

A resolução de problemas como metodologia de ensino de matemática na educação básica: uma
revisão sistemática de literatura

*Problem solving as a methodology for teaching mathematics in basic education: a systematic
literature review*

Patrícia Garcia Souza Padovani¹
Elton Cesar Silva Morais²
Júlio Cesar Ferreira³
Mayara Lustosa de Oliveira Barbosa⁴

RESUMO

A resolução de problemas segundo Polya passou a ter visibilidade a partir de 1945. No entanto, a variedade de conceitos e a redução do impacto das pesquisas na área no currículo da matemática tem gerado dificuldade na sua utilização na prática do processo de ensino da matemática. Este estudo sistematicamente revisou como é abordada a resolução de problemas no ensino da matemática na educação básica. Foram detalhadamente revisados 16 artigos sobre a temática, levando em consideração aspectos como (a) uso de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) associado às propostas de ensino com perspectiva da resolução de problemas; (b) comparação entre propostas de ensino tradicionais e propostas de ensino baseadas na estratégia de resolver problemas; (c) comparação entre propostas de ensino tradicionais com propostas de ensino baseadas na resolução de problemas como metodologia de ensino; e (d) resolução de problemas como abordagem metodológica e suas implicações para o processo ensino-aprendizagem. Os resultados apontam que (a) as TDICs favorecem práticas educativas colaborativas; (b) o ensino baseado em resolução de problemas pode ser uma alternativa para o processo ensino-aprendizagem de matemática; (c) jogos computacionais e uso de sistemas são favoráveis para resolução de problemas e (d) o ensino da matemática através da resolução de problemas pode propiciar experiências educativas que transcendem o ensino da matemática, promovendo discussão, reflexão, questionamentos, diálogos, cooperação, colaboração, produção escrita e engajamento. Além disso, os resultados indicam que 62,5% dos trabalhos selecionados fazem uso da metodologia quase-experimental e apontam para poucos (16 trabalhos em 10 anos) estudos que tratam resolução de problemas como alternativa metodológica para o ensino de matemática.

Palavras-chave: *Ensino tradicional; Resolução de problemas; Ensino de matemática.*

ABSTRACT

Problem solving, according to Polya, became visible in 1945. However, the variety of concepts and the reduction in the impact of research in the mathematics curriculum area has created difficulties in its use in the practice of the mathematics teaching process. This study systematically reviewed how problem solving in mathematics teaching in elementary and secondary (K-12) education is approached. 16 articles on the subject were reviewed in detail, taking into account aspects such as (a) use of Digital Information Communication and Technology (DICT) associated with teaching proposals with a problem-solving perspective; (b) comparison between traditional teaching proposals and teaching proposals based on the problem-solving strategy; (c) comparison between traditional teaching proposals with teaching proposals based on problem solving as a teaching

¹ Docente na Rede Estadual de Ensino de Goiás. E-mail: patriciagarciapadovani@gmail.com

² Discente do Programa de Pós-Graduação em Educação Profissional Tecnológica (ProfEPT/IF Goiano). E-mail: elton.morais@estudante.ifgoiano.edu.br

³ Docente do Programa de Pós-Graduação em Educação Profissional Tecnológica (ProfEPT/IF Goiano). E-mail: julio.ferreira@ifgoiano.edu.br

⁴ Docente do Programa de Mestrado Profissional em Ensino para Educação Básica (IF Goiano). E-mail: 1230540@etfbsb.edu.br

methodology; and (d) problem solving as a methodology approach and its implications for the teaching-learning process. The results show that (a) DICTs favor collaborative educational practices; (b) teaching based on problem solving can be an alternative to the teaching-learning process of mathematics; (c) computer games and the use of systems are favorable for problem solving and (d) the teaching of mathematics through problem solving can provide educational experiences that transcend the teaching of mathematics, promoting discussion, reflection, questioning, dialogue, cooperation, collaboration, written production and engagement. Furthermore, the results indicate that 62.5% of the selected works make use of the quasi-experimental methodology and point to few (16 works in 10 years) studies that deal with problem solving as a methodological alternative for teaching mathematics.

Keywords: *Traditional education; Problem solving; Mathematics teaching.*

1. Introdução

O ensino da matemática, ao longo do século XX, transitou por muitos movimentos e mudanças. Essas mudanças, essencialmente, dizem respeito às concepções e às técnicas de ensino, e nesse contexto diversas dificuldades para ensinar e aprender matemática se fazem presentes e impulsionam muitos pesquisadores a não medir esforços na busca por diferentes formas de ensinar e aprender matemática de maneira mais eficiente (ALLEVATO; ONUCHIC, 2005). A pesquisa sobre resolução de problemas, de acordo com (ALLEVATO; ONUCHIC, 2011), ganhou destaque e passou a ter visibilidade a partir da obra “How to Solve It” de George Polya em 1945 e desde então muitos pesquisadores se debruçam sobre o tema. No entanto, investigações sistemáticas sobre a resolução de problemas como meio de aprender matemática e suas implicações curriculares emergiram nos Estados Unidos e consequentemente em outros países apenas no final da década de 70.

Para Stanic e Kilpatrick (1989, p. 1), “os problemas ocuparam um lugar central nos currículos desde a antiguidade, mas a resolução de problemas não”. Nas palavras dos autores três temas gerais descrevem o papel da resolução de problemas nos currículos de matemática das escolas: (1) como contexto em que os problemas e a resolução de problemas são recursos para alcançar os objetivos pretendidos; (2) como uma habilidade que deve ser ensinada para que os alunos possam aprender a resolver problemas utilizando fórmulas e regras e (3) como arte, está vinculada à proposta de Polya em que a heurística era vista como a arte da descoberta.

As perspectivas para a pesquisa em resolução de problemas e o desenvolvimento curricular evidenciam a complexidade do domínio e dificuldade em colocar na prática os resultados das investigações desde a década de 60 (ENGLISH; LESH; FENNEWALD, 2008). Os autores também afirmam que o impacto da pesquisa em resolução de problemas no currículo da matemática tem sido limitado ao longo desses últimos cinquenta anos, além disso, nas últimas décadas a quantidade de pesquisas em resolução de problemas vem diminuindo consideravelmente devido a fatores como: (a) tendências cíclicas de desenvolvimento na política e nas práticas educacionais; (b) limitada pesquisa sobre desenvolvimento de conceitos e de resolução de problemas; (c) conhecimento insuficiente, em resolução de problemas, dos estudantes fora da sala de aula; (d) a natureza mutável dos tipos de

resolução de problema; (e) pensamento matemático necessário para fora da escola; e (f) a falta de acúmulo de pesquisa em resolução de problemas.

Esse artigo, trata-se de uma revisão sistemática de literatura. Segundo (HERNÁNDEZ-TORRANO; SOMERTON; HELMER, 2020), as revisões sistemáticas da literatura são abordagens valiosas para o mapeamento de campo de pesquisa e particularmente úteis para explorar abordagens metodológicas e principais resultados de estudos anteriores. Isso porque o método prevê a busca, seleção e extração de dados de artigos, com posterior análise e combinação de resultados destes estudos, utilizando-se técnicas de metassíntese ou análise de conteúdo, para posterior publicação dos resultados (GALVÃO; PEREIRA, 2014). Em nosso caso será utilizada a análise de conteúdo (BARDIN, 2011), por meio da qual foi possível alcançar as respostas para nossas questões de pesquisa.

Dessa forma, com base nas questões pontuadas, esta pesquisa pretende realizar uma revisão sistemática de literatura sobre o conhecimento científico produzido em relação às experiências práticas com a metodologia da resolução de problemas e suas implicações na aprendizagem dos estudantes da educação básica. Para tanto, como fonte de metadados serão utilizadas as bases com artigos científicos publicados nos últimos dez anos, em periódicos revisados por pares com a seguinte pergunta de pesquisa: como a resolução de problemas como metodologia de ensino é aplicada no ensino de matemática?

