O Boletim de Conjuntura (BOCA) publica ensaios, artigos de revisão, artigos teóricos e empíricos, resenhas e vídeos relacionados às temáticas de políticas públicas.

O periódico tem como escopo a publicação de trabalhos inéditos e originais, nacionais ou internacionais que versem sobre Políticas Públicas, resultantes de pesquisas científicas e reflexões teóricas e empíricas.

Esta revista oferece acesso livre imediato ao seu conteúdo, seguindo o princípio de que disponibilizar gratuitamente o conhecimento científico ao público proporciona maior democratizacão mundial do conhecimento.



BOLETIM DE CONJUNTURA

BOCA

Ano V | Volume 16 | Nº 47 | Boa Vista | 2023

http://www.ioles.com.br/boca

ISSN: 2675-1488

https://doi.org/10.5281/zenodo.10207026

BOLETIM DE CONJUNTURA

www.ioles.com.br/boca

A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL A PARTIR DO RACIOCÍNIO QUALITATIVO: PANORAMA DE MATERIAIS DIDÁTICOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS NATURAIS

Paulo Vitor Teodoro[1]

Deuzelita Correia Machado Gomes[2]

Liliane dos Reis Raimundo Silva[3]

Resumo

Este trabalho discute o uso da Inteligência Artificial (IA), por meio de modelos qualitativos de simulação, como materiais didáticos no ensino de Ciências. Para tanto, esta pesquisa objetivou-se em identificar os materiais produzidos e publicados na literatura brasileira no período compreendido entre 2000 e 2022, fundamentados no Raciocínio Qualitativo (RQ). O RQ é uma área da IA que busca desenvolver o raciocínio simbólico para compreender o funcionamento de sistemas complexos, geralmente interdisciplinares, por meio de modelos qualitativos. Para esta revisão, utilizamos a base de dados do *Google Scholar*, a partir da estratégia de busca, construída com o auxílio dos operadores booleanos "*modelos de simulação*" OR "*modelos qualitativos*" OR "*raciocínio qualitativo*", para textos na língua portuguesa. Os dados foram tabulados e, depois, categorizados para discussão. Ao total, foram encontrados 19 trabalhos, sendo: oito voltados para o ensino de Ciências, do seguimento 'Ensino Fundamental II'; quatro textos relacionados ao ensino de Química; quatro que discutem o RQ para estudantes surdos; uma produção para a área de ensino de física; uma produção relacionada a biologia; e, finalmente, um texto voltado para a inclusão de surdos e ouvintes. Esta revisão de literatura mostrou que ainda são poucos trabalhos que se apropriam do uso de materiais didáticos, baseados em RQ, para a sala de aula. Esse baixo número de produções se deve, possivelmente, pela recente chegada, do RQ, em âmbito nacional. Ademais, a IA, por meio do RQ, tem-se mostrado com potencial, uma vez que estudantes podem utilizar modelos qualitativos de simulação para favorecer o desenvolvimento do raciocínio lógico hipotético-dedutivo, especialmente de forma visual.

Palavras-chave: Ensino de Ciências; Material Didático; Raciocínio Qualitativo.

Abstract

This paper discusses the use of Artificial Intelligence (AI), through qualitative simulation models, as teaching materials in science teaching. To this end, this research aimed to identify materials produced and published in Brazilian literature from 2000 to 2022, based on Qualitative Reasoning (RQ). RQ is an area of AI that seeks to develop symbolic reasoning to understand the functioning of complex systems, generally interdisciplinary, through qualitative models. For this review, we used the Google Scholar database, based on the search strategy, built with the help of the Boolean operators "simulation models" OR "qualitative models" OR "qualitative reasoning", for texts in Portuguese. The data was tabulated and then categorized for discussion. In total, 19 works were found, of which: eight focused on science teaching, from the 'Middle School segment; four texts related to the teaching of Chemistry; four that discuss RQ for deaf students; a production for the area of physics teaching; a production related to biology; and, finally, a text aimed at the inclusion of deaf and hearing people. This literature review showed that there are still few works that appropriate the use of teaching materials, based on RQ, for the classroom. This low number of productions is possibly due to the recent arrival of RQ nationwide. Furthermore, AI, through RQ, has shown potential, since students can use qualitative simulation models to allow students to develop hypothetical-deductive logical reasoning, especially in a visual way.

Keywords: Qualitative Reasoning; Science Education; Teaching Materials.

[1] Professor da Universidade Federal de Uberlândia (UFU). Doutor em Educação em Ciências pela Universidade de Brasília (UnB). E-mail para contato: paulovitorteodoro@ufu.br

[2] Professora da Educação Básica. Graduada em Ciências Naturais pelo Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Goiano (IF Goiano). E-mail: deuzelita.Machado@ifgoiano.edu.br

[3] Professora da Educação Básica. Graduada em Ciências Naturais pelo Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Goiano (IF Goiano). E-mail: liliane.reis@ifgoiano.edu.br

INTRODUÇÃO

O uso de recursos didáticos, por meio da Inteligência Artificial (IA), baseado em Raciocínio Qualitativo (RQ), tem sido alvo de investigações por pesquisadores/as no Brasil, e também em outros países. No Brasil, as publicações em língua portuguesa que se apropriam da IA, pela via do RQ, ainda são recentes: elas começam a aparecer no início da década de 2000, após o 17.º *International Workshop on Qualitative Reasoning*, que aconteceu na cidade de Brasília/DF. Nesse sentido, buscamos, neste trabalho, apresentar um panorama, na literatura nacional, dos materiais didáticos que se apropriam da IA, por meio do RQ, no ensino de Ciências, no período compreendido entre 2000 e 2022.

