

ARTEFACTOS DE MEDIAÇÃO SEMIÓTICA E APRENDIZAGEM MATEMÁTICA: Um robô em enfermarias COVID

Sónia Martins¹ & Cátia Santos²

¹ Departamento de Matemática, FCEE-UMa e CIE-UMa, Portugal.
soniam@staff.uma.pt

² Escola Básica e Secundária D. Lucinda Andrade, Portugal.

Introdução

Num período em que as escolas tinham permanecido fisicamente fechadas, à custa de uma pandemia global, e no qual os alunos gradualmente regressavam às salas de aula físicas, procurou-se criar um contexto potencialmente rico para a aprendizagem matemática dos alunos e que estivesse intimamente ligado ao seu quotidiano. Assim, nasceu o cenário de aprendizagem: Um robô enfermeiro para tratamento à Covid. Neste cenário de aprendizagem, assente numa metodologia de trabalho baseada em problemas (PBL) (Ali, 2019; Ribeiro, 2019), os alunos de uma turma de 9.º ano de escolaridade construíram e programaram um robô enfermeiro para atuar em enfermarias covid.

Na presente investigação, assente numa metodologia qualitativa de carácter interpretativo, pretendemos compreender de que forma a introdução de um robô moldou a atividade matemática dos alunos, relativamente à aprendizagem dos lugares geométricos e ao desenvolvimento do pensamento computacional (Wing, 2017; DGE, 2021). A Teoria da Mediação Semiótica (TMS) (Bartolini Bussi & Mariotti, 2008) é utilizada como ferramenta teórica para a compreensão do potencial mediador deste artefacto. O estudo foi orientado pelas seguintes questões de investigação: i) Como se caracteriza a aprendizagem matemática quando mediada por robôs? ii) Como se desenvolve o pensamento computacional dos alunos quando mediado por robôs? e iii) Qual o potencial semiótico do robô num cenário de aprendizagem assente numa metodologia baseada em problemas (PBL)?

Enquadramento teórico

Na presente investigação foi desenhado e implementado um cenário de aprendizagem (Carroll, 2000). O design de um cenário de aprendizagem tem como principal intuito a transformação de uma determinada prática, almejando a que os envolvidos adquiram novos conhecimentos, novas competências e diferentes formas de experienciar a realidade.

Nesta investigação, a transformação da prática matemática escolar prendia-se com dois fatores. Por um lado, os alunos estariam a utilizar como ferramenta de mediação um artefacto tecnológico que não fazia parte da sua experiência habitual na aula de matemática – o robô. Por outro lado, a abordagem didática e pedagógica implementada no cenário de aprendizagem era também inovadora, tendo por base as particularidades de uma aprendizagem matemática baseada na metodologia PBL (Ali, 2019; Ribeiro, 2019; Ribeiro & Irala, 2020). Foram estes dois pressupostos teóricos que moldaram a forma como foi desenhada e desenvolvida a prática matemática escolar que aqui se discute. Mas sendo o robô um recurso central nas atividades dinamizadas, foi importante compreender de uma forma específica qual o seu potencial semiótico (Bartolini Bussi & Mariotti, 2008) para a aprendizagem dos lugares geométricos e para o desenvolvimento do pensamento computacional.

Cenário de aprendizagem com metodologia PBL

Em termos educacionais, existem atualmente imensas metodologias de trabalho em sala de aula que são consideradas inovadoras, uma vez que apresentam características que quebram com alguns dos paradigmas tradicionalmente presentes em contexto escolar. A metodologia PBL, apesar de não ser recente, é (ainda) apontada como inovadora, pois permite fazer diferente relativamente ao que o aluno está habituado, ajudando-o a lidar com situações do seu quotidiano, desenvolvendo a sua capacidade de tomar decisões e de resolver problemas (Ribeiro, 2019).