Sendo assim, a Seção 2 apresenta os procedimentos metodológicos. Nos procedimentos metodológicos estão as etapas utilizadas para Revisão Sistemática de Literatura, tais como: protocolo de pesquisa, bases utilizadas, critérios de inclusão e exclusão, e análise do conteúdo. A Seção 3 traz os resultados e discussão, observando a estruturação de análise de conteúdo de (BARDIN, 2011), e por fim, a Seção 4 apresenta as considerações finais, apontando as possíveis contribuições desta pesquisa.

2. Metodologia

Nesta etapa, foi realizada a Revisão Sistemática de Literatura, utilizando o protocolo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* na base *Web of Science*. Em seguida, foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão, e por fim, as etapas da análise dos conteúdos.

2.1 Etapas da Revisão Sistemática de Literatura e Critérios de Inclusão e Exclusão da Pesquisa

A Revisão Sistemática de Literatura (RSL) conforme aponta (PEREIRA, 2011), é uma investigação científica com alto rigor metodológico, caracterizada pela imparcialidade do autor da revisão no trato com assunto, guiada por critérios confiáveis e previamente estabelecidos. De forma

simplificada pode ser desenvolvida de acordo com as seguintes etapas: 1) formulação do problema e objetivo da pesquisa; 2) coleta de dados; 3) análise dos dados; 4) interpretação e divulgação. Para (GALVÃO; PEREIRA, 2014) a revisão sistemática deve apresentar uma questão de pesquisa bem definida, a qual vise identificar, selecionar, avaliar e sintetizar as evidências relevantes disponíveis sobre determinado assunto.

Para a realização desta RSL, optamos pela utilização das recomendações do protocolo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* – PRISMA. O protocolo é constituído de um checklist com 27 itens com o propósito de auxiliar os autores na construção do relato de suas revisões sistemáticas e meta-análises (MOHER et al., 2015). Sendo assim, o primeiro passo para a estruturação da RSL foi a definição da base para seleção das publicações. A *Web of Science* (WoS) foi escolhida, por ser uma base com acesso a vários bancos de dados, dispondo de informações sobre publicações de diversos periódicos, com diferentes abordagens e nos mais variados campos do conhecimento (STREHL; SANTOS, 2002). O acesso a WoS foi realizado através do Portal de Periódicos da Capes, por meio de assinatura junto aos órgãos competentes, permitindo acesso à sua coleção principal, com referências nacionais e internacionais em todas as áreas do conhecimento.

A base também foi escolhida pois possui uma medida internacionalmente aceita com relação aos métodos de avaliação de periódicos, utilizando como critério o cumprimento dos padrões editoriais e o alto impacto científico, além de possuir amplitude relevante de cobertura (RAFOLS et al., 2016; RIBEIRO et al., 2007; TESTA, 2009). Embora existam outras bases que também se enquadrem na proposta, tal como a base Scopus, na base WoS existe a filtragem por categorias⁵, relacionadas à educação, também por esse motivo a base foi selecionada. A seleção dos estudos para comporem a amostra foi realizada a partir da definição dos seguintes critérios de inclusão: (a) apenas artigos que estivessem inseridos nas seguintes categorias da WoS: “*Education Educational Research*” e “*Mathematics*”; (b) artigos publicados no período de 2009 a 2018; (c) estudos que apresentam os descritores resolução de problemas e matemática no título; (d) estudos que sinalizam a resolução de problemas como uma metodologia de ensino; e (e) somente pesquisas realizadas com estudantes da educação básica. Foram excluídos da pesquisa: (f) estudos que não sinalizam a resolução de problemas como uma metodologia de ensino; (g) pesquisas que apresentam a resolução de problemas integrada à outras áreas do conhecimento; (h) pesquisas realizadas exclusivamente com estudantes com dificuldades de aprendizagem; (i) estudos realizados com docentes.

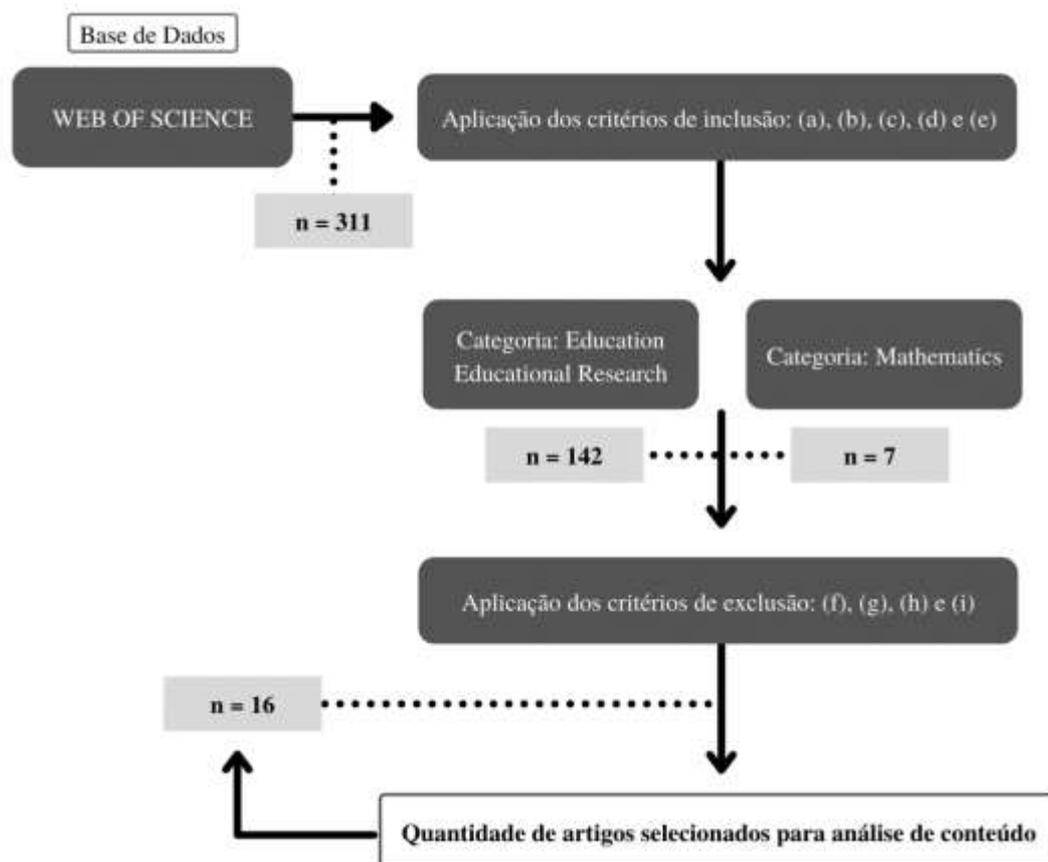
A pesquisa realizada WoS foi do tipo avançada, utilizando os seguintes descritores: “matemática” e “resolução de problemas”. Por ser uma base internacional, as buscas são feitas em

⁵ As categorias da WoS utilizadas como ferramenta de filtro não são as mesmas categorias utilizadas na análise dos resultados apresentados na Tabela 1.

inglês, portanto os descritores ficaram respectivamente *mathematic* e *problem solving*. Além disso, nossa pesquisa buscou por artigos que contivessem os descritores no título, de modo a obter pesquisas mais específicas sobre o assunto. Assim, a fórmula de busca foi estruturada da seguinte forma: $TI = (\textit{mathematic} * \textit{AND} \textit{problem solving})$. A busca foi realizada exclusivamente nos títulos dos artigos, por isso a utilização da sigla “TI”, e o “AND” é um operador lógico que indica que a busca deve conter obrigatoriamente os dois termos do descritor. Foram selecionando apenas: 1) artigos científicos, excluindo editoriais, cartas, capítulos de livros e outras produções similares; 2) publicações em inglês; e 3) pesquisas realizadas entre 2009 e 2018, a fim de encontrar evidências atuais do uso da resolução de problemas como alternativa metodológica para o ensino da matemática.