A materialização do RQ no ensino de Ciências pode ser viabilizada por meio de técnicas de modelagem e com o auxílio da IA. Mas, afinal, o que é o Raciocínio Qualitativo? O RQ é uma das áreas da IA que busca desenvolver o raciocínio simbólico para representar funções matemáticas, mas, sem o uso de dados numéricos. Assim, com o auxílio de técnicas desenvolvidas em IA, modelos podem ser construídos para representar a estrutura e o funcionamento de sistemas diversos, ressaltando relações de causa e efeito e gerando a previsão de resultados. Esses modelos podem ser utilizados com eficácia em situações que não exigem respostas exatas, por exemplo, na descrição do comportamento de sistemas, com explicações e previsões de fenômenos naturais.

Na literatura nacional, temos vários materiais didáticos (por exemplo, jogos, aplicativos, tabuleiros, experimentos, entre outros) que objetivam em revisar assuntos específicos da Ciência, promover a socialização e motivar os estudantes. Todos esses materiais são importantíssimos para o processo educacional; porém, ainda, muitos deles são limitados quando pensamos em estratégias pedagógicas que, de fato, promovam a autonomia e o protagonismo dos estudantes (individual e coletivo), a formação crítica, o desenvolvimento de uma visão sistêmica de mundo, a apropriação do conhecimento e, ainda, que ofereçam oportunidades para a tomada de decisões. Um grande gargalo na Educação em Ciências se refere em recursos que o próprio professor, junto com os estudantes, possa elaborar os seus materiais. Estes podem ser criados a partir da construção de modelos de simulação, os quais permitem inserir os estudantes como protagonistas no processo de aprendizagem.

Os modelos possibilitam representações abstratas dos sistemas físicos e naturais, mostrando as relações de causalidade e previsão de possíveis resultados. E, com efeito, a modelagem pode ser utilizada no entendimento de sistemas dinâmicos naturais. Assim, os modelos são, além de representações do conhecimento, um recurso para ser utilizado como material didático adequado para compreensão de fenômenos. Mas, quais são os materiais didáticos, baseados em RQ, no Ensino de Ciências, produzidos e publicados na literatura nacional? Esta é a pergunta que orientou a condução

deste trabalho. Após a sistematização do panorama de materiais didáticos produzidos na vertente da IA, pela via do RQ, podemos sinalizar caminhos para futuros trabalhos de pesquisa, assim como potencialidades que esses materiais reverberam para avançarmos no ensino de Ciências, em âmbito nacional.

Este texto está subdividido em cinco seções, sendo a primeira essa breve introdução, com a apresentação do problema de pesquisa e objetivo. A seção seguinte está dedicada a apresentação da revisão da literatura a assuntos importantes de embasamento, como: a IA por meio do RQ; a bancada de modelagem para a construção de modelos; e, ainda, a Teoria Qualitativa dos Processos. A terceira seção indica a metodologia utilizada, delimitada com as estratégias de busca na base de dados e com os critérios de elegibilidade para seleção dos textos. A quarta seção apresenta os resultados encontrados na pesquisa, com discussão desses dados, no âmbito do ensino de Ciências. Finalmente, a apresentamos as considerações finais.

O RACIOCÍNIO QUALITATIVO

Pesquisas anteriores, como as descritas em Bredeweg *et al*. (2013), Cavalcante (2015), Bredeweg *et al*. (2021), Kragten *et al*. (2021), Kragten e Bredeweg (2023), dentre outras, mostram que materiais didáticos, baseados em RQ, têm potencial para favorecer o processo de ensino e aprendizagem, dando condições para que os estudantes possam desenvolver habilidades específicas, tais como abstrair informações relevantes do mundo real, resolver situações problema e agir de forma crítica na tomada de decisões. Os materiais didáticos, baseados em RQ, podem ser construídos na bancada de modelagem DynaLearn (BREDEWEG *et al*., 2013; BREDEWEG *et al*., 2021). Mas, além do ensino de Ciências Naturais em sala de aula, Bastos (2014) mostra que os modelos qualitativos, elaborados em RQ, também são recursos que podem ser utilizados em cursos de formação de professores, inclusive, na educação a distância. De fato, Souza (2019) mostra que a ferramenta do uso da IA por meio da construção de modelos colaborativos, simultaneamente, na plataforma *Dynaweb*, viabiliza trabalhos de modelagem a distância.

