



O uso da Aprendizagem Baseada em Modelos e suas implicações na Alfabetização Científica de alunos do ensino fundamental sobre vacinas

Cleudinaldo Guimarães Siles

**São Paulo
2023**

CLEUDINALDO GUIMARÃES SILES

O uso da Aprendizagem Baseada em Modelos e suas implicações na Alfabetização Científica de alunos do ensino fundamental sobre vacinas

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. André Peticarrari.

São Paulo
2023

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo na fonte

Biblioteca Francisco Montojos – IFSP Campus São Paulo Dados fornecidos pelo(a) autor(a)

s581u	<p>Siles, Cleudinaldo Guimarães</p> <p>O uso da aprendizagem baseada em modelos e suas implicações na alfabetização científica de alunos do ensino fundamental sobre vacinas / Cleudinaldo Guimarães Siles, Cleudinaldo Guimarães Siles, Cleudinaldo Guimarães Siles. São Paulo: [s.n.], 2023.</p> <p>69 f.</p> <p>Orientador: André Peticarrari</p> <p>Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, IFSP, 2023.</p> <p>1. Aprendizagem Baseada Em Modelos. 2. Ensino Por Investigação. 3. Alfabetização Científica. 4. Vacinas. 5. Ensino Fundamental. I. Siles, Cleudinaldo II. Siles, Cleudinaldo III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo IV. Título.</p>
-------	--

CDD510

CLEUDINALDO GUIMARÃES SILES

O USO DA APRENDIZAGEM BASEADA EM MODELOS E SUAS IMPLICAÇÕES NA
ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA DE ALUNOS DO ENSINO FUNDAMENTAL SOBRE
VACINAS

Dissertação apresentada e aprovada em
06 de novembro de 2023 como requisito
parcial para obtenção do título de Mestre
em Ensino de Ciências e Matemática.

A banca examinadora foi composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. André Peticarrari
IFSP – *campus* São Paulo
Orientador e Presidente da Banca

Prof. Dr. Pedro Miranda Júnior
IFSP – *campus* São Paulo
Membro da Banca

Profa. Dra. Luciana Sedano de Souza
Universidade Estadual de Santa Cruz
Membro da Banca

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha esposa Damiane Petrucci de Rezende Siles pelo incentivo, compreensão e apoio em todas as etapas do mestrado.

Dedico também ao meu amigo/irmão Rodrigo Menezes dos Santos cujas palavras de incentivo foram sempre salutares.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador André Peticarrari, pelas ideias, incentivo e orientação.

Agradeço aos meus diretores Petter Maahs da Silva e Sandra Chaves Romão de Melo que compreenderam a importância do mestrado e deixaram meu HTP flexível de modo que eu pudesse cumprir as disciplinas.

Aos membros da banca, professores Pedro Miranda Junior e Luciana Sedano cujos apontamentos foram essenciais para a conclusão.

Ao Projeto Educafro pelo apoio na Graduação e visão comunitária por intermédio de suas aulas de cidadania.

EPÍGRAFE

“O grande desafio que o Brasil pode enfrentar no século XXI está relacionado à promoção de estratégias para aumentar a cobertura vacinal de sua população”.

(Jorlan Fernandes)

LISTA DE FIGURAS

APÊNDICE I – ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA

Figura 1: Delineamento do estudo.	36
Figura 2 - Questão-problema abordada com os alunos das duas turmas.....	37
Figura 3 - Exemplo de hipóteses levantadas pelos alunos.....	37
Figura 4 - A) Frame 1 do vídeo sobre ação da vacina no corpo produzido pelo aluno, B) tabela com os diálogos em sala após exibição do mesmo.....	38
Figura 5 - A) Frame 2 do mesmo vídeo, B) tabela com os diálogos em sala após apresentação.....	38
Figura 6 - Frames de dois vídeos e respectivas transcrições das falas dos alunos...	39
Figura 7 - Respostas dos alunos sobre como as vacinas agem no corpo.....	40
Figura 8 - Modelo utilizado na atividade 4 para simulação do efeito populacional da taxa de vacinação em duas cidades teóricas, <i>Covidópolis</i> e <i>Vacinópolis</i>	42
Figura 9 - Um dos gráficos produzidos pelos alunos e usados na discussão.....	43
Figura 10 - Exemplo da atividade realizada pelos alunos utilizando o modelo de tampinhas.....	43
Figura 11 - Explicação do aluno sobre as taxas de vacinação diferentes nas duas cidades e sua relação com a probabilidade de contato com o vírus.....	44
Figura 12. Um dos alunos explicando a probabilidade de contaminação.....	45

APÊNDICE IV – PRODUTO EDUCACIONAL

Figura 1: Exemplo de pesquisa utilizando o <i>Google Forms</i>	57
Figura 2: Apresentação da questão-problema.....	58
Figura 3: Frames do vídeo “Ação das vacinas no corpo humano”.....	59

Figura 4: Personagens criados pela aluna para explicar o que ocorre quando o antígeno entra no corpo.....	60
Figura 5: Kits com massinha de modelar.....	60
Figura 6: Frames de um vídeo produzido por aluna que traz a concepção de que as vacinas são para curar doenças, no caso, ela representou o componente da vacina atacando o vírus.....	61
Figura 7: Frame do vídeo de uma aluna que representou as vacinas com a concepção de que elas são para prevenir doenças, servindo para “treinar” o sistema imunológico.....	61
Figura 8: Frame de um vídeo que traz a concepção que pessoas vacinadas não transmite doenças	62
Figura 9: Aluno representado os tipos de vírus usados para fazer a vacina. Contagiosas.....	62
Figura 10: Frame de vídeo de aluno explicando que os anticorpos são específicos para cada antígeno.....	62
Figura 11: Modelos feitos com garrafas Pet, representando duas cidades com taxa de vacinação diferente.....	63