Inicialmente, foi realizada uma busca estruturada preliminar da literatura. A partir dessa busca inicial verificamos que os estudos científicos referentes à resolução de problemas eram predominantemente quase-experimentais, com distintos objetivos e metodologias. A busca resultou em 311 resultados, e após a aplicação dos critérios de inclusão (a), (b) e (c) restaram 149 estudos. A partir dos resultados encontrados, realizamos a leitura dos resumos e, quando necessário, do texto integral, para a exclusão dos artigos que não atendiam aos critérios de inclusão (d) e (e), assim como também dos critérios de exclusão (f), (g), (h) e (i), restando assim um quantitativo de 16 artigos analisados, conforme a Figura 1.

Figura 1 - Fluxograma da seleção dos estudos.



Fonte: Elaborado pelos autores (2021)

Após a leitura na íntegra dos 16 artigos, realizamos o fichamento de cada trabalho. No fichamento foram destacados: título, autor, palavras-chave, ano de publicação, objetivos, metodologia e os resultados encontrados na pesquisa. Para a análise aplicamos a técnica de análise de conteúdo (BARDIN, 2011), de modo a apresentar, por meio da estruturação de categorias, as principais formas pelas quais a temática da resolução de problemas está sendo apresentada no ensino de matemática. Ressalta-se que o processo sugerido por Bardin não apresenta um esquema rígido de utilização, permitindo ao pesquisador certa flexibilidade no desenvolvimento das etapas, desde que permaneça o compromisso de imprimir nitidez ao processo desde a seleção até a categorização e interpretação dos dados (CÂMARA, 2013). Assim, mantivemos a etapas de pré-análise, exploração e interpretação, as quais serão descritas a seguir.

2.2 Etapas da Análise de Conteúdo

A seleção dos artigos, descrita anteriormente, faz parte da pré-análise, a primeira etapa do processo. Isso porque para constituir o corpus da amostra foi empregada a exaustividade,

representatividade e homogeneidade, tendo em vista que os artigos foram selecionados a partir de uma base de dados com aproximadamente 9000 periódicos nacionais e internacionais, utilizando descritores em inglês. Essa análise inicial foi feita por meio de uma leitura dos resumos das publicações de modo a verificar a importância da inclusão destes no corpus da pesquisa. Seguindo a regra da pertinência (BARDIN, 2011), foram excluídos artigos que não possuíam relação direta com a temática.

Na fase de exploração, fez-se a leitura, o fichamento e a tabulação dos artigos selecionados, registrando título, os objetivos, métodos, principais resultados e conclusões. As tabelas foram construídas de modo a facilitar a agregação dos trabalhos em função de características em comum, para a construção das categorias (BARDIN, 2011). Seguindo as opções propostas por (BARDIN, 2011) para classificação, optou-se pelo critério semântico, comum nessa estrutura de trabalho, visto que o interesse é analisar e agrupar os artigos de acordo com o tema e a forma pela qual o método está sendo apresentado. Por fim, estabeleceu-se categorias a posteriori, as quais serão apresentadas nos resultados. Vale ressaltar que as categorias foram estruturadas de modo individual e validadas e revisadas de forma cruzada pelos pesquisadores. Por fim, a última fase da análise de conteúdo trata-se do tratamento e interpretação dos resultados (BARDIN, 2011). Nessa etapa foi realizada a condensação e o destaque das informações de cada uma das categorias, ressaltando aspectos convergentes ou inovadores apresentados nos textos analisados.

3. Resultados e Discussões

Após análise dos artigos incluídos na amostra, observamos que a resolução de problemas é apresentada em diferentes perspectivas práticas e diferentes demarcações teóricas. Nos quadros 1 e 2 são apresentados os artigos excluídos conforme critérios de exclusão definidos para a pesquisa. Os artigos referentes à categoria “*Education Educational Research*” estão identificados com a letra “A” e os artigos encontrados na categoria “*Mathematics*” estão representados pela letra “a” seguida de um índice numérico que representa a ordem em que se encontram na base. Os artigos excluídos que abordam a resolução de problemas como uma atividade/habilidade operativa são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Artigos excluídos pelo critério (f): Estudos que não sinalizam a resolução de problemas como uma metodologia de ensino

Artigos Excluídos	Enfoque
A1, A4, A17, A35, A42, A67, A68, A86, A94, A95,	Estratégias de solução de problemas, representações, visualização, abstrações, generalizações, ilustrações usadas em atividades de resolução de problemas.

A101, A106, A110, A116, A122, A126, A139	
A5, A136	Interações e emoções vivenciadas durante competições e atividades de resolução de problemas.
A12, A34, A82	Tipos e efeitos de feedback em atividades de resolução de problemas.
A3, A5, A11, A13, A14, A19, A21, A29, A30, A32, A39, A40, A45, A49, A50, A52, A56, A57, A59, A60, A62, A66, A71, A72, A74, A75, A80, A81, A88 A89, A97, A102, A103, A107, A111 A117, A119, A129, A138	Relação entre o desenvolvimento de habilidades em matemática e a atividade de resolução de problemas.
A16, A135	Crenças dos estudantes sobre atividade de resolução de problemas.
A2, A20, A33, A58, A90, A100, A121	Relação entre aprendizagem colaborativa, conversa colaborativa e metacognição durante atividade de resolução de problemas.

Nota: Quantidade de artigos excluídos (n = 70)

No Quadro 2 os artigos foram excluídos devido aos seguintes motivos: apenas analisam algumas abordagens da resolução de problemas em livros didáticos, abordam a resolução de problemas matemáticos integrados à outras áreas do conhecimento, os participantes não são estudantes da educação básica, e por fim, os estudos são exclusivamente com participantes que apresentam dificuldades de aprendizagem.

Quadro 2 - Artigos excluídos pelo critério (f), (g), (h) e (i)

Artigos Excluídos	Enfoque
A1, A8, A28, A53, A78	(f): Abordagens da resolução de problemas em livros didáticos.
A2, A7, A27, A41, A47, A61, A63, A64, A65, A84, A92, A96, A104, A105, A108, A127, A132	(g): Resolução de problemas matemáticos integrados à outras áreas do conhecimento.
A6, A7, A9, A15, A18, A22, A23, A26, A36, A43, A44, A54, A55, A73, A76, A79, A83, A85, A91, A93, A99, A109, A112, a113, A114, A134, A137, A140, A142	(i): Participantes não são estudantes da Educação Básica.

A25, A51, A69, A70, A118, A123, A124, A131	(h): Estudantes com dificuldades de aprendizagem.
A4, A31	Estudos secundários
A6, A130	Não encontrados

Nota: Quantidade de artigos excluídos (n = 63)

Embora a busca tenha incluído um recorte temporal de dez anos, a fim de trazer um apanhado mais recente desta abordagem, observamos uma quantidade pequena de estudos que tratam a resolução de problemas como uma alternativa metodológica para o ensino da matemática ou uma concepção próxima a esse entendimento. No Quadro 3, estão organizados os estudos analisados, com destaque aos autores, ano, título, palavras-chave, objetivo e os principais resultados da pesquisa. E por fim, em seguida, são apresentadas as características gerais e as categorias dos estudos.

