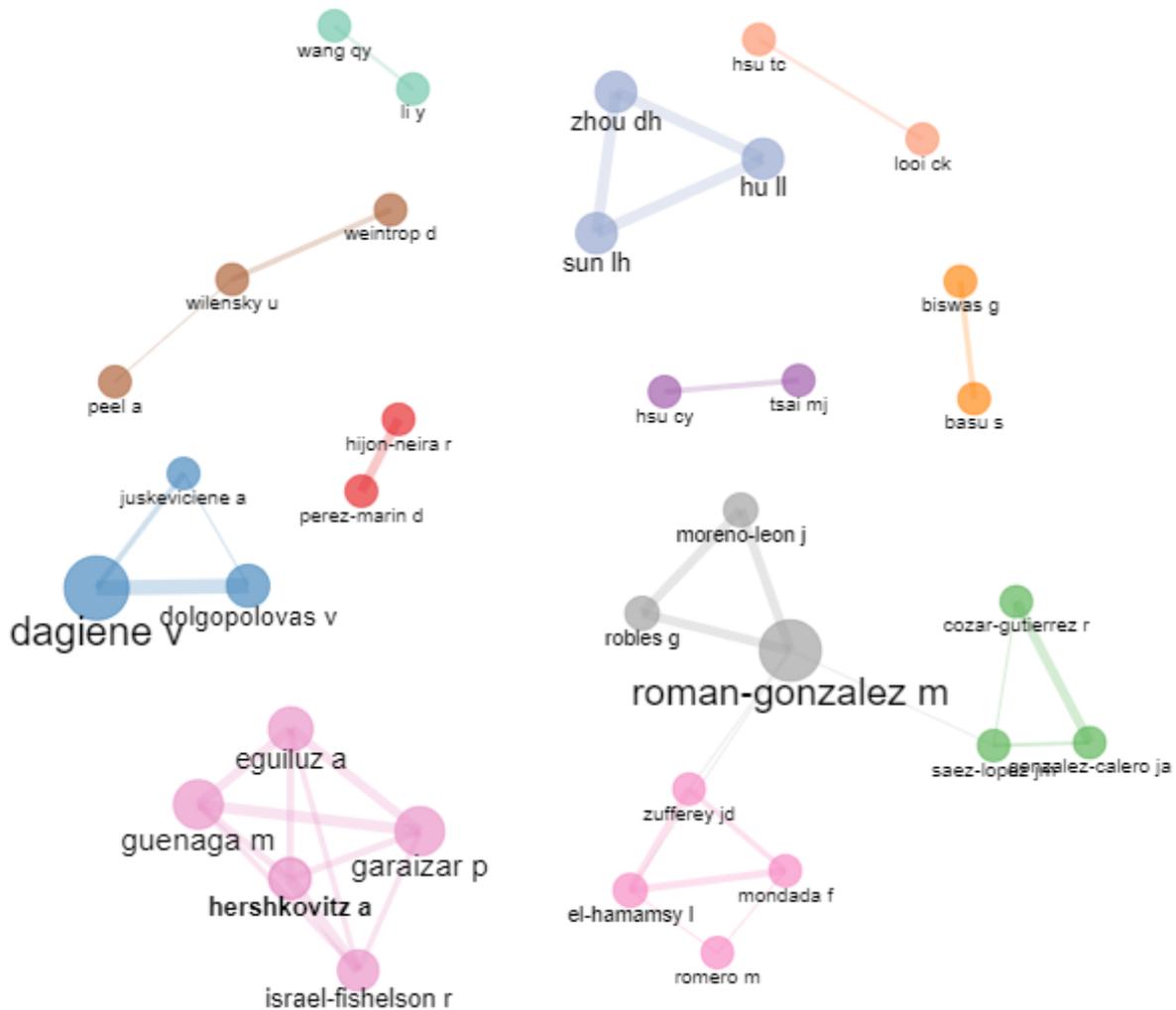


Figura 4.34: Rede de colaboração entre os 50 autores mais evidentes, no *dataset* CTLearn.

A Figura 4.34 apresenta a rede referente a colaboração entre os autores dos artigos presentes no *dataset* CTLearn. Analisando esta rede e julgando pelo sobrenome dos autores infere-se que os *cluster* formados são separados por autores que estão presentes no mesmo país ou território.

Esse fato demonstra que as relações de colaboração entre os autores tem relação direta com a rede de colaboração entre instituições apresentadas na 4.33. Os autores que tem uma conexão de colaboração atuam em universidades do mesmo país, essas relações são muito mais presentes do que a colaboração internacional entre autores.