Na metodologia PBL, o papel desempenhado pelo aluno é basilar no processo de ensino-aprendizagem, sendo, por isso, designada como uma abordagem centrada no aluno (Ali, 2019). De acordo Magalhães, Viseu e Martins (2016) “(...) o aluno é o centro do processo; as atividades desenvol-

vem-se em grupos; o processo de aprendizagem é ativo, cooperativo, integrado e interdisciplinar.” (p. 767).

Segundo Silva e Dejusta (2009), os problemas a utilizar na abordagem PBL, devem estimular os alunos “a buscar os conhecimentos necessários para a solução das questões propostas” (p. 2). Podemos então depreender que a abordagem PBL além de uma abordagem metodológica é, também, uma abordagem curricular.

Utilizando a metodologia PBL estamos a contribuir para a formação de alunos participativos, críticos, autônomos, capazes de solucionar problemas, de aceitar opiniões diferentes, de usar conhecimentos científicos e tecnológicos, incluindo questões ambientais e sociais, capazes de realizar projetos, competentes em dinâmicas de trabalho em equipa, de autoavaliação e avaliação de pares (Magalhães, Viseu & Martins, 2016; Ribeiro, 2019).

Na aula de matemática, pretende-se que conceitos e procedimentos matemáticos sejam evocados durante os processos acima descritos. Assim sendo, conceptualizamos a PBL na aula de matemática no sentido de Martins e Santos (2021), para quem esta metodologia deve “traduzir-se na criação de contextos desafiadores, nos quais professores e alunos estejam envolvidos em ações conjuntas, almejando solucionar uma determinada problemática, usando conhecimentos e procedimentos matemáticos para esse fim” (p. 241). No processo de encontrarem formas eficientes de resolver o problema, os alunos estão envolvidos em práticas inerentemente relacionadas com o desenvolvimento do pensamento computacional (Wing, 2017). De acordo com Wing (2017), o pensamento computacional está verdadeiramente ligado com os métodos de “(...) pensamento envolvidos na formulação de problemas e nas suas soluções, de forma que estas possam ser executadas por um agente de processamento de informação - humano ou máquina” (p. 46).

De acordo com as orientações curriculares mais recentes (DGE, 2021) o desenvolvimento do pensamento computacional está intimamente relacionado com a prática matemática escolar baseada na resolução de problemas, nas quais são evocadas competências de abstração, decomposição, o reconhecimento de padrões, a algoritmia e a depuração. Na tabela seguinte, podemos analisar de que forma as aprendizagens essenciais de matemática para o 9.º ano de escolaridade (DGE, 2021) conceptualizam as diferentes dimensões desta capacidade matemática.

PENSAMENTO COMPUTACIONAL	OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM
Abstração	Criar oportunidades para que os alunos representem problemas de forma simplificada, concentrando-se na informação mais importante. Realçar processos relevantes e secundarizar detalhes e especificidades particulares.
Decomposição	Estruturar a resolução de problemas por etapas de menor complexidade de modo a reduzir a dificuldade do problema.
Reconhecimento de padrões	Reconhecer ou identificar padrões e regularidades no processo de resolução de problemas e aplicá-los em outros problemas semelhantes.
Algoritmia	Desenvolver um procedimento (algoritmo) passo a passo para solucionar o problema, nomeadamente recorrendo à tecnologia.
Depuração	Procurar e corrigir erros, testar, refinar e otimizar uma dada resolução.

Tabela 1 - Dimensões do Pensamento Computacional. Fonte: DGE, 2021, p. 12.

Teoria da Mediação Semiótica

A Teoria da Mediação Semiótica (TMS) toma como principal pressuposto a ideia de que a construção do conhecimento não é um processo passivo, mas algo que envolve a participação ativa daquele que aprende, sendo que essa participação é fortemente moldada pelo contexto físico e social no qual a aprendizagem ocorre, pela predisposição dos sujeitos em participar na apropriação de alguns conceitos em detrimento de outros, bem como pelo modo de negociação que habitualmente trazem para a situação de aprendizagem (Gouveia-Matos & Araujo-Neto, 2013).