Quadro 3 - Características dos estudos selecionados para metassíntese

Artigo	Título	Referência	Palavras-chave	Objetivo	Conclusões/ Resultados
A3	An empirical investigation into student's mathematical word-based problem-solving process: A computerized approach	Chadli et al. (2018)	Addition and subtraction word problem resolution; computer-assisted learning, elementary mathematics education, Polya's strategy; school mathematics assessment	Comparar o desempenho matemático de resolução de problemas e habilidades dos alunos que utilizam o sistema assistido por computador com os alunos que empregavam instruções gerais de estratégia.	Os resultados mostraram que houve diferença significativa entre os grupos experimental e controle, favorecendo o grupo experimental
A10	Effects of Handep Cooperative Learning Based on Indigenous Knowledge on Mathematical Problem Solving Skill	Demitra e Sarjoko (2018)	Handep cooperative learning, indigenous knowledge, metacognition Questioning; problem-based learning; problem-solving skill	Investigar o efeito do modelo de aprendizagem cooperativa de <i>handep</i> comparado ao modelo de aprendizagem baseada em problemas na habilidade matemática de resolução de problemas de material expoente racional.	O resultado mostra que a habilidade de resolver problemas matemáticos dos alunos que aprenderam através do modelo de aprendizagem cooperativa manual é melhor do que a aprendizagem baseada em problemas.
A24	The Influence of a Mathematics Problem-Solving Training System on First-Year Middle School Students	Hsiao, HS et al. (2017)	Problem-solving, mathematics learning, remedial instruction	Promover a capacidade dos alunos do ensino médio de resolver problemas matemáticos e melhorar sua compreensão de leitura e o processo de solução de problemas matemáticos através de um sistema de treinamento matemático.	Os alunos que usaram o sistema PSADRI obtiveram maiores desempenhos de aprendizado em matemática e maior capacidade de resolução de problemas em comparação com os alunos que recebeu instrução tradicional.
A37	An Appropriate Prompts System Based on the Polya Method for Mathematical Problem-Solving	Lee, CI. (2017)	Problem Solving, Prompt Applied in Teaching, Learning Achievement, Learning Attitude	Investigar as influências de uma atividade de ensino que incorpore o método de Polya e um mecanismo de alerta apropriado sobre a eficácia da aprendizagem dos alunos.	Os resultados mostraram que: (1) houve diferença significativa entre o grupo experimental e o grupo controle na aprendizagem e eficácia; (2) a maioria dos estudantes do grupo experimental ficou satisfeita com o sistema de alertas proposto.
A38	Experiences Situating Mathematical Problem Solving at the Core of Early Childhood Classrooms	Lopes, Grando e D'Ambrósio (2017)	Problem solving, Mathematics education, Early childhood education, Curriculum	Discutir a importância dos problemas na educação infantil para o desenvolvimento e o envolvimento da criança com a matemática existente na cultura infantil.	A solução de problemas oferece às crianças a oportunidade de levantar conjecturas, discutir possibilidades e tirar conclusões. Além disso, promove o aprendizado cooperativo e a exploração de uma diversidade de ideias.

A46	Writing and mathematical problem solving in Grade 3	Petersen, McAuliffe e Vermeulen (2017)	Não consta	Explorar a relação entre o uso da escrita em matemática e o desenvolvimento de estratégias de resolução de problemas dos alunos e compreensão conceitual.	Os resultados revelaram uma melhoria nas estratégias e explicações usadas pelos alunos na solução de problemas matemáticos comparados com antes da implementação das tarefas de escrita.
A48	Developing problem-solving skills in mathematics: a lesson study	Bradshaw e Hazell (2017)	Lesson study, Mathematics, Problem-solving skills, Video diaries	Explorar usando estudos de aula, as diferenças nas abordagens dos alunos para a solução de problemas.	A condução do estudo da lição proporcionou reflexões quanto: impacto no ensino de resolução de problemas, impacto em nosso ensino cotidiano em geral, impacto em ser um profissional reflexivo e o impacto em nosso envolvimento com os estudos das lições.
A77	Whole-class scaffolding for learning to solve mathematics problems together in a computer-supported environment	Abdu, Schwarz e Mavrikis (2015)	Mathematical problem solving, Learning to learn together, Whole-class scaffolding, Computer supported collaborative learning.	Descrever as práticas dos professores para avaliar sua contribuição para o andaime de toda a turma no contexto de um curso destinado a facilitar o aprendizado para resolver problemas matemáticos em pequenos grupos.	O aprendizado de andaimes para resolver problemas matemáticos juntos em um contexto de toda a classe é viável com tecnologias adequadas.
A87	ICT-supported problem solving and collaborative creative reasoning: Exploring linear functions using dynamic mathematics software	Granberg e Olsson (2015)	Creative reasoning, Problem solving, Collaboration Dynamic software, Linear functions	Investigar como um programa de <i>software</i> dinâmico, o GeoGebra, pode apoiar a colaboração dos alunos e o raciocínio criativo durante a resolução de problemas matemáticos.	Os resultados indicaram que o GeoGebra apoiava a colaboração e o raciocínio criativo, fornecendo aos alunos um espaço de trabalho compartilhado e feedback.
A98	Empowering educationally disadvantaged mathematics students through a strategies-based problem solving approach	Ramnarain (2013)	Problem solving, Problem solving strategies Non-routine problems	Investigar a eficácia de uma abordagem de solução de problemas baseada em estratégias de resolução de problemas.	Análises quantitativas e qualitativas das respostas mostraram como os estudantes do grupo de tratamento haviam internalizado como parte de seu repertório de solução de problemas das estratégias nas quais eles foram explicitamente instruídos.
A115	Embedding game-based problem-solving phase into problem-posing system for mathematics learning	Chang et al. (2011)	Interactive learning environments, Elementary education, Teaching/learning strategies, Applications in subject areas	Investiga os efeitos do sistema de resolução de problemas no desempenho dos alunos	Os resultados revelaram mais fluxos de experiências e maiores habilidades de resolução e de resolução de problemas no grupo experimental.

A120	A further study of productive failure in mathematical problem solving: unpacking the design components	Kapur (2010)	Failure Complex problems, Mathematical problem solving, Persistence Multiple representations	Replica o estudo de 2009.	As descobertas sugerem que os alunos da condição de falha produtiva produziram uma diversidade de representações de problemas e métodos vinculados para resolvê-los, mas acabaram não tendo sucesso em seus esforços, seja em grupo ou individualmente.
A125	Productive failure in mathematical problem solving	Kapur (2009)	Ill-structured problems, Failure in problem solving, Persistence, Classroom-based research, Mathematical problem solving	Projetar um ciclo instrucional de falha produtiva para salas de aula de matemática em uma escola de Cingapura e compará-la com uma palestra convencional e praticar o ciclo de instrução.	As descobertas sugerem que os alunos da condição de falha produtiva produziram uma diversidade de representações de problemas e métodos vinculados para resolvê-los, mas acabaram não tendo sucesso em seus esforços, seja em grupo ou individualmente.
A128	Using computer supported collaborative learning strategies for helping students acquire self-regulated problem-solving skills in mathematics	Lazakidou e Retalis (2009)	Collaborative learning Teaching/learning strategies Elementary education	Investigar a eficácia de uma proposta de instrução baseada em computador.	As conclusões deste estudo defendem que os estudantes podem aumentar suas habilidades de resolução de problemas em um período relativamente curto. Ao mesmo tempo, eles podem melhorar sua abordagem à solução de um determinado problema matemático, realizando sinais significativos de autonomia.
A133	The effects of cooperative learning on preschoolers' mathematics problem-solving ability	Tarim (2009)	Cooperative learning, Preschoolers, Problem solving, Verbal problem	Investigar a eficiência da aprendizagem cooperativa em habilidades de resolução de problemas de matemática verbal dos pré-escolares e apresentar os resultados dos processos relacionados e as perspectivas dos professores sobre a aplicação do programa.	Resultados descobriram que pré-escolares nos grupos experimentais experimentaram melhorias maiores nas suas habilidades de resolução de problemas do que as do grupo controle.
A141	Word Problem-Solving Instruction in Inclusive Third-Grade Mathematics Classrooms	Griffin e Jitendra (2009)	Elementary mathematics instruction, mathematics word problem solving, mixed-ability classrooms, strategy instruction	Examinar a eficácia da instrução estratégica ensinada por educadores em geral em salas de aula com habilidades mistas.	As condições do SBI e do GSI melhoraram as habilidades de resolução de problemas e computação de palavras.

3.1 Características gerais e categorias dos estudos

Após seguido os fluxos das fases da RSL (MOHER et al., 2015), chegou-se ao total de 16 artigos. Deste total, são apresentados um total de 35 autores, sendo que apenas um aparece duas vezes no período analisado. Considerando o período, o ano com maior número de publicações foi 2017 com 5 artigos, seguido por 2009 com 4 artigos, logo depois 2018 e 2015, com 2 artigos e 2013, 2011 e 2010 com apenas 1 artigo publicado no ano. A publicação de trabalhos apenas pontuais, torna pouco provável a existência de uma proposta experimental mais consistente, cuja aplicação foi realizada por períodos mais longos e com um público mais abrangente, a fim de levantar maiores evidências sobre o uso da metodologia em diversos contextos.