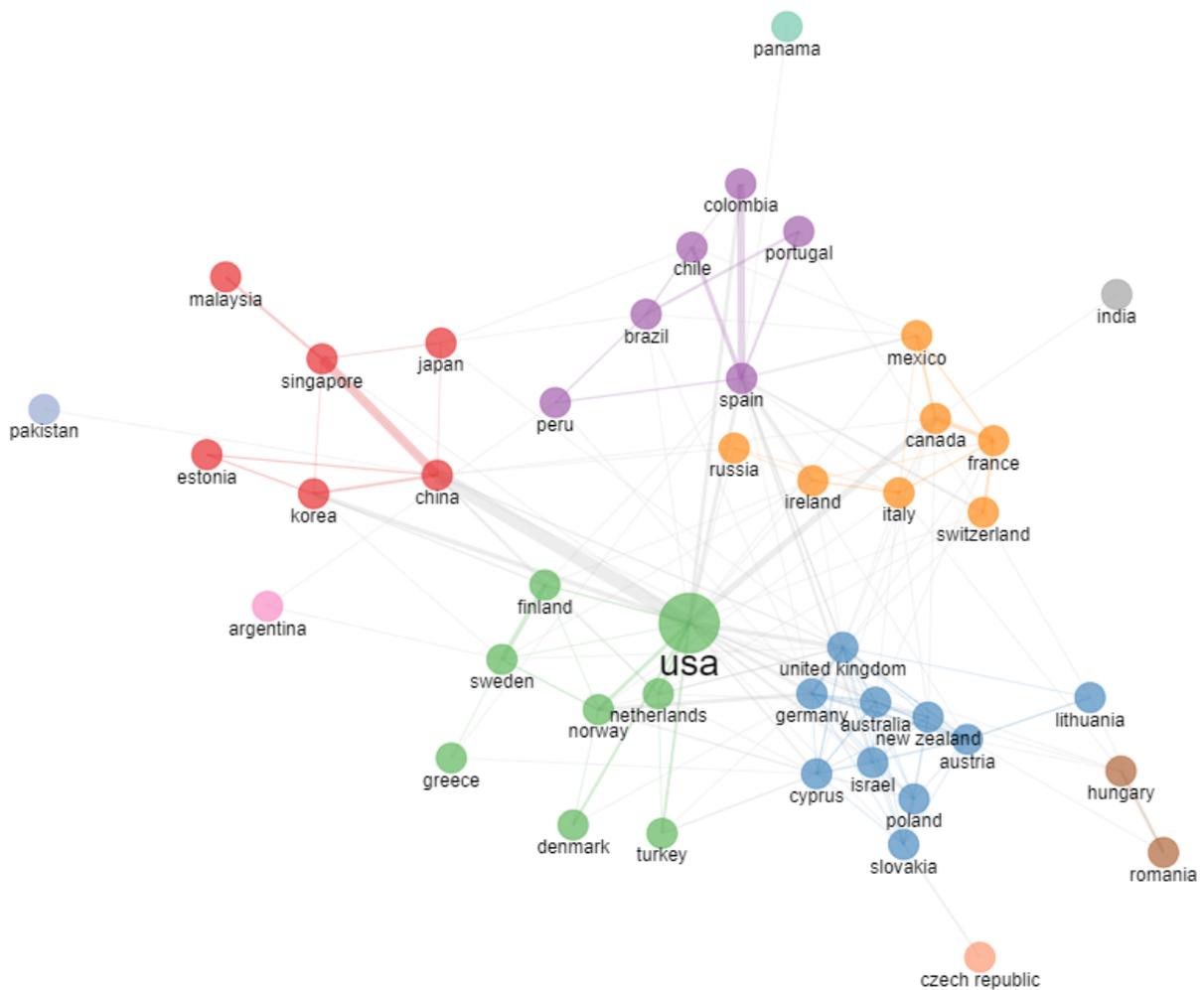


Figura 4.35: Rede de colaboração entre os 50 países, no *dataset* CTLearn.

A Figura 4.35 apresenta a rede referente a colaboração entre os países onde foram produzidos os trabalhos presentes no *dataset* CTLearn. Analisando esta rede percebe-se que os os países que formam os *cluster* são predominantemente compostos por países que estão em um mesmo continente, com raras exceções a esse fato.

Isso demonstra que as relações de colaboração entre os países tem relação direta com as outras duas redes apresentadas anteriormente nas figuras 4.33 e 4.34. Os autores produzem em instituições que fazem parte de um determinado território, justificando a formação dos *clusters* da figura 4.35 em conformidade com as análises dos outros dois gráficos.

Alguns aspectos que destacam-se na rede de colaboração entre os países é o vértice que representa os Estados Unidos possuir um tamanho maior que os demais e ocupar um local centralizado na figura. Deixando ainda mais evidente a importância da contribuição

dos trabalhos produzidos por esse país nas pesquisas relacionadas ao tema do *dataset* CTLearn, fato que permeia análises anteriores feitas nesse trabalho.

Alguns países ocupam localizações que divergem do padrão como por exemplo o Paquistão, Argentina, Panamá, Índia e República Tcheca que estão em vértices isolados que compõem a periferia do gráfico. Uma possível interpretação deste fato é o baixo grau de colaboração destes países com as pesquisas relacionadas ao tema do *dataset*.

4.5.11 *WorldMap* de Colaboração

Um *WorldMap* de colaboração fornece uma representação visual da distribuição e extensão das colaborações de pesquisa em um campo específico e pode ajudar os pesquisadores a identificar novas oportunidades de colaboração e parceria.

O *WorldMap* permite assim visualizar a distribuição geográfica de colaborações entre pesquisadores ou instituições em um determinado campo de estudo. O mapa utiliza de uma abordagem visual para facilitar a localização de pesquisadores ou instituições e as conexões entre eles, com base na coautoria de publicações ou outras formas de colaboração.