A TMS centra-se no processo de relação entre os sujeitos e as coisas do mundo, sendo que essa relação é necessariamente mediada. No processo de mediação existem fundamentalmente quatro aspetos que precisam ser considerados: o sujeito, que como o próprio nome indica é alguém que está sujeito ao processo de mediação; o mediador, neste caso alguém ou algo que medeia; o contexto em que se dá a mediação e finalmente o objeto, que representa o que se pretende alcançar com a mediação.

Os artefactos de mediação, podendo ser físicos ou conceptuais (Drijvers et al., 2010) assumem particular relevância no processo de mediação. Em contextos educacionais, a abordagem instrumental (Rabardel, 1995), pren-

de-se com os aspetos instrumentais da utilização de um artefacto por um sujeito. De uma forma simplificada, podemos afirmar que um artefacto de mediação é transformado em instrumento quando o sujeito que o utiliza foi capaz de se apropriar do artefacto e integrá-lo na sua atividade.

Segundo Rabardel (1995), a apropriação do artefacto dá-se quando o sujeito percebe a utilidade do artefacto no que concerne ao tipo de tarefas que pode fazer e a maneira como as pode desempenhar. Podemos então afirmar que o uso de instrumentos tem um duplo sentido. Por um lado, existe o artefacto, ou seja, o objeto particular provido das suas características intrínsecas e que é projetado para realizar uma determinada tarefa, por outro lado, existe também o instrumento, que resulta da união do artefacto com os processos utilizados para a resolução de uma determinada tarefa, ou seja, os esquemas de utilização. Esse processo de apropriação é o que permite que o artefacto seja denominado de mediador da atividade (Drijvers & Trouche, 2008).

Bartolini Bussi e Mariotti (2008) definem o potencial semiótico de um artefacto como a dupla relação que pode ocorrer entre um artefacto e, por um lado, os significados pessoais que emergem de seu uso para realizar uma tarefa (atividade instrumentada) e, por outro, os significados matemáticos evocados pelo seu uso e reconhecidos como Matemática por um especialista. De uma forma resumida, o potencial semiótico é definido teoricamente como o potencial que um artefacto tem para que a sua utilização permita ao aluno aceder a significados matemáticos.

Qualquer planificação de uma sequência de ensino e aprendizagem, centrada no uso de um determinado artefacto, tem de ser baseada no reconhecimento, por parte do professor, do potencial semiótico do artefacto, sendo que a sua eficácia depende de uma cuidadosa intervenção didática. De acordo com a TMS cabe ao professor o desenvolvimento do potencial semiótico do artefacto, promovendo a produção de signos específicos pelos alunos (que se referem ao uso do artefacto na realização da tarefa), orientando a evolução de tais signos para os esperados signos matemáticos (Mariotti, 2018).

A ação intencional do professor no processo de mediação do artefacto para a produção de conhecimento pelo aluno é definida por Drijvers et al. (2010) como orquestração instrumental. Nesse processo, são considerados três elementos: a configuração didática – na qual o professor seleciona os artefactos e a configuração do ambiente/contexto de ensino; o modo de exploração – forma como a tarefa será implementada, o papel desempenhado pelos artefactos e os esquemas de utilização e técnicas que serão desenvolvidos pelos alunos com o uso dos artefactos; e o desempenho didático – as

decisões e ações que o professor irá desempenhar no momento de implementação da tarefa.

Metodologia

O estudo foi conduzido pelas questões: i) Como se caracteriza a aprendizagem matemática quando mediada por robôs? ii) Como se desenvolve o pensamento computacional dos alunos quando mediado por robôs? e iii) Qual o potencial semiótico do robô num cenário de aprendizagem assente numa metodologia baseada em problemas (PBL)? Na compreensão destas questões, foi importante analisar e compreender os esquemas de utilização (Rabardel, 1995; Drijvers & Trouche, 2008) desenvolvidos pelos alunos quando usaram o robô para resolver os problemas propostos.