O raciocínio e a compreensão de atividades complexas, especialmente no ensino de Ciências Naturais, são considerados alvos de dificuldades de muitos dos estudantes da educação básica (ALVES, 2015). Com isso, uma área da Inteligência Artificial (IA), denominada Raciocínio Qualitativo (RQ), busca desenvolver o raciocínio simbólico para representar funções matemáticas [sem o uso de dados numéricos]. O RQ favorece a representação conceitual de sistemas (KRAGTEN *et al*., 2021; KRAGTEN; BREDEWEG, 2023), especificando as suas propriedades contínuas, tais como quantidades,

espaço e tempo, usando distinções qualitativas, conceitualmente relevantes. Essa representação conceitual é fundamentado na Teoria Qualitativa dos Processos (TQP), em que sistemas são elaborados a partir de um conjunto de objetos (LIEM, 2013; CAVALCANTE, 2015). Esses objetos, conhecido como 'Entidades', se interrelacionam em um sistema. Em outras palavras, as entidades e as relações entre elas constituem a estrutura básica de um sistema.

As propriedades que os objetos podem receber são descritas pelas variáveis [que podem ser chamadas de quantidades]. Essas possuem as características variáveis, representadas pelo que chamamos de <Magnitude, Derivada>. Entre as quantidades, representadas pelas propriedades dos objetos, são estabelecidas relações que se interagem por meio de influências (diretas ou indiretas). As influências diretas [representadas por I+] descrevem os mecanismos que causam mudanças no sistema de forma direta (proporcional). Por outro lado, as influências indiretas [I–] causam mudanças inversas no sistema. As influências representam as relações causais e matemáticas entre as variáveis do sistema a ser modelado, e podem ser usadas para construir equações (qualitativas) nos modelos qualitativos (CAVALCANTE, 2015; ALVES, 2015).

No RQ, a representação do efeito temporal é inerente a mudanças nos valores qualitativos das variáveis. As mudanças nos valores representam a passagem do tempo. A magnitude constitui a quantidade de uma variável, e a derivada, a direção (o caminho para a simulação) da mudança do valor dessa variável. Os valores para a magnitude são retratados por um Espaço Quantitativo (EQ), isto é, EQ= {pequeno, médio, grande}. Se a derivada estiver aumentando, o valor referente ao EQ fará com que a variável sairá do valor 'pequeno' e passará para o valor 'médio' (ou sairá do valor 'médio' e passará para o valor 'grande'). Na seção de 'Resultados e Discussão' será apresentado um exemplo do modelo qualitativo.

Assim, modelos baseados em RQ simbolizam a dinâmica de sistemas, as relações causais e permitem prever o comportamento do sistema, dadas as condições iniciais das simulações. Essas características podem favorecer aplicações em atividades educacionais, nas quais se estimula o desenvolvimento de raciocínio hipotético-dedutivo e a criatividade do usuário (SALLES; GAUCHE; VIRMOND, 2004; ALVES, 2015).

Atualmente, já existem resultados que atestam a colaboração do uso de modelos qualitativos com o processo educacional, por meio de representações sistêmicas, de fenômenos ecológicos (BASTOS, 2014; ALVES, 2015). Alves (2015) desenvolveu materiais pedagógicos na área de Ciências, por observar silogismos em questões naturais, como o desmatamento. Bastos (2014), por meio de um estudo de caso com discentes de um curso de licenciatura em Ciências Biológicas da Universidade de Brasília

(UnB), produziu e apresentou uma proposta de disciplina, na modalidade à distância, focada na dinâmica de sistemas para o referido curso.

Resende (2010) avaliou os efeitos de modelos qualitativos sobre o desenvolvimento de habilidades linguísticas e a aprendizagem de conceitos científicos por aprendizes surdos e ouvintes, separadamente. Os modelos avaliados apresentam um estudo sobre conteúdos de Ciências, especialmente populações, aquecimento global e combustível. Resende (2010) considerou, também, que os modelos qualitativos contribuem significativamente para a aquisição de conceitos científicos por estudantes surdos e ouvintes e para o desenvolvimento de seu raciocínio inferencial.

Leão (2011) investigou uma proposta para sintetizar e formalizar o conhecimento sobre a biologia das populações, resumido pela teoria de Metapopulações. A autora estudou, principalmente, o comportamento dessa rede, considerando o conceito clássico desenvolvido por Levins, a proposta de Pulliam sobre metapopulações do tipo fonte-sumidouro e, também, o modelo integrado de conservação. Leão (2011) elaborou modelos, baseados em RQ, com o desenvolvimento de ideias incorporadas à base da teoria de metapopulações, úteis para comparar hipóteses e pressupostos envolvidos nos diferentes pontos de vista sobre esse tema.

Cavalcante (2015) desenvolveu modelos qualitativos, discutindo agentes e conteúdos que integram a área de Ciências, como madeireiros, ambientalistas e biodiversidade, doenças do sistema circulatório humano, aparelho reprodutor masculino, aparelho reprodutor feminino e gravidez. O autor aponta a possibilidade de utilizar um agente aprendiz virtual, o qual assume a figura de um animal de estimação, que tem como função fazer com que o estudante sinta que novos conhecimentos estão sendo ensinados a ele. O estudioso explicita que é possível o estudante aprender, durante a construção de modelos qualitativos de simulação, enquanto ensina o "animal de estimação". E ainda mostrou que os modelos, baseados em RQ, aumentam a motivação e o desempenho dos aprendizes na compreensão da estrutura e do funcionamento do sistema em estudo, quando comparados a situações nas quais fazem a leitura de textos sem modelos e modelam sem o apoio do aprendiz virtual. Segundo o autor, os estudantes se sentiram mais motivados para o estudo dos conceitos de Ciências, e a professora considerou muito produtivo o uso dos agentes virtuais para seu trabalho docente.