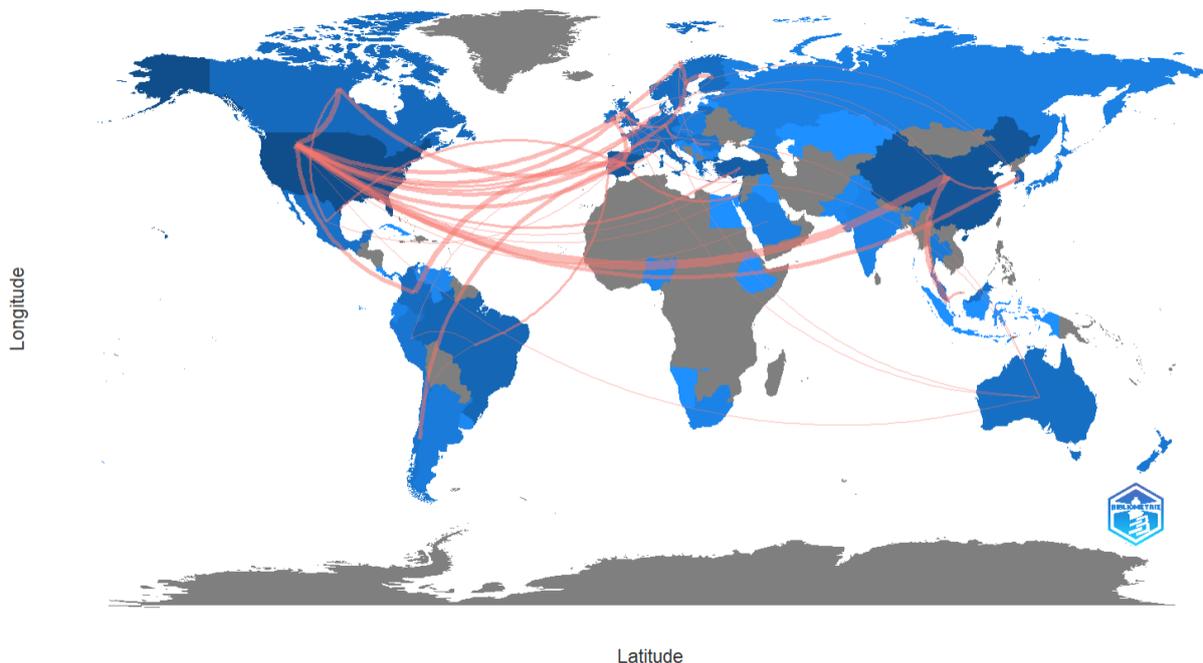


Figura 4.36: Rede de colaboração entre os países mais evidentes, no *dataset* CTLearn.

A Figura 4.36 apresenta o *WorldMap* de colaboração entre os países, essa figura tem relação direta com o gráfico da Figura 4.35. Onde é possível observar aspectos similares como por exemplo a grande contribuição da América do Norte na colaboração com outros

países. Fato observável por conta do grande número de linhas saindo deste território, mais especificamente dos EUA. Deixando evidente sua grande influência relacionada as pesquisas do pensamento computacional na educação.

Tal influência pode ser justificada pelos trabalhos pioneiros nesta área de pesquisa como o de Jeannette Wing [1] e a grande quantidade de artigos produzidos nesse país.

Capítulo 5

Interpretação dos Resultados

O presente capítulo tem como objetivo buscar as interpretações dos dados que foram realizadas no decorrer do Capítulo 4 com o objetivo de responder as questões definidas na Subseção 4.1.2.

- Qual a base de conhecimentos científicos produzida em torno do tema pensamento computacional no contexto educacional?

A pesquisa mundial sobre o pensamento computacional na educação é definida por duas grandes bases como pode ser claramente evidenciado através da estrutura conceitual do conhecimento na Seção 4.5.7. Através do do mapa MCA presente na Figura 4.28 é possível observar que a pesquisas sobre o PC na educação é definida por duas grandes áreas. A primeira de maior volume representa os esforços dos pesquisadores em definir o que é o pensamento computacional, quais são as habilidades que compõem o pensamento computacional e como essas habilidades estão sendo aplicadas no contexto educacional dos estudantes. A segunda, de menor volume, é voltada para no desenvolvimento de ambientes virtuais, com o intuito de promover o ensino da codificação.

- Como o pensamento computacional tem sido utilizado no cenário educativo?

Em relação à segunda questão de pesquisa, através das análises foi observado que o pensamento computacional tem sido utilizado educativamente com foco no ensino de crianças pequenas que compõem os primeiros anos de ensino. Destacando-se duas principais áreas de aplicação. Sendo amplamente utilizado para o ensino das matérias que compõem as disciplinas do *Science, Technology, Engineering and Mathematics* (STEM), reafirmando a grande afinidade que o PC tem com as matérias de ciências exatas. E, também, o pensamento computacional no contexto educativo tem sido muito utilizado para o ensino da programação principalmente com o auxílio de Robótica Educacional (RE) e Linguagem de Programação Visual (LPV).

- Quais os principais termos e conceitos ligados à frente de pesquisa no tema pensamento computacional na educação?

Foi constatado que os termos mais recorrentes no *dataset* são *science, k-12, robotics, skills, design, students, mathematics* e *technology*. Esses e outros termos são úteis para descrever a evolução da área de pesquisa em questão, o que pode ser comprovado através dos conteúdos nos estudos analisados anteriormente durante a composição desse trabalho.

- Qual é a evolução do conhecimento das pesquisas sobre o pensamento computacional na educação?

Analisando a figura 4.32 presente na Subseção 4.5.8, que apresenta a historiografia de citação durante os anos de produção de trabalhos do *dataset*, e suas evoluções históricas, é possível inferir que houve um crescente aprimoramento no estudo e a constante busca para desenvolver o pensamento computacional na educação. Observa-se que o conhecimento evolui partindo inicialmente de uma perspectiva teórica dos primeiros trabalhos, evoluindo para tentativas concretas de aplicar o pensamento computacional nas escolas e no contexto educativo, e por último a evolução desses estudos onde articula-se as habilidades desenvolvidas do pensamento computacional com o ensino e a atual tecnologia disponível.

- Qual a estrutura social da comunidade, que pesquisa sobre o pensamento computacional no contexto educacional?

Respondendo a última pergunta, na Seção 4.5.9 é possível observar que as relações de colaboração entre instituições do mesmo país são muito mais comuns do que relações internacionais. Os autores que tem uma conexão de colaboração atuam em universidades do mesmo país, essas relações são muito mais presentes do que a colaboração internacional entre autores. Consequentemente a colaboração entre territórios costuma ser predominantemente composta por países que estão em um mesmo continente como pode ser observado nas análises anteriores. Importante ressaltar o destaque dos EUA como um dos principais países contribuintes para o desenvolvimento do tema do *dataset* CTLearn, tanto por ser pioneiro no desenvolvimento dos trabalhos referentes ao tema como o papel central em que suas instituições articulam conexões com outras presentes em vários outros continentes.