LISTA DE TABELAS

APÊNDICE I – ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA

Tabela 1: Diálogos após a exibição de vídeo do aluno e classificação das falas de acordo com os indicadores de alfabetização científica.....	38
Tabela 2: Diálogos após a exibição de vídeo do aluno e respectivo indicadores de alfabetização científica.....	38
Tabela 3 - Indicadores de AC observados nos vídeos produzidos pelos alunos...	39
Tabela 4 - Indicadores de AC observados nos diálogos entre alunos e professor.	40
Tabela 5 - Indicadores de AC observados nos diálogos entre alunos e professor.	41
Tabela 6 - Interações discursivas observadas na atividade com e sem o uso de modelo.....	41
Tabela 7 - Interações discursivas entre alunos e professor durante o uso do Modelo.....	44

APÊNDICE II – SEI COM MODELOS

Tabela A- Distribuição das atividades propostas na SEI com o uso de modelos aula a aula e descrição dos objetivos gerais, conteúdos e estratégias de cada atividade.....	49
--	----

APÊNDICE III– SEI SEM MODELOS

Tabela B – Distribuição das atividades propostas na SEI sem o uso de modelos aula a aula e descrição dos objetivos gerais, conteúdos e estratégias de cada atividade.....	50
---	----

LISTA DE QUADROS

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Quadro 1: Indicadores de alfabetização científica propostos por Sasseron e Carvvalho, 2008.....	22
--	----

APÊNDICE IV – PRODUTO EDUCACIONAL

Quadro 1 – Distribuição das atividades propostas na SEI com o uso de modelos aula a aula e descrição dos objetivos gerais, conteúdos e estratégias de cada atividade.....	56
---	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABM – Aprendizagem Baseada em Modelos

AC – Alfabetização Científica

IFSP – Instituto Federal de São Paulo

OMS – Organização Mundial da Saúde

SEI – Sequência de Ensino Investigativo

EA – Engajamento Ativo

RESUMO

SILES, Cleudinaldo Guimarães. O uso da Aprendizagem Baseada em Modelos e suas implicações na Alfabetização Científica de alunos do ensino fundamental sobre vacinas. 2023. 69 f. Dissertação de mestrado (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. São Paulo, 2023.

É comum a utilização de modelos como estratégia didática de ensino, entretanto, esta estratégia geralmente não é abordada de forma problematizadora, tal como preconizado no Ensino por Investigação. Admitindo que a finalidade do ensino de ciências seja a Alfabetização Científica, o objetivo deste trabalho consiste em analisar como o uso da Aprendizagem Baseada em Modelos contribui para a aprendizagem sobre vacinas e suas implicações na Alfabetização Científica. Para tal, foram realizadas duas sequências de ensino investigativo, sendo uma planejada com o uso de modelos e a outra não. As sequências foram aplicadas a estudantes do 7º ano de uma escola municipal de Praia Grande, estado de São Paulo. Para analisar os dados qualitativos foram utilizados como categorias de análise os indicadores de Alfabetização Científica propostos por Sasseron e Carvalho. Os resultados apontam que o uso de modelos, em uma abordagem investigativa, favorece maior engajamento dos estudantes, promovendo mais interações discursivas sobre o tema em sala de aula, possibilitando evidenciar a manifestação de indicadores de alfabetização científica. Como produto educacional foi elaborada uma proposição de Sequência de Ensino Investigativo sobre vacinas com o uso de uma a Abordagem Baseada em Modelos.

Palavras-chave: Aprendizagem Baseada em Modelos. Ensino por Investigação. Alfabetização Científica. Vacinas. Ensino Fundamental.

ABSTRACT

It is common to use models as a didactic teaching strategy, however this strategy is generally not approached in a problematizing way, as recommended in Research-Based Teaching. Admitting that the purpose of science teaching is Scientific Literacy, the objective of this work is to analyze how the use of Model-Based Learning contributes to learning about vaccines and its implications for Scientific Literacy. To this end, two investigative teaching sequences were carried out, one planned with the use of models and the other not. The sequences were applied to 7th year students at a municipal school in Praia Grande, state of São Paulo. To analyze the qualitative data, the Scientific Literacy indicators proposed by Sasseron and Carvalho were used as analysis categories. The results indicate that the use of models, in an investigative approach, favors greater student engagement, promoting more discursive interactions on the topic in the classroom, making it possible to highlight the manifestation of scientific literacy indicators. As an educational product, an Investigative Teaching Sequence proposal on vaccines was developed using a Model-Based Learning.

Keywords: Model-Based Learning. Research Teaching. Scientific Literacy. Vaccines. Elementary School

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1. MODELOS	19
2.2. ENSINO POR INVESTIGAÇÃO	20
2.3. ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA	21
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	25
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	25
3.2. CONTEXTO HISTÓRICO, AMBIENTE DE PESQUISA E COLETA DE DADOS	25
3.3. AS SEQUÊNCIAS DE ENSINO INVESTIGATIVOS	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29
APÊNDICE I – ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA	32
APÊNDICE II – SEI COM MODELOS	49
APÊNDICE III – SEI SEM MODELOS	50
APÊNDICE IV – PRODUTO EDUCACIONAL	51
ANEXO I – PARECER DO CEP	67
ANEXO II – TEXTO PRESENTE NO LIVRO DIDÁTICO UTILIZADO NA ATIVIDADE 3 DA TURMA B, SEM MODELO	68
ANEXO III – TEXTO UTILIZADO NA ATIVIDADE (TURMA B), SEM MODELO	69

1 INTRODUÇÃO

Na minha atuação como professor de Ciências sempre tive uma preocupação com a minha formação continuada. Por este motivo, resolvi fazer uma segunda graduação, no caso, o curso de Licenciatura em Ciências, embora já tivesse realizado a graduação em Biologia. Foi durante a realização do curso de Licenciatura em Ciências que tive contato com o Ensino de Ciências por Investigação. Me interessei pelo tema, a motivação na ocasião me levou à realização do trabalho de Conclusão de Curso “*Análise da presença de elementos do Ensino de Ciências por Investigação, no material didático Caderno do Professor de Ciências*”. O objetivo era justamente analisar a presença dos elementos do Ensino por Investigação nos Cadernos do Professor, que na ocasião era o material didático majoritariamente adotado nas escolas estaduais do Estado de São Paulo como um dos componentes do Currículo.