Souza (2019), em sua pesquisa de doutoramento, realizou um estudo minucioso sobre o RQ e suas possibilidades de utilização por meio dos *softwares* implementados: *DynaLearn* e *DynaWeb*. Atualmente, utilizamos o *DynaWeb* para modelagem, uma vez que essa é uma versão mais atualizada, em relação ao *DynaLearn* [instalado em computadores]. Souza (2019) aponta os inúmeros benefícios da modelagem baseada em RQ na ciência e na educação científica, inclusive o de possibilitar a construção de conhecimento.

O referido autor apresenta, ainda, uma análise sobre as dificuldades encontradas para modelagem, por meio do RQ. Ele considerou que os principais pontos que dificultam a modelagem se originam no uso da ferramenta. Por conta disso, o pesquisador propõe o desenvolvimento de modelos que identifiquem os procedimentos, estrutura e funcionamento de sistemas.

O RQ também tem sido útil para discentes na representação de sistemas qualitativos variáveis, além de auxiliar na formação do pensamento científico e mais amplo/crítico. Souza (2019) também aponta que, com o RQ, aprendizes aumentam suas habilidades cognitivas no sentido de aprimorar a capacidade de fazer inferências explorando as relações causais, após as atividades de modelagem realizadas pelos professores da educação básica.

PERCURSO METODOLÓGICO

Esta pesquisa se apresenta como uma Revisão Bibliográfica da Literatura, na medida em que evidencia trabalhos que abordam a IA, fundamentada em RQ, no ensino de Ciências Naturais. A revisão bibliográfica é uma estratégia adotada quando se deseja avaliar, num universo de produções, o que tem sido abordado na literatura sobre um determinado assunto, assim como fazer correlações e sintetizar os resultados de estudos primários.

O levantamento de materiais foi realizado utilizando-se da base de dados do *Google Scholar*, de onde foram selecionados os respectivos textos científicos analisados. Foi dado enfoque somente a textos em português e que estivessem relacionados com a Inteligência Artificial, por meio do RQ, no ensino de Ciências Naturais – Química, Biologia, Física ou Ciências do Ensino Fundamental), publicados a partir de 2000 até 2022. O período foi escolhido por dois motivos: o primeiro se refere ao fato de que as produções sobre a IA, pela via do RQ, em língua portuguesa, no Brasil, deram início no início da década de 2000.

Foram excluídos deste estudo relatórios, resenhas, resumos, monografias e entrevistas. Cabe destacar a importância desses tipos de produções, porém, não contemplam o foco e a estratégia de busca, deste trabalho. Selecionamos somente artigos publicados em revistas científicas, trabalhos completos publicados em atas ou anais de congressos científicos, dissertações e teses. O quadro 1 apresenta de forma sintética os critérios de seleção, inclusão e exclusão, mencionados:

Para a seleção das publicações foi utilizado os seguintes descritores: Raciocínio Qualitativo; Modelos de simulação; modelos qualitativos. Para tanto, utilizou-se, como estratégia de busca, os operadores booleanos, no título da produção, como seguem: “modelos de simulação” OR “modelos qualitativo” OR “raciocínio qualitativo”, para textos em português. Os itens utilizados na investigação

dos artigos selecionados foram tabulados em planilha de edição de cálculo (Excel, versão Windows 8.1), com os seguintes parâmetros: título; ano da publicação; e foco principal da pesquisa.

Quadro 1 - Critérios de inclusão e exclusão de *papers* neste trabalho

Critérios de seleção	Critérios de inclusão	Critérios de exclusão
Estudos fundamentados no RQ	Produções para o ensino de Ciências Naturais	Estudos que não abordam o ensino de Ciências Naturais
Horizonte temporal	Últimos 22 anos (2000-2022)	>22 anos
tipos do estudo	Artigos, trabalhos completos de congressos científicos, dissertações e teses.	Resumos, relatórios, resenhas, monografias e entrevistas
Idioma	Língua Portuguesa	Outros

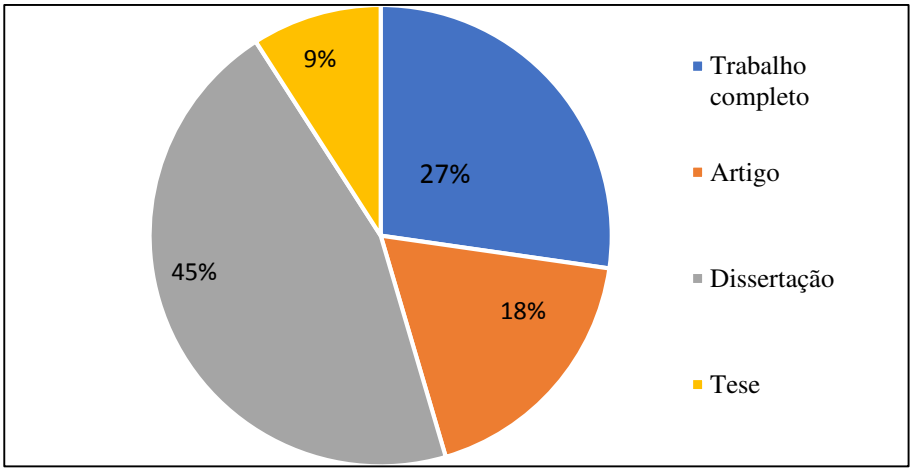
Fonte: Elaboração própria.