Capítulo 6

Considerações Finais

Neste capítulo, serão abordadas as considerações finais que incluem a conclusão da pesquisa realizada, bem como recomendações para trabalhos futuros que podem ser realizados.

6.1 Conclusões

O impulso inicial para o desenvolvimento deste trabalho foi em minha crença no grande potencial da computação na contribuição do desenvolvimento humano. Os processos computacionais sintetizam de forma organizada etapas que devem ser seguidas para conclusão de alguma tarefa. Essas etapas são traçadas na maioria das vezes da maneira mais eficaz e simples possível. Percebendo essa característica dos computadores tive interesse em investigar como seria interessante utilizarmos muito dessas práticas computacionais nas nossas vidas cotidianas, com o intuito de definir bem as etapas necessárias para concluir uma tarefa como também reduzir gastos energéticos e de recursos. Além dessa parte prática acredito também no alto potencial da computação como forma de organizar o pensamento humano.

A teoria da computação surgiu como fruto dos estudos matemáticos de grandes pesquisadores como Kurt Gödel [73], Alonzo Church [74] e Alan Turing [75]; sendo que a própria matemática que fundamenta a teoria da computação também foi criada e desenvolvida por outros grandes pensadores. Caracterizam-se assim a evolução dos esforços da humanidade no desenvolvimento constante de um pensamento que foi evoluindo através de todos esses estudos que nos trazem até o presente momento, e de vários que ainda estão por vir que nos levará ainda mais além. Portanto a computação é uma forma de exprimir como nós pensamos, como definimos nossas atividades mentais e como nos organizamos. Por esses motivos decidi pesquisar sobre o pensamento computacional e como ele está sendo utilizado no cenário educacional. Acredito que se a computação exprime o pensamento

humano ela também pode ser utilizada para nossa educação, o desenvolvimento de nosso conhecimento e ampliação de nossas capacidades.

A escolha da análise bibliométrica pareceu uma alternativa muito interessante como um método eficaz para evidenciar uma grande quantidade de estudos que tratassem desse tema escolhido. E através desses vários estudos o método tem a capacidade de evidenciar os mais importantes, os mais influentes e os que mais contribuíram para o desenvolvimento dos estudos na área. Pude ter contato com vários artigos muito interessantes que ampliaram ainda mais o que eu sabia e o que eu já havia estudado sobre o pensamento computacional e o seu desdobramento no contexto da educação.

O método de análise bibliométrica permitiu de fato verificar o atual estado da arte do pensamento computacional na educação evidenciando muitos artigos que atendem aos critérios de qualidade e relevância. Apesar de ser uma área relativamente nova os trabalhos já se apresentam em abundância e em qualidade, além de que através da análise foi possível perceber que é um campo que está em constante desenvolvimento. Através do método de análise biométrica foi possível responder às questões definidas no início deste trabalho, E acredito também que através das diversas análises realizadas no decorrer do estudo outras perguntas que não foram definidas inicialmente podem ser respondidas.

Sobre as limitações de trabalho, destacam-se a minha falta de experiência em realizar uma análise bibliométrica, esse foi o primeiro trabalho que eu tive contato com o método. Houveram muitos desafios no decorrer do desenvolvimento deste trabalho como por exemplo definir as questões mais relevantes que deveriam ser respondidas, aprender a utilizar a interface do Biblioshiny e como extrair seus dados, entender muitos das análises realizadas que compõem uma análise bibliométrica, principalmente aquelas compostas por funções mais complexas. Além disso outras dificuldades como definir uma *query* de busca relevante que pudesse compor um *dataset* que seria interessante para o escopo deste trabalho. E depois de ter produzido uma vasta quantidade de análises buscar interpretar cada uma delas relacionando-as com o objetivo de encontrar informações que pudessem ser relevantes para atingir os objetivos inicialmente definidos. Por fim, fico entusiasmado por acompanhar a evolução dos estudos nesta área que acredito ser revolucionária para o desenvolvimento humano.

6.2 Trabalhos Futuros

Um próximo possível passo para a continuidade desse trabalho pode ser o desenvolvimento de um ferramenta que auxilie os estudantes a desenvolverem habilidades do pensamento computacional. Essa que pode ser criada em formato de aplicação utilizando uma abordagem lúdica como por exemplo a gamificada, com o intuito de simplificar e estimular o

uso pelos alunos. Através das análises feitas neste trabalho foram geradas respostas que podem contribuir para o desenvolvimento dessa ferramenta, avançando com o desenvolvimento do pensamento computacional no contexto educativo.