Ao analisarmos os objetivos, em geral, observamos que os estudos apresentam o propósito de investigar, analisar, comparar e explorar o uso, as implicações e a eficácia de abordagens metodológicas de ensino da matemática por meio da resolução de problemas. Em seguida identificamos os referencias metodológicos, sendo que, dos 16 artigos analisados, foram encontrados 8 cujos objetivos se enquadram no propósito do pesquisador em investigar os efeitos da resolução de problemas a partir do desenvolvimento e a aplicação de uma prática de ensino, uma proposta de atividades com computador, um *software* ou um ambiente de aprendizagem virtual.

Em relação aos aspectos metodológicos da RSL, observamos que todos os estudos especificaram e descreveram os métodos e os instrumentos de coleta de dados utilizados. Cabe aqui destacar que evidenciamos que 10 estudos foram desenvolvidos com o delineamento quase-experimental, distribuição dos participantes em grupos denominados controle e experimental com aplicação de pré-teste e pós-teste. De acordo com (GIL, 2008, p. 54) os estudos quase-experimentais “[...] são desenvolvidos com bastante rigor metodológico e aproximam-se bastante das pesquisas experimentais [...]”. Os estudos quase-experimentais proporcionam a comparação entre as condições dadas ao grupo controle e ao grupo tratamento.

No quadro 4 apresentamos uma breve análise da metodologia de pesquisa utilizada na RSL e dos participantes dos artigos selecionados.

Quadro 4 – Metodologia de pesquisa e participantes dos artigos selecionados

Artigo	Método/ Instrumentos de coleta de dados	Participantes
A3	pré-teste, pós-teste, questionário	52 alunos da 2ª série
A10	Quase-experimental, pré-teste, pós-teste, análise de covariância (ancova)	66 alunos selecionados através de agrupamentos aleatórios

A24	Quase-experimental, pré-teste, pós-teste, questionário	153 estudantes da 7ª série
A37	Pré-teste, pós-teste, questionário	58 estudantes da 5ª série, distribuídos em dois grupos com 29 estudantes cada.
A38	Qualitativa, relato de experiência	Crianças de 4 e 5 anos do Jardim da Infância
A48	Observação, entrevistas semiestruturadas	2 turmas de 32 alunos do 7º ano
A56	Qualitativa, estudo de caso, pré-teste, pós-teste, observação, entrevista	1 turma da 3ª série
A77	"mistura de pesquisa baseada em design e pesquisa ação", observação, gravação das aulas	1ª interação: 16 estudantes do ensino médio 2ª interação: 24 estudantes do ensino médio
A87	Qualitativa, relatório das atividades e gravação das conversas	36 estudantes de uma escola secundária
A98	Pré-teste e pós-teste randomizado, análises qualitativas e quantitativas	3 turmas da 9ª série (média de 51 estudantes por turma)
A115	Quase-experimental, pré-teste, pós-teste	92 estudantes da 5ª série de 4 turmas diferentes
A120	Quase-experimental, pré-teste, pós-teste, pesquisa de envolvimento	109 estudantes da 7ª série distribuídos em 3 grupos
A125	Quase-experimental, pré-teste, pós-teste	75 estudantes da 7ª série distribuídos em 2 grupos.
A128	Experimental, pré-teste, pós-teste	60 estudantes da 3ª série distribuídos em quatro grupos
A133	Observação, pré-teste, pós-teste	54 estudantes da pré-escola distribuídos em 3 grupos
A141	Pré teste, pós-teste	60 estudantes da 3ª série distribuídos em quatro grupos

Após a pré-análise e exploração dos dados da amostra, detalhadas na metodologia, foram estabelecidas quatro categorias *a posteriori* (BARDIN, 2011), tal como descrito na tabela 1.

Tabela 1 - Categorias estabelecidas e validadas após as etapas de pré-análise, exploração e classificação dos artigos seguindo modelo de análise de conteúdo de Bardin.

<i>Categorias</i>	<i>Artigos</i>
Categoria 1: Uso do computador, por meio de <i>software</i> , ferramenta síncrona ou, ambiente virtual de aprendizagem associado às propostas de ensino com a perspectiva da resolução de problemas	A77, A87, A128

Categoria 2: Comparação entre propostas de ensino tradicionais e propostas de ensino baseadas na resolução de problemas	A3, A24, A37, A115
Categoria 3: Comparação entre propostas de ensino tradicionais com propostas de ensino baseadas na aprendizagem colaborativa para resolução de problemas	A10, A98, A120, A125, A133, A141
Categoria 4: Resolução de Problema – abordagem, metodologia e suas implicações para o processo ensino-aprendizagem	A38, A46, A48

3.2 Análise e destaque dos dados levantados na Categoria 1

O uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC's) vem produzindo mudanças significativas. De acordo com (VALENTE, 2014), as TDIC's têm produzido mudanças significativas em todos os segmentos da sociedade, principalmente no desenvolvimento do conhecimento científico. O autor enfatiza que em relação à educação essas mudanças ainda são de certa forma tímidas, considerando o fato de que as práticas educativas em sala de aula ainda não integraram os recursos/benefícios disponibilizados por essas ferramentas.

Outrossim, (LAZAKIDOU; RETALIS, 2010) [A128] e (GRANBERG; OLSSON, 2015) [A87] destacam o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) no processo ensino-aprendizagem. Neste sentido, (GRANBERG; OLSSON, 2015) [A87], investigaram, sob uma perspectiva sociocultural, como o *software* “GeoGebra” pode apoiar a colaboração dos alunos e o raciocínio criativo durante a resolução de problemas matemáticos. A proposta foi construída de acordo com as ideias de Schoenfeld (1957) e Brousseau (2008), com objetivo de proporcionar uma situação adidática que incluísse uma tarefa que os estudantes provavelmente tivessem muita dificuldade em resolver usando o modelo de uma aula convencional, com ações e raciocínio baseados na repetição e memorização. Isso ofereceu aos alunos a oportunidade de colaborar e assumir responsabilidade por seu processo de solução de problemas e os professores atuaram apenas como mediadores de forma a não minimizar o desafio proposto. Sobre os limites do estudo, os autores enfatizam que a experiência educativa realizada foi uma situação promotora da aprendizagem, no entanto não explorou o resultado da aprendizagem dos estudantes. Sendo assim, (LAZAKIDOU; RETALIS, 2010) [A128] e (GRANBERG; OLSSON, 2015) [A87] apresentaram propostas de ensino desafiadoras e sinalizaram para um trabalho com foco na aprendizagem colaborativa, no compartilhamento de ideias e no desenvolvimento da autorregulação e da metacognição dos estudantes.

Contudo, (LAZAKIDOU; RETALIS, 2010) [A128], tinham como objetivo avaliar a eficácia de um método instrucional explorando o modelo de resolução de problemas de (STERNBERG, 2003) integrado às perspectivas sócio cognitivistas para aprendizagem autorregulada de (ZIMMERMAN, 2000), utilizando uma ferramenta de aprendizado colaborativo síncrona em um ambiente virtual de aprendizagem. O desenvolvimento das atividades seguiu as etapas do ciclo de resolução de problemas de acordo com a teoria de (STERNBERG, 2003) e suas correspondentes questões metacognitivas e de autorreguladoras: 1) Definição do problema; 2) Construção de uma estratégia; 3) Organização da informação; 4) Alocação dos recursos; 5) Monitoramento do processo; e 6) Avaliação do processo.