Depois da tabulação, elencamos seis categorias para os referidos trabalhos, a saber: 1- materiais didáticos para o ensino de Ciências no seguimento 'Ensino Fundamental II'; 2- materiais didáticos para o ensino de Química; 3- materiais didáticos para estudantes surdos; 4- materiais didáticos para o ensino de física; 5- materiais didáticos para o ensino de Biologia; 6- materiais didáticos para estudantes surdos e ouvintes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca ativa para a seleção de textos, aconteceu na base de dados do *Google Scholar*. Nessa, foram encontrados, ao total, 19 produções, dentre trabalhos completos publicados em atas de conferências, artigos (*papers*), dissertações e teses. Outras produções, como relatório, entrevistas, monografias, resumos simples, resumos completos, dentre outros, foram desconsiderados nesta pesquisa. Das 19 produções, excluímos aquelas relacionadadas a engenharia, administração, dentre outras que não estavam relacionadas com a área de ensino/educação. Assim, ficaram 11 produções para a categorização, deste trabalho. No Gráfico 1, seguem os textos encontrados no mapeamento bibliográfico:

Gráfico 1 - Produções encontradas na busca ativa



Fonte: Elaboração própria.

Os trabalhos encontrados na busca, seguem tabulados, no Quadro 2, com os parâmetros: título, autor(es), ano, tipo da produção, foco da produção.

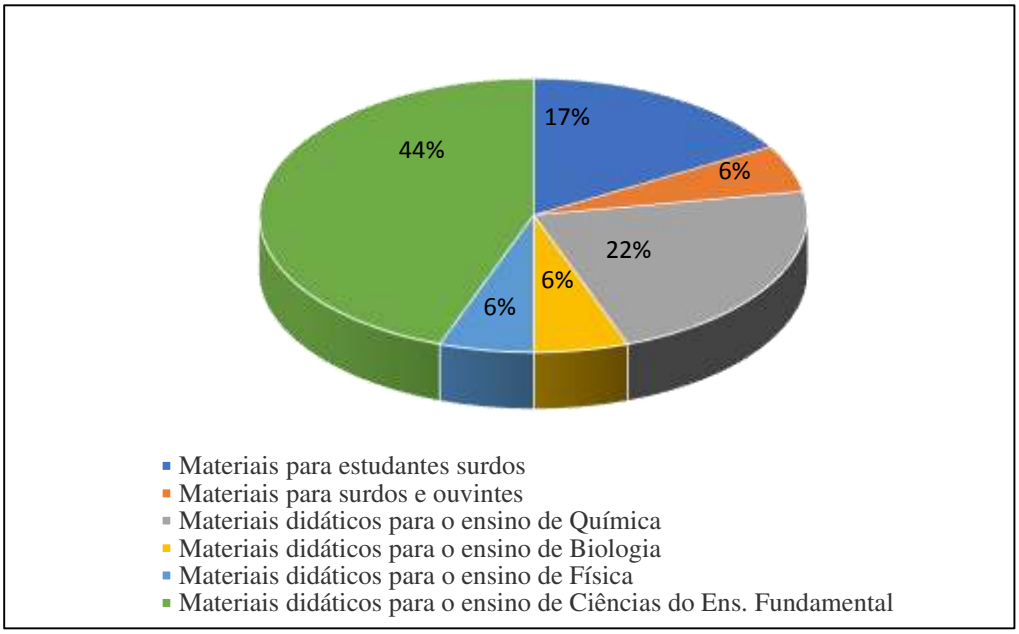
Quadro 2 - Produções encontradas na busca sobre a modelagem qualitativa