Dada a natureza do estudo, foi aplicada uma metodologia qualitativa de caráter interpretativo (Gephart, 2004), sendo usados técnicas e instrumentos de recolha de dados específicos de uma investigação dessa natureza: a observação participante, a entrevista semiestruturada, o diário de campo das investigadoras, os registos escritos dos alunos e registos fotográficos das aulas nas quais se implementou o cenário de aprendizagem.

O cenário de aprendizagem foi implementado numa turma de 9.º ano do ensino regular de uma escola da Região da Madeira, composta por alunos com carências sociais e económicas (Santos, 2021). As sessões foram dinamizadas no momento em que os alunos regressaram às atividades presenciais, após um longo período de confinamento devido à pandemia. Durante o ensino a distância, notou-se que os alunos eram muito pouco participativos e muitos não realizavam as tarefas que deveriam desenvolver assincronamente. Nas aulas online, alguns alunos não ligavam as câmaras, outros faltavam regularmente. Nesta fase, denotou-se um maior distanciamento dos alunos relativamente à escola. Acreditávamos que a implementação do cenário de aprendizagem representaria algo inovador, que iria ao encontro dos seus interesses.

O cenário iniciou-se com a exploração conjunta de uma notícia online relacionada com a possível criação de um robô enfermeiro para prestar ajuda nos hospitais em situação de combate à COVID-19. Em grande grupo, foram discutidas as vantagens deste avanço tecnológico e quais deveriam ser as características deste robô. Os alunos construíram um protótipo de um robô enfermeiro, usando o kit de robótica da Lego, EV3. Quando finalizada a cons-

trução, cada grupo (num total de 5 grupos) receberam o enunciado de um problema e a maquete de uma enfermaria, ficando cada grupo responsável pela resolução de um problema distinto. Em cada um dos problemas, existia um conjunto de tarefas introdutórias que serviam para os alunos se familiarizarem com a programação dos robôs. Após a resolução dos problemas, cada grupo apresentou à turma as suas resoluções e as estratégias desenvolvidas. Neste artigo, dedicamos a análise à resolução de dois desses problemas.

Resultados

Quando foi dada oportunidade para que os alunos analisassem a notícia e procurassem refletir acerca da construção de um robô enfermeiro para atuar em contexto Covid, os alunos assumiram o papel de cientistas e, para eles, as opções a serem tomadas eram importantes para que o robô tivesse efetivamente um desempenho eficiente. As condições físicas de mobilidade do robô, o seu consumo energético, bem como a capacidade de prestar auxílio emocional aos pacientes, foram aspetos referidos pelos alunos no momento de criar o robô (Diário de bordo, 15 de maio 2021), evidenciando que a problematização neste cenário de aprendizagem contribuiu para o desenvolvimento do seu espírito crítico, tido como a base para o desenvolvimento da sua autonomia (Marques, 2008).

Aos grupos de trabalho foram colocados diferentes problemas em enfermarias Covid. Esses problemas estavam relacionados com situações reais passíveis de acontecerem em enfermarias, tais como, a desinfeção das enfermarias, a colocação de alarmes sonoros para auxílio aos doentes ou a assistência direta aos pacientes no que diz respeito à sua medicação, medição de temperatura, etc. Este aspeto, subjacente à metodologia PBL (Ali, 2019; Ribeiro, 2019) foi preponderante para que os alunos experienciassem a resolução de problemas com natureza distinta dos que estavam habituados a resolver nas aulas de matemática.

Nas secções seguintes, analisamos o trabalho dos alunos na resolução de dois desses problemas. Apesar de existirem aspetos comuns nos problemas que aqui se discutem, as discussões aqui apresentada visa evidenciar aspetos analíticos distintos. No primeiro momento de análise, discutimos o papel mediador do robô para a aprendizagem de um lugar geométrico específico, a mediatriz, e o segundo momento permite discutir as evidências do potencial semiótico do robô para o desenvolvimento do pensamento computacional.