A ideia de realização do mestrado foi para aprofundar sobre o ensino por investigação, tema que tive contato durante a segunda graduação e que me despertou muito interesse. Durante o mestrado no IFSP tive acesso a diversos trabalhos desenvolvidos na área de investigação que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho. Em conversa com o orientador, pensamos em articular o Ensino por Investigação e o uso de modelos com a temática Genética no Ensino Fundamental. Entretanto, antes que a aplicação da sequência didática ocorresse, fomos assolados pela pandemia. A interrupção das aulas presenciais e todo o processo adaptativo para as aulas remotas fez com que adiássemos a aplicação da sequência. Mudou o ano e com ele as turmas para as quais eu lecionava, se outrora eu lecionava para os 9º anos agora eu estava com turmas dos 7º anos. Embora defenda que a temática Genética possa ser aplicada em qualquer série/ano, considerei que seria mais pertinente naquele momento de pandemia e também com o currículo do 7º ano, abordarmos a temática vacinas.

Uma das minhas inquietações em relação ao Ensino de Ciências era realizar uma prática educativa que não fosse tradicional, na qual segundo Pozo e Crespo (2009) o professor é um provedor de conhecimentos já elaborados e o aluno é o consumidor desses conhecimentos acabados.

Deriva daí a opção de elaborar uma Sequência de Ensino Investigativo articulada com o uso de modelos, segundo a Aprendizagem Baseada em Modelos.

O uso de modelos no Ensino de Ciências tem sido abordado em alguns trabalhos, tais como: “Uso de modelos na ciência e no ensino de ciências” (PRESTES, 2013); “El aprendizaje basado en modelos mantiene a los alumnos activos y con atención sostenida” (OLIVEIRA, 2021); “La modelización en la enseñanza de las ciencias: criterios de demarcación y estudio de caso” (ARAGON, 2018). Entretanto, ao realizar uma busca por trabalhos nas bases de dados Scielo, Eric, Redalib e Scopus utilizando os termos “modelos”, “ensino por investigação” e “vacinas”, de forma associada, não retornou nenhum resultado, o que torna pertinente o nosso estudo.

Atualmente há alguns trabalhos que sugerem como abordagem didática o Ensino por Investigação, sobretudo com aplicações no ensino de Física e Química. Segundo Scarpa (2013 p. 137), no ensino de Biologia não são em todos os conteúdos biológicos que existe a possibilidade de se fazer experimentos clássicos, portanto, há uma dificuldade maior em propor atividades de investigação, todavia defende esta abordagem afirmando que o Ensino de Ciências por Investigação não envolve obrigatoriamente atividades práticas experimentais. Acerca dos modelos, Aragon *et al.*, (2018, p. 202) defendem que a modelização pode ser integrada ou combinada com outras abordagens afirmando que isso não é só possível como necessário fazer.

Em relação ao tema “vacinas”, a OMS (Organização Mundial Saúde) indica que houve uma queda na cobertura vacinal em todo o mundo, e apontou a hesitação em vacinar como um dos grandes desafios da saúde pública para os próximos anos. (FERNANDES, *et al.*, 2021). Entre os fatores que influenciam esta queda na cobertura vacinal estão os problemas estruturais sociais enfrentados pelo país, tais como, a baixa renda, a baixa escolaridade materna, elevado número de moradores por domicílio e a ausência de conhecimento acerca das doenças imunopreveníveis; outro fator apontado para a queda é o crescimento do movimento antivacina. (FERNANDES, *et al.*, 2021).

Outro aspecto relevante de uma pesquisa com a temática vacina se dá justamente pelo contexto histórico de pandemia que à época de coleta de dados estávamos vivenciando, no qual muito se falava na sociedade sobre as vacinas, sobretudo as da COVID-19. Abordar a temática na educação básica vai ao encontro de um ensino de Ciências que visa promover a Alfabetização Científica dos alunos.

Diante disso, este trabalho procurou responder a seguinte questão de pesquisa: “Quais as contribuições da Aprendizagem Baseada em Modelos quando associada a uma SEI sobre vacinas no Engajamento Ativo e na promoção da Alfabetização

Científica de alunos do ensino fundamental?”

Para tal, admite-se um consenso construtivista o qual leva em consideração: as concepções prévias dos estudantes, a importância das interações entre indivíduo e objeto de conhecimento e a necessidade das interações sociais para a construção do conhecimento (Gil-Pérez *et al.*, 1999; Carvalho, 2013).

O objetivo geral deste trabalho consiste em verificar se o uso da Aprendizagem Baseada em Modelos (ABM) em uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI) sobre vacinas afeta de forma diferente o Engajamento Ativo dos alunos e os indicadores de Alfabetização Científica quando comparado com a SEI sem o uso da Aprendizagem Baseada em Modelos.