Referências

- [1] Wing, Jeannette M.: *Computational thinking*. Communications of the ACM, 49(3):33–35, março 2006, ISSN 0001-0782, 1557-7317. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1118178.1118215>, acesso em 2023-02-07. 1, 4, 5, 6, 8, 29, 49, 113
- [2] Barr, Valerie e Chris Stephenson: *Bringing computational thinking to k-12: what is involved and what is the role of the computer science education community?* ACM Inroads, 2, março 2011. 1, 30, 50
- [3] Voogt, Joke, Petra Fisser, Jon Good, Punya Mishra e Aman Yadav: *Computational thinking in compulsory education: Towards an agenda for research and practice*. Education and Information Technologies, 20(4):715–728, dezembro 2015, ISSN 1360-2357, 1573-7608. <http://link.springer.com/10.1007/s10639-015-9412-6>, acesso em 2023-02-07. 1, 51
- [4] Brennan, Karen e Mitchel Resnick: *New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking*. Em *Proceedings of the 2012 annual meeting of the American educational research association, Vancouver, Canada*, volume 1, página 25, 2012. 1, 6
- [5] Denning, Peter J.: *Remaining trouble spots with computational thinking*. Communications of the ACM, 60(6):33–39, maio 2017, ISSN 0001-0782, 1557-7317. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2998438>, acesso em 2023-04-04. 1
- [6] Papert, Seymour: *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas*. Basic Books, New York, 1980, ISBN 978-0-465-04627-0. 4, 7, 8, 30, 50
- [7] Resnick, Mitchel, John Maloney, Andrés Monroy-Hernández, Natalie Rusk, Evelyn Eastmond, Karen Brennan, Amon Millner, Eric Rosenbaum, Jay Silver, Brian Silverman e Yasmin Kafai: *Scratch: programming for all*. Communications of the ACM, 52(11):60–67, novembro 2009, ISSN 0001-0782, 1557-7317. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1592761.1592779>, acesso em 2023-02-07. 6, 31, 50
- [8] Denner, Jill, Linda Werner e Eloy Ortiz: *Computer games created by middle school girls: Can they be used to measure understanding of computer science concepts?* Computers & Education, 58(1):240–249, 2012. 6
- [9] Weintrop, David, Elham Beheshti, Michael Horn, Kai Orton, Kemi Jona, Laura Trouille e Uri Wilensky: *Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms*. Journal of Science Education and Technology, 25(1):127–147,

- fevereiro 2016, ISSN 1059-0145, 1573-1839. <http://link.springer.com/10.1007/s10956-015-9581-5>, acesso em 2023-02-07. 7, 8, 30, 45, 50, 70
- [10] Jona, Kemi, Uri Wilensky, Laura Trouille, Michael Horn, Kai Orton, David Weintrop e Elham Beheshti: *Embedding Computational Thinking in Science, Technology, Engineering, and Math (CT-STEM)*. 7
- [11] Grover, Shuchi e Roy Pea: *Computational Thinking in K-12: A Review of the State of the Field*. Educational Researcher, 42(1):38–43, janeiro 2013, ISSN 0013-189X, 1935-102X. <http://journals.sagepub.com/doi/10.3102/0013189X12463051>, acesso em 2023-02-07. 7, 9, 29, 50
- [12] Olabe, Juan Carlos, Xabier Basogain, Miguel Ángel Olabe, Inmaculada Maíz e Carlos Castaño: *Solving math and science problems in the real world with a computational mind*. Journal of New Approaches in Educational Research, 3(2):72–78, julho 2014, ISSN 2254-7339. <http://naerjournal.ua.es/article/view/v3n2-4>, acesso em 2023-04-28. 8
- [13] Balladares Burgos, Jorge Antonio, Mauro Rodrigo Avilés Salvador e Hamilton Omar Pérez Narváez: *Del pensamiento complejo al pensamiento computacional: retos para la educación contemporánea*. Sophía, 2(21):143, outubro 2016, ISSN 1390-8626, 1390-3861. <http://revistas.ups.edu.ec/index.php/sophia/article/view/21.2016.06>, acesso em 2023-04-28. 8
- [14] Basogain-Olabe, Xabier, Miguel Ángel Olabe-Basogain e Juan Carlos Olabe-Basogain: *Pensamiento Computacional a través de la Programación: Paradigma de Aprendizaje*. Revista de Educación a Distancia (RED), (46), setembro 2015, ISSN 1578-7680. <http://www.um.es/ead/red/46/Basogain.pdf>, acesso em 2023-04-28. 8
- [15] Valverde-Berrocoso, Jesus, María Rosa Fernández-Sánchez e María C. Garrido-Arroyo: *El pensamiento computacional y las nuevas ecologías del aprendizaje*. Revista de Educación a Distancia (RED), (46), setembro 2015, ISSN 1578-7680. http://www.um.es/ead/red/46/valverde_et_al.pdf, acesso em 2023-04-28. 8
- [16] Zapata-Ros, Miguel: *Pensamiento computacional: Una nueva alfabetización digital*. Revista de Educación a Distancia (RED), setembro 2015. <https://www.um.es/ead/red/46/>, acesso em 2023-04-28. 8, 9
- [17] Yadav, Aman, Hai Hong e Chris Stephenson: *Computational Thinking for All: Pedagogical Approaches to Embedding 21st Century Problem Solving in K-12 Classrooms*. TechTrends, 60(6):565–568, novembro 2016, ISSN 8756-3894, 1559-7075. <http://link.springer.com/10.1007/s11528-016-0087-7>, acesso em 2023-04-28. 9
- [18] Yadav, Aman, Chris Mayfield, Ninger Zhou, Susanne Hambrusch e John T. Korb: *Computational Thinking in Elementary and Secondary Teacher Education*. ACM Transactions on Computing Education, 14(1):1–16, março 2014, ISSN 1946-6226. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2576872>, acesso em 2023-02-07. 9, 46, 51, 108