Problema de desinfecção da enfermaria 1a

Neste problema, resolvido usando a maquete visível na Figura 1, era pedido aos alunos que desinfetassem uma enfermaria covid, dadas certas condições. O enunciado era o seguinte: Um dos grandes problemas colocados ao robô enfermeiro é conseguir, de forma segura, fazer a desinfecção das enfermarias. [...] Para fazer a desinfecção, o robô tem de se colocar num lugar específico da enfermaria. Tem de estar à mesma distância da cama do paciente (ponto P) e do armário (ponto A). É necessário também que o robô respeite a distância de segurança, isto é, que esteja o mais longe possível do paciente. Descobre o ponto onde se irá colocar o robô enfermeiro de maneira a fazer a desinfecção nas condições exigidas e denomina-o de D (Santos, 2021).

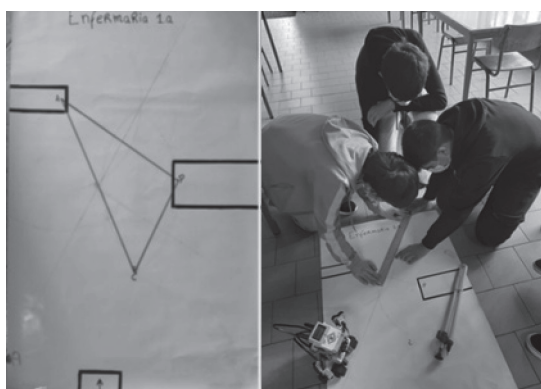


Figura 1 - Problema de desinfecção da enfermaria COVID 1a

Quando uma das investigadoras se dirigiu ao grupo, observou que os alunos tinham traçado a mediatriz do segmento [AP] e o robô estava posicionado no ponto médio do segmento (Diário de bordo, 20 de maio de 2021). Questionou os alunos acerca desta opção e um aluno do grupo procurou explicar:

- Aluno 1: O robô entra na enfermaria e vai para aqui [zona assinalada com a seta azul na figura] para estar à mesma distância do armário e do paciente.
- Investigadora: E assim o problema fica resolvido?
- Aluno 1: Assim ele está no meio, não é? Não era para estar à mesma distância?

- Investigadora: Sim. Mas e ele não precisa estar em segurança? Como garantimos isso?
- Aluno 2: Tem de estar longe do paciente, para não apanhar covid.
- Investigadora: Então o robô está bem aqui?
- Aluno 1: Mais longe ele estava mais seguro.
- Investigadora: E como garantimos isso? Que esteja à mesma distância de A e de P, mas que esteja longe do paciente?

Como os alunos não responderam, a investigadora posicionou o robô em outros pontos da mediatriz e questionou se esta nova trajetória ajudava em termos de segurança e se o robô se mantinha à mesma distância dos extremos do segmento. A discussão que se seguiu acerca da nova trajetória permitiu que os alunos negociassem a propriedade comum a todos os pontos da mediatriz e encontrassem o ponto D, onde se deveria posicionar o robô.

Este episódio traz-nos evidência dos esquemas de utilização levados a cabo pelos alunos (Rabardel, 1995; Drijvers & Trouche, 2008) quando resolveram os problemas com o robô. O facto de o robô ter de se posicionar à mesma distância de A e de P, e de não se deixar infetar, apelou à construção de signos pessoais que, numa primeira fase, ainda não se traduziam em signos matemáticos. Foi a discussão da trajetória eficiente com a investigadora, que permitiu aos alunos transformarem esses signos pessoais em signos matemáticos, nomeadamente a propriedade comum ao lugar geométrico em estudo, a mediatriz. O robô foi um artefacto mediador da aprendizagem matemática dos alunos, revelando potencial semiótico (Bartolini Bussi & Mariotti, 2008), uma vez que permitiu-lhes aceder ao conhecimento matemático visado. Contudo, não foi o artefacto por si só que potenciou essa aprendizagem. Também a forma como a investigadora orquestrou a tarefa e o seu desempenho didático (Drijvers et al., 2010), contribuíram para essa ressignificação.