Os objetivos específicos são: elaborar duas Sequências de Ensino Investigativo abordando a temática vacinas sendo uma de acordo com a Aprendizagem Baseada em Modelos a outra fazendo uso de textos, livro didático e vídeo; realizar um levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes acerca da temática vacinas com o intuito de auxiliar na elaboração da SEI; verificar a presença de indicadores de Alfabetização Científica nas atividades realizadas presentes nas duas SEIs.

Esta dissertação está estruturada em formato de artigo. Logo, tem como início a Introdução, seguida de Fundamentação teórica com os subtópicos: Modelos; Ensino por Investigação; e Alfabetização Científica; Procedimentos metodológicos; Apêndice I - Artigo submetido para a publicação; Apêndice II - Tabela A - Distribuição das atividades propostas na SEI com o uso de modelos; Apêndice III - Tabela B - Distribuição das atividades propostas na SEI sem o uso de modelos; Apêndice IV - Produto Educacional; Anexo I – Parecer do conselho de Ética; Anexo II - Texto presente no livro didático utilizado na atividade 3 da turma b, sem modelo; e anexo III - Texto utilizado na atividade 4 da turma b, sem modelo.

2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 MODELOS

A utilização de modelos para construir, testar, comparar, revisar e procurar explicações para o mundo físico e social remonta a tempos muito antigos. Alguns exemplos como os modelos atômicos, corpuscular da luz, da dupla hélice de DNA são muito populares na ciência. (SEEL, 2017)

Entretanto, há uma diferença conceitual entre os modelos utilizados pelos cientistas e os modelos realizados pelos alunos. Segundo Figueiredo (2021) o modelo da Ciência é a teoria, dotado de um conhecimento produzido a ser ensinado ao passo que o modelo dos alunos é a expressão da compreensão da teoria, o modo pelo qual o aluno interpreta e expressa certa teoria.

Logo, para este trabalho, a ideia de modelo é trazida na perspectiva do ensino-aprendizagem. Para Buckley (2012), a aprendizagem baseada em modelos do inglês MBL (Model-Based Learning) consiste na formação e desenvolvimento de modelos mentais pelo aluno, geralmente utilizados em contextos de fenômenos dinâmicos, os quais organizam informações sobre como os componentes interagem.

Acerca da utilização da estratégia de fazer uso de modelos no ensino, Godek (2004) diz que alguns fenômenos científicos são muito abstratos, por isso defende a utilização de esquemas e modelos. Compreendendo que o tema vacinas pode ser realizado por meio de uma abordagem microscópica, mostrando a interação destas com o sistema imunológico, justifica-se a escolha de estudar este tipo de estratégia no ensino, sobretudo no desenvolvimento da atividade proposta aos alunos de buscar explicações para a interação da vacina com o corpo.

De acordo com Namdar e Sheim (2015), a complexidade de muitos fenômenos naturais, por conta da escala ou pela necessidade de experimentação, manipulação e visualização não é passível de ser abordado na escola, sendo a Abordagem Baseada em Modelos, vantajosa. Nesse sentido compreendemos que, ao utilizar o modelo na qual as garrafas PETs e as tampinhas, para simular as cidades e os habitantes, respectivamente, vai ao encontro de buscar explicações para sistemas complexos, facilitando a compreensão de conceitos, no caso, a importância da vacinação para a saúde coletiva.

Os modelos podem ilustrar hipóteses, gerar previsões, propor mecanismos, representar resultados de pesquisas ou descrever a compreensão atual da estrutura e função de sistemas complexos (WILSON *et al.*, 2020). Entretanto, é preciso ter cuidado para que os alunos não interpretem o modelo como sendo a realidade (GÖDEK 2004; PRESTES, 2013). De acordo com Mandai (2014), o modelo é uma representação simplificada da realidade, no qual são escolhidos processos e variáveis que são determinantes para representação aproximada do fenômeno real. Por não ser a realidade os modelos possuem uma abrangência, bem como limitações, nesse sentido é necessário avaliá-los por intermédio de testes para poder identificar a limitação do seu uso a diferentes contextos (JUSTI, 2015). Logo, ao se trabalhar com modelos é importante saber de suas características para melhor empregá-los durante o ensino.

Em relação à associação da modelagem com o ensino investigativo compreendemos que compartilham características semelhantes, tais como, a manipulação de variáveis e a testagem com foco em um objetivo. Desta forma o estudo combinado destas estratégias pode trazer respostas favoráveis na promoção da alfabetização científica.

2.2 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Estudos mais recentes na área da educação mostram alterações nas concepções acerca do processo de ensino e aprendizagem. Uma das principais mudanças ocorridas está relacionada ao papel do professor e do estudante neste processo. Outrora tido como mero receptor do conhecimento transmitido pelo professor, os estudantes não são vistos mais como tábula rasa, trazem conhecimentos prévios e passam ou pelo menos deveriam passar a ser o foco do processo (SCARPA, 2018).

Partindo de uma ideia construtivista de que o professor não é mais o centro do processo, ele assume um papel de mediador. Segundo Sasseron (2015), o Ensino por Investigação é uma abordagem didática na qual estratégias são utilizadas para possibilitar uma investigação realizada pelos estudantes por intermédio da mediação do professor.

No Ensino por Investigação o uso de estratégias didáticas tem por finalidade envolver os alunos em sua aprendizagem por meio de questões e problemas cuja resolução requer uma investigação. Para tal, realizam coleta, análise e interpretação

de dados que conduzem a conclusões tendo como base as evidências e reflexão (SCARPA, 2018).