N.º	Título	Autor(es)	Ano	Tipo da produção	Foco da produção
I	A investigação da construção de modelos no estudo de um tópico de física utilizando um ambiente de modelagem computacional qualitativo	Thiéberson Gomes e Laércio Ferracioli	2006	Artigo	Proposição de materiais didáticos para o ensino de física
II	Aplicação de modelos qualitativos à educação científica de surdos	Gisele Morisson Feltrini	2009	Dissertação	Proposição de material didático, em Ciências Naturais, para estudantes surdos
III	Aplicando modelos de raciocínio qualitativo ao ensino de Ciências de estudantes surdos	Gisele Feltrini, Paulo Salles, Mônica M. Resende, Isabella Gontijo de Sá, Heloísa M. M. L. Salles	2009	Trabalho completo em anais de atas de congresso	Proposição de material didático, na área de Ciências Naturais, para estudantes surdos.
IV	Avaliação do uso de modelos qualitativos como instrumento didático no ensino de ciências para estudantes surdos e ouvintes	Mônica Maria Pereira Resende	2010	Dissertação	Proposição de material didático, em Ciências Naturais, para estudantes surdos e ouvintes
V	Introdução à dinâmica de sistemas: proposta de disciplina a distância para curso de licenciatura em biologia, com uso de modelos qualitativos	Rejane Caixeta Gonçalves Bastos	2014	Dissertação	Proposta de curso para o ensino de Biologia.
VI	Raciocínio qualitativo e desenvolvimento de raciocínio hipotético-dedutivo	Fabrício Bechepeche Aves	2015	Dissertação	Materiais didáticos para o ensino de Ciências no Ens. Fundamental II
VII	Ensino de Ciências para alunos surdos: aplicação de modelo qualitativo baseado em raciocinio qualitativo para alunos do ensino fundamental I	Marco Aurelio Tupinambá	2016	Dissertação	Proposição de material didático, em Ciências Naturais, para estudantes surdos
VIII	Elementos para a elaboração de uma estratégia didática para o ensino de Química, destinada ao aprendizado de surdos e ouvintes, baseada em Raciocínio Qualitativo	Paulo Vitor Teodoro de Souza, Paulo Salles e Ricardo Gauche	2016	Trabalho completo publicado em anais de atas de congressos	Proposição de materiais didáticos para o ensino de Química
IX	Um modelo de simulação baseado em raciocínio qualitativo para a educação em ciências	Paulo Vitor Teodoro de Souza, Paulo Salles e Ricardo Gauche	2017	Artigo	Proposição de materiais didáticos para o ensino de Ciências/Química
X	Modelos de simulação qualitativos como estratégia para o ensino de Ciências	Paulo Vitor Teodoro de Souza	2019	Tese	Proposição de materiais didáticos em Ciências/ Química
XI	O uso de modelos qualitativos como recurso didático para o Ensino de Ciência	Paulo Vitor Teodoro de Souza, Paulo Salles e Ricardo Gauche	2019	Trabalho completo em anais de atas de congresso	Proposição de materiais didáticos para o ensino de Ciências/Química

Fonte: Elaboração própria.

No gráfico 2, podemos encontrar os focos das produções encontradas na busca, sendo que, alguns trabalhos, se encaixaram em duas categorias. Por exemplo, o trabalho de Feltrini (2009) que se propôs aplicar modelos qualitativos, do ensino de Ciências, à educação de surdos. Dessa forma, a produção esteve nas categorias 'Materiais para estudantes surdos' e 'Materiais didáticos para o ensino de Ciências do Ensino Fundamental'.

Gráfico 2 – produções encontradas na base de dados do *Google Scholar*

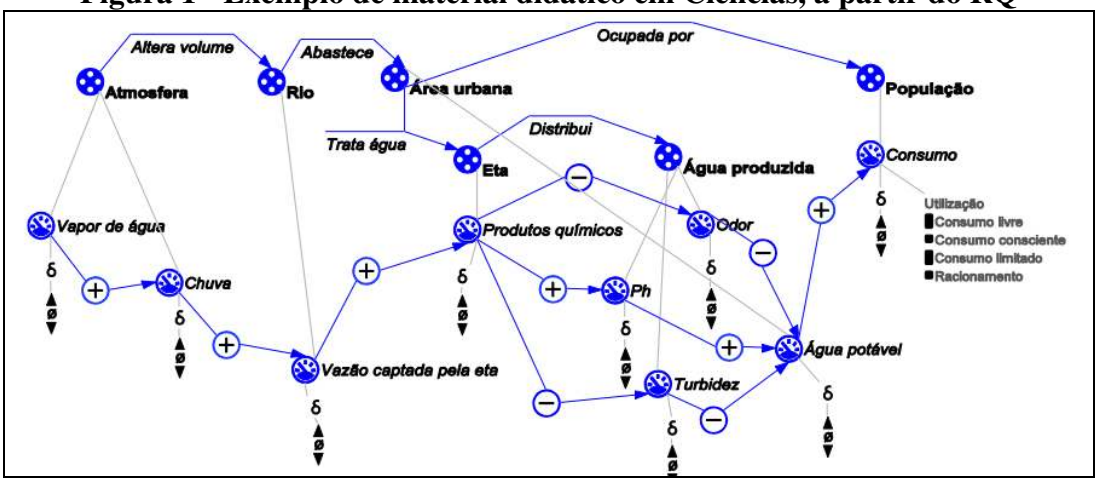


Fonte: Elaboração própria.

Podemos perceber um número maior de produções voltadas para o ensino de Ciências para o seguimento 'Ensino Fundamental II' (oito trabalhos). Na sequência, tivemos quatro trabalhos voltados para estudantes surdos e quatro trabalhos voltados para a área de Química. Finalmente, encontramos uma produção da área de física, outra para a inclusão de surdos e ouvintes, em um mesmo espaço de aprendizagem, e outro para a formação de professores em Biologia.