- [19] Broadus, R. N.: *Toward a definition of “bibliometrics”*. *Scientometrics*, 12(5-6):373–379, novembro 1987, ISSN 0138-9130, 1588-2861. <http://link.springer.com/10.1007/BF02016680>, acesso em 2023-03-20. 10
- [20] Aria, Massimo e Corrado Cuccurullo: *bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis*. *Journal of Informetrics*, 11(4):959–975, novembro 2017, ISSN 1751-1577. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751157717300500>, acesso em 2023-02-23. 10, 11, 16
- [21] Zupic, Ivan e Tomaž Čater: *Bibliometric methods in management and organization*. *Organizational Research Methods*, 18(3):429–472, 2015. <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>. 11
- [22] Waltman, Ludo: *A review of the literature on citation impact indicators*. *Journal of Informetrics*, 10(2):365–391, 2016, ISSN 1751-1577. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751157715300900>. 11
- [23] Piazza, Annalisa e Santiago Mengual-Andrés: *Computational thinking and coding in primary education: scientific productivity on SCOPUS*. *Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación*, (59):147–182, 2020, ISSN 11338482, 21717966. <https://institucional.us.es/revistas/PixelBit/2020/79769.pdf>, acesso em 2022-12-30. 14
- [24] Tekdal, Mehmet: *Trends and development in research on computational thinking*. *Education and Information Technologies*, 26(5):6499–6529, setembro 2021, ISSN 1360-2357, 1573-7608. <https://link.springer.com/10.1007/s10639-021-10617-w>, acesso em 2022-12-30. 14
- [25] Ozyurt, Ozcan e Hacer Ozyurt: *A large-scale study based on topic modeling to determine the research interests and trends on computational thinking*. *Education and Information Technologies*, setembro 2022, ISSN 1360-2357, 1573-7608. <https://link.springer.com/10.1007/s10639-022-11325-9>, acesso em 2022-12-30. 15
- [26] Saqr, Mohammed, Kwok Ng, Solomon Sunday Oyelere e Matti Tedre: *People, Ideas, Milestones: A Scientometric Study of Computational Thinking*. *ACM Transactions on Computing Education*, 21(3):1–17, março 2021, ISSN 1946-6226. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3445984>, acesso em 2022-12-30. 15
- [27] Lye, Sze Yee e Joyce Hwee Ling Koh: *Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12?* *Computers in Human Behavior*, 41:51–61, dezembro 2014, ISSN 07475632. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0747563214004634>, acesso em 2023-02-07. 30, 50
- [28] Shute, Valerie J., Chen Sun e Jodi Asbell-Clarke: *Demystifying computational thinking*. *Educational Research Review*, 22:142–158, novembro 2017, ISSN 1747938X. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1747938X17300350>, acesso em 2023-02-07. 30, 50

- [29] Bers, Marina Umaschi, Louise Flannery, Elizabeth R. Kazakoff e Amanda Sullivan: *Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum*. Computers & Education, 72:145–157, março 2014, ISSN 03601315. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360131513003059>, acesso em 2023-02-07. 30, 45, 50, 70, 108
- [30] Wing, Jeannette M: *Computational thinking and thinking about computing*. Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 366(1881):3717–3725, outubro 2008, ISSN 1364-503X, 1471-2962. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.2008.0118>, acesso em 2023-02-07. 31, 45, 50, 70, 108
- [31] Román-González, Marcos, Juan Carlos Pérez-González e Carmen Jiménez-Fernández: *Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test*. Computers in Human Behavior, 72:678–691, julho 2017, ISSN 07475632. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0747563216306185>, acesso em 2023-02-07. 45, 50, 69
- [32] Atmatzidou, Soumela e Stavros Demetriadis: *Advancing students’ computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences*. Robotics and Autonomous Systems, 75:661–670, janeiro 2016, ISSN 09218890. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921889015002420>, acesso em 2023-02-07. 46, 51
- [33] Chen, Guanhua, Ji Shen, Lauren Barth-Cohen, Shiyan Jiang, Xiaoting Huang e Moataz Eltoukhy: *Assessing elementary students’ computational thinking in everyday reasoning and robotics programming*. Computers & Education, 109:162–175, junho 2017, ISSN 03601315. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360131517300490>, acesso em 2023-02-07. 46, 51
- [34] Korkmaz, Özgen, Recep Çakir e M. Yaşar Özden: *A validity and reliability study of the computational thinking scales (CTS)*. Computers in Human Behavior, 72:558–569, julho 2017, ISSN 07475632. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0747563217300055>, acesso em 2023-02-07. 46, 51
- [35] Sáez-López, José Manuel, Marcos Román-González e Esteban Vázquez-Cano: *Visual programming languages integrated across the curriculum in elementary school: A two year case study using “Scratch” in five schools*. Computers & Education, 97:129–141, junho 2016, ISSN 03601315. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360131516300549>, acesso em 2023-02-07. 46, 52
- [36] Israel, Maya, Jamie N. Pearson, Tanya Tapia, Quentin M. Wherfel e George Reese: *Supporting all learners in school-wide computational thinking: A cross-case qualitative analysis*. Computers & Education, 82:263–279, março 2015, ISSN 03601315. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360131514002759>, acesso em 2023-04-29. 46
- [37] Durak, Hatice Yildiz e Mustafa Saritepeci: *Analysis of the relation between computational thinking skills and various variables with the structural equation model*.