Nesse sentido, Carvalho (2018) propõe as Sequências de Ensino Investigativo (SEI) que tem por finalidade desenvolver conteúdos e temas específicos. Elas são compostas por algumas etapas, são elas: proposição de um problema e distribuição do material pelo professor; resolução do problema pelos alunos; sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos; escrever ou desenhar. (CARVALHO, 2013). Ainda de acordo com Carvalho (2018), dois conceitos são importantes para os professores criarem condições para os alunos interagirem com o material e construírem seus conhecimentos, são eles: a liberdade intelectual e a elaboração de problemas.

Diante do problema proposto os estudantes são conduzidos para a fase de investigação. Segundo Scarpa (2018), além da experimentação, outras estratégias podem ser utilizadas para coleta, organização e sistematização dos dados que servirão de evidências para a construção de explicações que respondam à questão-problema. Nas sequências de ensino investigativos desenvolvidas neste trabalho, por exemplo, para responder a questão-problema foi proposto o uso de modelos, bem como, textos e vídeos.

2.3 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

O professor tem que ser reflexivo em sua ação docente. Diante das inúmeras reflexões as quais o docente se depara com o seu exercer pedagógico, certamente o “por que ensinar Ciências” deve ser um questionamento sempre revisitado. Para Chassot (2018) a responsabilidade do professor em ensinar Ciência é procurar que os alunos se transformem em homens e mulheres mais críticos, podendo com o ensino, transformar para melhor o mundo em que vivemos.

De acordo com Krasilchik (2007), é possível identificar certo consenso no ensino de ciências, de que uma de suas principais funções é a formação do cidadão cientificamente alfabetizado, capaz para além de compreender os conceitos, utilizá-los para enfrentar os desafios e refletir acerca do seu cotidiano.

Para Sasseron (2017), o objetivo das disciplinas científicas na escola é a Alfabetização Científica. Acerca da relevância internacional que o conceito de alfabetização científica vem adquirindo, Yacoubyan (2021) menciona que o Programa

Internacional de Avaliação de Alunos (PISA) avaliou a alfabetização científica de alunos em vez de sua compreensão de conteúdos de ciências. A UNESCO, por intermédio do documento “Education in a post-COVID world: nine ideas for public action”, apresentou como uma das nove ideias para a educação em um mundo pós-COVID “garantir a alfabetização científica no currículo” como forma de combater a desinformação e a negação do conhecimento científico (UNESCO, 2020).

Entretanto, Norris e Phillips (2003) identificaram na literatura vários componentes que são associados à alfabetização científica, mostrando a característica multifacetada do termo com os seguintes componentes: saber o que conta como ciência e como ela difere da não ciência; conhecimento necessário para participar de questões sociais relacionadas à ciência; ter conhecimento dos riscos e benefícios da ciência; ser capaz de pensar criticamente sobre ciência. Embora tenha esta diversidade semântica, bem como discussões acerca do termo, Yacoubyan (2017), defende a alfabetização científica tendo como objetivo a tomada de decisões democráticas acerca de questões sociais baseadas na ciência.

Outra discussão recente acerca da alfabetização científica é a que incorpora como uma das suas proposições para o Ensino de Ciências a perspectiva formativa comprometida com a transformação social (VALLADARES, 2021). Esta proposição é defendida também por Silva e Sasseron (2021) que a justificam ao relatar o exemplo da pandemia de COVID-19 na qual a população teve desiguais condições para manter o distanciamento social como forma de prevenção do novo coronavírus, como também a desigualdade no acesso a vacinas entre países pobres e ricos.

Após fazer uma análise documental, Valladares (2021) agrupou o conceito de alfabetização científica sob a ótica de três grupos, sendo eles: Visão I centrada na transmissão unilateral do conhecimento científico; visão II sociocultural e situada do processo educativo; visão III transformadora comprometida com a participação e emancipação. Ela enfatiza que nos trabalhos mais recentes sobre a temática prevalece a visão III, na qual a alfabetização científica para o século XXI deve visar o ativismo social.

Tendo como referência esta nova visão III, Silva e Sasseron (2021) apresentam uma nova discussão acerca dos Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica propostos por Sasseron e Carvalho (2008), sendo eles: compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais; compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática; e o

entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. Sintetizando a discussão, Silva e Sasseron (2021) relatam que o segundo eixo estruturante pode assumir aspectos desta nova visão III, pois espera-se que os estudantes munidos com o conhecimento acerca da natureza da ciência e os fatores éticos e políticos que a circundam, participem de debates públicos em torno da ciência e atuem em prol de uma sociedade mais equitativa e justa.

Para o início do processo de alfabetização científica, Sasseron e Carvalho (2008) destacam o desenvolvimento de algumas habilidades que podem fornecer evidências do processo de alfabetização científica. A estas evidências elas chamaram de indicadores da alfabetização científica, cuja função é

mostrar algumas destrezas que devem ser trabalhadas quando se deseja colocar a AC em processo de construção entre os alunos. Estes indicadores são algumas competências próprias das ciências e do fazer científico: competências comuns desenvolvidas e utilizadas para a resolução, discussão e divulgação de problemas em quaisquer das Ciências quando se dá a busca por relações entre o que se vê do problema investigado e as construções mentais que levem ao entendimento dele. Assim sendo, reforçamos nossa idéia de que o ensino de ciências deva ocorrer por meio de atividades abertas e investigativas nas quais os alunos desempenhem o papel de pesquisadores. (SASSERON; 2008 p. 338)

Os indicadores e suas respectivas definições estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Indicadores de alfabetização científica propostos por Sasseron e Carvallho, 2008

INDICADOR	DESCRIÇÃO
Seriação de informações	É um indicador que não necessariamente prevê uma ordem a ser estabelecida, mas pode ser um rol de dados, uma lista de dados trabalhados. Deve surgir quando se almeja o estabelecimento de bases para a ação (p.338).
Organização de informações	Ocorre nos momentos em que se discute sobre o modo como um trabalho foi realizado. Este indicador pode ser servilumbrado quando se busca mostrar um arranjo para informações novas ou já elencadas anteriormente. Por isso, este indicador pode surgir tanto no início da proposição de um tema quanto na retomada de uma questão (p.338).
Classificação de informações	Ocorre quando se busca conferir hierarquia às informações obtidas. Constitui-se em um momento de ordenação dos elementos com os quais se está trabalhando procurando uma relação entre eles (p.338).
Raciocínio Lógico	Compreende o modo como as ideias são desenvolvidas e apresentadas e está diretamente relacionada à forma como o pensamento é exposto (p.338).
Raciocínio Lógico-proporcional	Mostra como se estrutura o pensamento, e refere-se também à maneira como variáveis têm relações entre si, ilustrando a interdependência que pode existir entre elas (p.338).