O número mais expressivo para a utilização do RQ, se dá na educação em ciências. De fato, o RQ se mostra como estratégia com potencial para o ensino de Ciências, especialmente por representar fenômenos naturais e, por vezes, interdisciplinares. Conforme mostram Kragten *et al*. (2021), Kragten e Bredeweg (2023), dentre outros pesquisadores, a representação conceitual viabiliza selecionar um conjunto de objetos principais de um sistema, com as especificações de suas propriedades. Por exemplo, podemos perceber essa correlação em um dos materiais coletados, nesta revisão, na Figura 1:

Figura 1 - Exemplo de material didático em Ciências, a partir do RQ



Fonte: Souza; Salles; Gauche (2017).

O trabalho IV, coletado nesta revisão, traz o material acima (Figura 1) como uma forma possível de explorar conceitos relacionados as Ciências Naturais, como *Chuva*, *Estação de Tratamento de água*, *potabilidade da água*, dentre outros, por meio da IA, fundamentada em RQ. Assim, os modelos são potentes para representar conceitos e suas interrelações no ensino de Ciências, o que justifica encontrarmos o número mais expressivo de materiais didáticos, nessa área do conhecimento. Além desses, encontramos ainda quatro produções relacionadas ao ensino de Química (VIII, IX, X e XI). Por meio da Figura 1, podemos, também, perceber um exemplo de abordagem de conceitos estudados na Química, junto ao RQ. Na referida Figura, podemos perceber algumas variáveis que viabilizam a discussão sobre as propriedades físico-químicas em sala de aula, como o *pH*, a *turbidez da água* e o *odor*.

Além disso, os modelos se apropriam de recursos visuais (BREDEWEG *et al*., 2021), os quais possibilitam o desenvolvimento de um raciocínio lógico e perceptivo de estudantes surdos acerca dos fenômenos. Assim, encontramos quatro produções que buscam corroborar com estudantes surdos (II, III, IV, VII), especialmente por explorar de recursos visuais. Segundo Feltrini (2009), o RQ tem-se mostrado eficiente uma vez que estudantes podem utilizar modelos qualitativos de simulação para permitir a discentes surdos desenvolver um raciocínio lógico hipotético-dedutivo, especialmente de forma visual. Cabe destacar já temos, na literatura, um glossário de sinais específicos para a modelagem, conforme mostra Feltrini (2009), inclusive, validados junto à comunidade surda.

Além disso, compondo outra categoria de nosso estudo, Resende (2010) mostra que os modelos qualitativos podem ser utilizados em sala de aula que apresentam estudantes surdos e ouvintes. De fato, um material didático que faz o uso de recursos visuais e que, portanto, colabora para a aprendizagem de estudantes surdos, pode ser, também, uma importante estratégia para auxiliar os estudantes ouvintes em

sala de aula. Ou seja, é um material que pode ser usado, tanto por surdos quanto por ouvintes nas aulas de Ciências. Isso é importante, pois, geralmente, é comum que os professores utilizem de recursos diferentes para estudantes surdos ou ouvintes. Neste caso, uma mesma estratégia (a modelagem qualitativa) tem potencial para auxiliar ambos os grupos, no processo de ensino-aprendizagem, em sala de aula.

Uma outra categoria de nossas análises, voltadas para o ensino de Biologia, encontramos uma única produção (V). Nesse texto, Bastos (2014) apresentou uma proposta de disciplina que se apropria da modelagem para ser incluída no currículo do curso de Licenciatura em Biologia, para que, dessa forma, os futuros professores de Biologia tenham condições e materiais para que possam utilizar tais recursos, como estratégia de ensino em sala de aula, dado o potencial dos modelos para a sala de aula (porém, ainda recente, no Brasil).

Finalmente, a produção I, voltada para a área de física, em que Ferraciolli (2006) mostra um estudo que investigou a interação entre estudantes universitários e um ambiente de modelagem computacional qualitativa. Ferracioloi (2006) mostra que os estudantes da área de física (da graduação) foram capazes de criar e modificar modelos, a partir de suas próprias concepções. Esse é um grande potencial dos modelos qualitativos como materiais didáticos no ensino de Ciências Naturais: a possibilidade de professores e estudantes criar e adaptar os seus próprios recursos didáticos. É importante destacar, neste texto, que, das produções encontradas, duas delas (identificadas com o número I e com o número V), foram desenvolvidas com o foco no ensino superior (graduação). As demais, foram planejadas, desenvolvidas e levadas para a sala de aula, no contexto da educação básica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho buscou apresentar as contribuições do RQ no ensino de Ciências Naturais, no período compreendido entre 2000 e 2022. Para isso, mapeamos, na literatura nacional, as produções de materiais didáticos a partir da modelagem qualitativa. Ao total, encontramos 19 produções, sendo: trabalhos completos, publicados em atas de conferências; artigos; dissertações e teses. Cabe destacar que outros tipos de produções, como resumos simples, relatórios e *e-books* não contemplaram o foco deste trabalho.

Dessa forma, identificamos os trabalhos científicos, no âmbito da IA, sobre modelos qualitativos, publicados na literatura nacional e, ainda, subdividimos em categorias, as produções selecionadas: oito trabalhos com estratégias voltadas para o ensino de Ciências do Ensino Fundamental II; quatro proposições de materiais didáticos para estudantes surdos; quatro materiais didáticos voltados para o

ensino de Química; um trabalho voltado para a para área da Física e, outro, para a Biologia. Além desses, apresentamos, ainda, uma proposição que viabiliza o trabalho com surdos e ouvintes, na escola de educação básica.