- Computers & Education, 116:191–202, janeiro 2018, ISSN 03601315. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360131517302087>, acesso em 2023-03-31. 46, 108
- [38] Angeli, Charoula e Nicos Valanides: *Developing young children’s computational thinking with educational robotics: An interaction effect between gender and scaffolding strategy*. Computers in Human Behavior, 105:105954, abril 2020, ISSN 07475632. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0747563219301104>, acesso em 2023-03-31. 46, 108
- [39] Kalelioğlu, Filiz: *A new way of teaching programming skills to K-12 students: Code.org*. Computers in Human Behavior, 52:200–210, novembro 2015, ISSN 07475632. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0747563215004288>, acesso em 2023-04-29. 47
- [40] Yadav, Aman, Chris Stephenson e Hai Hong: *Computational thinking for teacher education*. Communications of the ACM, 60(4):55–62, março 2017, ISSN 0001-0782, 1557-7317. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2994591>, acesso em 2023-04-29. 47
- [41] Kong, Siu Cheung, Ming Ming Chiu e Ming Lai: *A study of primary school students’ interest, collaboration attitude, and programming empowerment in computational thinking education*. Computers & Education, 127:178–189, dezembro 2018, ISSN 03601315. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360131518302367>, acesso em 2023-03-31. 47, 108
- [42] García-Peñalvo, Francisco José e Antònio José Mendes: *Exploring the computational thinking effects in pre-university education*. Computers in Human Behavior, 80:407–411, março 2018, ISSN 07475632. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0747563217306854>, acesso em 2023-03-31. 47, 108
- [43] Leonard, Jacqueline, Alan Buss, Ruben Gamboa, Monica Mitchell, Olatokunbo S. Fashola, Tarcia Hubert e Sultan Almughyirah: *Using Robotics and Game Design to Enhance Children’s Self-Efficacy, STEM Attitudes, and Computational Thinking Skills*. Journal of Science Education and Technology, 25(6):860–876, dezembro 2016, ISSN 1059-0145, 1573-1839. <http://link.springer.com/10.1007/s10956-016-9628-2>, acesso em 2023-04-29. 47
- [44] Olmo-Muñoz, Javier del, Ramón Cózar-Gutiérrez e José Antonio González-Calero: *Computational thinking through unplugged activities in early years of Primary Education*. Computers & Education, 150:103832, junho 2020, ISSN 03601315. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360131520300348>, acesso em 2023-03-31. 47, 108
- [45] Berland, Matthew e Uri Wilensky: *Comparing Virtual and Physical Robotics Environments for Supporting Complex Systems and Computational Thinking*. Journal of Science Education and Technology, 24(5):628–647, outubro 2015, ISSN 1059-0145, 1573-1839. <http://link.springer.com/10.1007/s10956-015-9552-x>, acesso em 2023-04-29. 47

- [46] Nouri, Jalal, Lechen Zhang, Linda Mannila e Eva Norén: *Development of computational thinking, digital competence and 21st century skills when learning programming in K-9*. Education Inquiry, 11(1):1–17, janeiro 2020, ISSN 2000-4508. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/20004508.2019.1627844>, acesso em 2023-03-31. 47, 108
- [47] Jaipal-Jamani, Kamini e Charoula Angeli: *Effect of Robotics on Elementary Preservice Teachers' Self-Efficacy, Science Learning, and Computational Thinking*. Journal of Science Education and Technology, 26(2):175–192, abril 2017, ISSN 1059-0145, 1573-1839. <http://link.springer.com/10.1007/s10956-016-9663-z>, acesso em 2023-04-29. 48
- [48] Bers, Marina U., Carina González-González e M^a Belén Armas-Torres: *Coding as a playground: Promoting positive learning experiences in childhood classrooms*. Computers & Education, 138:130–145, setembro 2019, ISSN 03601315. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360131519300995>, acesso em 2023-04-21. 48, 70
- [49] Falloon, G.: *An analysis of young students' thinking when completing basic coding tasks using Scratch Jnr. On the iPad: General thinking and computational work*. Journal of Computer Assisted Learning, 32(6):576–593, dezembro 2016, ISSN 02664909. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jcal.12155>, acesso em 2023-04-29. 48
- [50] Zhong, Baichang, Qiyun Wang, Jie Chen e Yi Li: *An Exploration of Three-Dimensional Integrated Assessment for Computational Thinking*. Journal of Educational Computing Research, 53(4):562–590, janeiro 2016, ISSN 0735-6331, 1541-4140. <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0735633115608444>, acesso em 2023-04-29. 48
- [51] Hsu, Ting Chia, Shao Chen Chang e Yu Ting Hung: *How to learn and how to teach computational thinking: Suggestions based on a review of the literature*. Computers & Education, 126:296–310, novembro 2018, ISSN 03601315. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360131518301799>, acesso em 2023-02-07. 50
- [52] Lee, Irene, Fred Martin, Jill Denner, Bob Coulter, Walter Allan, Jeri Erickson, Joyce Malyn-Smith e Linda Werner: *Computational thinking for youth in practice*. ACM Inroads, 2(1):32–37, fevereiro 2011, ISSN 2153-2184, 2153-2192. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1929887.1929902>, acesso em 2023-02-07. 51
- [53] Tang, Xiaodan, Yue Yin, Qiao Lin, Roxana Hadad e Xiaoming Zhai: *Assessing computational thinking: A systematic review of empirical studies*. Computers & Education, 148:103798, abril 2020, ISSN 03601315. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360131519303483>, acesso em 2023-02-07. 51
- [54] Sengupta, Pratim, John S. Kinnebrew, Satabdi Basu, Gautam Biswas e Douglas Clark: *Integrating computational thinking with K-12 science education using agent-based computation: A theoretical framework*. Education and Information Technologies, 18(2):351–380, junho 2013, ISSN 1360-2357, 1573-7608. <http://link.springer.com/10.1007/s10639-012-9240-x>, acesso em 2023-02-07. 51