Problema de desinfeção da enfermaria 2

O problema da enfermaria 2, cuja maquete se apresenta na Figura 2, tinha o seguinte enunciado: Quando o robô vai para a enfermaria 2, normalmente segue uma rota triangular. Entra em E, presta apoio ao paciente (ponto P) e desloca-se ao armário (ponto A), caso seja necessário recolher ou repor medicamentos. Sai da enfermaria, novamente no ponto E. Para

desinfetar a enfermaria pretende-se que o robô se coloque num ponto I que esteja à mesma distância dos lados do triângulo [EPA]. Descobre o ponto onde se irá colocar o robô enfermeiro de maneira a fazer a desinfecção nas condições exigidas e denomina-o de I. Encontrado o ponto I, descobre/traça um caminho de modo que o teu robô vá até cada lado do triângulo gastando o mínimo de energia (Santos, 2021).

Em termos geométricos, era pedido que o robô descrevesse uma trajetória triangular [EPA] e se colocasse à mesma distância dos lados do triângulo. Na resolução deste problema, à semelhança dos restantes, foi necessário que os alunos se abstraíssem do que era acessório no problema para se concentrarem no lugar geométrico que os ajudaria a chegar à solução, neste caso o incentro, resultante da intersecção das bissetrizes dos ângulos internos do triângulo.

O processo de abstração (DGE, 2021) foi concretizado com sucesso pelos alunos, uma vez que referiram que “se era para estar à mesma distância dos lados do triângulo, então traçamos as bissetrizes” (Diário de bordo, 20 de maio de 2021). Mas o problema pedia que após encontrar esse ponto específico, o robô enfermeiro se deslocasse até aos lados do triângulo construído, gastando o mínimo de energia, levando à apropriação do significado de perpendicularidade.



Figura 2 - Problema de desinfecção da enfermaria COVID 2

A resolução do problema implicou a sucessiva decomposição (DGE, 2021) do problema em novas tarefas que necessitavam ser resolvidas e o conhecimento matemático surgiu implicitamente ligado a essas tarefas, que estavam profundamente relacionadas com a trajetória que o robô teria de efetuar. Ao fazê-lo, os alunos reconheciam padrões (DGE, 2021) e testavam

hipóteses num processo recursivo de depuração (DGE, 2021), que levou a que pudessem criar algoritmos (DGE, 2021), ou seja, trajetórias válidas para o robô, que levassem a uma solução efetiva do problema proposto. Todas estas ações estão relacionadas com o desenvolvimento do pensamento computacional dos alunos, tal como são expressas pelas orientações curriculares e pela própria definição deste tipo de pensamento (DGE, 2021, Wing, 2017). A resolução do problema com o robô permitiu que as práticas inerentes ao desenvolvimento do pensamento computacional emergissem do seu uso, revelando o potencial semiótico do robô para a aprendizagem matemática, não só do lugar geométrico, como também do pensamento computacional.

Conclusão

Dado o momento no qual foi implementado o cenário de aprendizagem, a opção por uma estratégia didática baseada na metodologia PBL, favorecendo o pensamento crítico, a resolução de problemas reais e o trabalho em grupo, foi fundamental para o envolvimento e comprometimento dos alunos perante a sua aprendizagem. A definição do problema ou situação-problema de forma adequada (Ali, 2019) foi fundamental para o sucesso no uso desta metodologia.

Com os problemas propostos, não se esperava que todos os grupos chegassem à mesma solução, que a solução fosse única ou que os alunos estivessem todos a utilizar os mesmos procedimentos matemáticos. Este grau de imprevisibilidade colocou os alunos numa dinâmica de trabalho que pressuponha explorar diferentes estratégias de resolução, usar conhecimento matemático que apoiasse a exploração dessas estratégias e refletir sobre a adequabilidade das mesmas. Esse processo reflexivo foi apoiado pelo professor que assumiu o papel de tutor, moderador e condutor (Ribeiro, 2019) da exploração feita aos problemas.