Levantamento de hipótese	Aponta instantes em que são alçadas suposições acerca de certo tema. Este levantamento de hipóteses pode surgir tanto da forma de uma afirmação como sendo uma pergunta (p.339).
Teste de hipótese	Concerne nas etapas em que se coloca à prova as suposições anteriormente levantadas. Pode ocorrer tanto diante da manipulação direta de objetos quanto no nível das ideias, quando o teste é feito por meio de atividades de pensamento baseadas em conhecimentos anteriores (p.339).
Justificativa	Aparece quando em uma afirmação qualquer proferida não tem a mão de uma garantia para o que é proposto; isso faz com que a afirmação ganhe aval, tornando mais segura (p.339).
Previsão	É explicitado quando se afirma uma ação e/ou fenômeno que sucede associado a certos acontecimentos (p.339).
Explicação	Surge quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas. Normalmente a explicação sucede uma justificativa para o problema, mas é possível encontrar explicações que não se recebem estas garantias (p.339).

Fonte: os autores (adaptado de Sasseron e Carvalho, 2008)

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.

O presente trabalho possui um caráter qualitativo, isto significa que o objetivo não é mensurar ou quantificar resultados, característica predominante de pesquisas quantitativas, mas sim refletir sobre os assuntos propostos, compreendendo as peculiaridades do tema.

Segundo Sampieri *et al.* (2013, p. 376), “o foco da pesquisa qualitativa é compreender e aprofundar os fenômenos, que são explorados a partir das perspectivas dos participantes em um ambiente natural e em relação ao seu contexto”. Tendo em vista que o professor pesquisador é o professor das turmas pesquisadas, o ambiente natural é a escola na qual foi aplicada a pesquisa, sendo o professor um observador participante utilizando para tal, a metodologia da pesquisa participante. A presente pesquisa foi autorizada pelo Comitê de Ética do Instituto Federal, com parecer número 3.622.380.

3.2 CONTEXTO HISTÓRICO, AMBIENTE DE PESQUISA E COLETA DE DADOS.

Admitindo a importância e a influência do contexto histórico para a pesquisa é válido destacar que o período de coleta de dados foi realizado em um contexto marcante da história da humanidade que foi o da pandemia de SARS-CoV-2, o que necessariamente trouxe características inéditas para a escola em que foi realizada a coleta, tais como, o ensino à distância e posteriormente o híbrido. Observou-se que, quando houve a abertura para os estudantes retornarem para as aulas presenciais, eles voltaram muito introspectivos e com uma certa dificuldade de interagir com os colegas. Havia alunos que esqueceram como se escreve letras simples e notava-se inclusive, uma dificuldade de realizar o movimento de pinça para segurar a caneta ou o lápis. A coleta de dados aconteceu justamente neste período de abertura.

A escola na qual foi aplicada as sequências de ensino investigativo é uma escola da rede municipal da cidade de Praia Grande, localizada no estado de São Paulo. Esta escola, em 2021 possuía 23 turmas, sendo sete turmas de 6º ano; seis de

7° ano; quatro de 8° anos; e seis de 9° anos. No período de coleta de dados, as aulas estavam ocorrendo de forma híbrida e a presença dos alunos era facultativa. A escola mantinha uma plataforma digital, na qual munidos de *login* e senha, os estudantes acessavam as atividades postadas pelos professores, bem como os *links* para as aulas *online*. Aos estudantes que não tinham acesso à internet foram ofertadas as atividades de forma impressa mediante solicitação da família.

Todavia, para aplicação da presente pesquisa foram escolhidas turmas de 7° anos cujos alunos frequentavam as aulas de Ciências de forma presencial, pois eram poucos os alunos que frequentavam as aulas *online*. Outro motivo para a escolha destas turmas está relacionado ao fato da temática vacinas estar prevista na Base Nacional Comum Curricular, bem como, do planejamento da escola, como sendo objeto do conhecimento previsto para os 7° anos.

Quanto à dinâmica de coleta, ela foi realizada com duas turmas com 20 alunos cada nas quais a turma “A” foi realizada uma sequência de ensino investigativo com o uso de modelos e a turma “B” sem o uso de modelos. A realização teve início em setembro de 2021 e término em dezembro do mesmo ano.

A aplicação das sequências de ensino investigativos foi uma importante fonte de coleta. Foi por intermédio delas que se extraíram os dados, tais como, gravações de áudio e vídeo, observação direta do pesquisador, bem como dados oriundos da realização de atividades da sequência coletadas de forma presencial na escola em questão.

As turmas eram compostas por meninos e meninas com idades entre 11 e 16 anos, sendo predominante as idades de 12 anos (39,5%); 13 anos (28,9%) e 11 anos (21%). Para preservar a identidade dos estudantes eles serão identificados com o código Alxx durante a análise das atividades. Como no período de coleta os alunos estavam estudando no formato híbrido, outra fonte importante de coleta foi uma pesquisa estruturada utilizando o *Google Forms* aplicada com os estudantes do público-alvo. A mesma pesquisa foi aplicada depois no início da sequência didática. Entretanto, foi levado em consideração para análise somente as pesquisas dos alunos que participaram das aulas presenciais que realizaram a SEI.