A pesquisa de (ABDU; SCHWARZ; MAVRIKIS, 2015) [A77] descreve práticas pedagógicas desenvolvidas em diferentes períodos e com diferentes grupos de alunos. A proposta desses autores consiste na integração de tecnologias educacionais às experiências de ensino na sala de aula. Esses autores fizeram uso do *software* GeoGebra e de uma ferramenta de planejamento colaborativo que permite a elaboração e o compartilhamento do plano, possíveis discussões, e reflexões sobre o processo de solução dos problemas. As práticas desenvolvidas pelos professores incluíram as seguintes ações:

- 1) Apresentar os problemas a fim de familiarizar os alunos com estratégias matemáticas e heurísticas;
- 2) Decompor o problema em estágios;
- 3) Modelar com o uso de tecnologias (no caso tratado, o *software* GeoGebra);
- 4) Palestra enfocando o trabalho colaborativo;
- 5) Conversas de rotina;
- 6) Conversa sumativa – interpretação e exposição do ponto de vista de acordo com uma situação-problema;

3.3 Análise e destaque dos dados levantados na Categoria 2

(CHADLI et al., 2018; CHANG et al., 2012; HSIAO et al., 2017; LEE, 2016) [A37] são investigações cujos objetivos estão relacionados ao desenvolvimento de uma proposta didática baseada na perspectiva metodológica da resolução de problemas para o ensino da matemática utilizando um sistema, *prompt* de comando e jogos com base nas etapas de resolução de problemas de Polya, cujas etapas são: 1) Compreensão do problema; 2) Elaboração de um plano; 3) Execução do plano; e 4) Revisão da solução (PONTES, 2019).

O trabalho de Polya enfatiza a importância da descoberta e está voltado para a melhoria das habilidades da resolução de problemas pelos estudantes, levando-os a buscarem diferentes estratégias

e caminhos para resolver os problemas. Para Polya, a prática de resolver problemas é algo intrínseco a todas as atividades humanas, portanto, essencial para o desenvolvimento cognitivo. Para o autor cada uma dessas fases tem a sua importância, sendo necessário e imprescindível a passagem por cada uma delas. Além disso, a realização de cálculos e a organização de esquemas com figuras sem o entendimento/compreensão do problema e sem a elaboração de um plano não faz o menor sentido e pode ser algo inútil, pois muitos enganos e equívocos podem ocorrer. Sobre a revisão da solução, fase em que cada passo da resolução é retomado e revisado, Polya acredita que o estudante, nesse momento, alcance a consolidação do seu conhecimento e o aperfeiçoamento de sua capacidade de resolver problemas.

(HSIAO et al., 2017) [A24] exploraram um sistema que foi desenvolvido como uma ferramenta de ensino individual para apoiar o ensino de matemática e como forma de promover as habilidades de resolução de problemas dos estudantes. O sistema foi projetado com base nas etapas de solução de problemas de Mayer (1992). Os autores pontuam duas limitações do estudo que foi realizado com 153 estudantes de uma escola do município de Taipei no Taiwan. A primeira foi a dificuldade em promover o interesse dos estudantes em aprender matemática, e a segunda, foi o tempo de duração da pesquisa, sendo apenas 5 semanas, ou seja, um tempo curto, e por isso sugerem um estudo longitudinal como possibilidade de avaliar os efeitos cumulativos de diferentes estratégias pedagógicas sobre as mudanças na capacidade de resolução de problemas dos estudantes ao longo do tempo.

O estudo combinou as etapas Mayer (1992) na resolução de problemas com um sistema de treinamento matemático com as funções de avaliação, diagnóstico e *feedback*: As etapas de resolução de problemas desenvolvidas na intervenção foram:

- 1) Tradução do problema: os alunos interpretam e extraem informações da descrição textual do problema.
- 2) Integração de problemas: os estudantes integram o conceito do problema com uma ilustração das informações dadas pelo problema.
- 3) Planejamento e monitoramento da solução: os estudantes devem desenvolver um plano, executar e monitorar a solução de acordo com a interpretação do problema.
- 4) Execução da solução: os estudantes nesta etapa executam a solução.

Quanto à questão metodológica dos estudos desta categoria (CHADLI et al., 2018) [A3] e (CHANG et al., 2012) [A115], observamos que os pesquisadores optaram pelo delineamento quase experimental distribuindo os participantes em grupos experimentais e controle. Os grupos experimentais participaram de situações de ensino com base nas etapas de resolução de problemas de Polya e Mayer já descritas anteriormente integradas à jogos e sistema assistido por computador.

3.4 Análise e destaque dos dados levantados na Categoria 3

Os estudos voltados para o trabalho em grupo, conforme ressalta (DAMIANI, 2008), concordam com o uso dos termos colaboração e cooperação como sinônimos. (TORRES; ALCANTARA; IRALA, 2004) defendem que os termos colaboração e cooperação ao longo dos anos, receberam atributos próprios e distintas práticas em sala de aula. Ainda de acordo com esses autores, apesar de suas diferenças teóricas e práticas, os termos cooperação e colaboração são provenientes de dois princípios no processo de construção da aprendizagem: recusa ao autoritarismo e estímulo à socialização. Para esses autores a aprendizagem colaborativa é compreendida como uma forma de promover o ensino instigando a participação dos estudantes, tornando-os ativos no processo. Desse modo a colaboração infere que os estudantes desenvolvam de forma compartilhada as atividades com intuito de atingir objetivos comuns de aprendizagem.

Para investigar a eficiência do aprendizado cooperativo nas habilidades de resolução de problemas de matemática verbal de pré-escolares (TARIM, 2009) [A133] desenvolveu uma proposta de ensino com atividades baseadas no método de aprendizagem cooperativa fundamentada nos estudos de Curran (1998) para resolver problemas matemáticos. O desenvolvimento das atividades ocorreu de acordo com a ideia de um ambiente adequado para o aprendizado cooperativo:

- 1) Escuta ativa – As crianças devem aprender ouvindo ativamente.
- 2) Conversa feliz – Participar ativamente de conversas felizes.
- 3) Todos participam – Cada membro do grupo cumpre sua própria responsabilidade para alcançar o objetivo geral do grupo.
- 4) Função do professor – O papel do professor é monitorar os grupos de aprendizagem e intervir para melhorar as habilidades matemáticas dos estudantes.

(GRIFFIN; JITENDRA, 2009) [A141] compararam o desempenho matemático da resolução de problemas dos alunos que receberam instrução baseada em esquema com os alunos que receberam instrução geral de estratégia. A proposta de instrução baseada em esquema direcionado aos grupos experimentais é fundamentada nos trabalhos de Marshall (1995), Mayer (1999) e Riley et al. (1983) e são assim elencadas:

- 1) Conhecimento e identificação do esquema do problema.
- 2) Conhecimento de elaboração e representação de problemas.
- 3) Conhecimento estratégico e planejamento da solução.
- 4) Conhecimento de execução e solução de problemas.

Os autores organizaram instrução geral de estratégia usando a perspectiva da resolução de problemas baseada no modelo de Polya: 1) ler e entender o problema; 2) planejar para resolver o problema; 3) resolver o problema; e 4) verificar a solução encontrada. As pesquisadoras sinalizam possíveis limitações no estudo por elas realizado: dificuldades com o grupo controle e a distribuição do tempo nas atividades aplicadas.

(KAPUR, 2010) [A125] comparou uma proposta de ciclo instrucional de falha produtiva com um projeto instrucional de aula prática. Os participantes foram distribuídos em dois grupos assim denominados: classe de falha produtiva e classe palestra e aula prática. Na classe falha produtiva, os alunos resolveram problemas complexos individualmente ou em grupos sem nenhum suporte extra. Apenas no último período da proposta foi realizado um momento de aula de consolidação e discussão dos conceitos trabalhados. Esse momento de consolidação foi mediado por um professor, que conduziu e promoveu discussão, comparação, compartilhamento das representações e dos métodos usados pelos alunos. Na classe palestra e aula prática, os alunos participaram de palestras ministradas por professores. O professor apresentou um conceito para a turma, trabalhou alguns exemplos, incentivou os alunos a participarem e a fazerem questionamentos e após apresentarem as soluções, proporcionou um momento de discussão das soluções apresentadas.

Em 2011, Kapur replicou e estendeu o trabalho citado acima. Nessa investigação, o pesquisador desenvolveu uma proposta organizada em três projetos de aprendizagem (KAPUR, 2011) [A120]:

- 1) Aulas e práticas tradicionais.
- 2) Falha produtiva. Os alunos resolveram problemas complexos em pequenos grupos sem nenhum auxílio instrucional até o momento de consolidação mediado por um professor.
- 3) Resolução facilitada dos problemas complexos. Os alunos resolveram problemas complexos em pequenos grupos com auxílio instrucional e por fim, um momento de consolidação mediado por um professor.