A introdução da metodologia PBL, aliado ao uso do robô alterou a forma como determinadas tarefas e procedimentos matemáticos foram realizados, à luz da TMS, podemos afirmar que o potencial semiótico do robô, bem como a orquestração da professora/investigadora, foram cruciais para a aprendizagem matemática dos alunos envolvidos.

Referências bibliográficas

- Ali, S. S. (2019). Problem Based Learning: A Student-Centered Approach. *English Language Teaching*, 12(5), 73-78.
- Bartolini Bussi, M. G., & Mariotti, M. A. (2008). Semiotic mediation in the mathematics classroom: Artefacts and signs after a Vygotskian perspective. In L. English, M. Bartolini Bussi, G. Jones, R. Lesh & D. Tirosh (Eds.), *Handbook of international research in mathematics education, second revised edition* (pp. 746-783). Lawrence Erlbaum.
- Carroll, J.M. (2000). Five reasons for scenario-based design. *Interacting with Computers*, 13(1), 43-60.
- DGE (2021). *Aprendizagens Essenciais para o Ensino Básico*. <https://www.dge.mec.pt/aprendizagensessenciais-ensino-basico> em 10/02/2023
- Drijvers, P., Doorman, M., Boon, P., Reed, H., & Gravemeijer, K. (2010). The teacher and the tool: Instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics*, 75(2), 213-234.
- Drijvers, P., & Trouche, L. (2008). From artefacts to instruments: A theoretical framework behind the orchestra metaphor. In G. W. Blume & K. Heid (Eds.), *Research on technology and mathematics teaching and learning*, 2, 363-392. Information Age.
- Gephart, R. P. (2004). Qualitative Research and the Academy of Management Journal, 47(4), 454-462.
- Gouveia-Matos, J. A., & Araujo-Neto, W. (2013). Mediação Semiótica, Linguagem e Sociedade: Confluências entre os estudos de Ruqaya Hasan e os processos de câmbio representativo no ensino da Química. *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias* (pp. 1641-1645).
- Magalhães, J. M., Viseu, F., & Martins, P. M. (2016). Aprendizagem Matemática em contexto de projeto multidisciplinar: o pêndulo, *Atas do XIII Congresso SPCE* (pp. 765-775). SPCE.
- Mariotti, M. A. (2018). Semiotic mediation process. In *Atas XXIX Seminário de Investigação em Educação Matemática*. APM.
- Marques, R. (2008). *Dicionário Breve de Pedagogia*. Editorial Presença.
- Martins, S., & Santos, C. (2021). Um robô enfermeiro para tratamento ao COVID-19: Aprendizagem dos lugares geométricos com recurso a robôs e à resolução de problemas. *XXXI SIEM - Seminário de investigação em educação matemática* (pp. 238-250). APM.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies – Approche cognitive des instruments contemporains*. A. Colin.
- Ribeiro, G. H. (2019). *Matemática, Aprendizagem Baseada em Problemas: Metodologia inovadora no 9.º ano do ensino fundamental de uma escola pública*. Universidade Federal de Goiás, Brasil.

Ribeiro, E. S., & Irala, V. B. (2020). Uso da metodologia Problem-Based Learning pelas diferentes áreas do conhecimento no Brasil: Uma revisão integrativa. *Revista CPAQV*, 2(3), 1-12.

Santos, C. (2021). *Aprendizagem dos lugares geométricos por alunos de 9.º ano num cenário de aprendizagem com robôs*. [Dissertação de Mestrado]. Universidade da Madeira, Portugal.

Silva, V., & Dejusta, M. (2009). A abordagem PBL e suas possibilidades no ensino da matemática. *XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica & IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação*. Universidade do Vale do Paraíba.

Wing, J. M. (2017). Computational thinking's influence on research and education for all. *Italian Journal of Educational Technology*, 25(2), 7-14. <https://doi.org/10.17471/2499-4324/922>