- [55] Aho, A. V.: *Computation and Computational Thinking*. The Computer Journal, 55(7):832–835, julho 2012, ISSN 0010-4620, 1460-2067. <https://academic.oup.com/comjnl/article-lookup/doi/10.1093/comjnl/bxs074>, acesso em 2023-02-07. 52
- [56] Marx, Werner, Lutz Bornmann, Andreas Barth e Loet Leydesdorff: *Detecting the historical roots of research fields by reference publication year spectroscopy (rpys)*. Journal of the Association for Information Science and Technology, 65(4):751–764, 2014. <https://asistdl.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/asi.23089>. 52
- [57] Bornmann, Lutz e Werner Marx: *The proposal of a broadening of perspective in evaluative bibliometrics by complementing the times cited with a cited reference analysis*. Journal of Informetrics, 7:84–88, janeiro 2013. 52
- [58] Chomsky, N.: *Three models for the description of language*. IRE Transactions on Information Theory, 2(3):113–124, 1956. 54
- [59] Román-González, Marcos, Juan Carlos Pérez-González, Jesús Moreno-León e Gregorio Robles: *Extending the nomological network of computational thinking with non-cognitive factors*. Computers in Human Behavior, 80:441–459, março 2018, ISSN 07475632. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0747563217305563>, acesso em 2023-04-21. 70
- [60] Bers, Marina Umaschi: *Coding as another language: a pedagogical approach for teaching computer science in early childhood*. Journal of Computers in Education, 6(4):499–528, dezembro 2019, ISSN 2197-9987, 2197-9995. <http://link.springer.com/10.1007/s40692-019-00147-3>, acesso em 2023-04-21. 70
- [61] Weintrop, David, Merijke Coenraad, Jen Palmer e Diana Franklin: *The Teacher Accessibility, Equity, and Content (TEC) Rubric for Evaluating Computing Curricula*. ACM Transactions on Computing Education, 20(1):1–30, março 2020, ISSN 1946-6226. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3371155>, acesso em 2023-04-21. 70
- [62] Callon, M., J. P. Courtial e F. Laville: *Co-word analysis as a tool for describing the network of interactions between basic and technological research: The case of polymer chemistry*. Scientometrics, 22(1):155–205, setembro 1991, ISSN 0138-9130, 1588-2861. <http://link.springer.com/10.1007/BF02019280>, acesso em 2023-03-14. 94
- [63] Tonbuluğlu, Betül e İsmail Tonbuluğlu: *The Effect of Unplugged Coding Activities on Computational Thinking Skills of Middle School Students*. Informatics in Education, 18(2):403–426, outubro 2019, ISSN 1648-5831, 2335-8971. <https://infedu.vu.lt/doi/10.15388/infedu.2019.19>, acesso em 2023-03-17. 103
- [64] Saritepeci, Mustafa: *Developing Computational Thinking Skills of High School Students: Design-Based Learning Activities and Programming Tasks*. The Asia-Pacific Education Researcher, 29(1):35–54, fevereiro 2020, ISSN 2243-7908. <https://doi.org/10.1007/s40299-019-00480-2>, acesso em 2023-03-17. 103

- [65] Ari, Fatih, Ismahan Arslan-Ari e Lucas Vasconcelos: *Early Childhood Preservice Teachers' Perceptions of Computer Science, Gender Stereotypes, and Coding in Early Childhood Education*. TechTrends, 66(3):539–546, maio 2022, ISSN 1559-7075. <https://doi.org/10.1007/s11528-022-00725-w>, acesso em 2023-03-17. 103
- [66] Lee, Min Hsien, Chung Yuan Hsu e Chun Yen Chang: *Identifying Taiwanese Teachers' Perceived Self-efficacy for Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Knowledge*. The Asia-Pacific Education Researcher, 28(1):15–23, fevereiro 2019, ISSN 0119-5646, 2243-7908. <http://link.springer.com/10.1007/s40299-018-0401-6>, acesso em 2023-03-17. 103
- [67] Lee, Irene e Joyce Malyn-Smith: *Computational Thinking Integration Patterns Along the Framework Defining Computational Thinking from a Disciplinary Perspective*. Journal of Science Education and Technology, 29(1):9–18, fevereiro 2020, ISSN 1573-1839. <https://doi.org/10.1007/s10956-019-09802-x>, acesso em 2023-03-17. 103
- [68] Jiang, Bo e Zhixuan Li: *Effect of Scratch on computational thinking skills of Chinese primary school students*. Journal of Computers in Education, 8(4):505–525, dezembro 2021, ISSN 2197-9987, 2197-9995. <https://link.springer.com/10.1007/s40692-021-00190-z>, acesso em 2023-03-17. 103
- [69] Zhao, Li, Xiaohong Liu, Chenhui Wang e Yu Sheng Su: *Effect of different mind mapping approaches on primary school students' computational thinking skills during visual programming learning*. Computers & Education, 181:104445, maio 2022, ISSN 0360-1315. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131522000161>, acesso em 2023-03-16. 103
- [70] Lin, Chiu Pin, Su Jian Yang, Kuen Yueh Lin, Chee Kit Looi e Yen Hua Chen: *Explorations of two approaches to learning CT in a game environment for elementary school students*. Journal of Computers in Education, 9(2):261–290, junho 2022, ISSN 2197-9995. <https://doi.org/10.1007/s40692-021-00203-x>, acesso em 2023-03-17. 103
- [71] Hijon-Neira, Raquel, Diana Perez-Marin, Celeste Pizarro e Cornelia Connolly: *The Effects of a Visual Execution Environment and Makey Makey on Primary School Children Learning Introductory Programming Concepts*. IEEE Access, 8:217800–217815, 2020, ISSN 2169-3536. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9274297/>, acesso em 2023-03-17. 103
- [72] Shim, Jaekwoun, Daiyoung Kwon e Wongyu Lee: *The Effects of a Robot Game Environment on Computer Programming Education for Elementary School Students*. IEEE Transactions on Education, 60(2):164–172, maio 2017, ISSN 0018-9359, 1557-9638. <http://ieeexplore.ieee.org/document/7742384/>, acesso em 2023-03-17. 103
- [73] Gödel, Kurt: *Die Vollständigkeit der Axiome des logischen Funktionenkalküls*. Monatshefte für Mathematik und Physik, 37(1):349–360, dezembro 1930, ISSN 1436-5081. <https://doi.org/10.1007/BF01696781>. 116

- [74] Church, Alonzo: *An unsolvable problem of elementary number theory*. Volume 58, páginas 345–363, 1936. <http://links.jstor.org/sici?sici=0002-9327%28193604%2958%3A2%3C345%3AAUPOEN%3E2.0.CO%3B2-1>. 116
- [75] Turing, Alan M.: *On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem*. Proceedings of the London Mathematical Society, 2(42):230–265, 1936. <http://www.cs.helsinki.fi/u/gionis/cc05/OnComputableNumbers.pdf>. 116