(RAMNARAIN, 2014) [A98] apresentou concepções de Schoenfeld (1985) e Polya (1957) para investigar e comparar a eficácia de uma abordagem de solução de problemas baseada em estratégias com estudantes de baixa renda de três escolas sul-africanas. Desprovidos de ambientes propícios ao desenvolvimento da aprendizagem e do conhecimento matemático básico, foram distribuídos em grupos de tratamento e controle. O grupo de tratamento experienciou uma abordagem com instruções explícitas sobre um amplo repertório de estratégias de solução de problemas:

- 1) Explicar por meio de exemplos cada fase da solução de problemas: entenda o problema, faça um plano, implemente o plano e olhe para trás.
- 2) Discutir com os alunos todas as estratégias e procedimentos usados durante o processo de solução de problemas.

- 3) Nomear a estratégia que foi usada.
- 4) Incentivar os alunos a considerar estratégias alternativas que possam ser usadas para resolver um problema.

O grupo controle experimentou uma abordagem mais tradicional para a resolução de problemas. Após receber instruções sobre determinado conceito, deveriam replicá-lo na resolução de um problema.

(DEMITRA; SARJOKO, 2018) [A10] compararam o efeito do modelo de aprendizagem cooperativa no contexto de uma comunidade indígena com o modelo de aprendizagem baseada em problemas. Os participantes foram distribuídos aleatoriamente em dois grupos: grupo de tratamento e grupo de controle. No grupo de tratamento, os participantes desenvolveram uma proposta de ensino baseada no modelo de aprendizagem cooperativa: 1) compreender o conhecimento prévio; 2) o professor apresenta o novo material; 3) resolução do problema individualmente; 4) agrupamento de 3 a 4 alunos; 5) compartilhamento do problema; 6) resolução compartilhada; e 7) apresentação das soluções dos problemas.

No grupo de controle, os alunos desenvolveram uma proposta de ensino de aprendizagem baseada em problemas: 1) agrupamento dos alunos (3 a 4 alunos por grupo); 2) leitura e interpretação do problema; 3) definição do problema; 4) organização das ideias, conhecimentos já existentes, possíveis estratégias; 5) hipotetização (teorização ou formulação de hipóteses sobre o problema; 6) pesquisa (exploração de fonte de dados e coleta de dados); 7) reformulação do problema; e 8) criação de alternativas.

3.5 Análise e destaque dos dados levantados na Categoria 4

As metodologias ativas, conforme afirma (BACICH; JOSÉ MORAN, 2018) “[...] colocam o foco do processo de ensino e de aprendizagem no aprendiz, envolvendo-o na aprendizagem por descoberta, investigação ou resolução de problemas.” O uso de metodologias ativas e especialmente da resolução de problemas no processo ensino aprendizagem pode favorecer o envolvimento dos alunos em situações de ensino, possibilitando diferentes formas de demonstrar autonomia, criatividade, participação e colaboração.

(LOPES; GRANDO; D’AMBROSIO, 2017) [A38] discutiram a relevância da resolução de problemas na educação infantil com vistas a promoção do desenvolvimento e o envolvimento da criança com a matemática. Sob uma perspectiva vygotskyana e freiriana, as autoras defendem a necessidade de um ambiente de ensino/aprendizagem democrático e dialógico, o desenvolvimento do pensamento crítico e uma aprendizagem para além da mera transmissão de informações, portanto, que possibilite a promoção do conhecimento e da conscientização. As autoras entendem que a

resolução de problemas como meio de ensinar matemática sinaliza para uma educação matemática que inclui o aluno como ser social e suas vivências. Assim, as autoras descrevem duas práticas pedagógicas de duas professoras da educação infantil. As experiências das professoras partem da perspectiva da resolução de problemas como forma de promover o ensino e aprendizagem da matemática dando oportunidade às crianças de participarem ativamente das propostas, elaborando e avaliando suas estratégias de resolução de problemas, cooperando com os colegas e socializando suas soluções.

(BRADSHAW; HAZELL, 2017) [A48] destacam que embora seja relevante, a implementação da resolução de problemas, apresenta muitas dificuldades e ainda não é cultivada e praticada de forma efetiva na sala de aula. Em sua pesquisa, investigaram as diferenças nas abordagens dos alunos para a solução de problemas em um estudo de lição. Os autores desenvolveram uma proposta didática de solução de problemas de acordo com as etapas de Stigler e Hiebert (1999): 1) definir e pesquisar um problema; 2) planejar a lição; 3) ensinar e observar a lição; 4) avaliar a lição e refletir sobre seu efeito; 5) revisar a lição; 6) ensinar e revisar a lição ensinada; 7) avaliar e refletir uma segunda vez. 8) compartilhar os resultados.

(PETERSEN; MCAULIFFE; VERMEULEN, 2017) [A46] se propuseram a analisar a relação entre o uso da escrita matemática e o desenvolvimento de estratégias de resolução de problemas e a compreensão conceitual de estudantes que apresentam dificuldade em resolver problemas matemáticos com palavras e traduzir seus pensamentos por meio da escrita. A proposta de ensino foi fundamentada nas ideias Burns (1995): os alunos usam a escrita em números, imagens e palavras para explicar seus pensamentos, usando uma variedade de estratégias para verificar e interpretar os resultados. Nessa proposta, os alunos foram orientados a manter um registro diário e contínuo sobre o que eles estavam aprendendo nas aulas de matemática, suas percepções, observações, descobertas, reflexões, análises de suas aprendizagens.

4. Considerações Finais

Sumarizar propostas relevantes e atuais na área do ensino de matemática, além de útil e relevante para pesquisadores, tem implicações também para docentes atuantes na área e graduandos em formação inicial. Os docentes atuantes e os futuros docentes podem ser beneficiados ao entrar em contato com propostas diferenciadas e métodos de aplicação, os quais podem ser repetidos em sua prática profissional. Já os pesquisadores podem encontrar lacunas na produção publicada até o momento, ou pensar em novas formas de experimentação, utilizando análises mais consistentes, de modo a checar se as práticas podem ser consideradas baseadas em evidências ou não.

No presente trabalho encontramos evidências nos artigos da categoria 1 de que a implementação de recursos tecnológicos que proporcionam o trabalho colaborativo, a interatividade, a metacognição e o compartilhamento de ideias pode favorecer as práticas educativas em sala de aulas e o desenvolvimento das habilidades de resolução de problemas matemáticos dos estudantes.

Um dado relevante nos estudos da categoria 2 e na da categoria 3 é que os trabalhos foram conduzidos pela metodologia quase experimental e, portanto, os participantes foram distribuídos em grupos experimentais e controle. Evidenciamos nesses estudos a intenção por parte dos pesquisadores, em analisar e comparar os resultados obtidos pelos participantes nos pré-testes e pós-testes após a realização da intervenção pedagógica. Os resultados desses estudos sugerem que estratégias de ensino baseadas na abordagem da resolução de problemas poder ser uma alternativa praticável e viável para o processo ensino-aprendizagem de matemática dos estudantes e para o desenvolvimento de habilidades relacionadas à cooperação, compartilhamento e trabalho em grupo.

Na categoria 2 o foco temático dos artigos é a resolução de problemas como proposta de ensino de conceitos matemático utilizando sistemas e jogos de computacionais. Os resultados revelam que o desenvolvimento de atividades de resolução de problemas em cenários que contam com ferramentas de aprendizagem assistida por computador pode fornecer oportunidades aos estudantes de melhorar suas habilidades de formulação, compreensão, elaboração de estratégias, possíveis soluções, e ainda pode estimular o interesse em aprender matemática, contribuindo para um melhor desempenho de aprendizagem.

Os estudos da categoria 3, diferentemente da categoria 2, não integram a prática da resolução de problemas ao uso de ferramentas tecnológicas. As propostas dos pesquisadores estão voltadas para a comparação do desempenho matemático dos estudantes que experimentaram propostas de ensino baseadas na resolução de problemas com os estudantes que vivenciaram experiência de aprendizagem tradicionais.