3.3 AS SEQUÊNCIAS DE ENSINO INVESTIGATIVOS

Foram planejadas duas sequências de ensino investigativos, uma com o uso

de modelos, segundo a Aprendizagem Baseada em Modelos e a outra sem. De acordo com Carvalho (2013 p. 10) as sequências de ensino investigativo devem ter algumas etapas, são elas: proposição de um problema e distribuição do material pelo professor; resolução do problema pelos alunos; sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos; escrever ou desenhar. Foi com base nessa referência que foram elaboradas as duas sequências. Em relação à proposição do problema norteador das duas sequências, pois foi o mesmo problema para ambas, foi levado em consideração o próprio contexto da pandemia para a elaboração.

A temática abordada nas Sequências são as vacinas e o objetivo é desenvolver a seguinte habilidade prevista na Base Nacional Comum Curricular

argumentar sobre a importância da vacinação para a saúde pública, com base em informações sobre a maneira como a vacina atua no organismo e o papel histórico da vacinação para a manutenção da saúde individual e coletiva e para a erradicação de doenças. (BRASIL, 2018, P.347).

Ambas as sequências eram compostas por cinco atividades, sendo que as atividades 1, 2 e 5 eram iguais para ambas, a diferença consistia nas atividades 3 e 4. A atividade 3 foi planejada para desenvolver a habilidade como as vacinas atuam dentro do corpo. Na “turma A” a SEI com modelos consistia em: exibir um vídeo abordando a história das vacinas e como elas atuam dentro do corpo; em seguida foi proposto aos alunos que eles realizassem um vídeo utilizando modelos feitos com massinha de modelar explicando como elas atuam dentro do corpo; foi distribuído o material; em outra aula os vídeos foram exibidos e discutidos em sala de aula.

Para a “turma B” a realização da atividade 3 da SEI sem modelos foi exibido o mesmo vídeo da SEI com modelo, entretanto, para buscar explicações de como as vacinas agem dentro do corpo foi selecionado um texto do livro didático. Em seguida, foi proposto que os alunos realizassem apontamentos sobre o texto lido e na aula seguinte foi realizada uma socialização dos apontamentos.

A atividade 4 foi planejada visando desenvolver a habilidade de argumentação da importância da vacinação para a saúde individual e coletiva. Para a “turma A” foi utilizado um modelo com o intuito de comparar duas cidades com taxas de vacinação diferentes. Os modelos foram feitos com duas garrafas PET de água de 5 litros e tampinhas de garrafa PET vermelhas e verdes. As garrafas representavam as cidades, tampinhas verdes representam as pessoas vacinadas e vermelhas representam as não vacinadas. Os alunos faziam como se fosse um sorteio. As

tampinhas que eram sorteadas era como se entrassem em contato com o vírus. Os dados eram colocados em uma tabela, realizados gráficos e depois socializados com os grupos.

A atividade 4 da “turma B” consistia em analisar o caso da cidade de Botucatu-SP, que naquela ocasião fez um estudo pioneiro realizando uma vacinação em massa de sua população. O texto apresentava dados antes e depois da referida vacinação em massa. Após extrair os dados do texto os alunos realizaram gráficos e depois socializaram com a turma.

Após a realização das cinco atividades os dados foram coletados e realizado uma comparação entre as duas turmas, cujos resultados e discussão são apresentados no artigo submetido, contido no apêndice I desta dissertação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGÓN, L. *et al.*. **La modelización en la enseñanza de las ciencias: criterios de demarcación y estudio de caso**. Rev. Cient., Bogotá, n. 32, p. 193- 206, Aug. 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, 2018.

BUCKLEY, B.C. **Model-based learning**. In N.M. Seel (Ed.), *Encyclopedia of the sciences of learning* (Vol. 5, pp. 2300-2303). New York: Springer, 2012. Disponível em: http://www.simsScientists.org/downloads/Buckley_Model_Based_Learning.pdf Acesso em 11/5/2023.

CARVALHO, A, M, P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: _____ . **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Editora Cengage Learning, 2013. cap.5., p.1–2

CARVALHO, A. M. P. **Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2018183765

CHASSOT, A. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. 8.ed. -Ijuí: Ed. Unijuí, 2018.

FERNANDES, J. *et al.* **Vacinas**. Editora Fiocruz. Rio de Janeiro, 2021.

FIGUEIREDO, A.O. **Terrário como modelo científico investigativo no ensino de Ecologia**.2021. Dissertação de Mestrado - Instituto Federal de São Paulo, 2021.

FIGUEIREDO, A.O; PERTICARRARI A. **El aprendizaje basado en modelos mantiene a los alumnos activos y con atención sostenida**. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, V.19, n.3 2022. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/920/92070576015/html/> Acesso em:12/10/2023

GIL-PÉREZ, D. *et al.* **Puede hablarse de consenso Constructivista en la educación Científica?** Enseñanza de las Ciencias, v.17, n.3, p.503-12, 1999

GÖDEK, Y. **The importance of modelling in science education and in teacher education** Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi n. 26, p. 54-61 2004.

JUSTI, R. **Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências**. *Revista Ensaio*, v.17 n. especial, p. 31-48, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-2117201517s03>

YACOUBIAN, H. A. **Scientific literacy for democratic decision-making.** International Journal of Science Education, v. 40, n. 3, p. 308-327, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1420266>.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia.** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2011.