Uma lacuna que percebemos, neste cenário avaliado, é a baixa quantidade de materiais didáticos voltados para a Química, a Física e a Biologia. Ainda que tivemos quatro trabalhos da área de Química, consideramos um número relativamente baixo, quando comparamos com a vasta gama de conteúdos estudados na Educação Básica, desde a Química Geral, até a Química Orgânica. Existe um número expressivo de fenômenos que podem ser representados, por meio da modelagem qualitativa. Em se tratando dos trabalhos voltados para a Física e para a Biologia, os dados apresentados aqui, neste texto, mostram que são lacunas que merecem dedicação por pesquisadores da área, para avançarmos na produção de materiais didáticos, no que se refere a modelagem qualitativa.

REFERÊNCIAS

ALVES, F. B. **Raciocínio qualitativo e desenvolvimento de raciocínio hipotético-dedutivo**: uma proposta para alunos surdos (Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências). Brasília: UnB, 2015.

BASTOS, R. C. G. **Introdução à dinâmica de sistemas**: proposta de disciplina a distância para curso de licenciatura em biologia, com uso de modelos qualitativos (Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências). Brasília: UnB, 2014.

BREDEWEG, B. *et al*. "DynaLearn – An Intelligent Learning Environment for Learning Conceptual Knowledge". **AI Magazine**, vol. 34, n. 4, 2013.

BREDEWEG, B. *et al*. "Qualitative Representations for Systems Thinking in Secondary Education". **Proceedings at 34th International Workshop on Qualitative Reasoning**. Montreal: IJCAI, 2021.

CAVALCANTE, T. F. **Avaliação do Uso de Modelagem Qualitativa com Apoio de Agentes Aprendizes Virtuais na Compreensão da Dinâmica de Sistemas por Alunos do Ensino Fundamental** (Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências). Brasília: UnB, 2015.

FELTRINI, G. M. **Aplicação de modelos qualitativos à educação científica de surdos** (Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências). Brasília: UnB, 2009.

KRAGTEN, M. *et al*. "Learning Domain Knowledge and Systems Thinking using Qualitative Representations in Secondary Education (grade 9-10)". **Proceedings at 34th International workshop on Qualitative Reasoning**. Montreal: IJCAI, 2021.

KRAGTEN, M.; BREDEWEG, B. "Describing the characteristics of circular and elliptical motion using qualitative representations". **Proceedings at 36th International Workshop on Qualitative Reasoning**. Krakow: IJCAI, 2023.

LEÃO, I. G. S. **O uso de modelos de Raciocínio Qualitativo para investigar a teoria e a dinâmica de metapopulações** (Dissertação de Mestrado em Ecologia). Brasília: UnB, 2011.

LIEM, J. **Supporting Conceptual Modelling of Dynamic Systems**: A Knowledge Engineering Perspective on Qualitative Reasoning (PhD Thesis in Computer science). Amsterdam: UvA, 2013.

RESENDE, M. M. P**. Avaliação do uso de modelos qualitativos como instrumento didático no ensino de Ciências para estudantes surdos e ouvintes** (Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências). Brasília: UnB, 2010.

SALLES, P.; GAUCHE R.; VIRMOND P. A. "Qualitative Model of Daniell Cell for Chemical Education". **Proceedings of the Computer Science Conference**. Heidelberg: ITS, 2004.

SOUZA, P. V.; SALLES, P.; GAUCHE, R. "O uso de modelos qualitativos como recurso didático para o ensino de Ciências". **Anais do XII Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências**. Natal: UFRN, 2019.

SOUZA, P. V.; SALLES, P.; GAUCHE, R. "Um modelo de simulação baseado em raciocínio qualitativo para a educação em ciências". **Revista Actio: Docência em Ciências**, vol. 2, n .1, 2017.



BOLETIM DE CONJUNTURA (BOCA)

Ano V | Volume 16 | Nº 47| Boa Vista |2023

http://www.ioles.com.br/boca

Editor chefe:

Elói Martins Senhoras

Conselho Editorial

Antonio Ozai da Silva, Universidade Estadual de Maringá

Vitor Stuart Gabriel de Pieri, Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Charles Pennaforte, Universidade Federal de Pelotas

Elói Martins Senhoras, Universidade Federal de Roraima

Julio Burdman, Universidad de Buenos Aires, Argentina

Patrícia Nasser de Carvalho, Universidade Federal de Minas Gerais

Conselho Científico

Claudete de Castro Silva Vitte, Universidade Estadual de Campinas

Fabiano de Araújo Moreira, Universidade de São Paulo

Flávia Carolina de Resende Fagundes, Universidade Feevale

Hudson do Vale de Oliveira, Instituto Federal de Roraima

Laodicéia Amorim Weersma, Universidade de Fortaleza

Marcos Antônio Fávaro Martins, Universidade Paulista

Marcos Leandro Mondardo, Universidade Federal da Grande Dourados

Reinaldo Miranda de Sá Teles, Universidade de São Paulo

Rozane Pereira Ignácio, Universidade Estadual de Roraima