Por fim, na categoria 4, evidenciamos que o ensino da matemática através da resolução de problemas pode propiciar experiências educativas ricas em discussão, reflexão, questionamentos, diálogos, cooperação, colaboração, produção escrita e envolvimento. Assim, a resolução de problemas é um aspecto importante não apenas para a matemática, mas para diferentes áreas do conhecimento, pois oferece ao estudante a possibilidade de desenvolver um conjunto de habilidades que podem ser usadas ao longo de sua vida em diferentes situações.

Como limitações deste estudo, destacamos a impossibilidade de apresentar de forma mais detalhada o processo de desenvolvimento das experiências educativas analisadas. Esperamos que este trabalho possa trazer contribuições às futuras pesquisas sobre a resolução de problemas e às práticas educativas dos docentes atuantes e aos futuros docentes de matemática da Educação Básica.

5. Referências

- ABDU, R.; SCHWARZ, B.; MAVRIKIS, M. Whole-class scaffolding for learning to solve mathematics problems together in a computer-supported environment. **ZDM**, v. 47, n. 7, p. 1163–1178, 27 nov. 2015.
- ALLEVATO, N. S. G.; ONUCHIC, L. DE LA R. ASSOCIANDO O COMPUTADOR À RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS FECHADOS: ANÁLISE DE UMA EXPERIÊNCIA. p. 1–378, 2005.
- ALLEVATO, N. S. G.; ONUCHIC, L. DE LA R. Pesquisa em Resolução de Problemas: caminhos, avanços e novas perspectivas: Boletim de Educação Matemática. 2011.
- BACICH, L.; JOSÉ MORAN. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre/RS: Penso Editora, 2018.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 4. ed. Lisboa/Portugal: Edição 70, 2011.
- BRADSHAW, Z.; HAZELL, A. Developing problem-solving skills in mathematics: a lesson study. **International Journal for Lesson and Learning Studies**, v. 6, n. 1, p. 32–44, 3 jan. 2017.
- CÂMARA, R. H. Análise de conteúdo: da teoria à prática em pesquisas sociais aplicadas às organizações. **Gerais : Revista Interinstitucional de Psicologia**, v. 6, n. 2, p. 179–191, 2013.
- CHADLI, A. et al. An empirical investigation into student’s mathematical word-based problem-solving process: A computerized approach. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 34, n. 6, p. 928–938, dez. 2018.
- CHANG, K.-E. et al. Embedding game-based problem-solving phase into problem-posing system for mathematics learning. **Computers & Education**, v. 58, n. 2, p. 775–786, fev. 2012.
- DAMIANI, M. F. Entendendo o trabalho colaborativo em educação e revelando seus benefícios. **Educar em Revista**, n. 31, p. 213–230, 2008.
- DEMITRA, D.; SARJOKO, S. Effects of Handep Cooperative Learning Based on Indigenous Knowledge on Mathematical Problem Solving Skill. **International Journal of Instruction**, v. 11, n. 2, p. 103–114, 25 abr. 2018.
- ENGLISH, L.; LESH, R.; FENNEWALD, T. Future directions and perspectives for problem solving research and curriculum development. 2008.
- GALVÃO, T. F.; PEREIRA, M. G. Revisões sistemáticas da literatura: passos para sua elaboração. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 23, n. 1, p. 183–184, mar. 2014.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. [s.l.] São Paulo, 2008.
- GRANBERG, C.; OLSSON, J. ICT-supported problem solving and collaborative creative reasoning: Exploring linear functions using dynamic mathematics software. **The Journal of Mathematical Behavior**, v. 37, p. 48–62, mar. 2015.
- GRIFFIN, C.; JITENDRA, A. Word problem-solving instruction in inclusive third-grade mathematics classrooms. **Journal of Educational Research**, v. 102, n. 3, p. 187–202, 2009.
- HERNÁNDEZ-TORRANO, D.; SOMERTON, M.; HELMER, J. Mapping research on inclusive education since Salamanca Statement: a bibliometric review of the literature over 25 years. **International Journal of Inclusive Education**, p. 1–20, 29 mar. 2020.

- HSIAO, H.-S. et al. The Influence of a Mathematics Problem-Solving Training System on First-Year Middle School Students. **EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 14, n. 1, 27 out. 2017.
- KAPUR, M. Productive failure in mathematical problem solving. **Instructional Science**, v. 38, n. 6, p. 523–550, 16 nov. 2010.
- KAPUR, M. A further study of productive failure in mathematical problem solving: unpacking the design components. **Instructional Science**, v. 39, n. 4, p. 561–579, 3 jul. 2011.
- LAZAKIDOU, G.; RETALIS, S. Using computer supported collaborative learning strategies for helping students acquire self-regulated problem-solving skills in mathematics. **Computers & Education**, v. 54, n. 1, p. 3–13, jan. 2010.
- LEE, C. I. An Appropriate Prompts System Based on the Polya Method for Mathematical Problem-Solving. **EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 13, n. 3, 14 dez. 2016.
- LOPES, C. E.; GRANDO, R. C.; D’AMBROSIO, B. S. Experiences Situating Mathematical Problem Solving at the Core of Early Childhood Classrooms. **Early Childhood Education Journal**, v. 45, n. 2, p. 251–259, 15 mar. 2017.
- MOHER, D. et al. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 24, n. 2, p. 335–342, jun. 2015.
- PEREIRA, M. G. **Artigos científicos: Como Redigir, Publicar e Avaliar**. Rio de Janeiro: [s.n.].
- PETERSEN, B.; MCAULIFFE, S.; VERMEULEN, C. Writing and mathematical problem solving in Grade 3. **South African Journal of Childhood Education**, v. 7, n. 1, p. 9, 30 jun. 2017.
- PONTES, E. A. S. MÉTODO DE POLYA PARA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS MATEMÁTICOS: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DE MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA. **HOLOS**, v. 3, p. 1–9, 23 dez. 2019.
- RAFOLS, I. et al. On the Dominance of Quantitative Evaluation in Peripheral Countries: Auditing Research with Technologies of Distance. **SSRN Electronic Journal**, 2016.
- RAMNARAIN, U. Empowering educationally disadvantaged mathematics students through a strategies-based problem solving approach. **The Australian Educational Researcher**, v. 41, n. 1, p. 43–57, 20 mar. 2014.
- RIBEIRO, M. D. S. L. et al. Análise cienciométrica em ecologia de populações: importância e tendências dos últimos 60 anos. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 29, n. 1, 23 nov. 2007.
- STANIC, G. M. A.; KILPATRICK, J. Historical perspectives on problem solving in the mathematics curriculum. In R. Charles & E. Silver (Eds.), *The Teaching and Assessing of Mathematical Problem Solving*. **Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics**, p. 1–22, 1989.
- STERNBERG, R. J. Creative Thinking in the Classroom. **Scandinavian Journal of Educational Research**, v. 47, n. 3, p. 325–338, jul. 2003.
- STREHL, L.; SANTOS, C. A. DOS. **Indicadores de qualidade da atividade científica**. **Ciência Hoje**, 2002.
- TARIM, K. The effects of cooperative learning on preschoolers’ mathematics problem-solving ability. **Educational Studies in Mathematics**, v. 72, n. 3, p. 325–340, 9 dez. 2009.
- TESTA, J. The Thomson Reuters Journal Selection Process. **Transnational Corporations Review**, v. 1, n. 4, p. 59–66, 15 jan. 2009.

TORRES, P. L.; ALCANTARA, P. R.; IRALA, E. A. F. Grupos de consenso: uma proposta de aprendizagem colaborativa para o processo de ensino-aprendizagem. **Diálogo Educacional**, v. 4, n. 13, p. 129–145, 2004.

VALENTE, J. A. a Comunicação E a Educação Baseada No Uso Das Tecnologias Digitais De Informação E Comunicação. **UNIFESO - Humanas e Sociais**, v. 1, n. 01, p. 141–166, 2014.

ZIMMERMAN, B. J. Attaining Self-Regulation. In: **Handbook of Self-Regulation**. [s.l.] Elsevier, 2000. p. 13–39.

Recebido em: 07/11/2021

Aprovado em: 26/07/2022