MANDAI, C. **Abordagem teórica na ecologia: uma visão do mundo através de modelos.** Revista da Biologia, v. 12, n.1, p. 1-5, 2014.
<https://doi.org/10.7594/revbio.12.01.01>

NAMDAR, B.; SHEN, J. Modeling-Oriented Assessment in K-12 Science Education: A synthesis of research from 1980 to 2013 and new directions. International Journal Of Science Education, v. 37, n.7, p. 993-1023, 2015.
<https://10.1080/09500693.2015.1012185>

Norris, S. P., & Phillips, L. M. **How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy.** Science Education, v.87, p. 224–240. doi:10.1002/sce.10066 2003

POZZO, J.I.; CRESPO, M.A. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico.** 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

PRESTES, M. E. B. **Uso de modelos na ciência e no ensino de ciências.** Boletim de História e Filosofia da Biologia. p.4-10, mar. 2013. Disponível em <http://www.abfhib.org/Boletim/Boletim-HFB-07-n1-Mar-2013.pdf> Acesso em 08/05/2023.

SASSERON, L. H.; DE CARVALHO, A. M. P. **Almejando a alfabetização científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura dos indicadores no processo.** Investigações em Ensino de Ciências, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 333–352, 2008. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/445>. Acesso em: 30 abr. 2023.

SASSERON, L. H; SOUZA, V.F.M. **Alfabetização científica na prática: inovando a forma de ensinar Física.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.

SASSERON, L. H. **Alfabetização científica, ensino por Investigação e Argumentação: relações entre Ciências da Natureza e Escola.** Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, v.17, n.espec, 2015.

SCARPA, D L.; CAMPOS, N.F. **Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação.** Estudos Avançados, v.32, n. 94, p.25-41, set. 2018.

SCARPA, D. L.; SILVA, M. B. A Biologia e o ensino de Ciências por investigação: dificuldades e possibilidades. In: CARVALHO, A. M. P. de. (Org.) **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula.**

São Paulo: Cengage Learning, 2013. cap.8, p.129-52.

SILVA, M. B. E .; SASSERON, L. H.. **Alfabetização Científica e domínios do conhecimento científico: proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a transformação social.** Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte), v. 23, p. e34674, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/epec/a/ZKp7zd9dBXTdJ5F37KC4XZM/#>

Acesso em:12/10/2023

SEEL, N.M. Model-based learning: a synthesis of theory and research. **Educational Technology Research and Development**, 65 (4), 931-966, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11423-016-9507-9> Acesso em: 13/5/2023.

UNESCO. **Education in a post-COVID world: Nine ideas for public action.** Paris, 2020. Disponível em: https://en.unesco.org/sites/default/files/education_in_a_post-covid_world-nine_ideas_for_public_action.pdf acesso em: 12/10/2023.

VALLADARES, L. (2021). **Scientific Literacy and Social Transformation.** Science & Education, v.30, p.557-587. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2>

WILSON K. J., LONG T. M., MOMSEN J. L., BRAY SPETH E. **Modeling in the classroom: making relationships and systems visible.** *Life Science Education*, v. 19, n.1, p. 1-5, 2020. <https://doi.org/10.1187/cbe.19-11-0255>

APÊNDICE I – ARTIGO SUBMETIDO À REVISTA CIÊNCIA E EDUCAÇÃO

O uso combinado da Aprendizagem Baseada em Modelos com o Ensino Investigativo aumenta as interações discursivas relacionadas à alfabetização científica e o Engajamento Ativo em alunos da educação básica

The combined use of Model-Based Learning and Inquiry-Based Science Education increases discursive interactions related to scientific literacy and Active Engagement in elementary school students

Cleudinaldo Guimarães Siles
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), campus São Paulo-SP, Brasil

Andre Peticarrari
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP),
Departamento de Ciências e Matemática, campus São Paulo-SP, Brasil
apeticarrari@ifsp.edu.br

O uso combinado da Aprendizagem Baseada em Modelos com o Ensino Investigativo aumenta as interações discursivas relacionadas à alfabetização científica e o Engajamento Ativo em alunos da educação básica

Resumo

Diversas abordagens de ensino discutem como tornar os alunos protagonistas do processo de ensino-aprendizagem, entre elas as Sequências de Ensino Investigativo e o uso da Aprendizagem Baseada em Modelos. Hoje muitas informações estão disponíveis rapidamente. O desafio é engajar os estudantes no uso de conhecimentos na solução de problemas, tornando-os ativos nesse processo. O objetivo foi verificar se o uso associado das duas afeta de forma diferente o Engajamento Ativo dos alunos e os indicadores de Alfabetização Científica. Para isso aplicamos em duas turmas uma sequência de ensino investigativo, sendo que em uma não usamos modelagem. Concluímos que na turma que trabalhou com modelos, os alunos se mostraram mais engajados ativamente na tarefa, apresentando mais interações discursivas relacionadas à alfabetização científica.

Palavras chave: Ensino investigativo, aprendizagem baseada em modelos, alfabetização científica.

The combined use of Model-Based Learning and Inquiry-Based Science Education increases discursive interactions related to scientific literacy and Active Engagement in elementary school students

Abstract

Various teaching approaches discuss how to make students the protagonists of the teaching-learning process. These include Inquiry-Based Science Education and the use of Model-Based Learning. Today, a lot of information is available quickly. The challenge is to engage students in using knowledge to solve problems, making them active in this process. The aim was to see whether the combined use of the two has a different effect on students' Active Engagement and indicators of Scientific Literacy. To do this, we applied an inquiry teaching sequence in two groups, one of which did not use modeling. We concluded that in the group that worked with models, the students were more actively engaged in the task and showed more discursive interactions related to scientific literacy.

Key words: Inquiry-Based Science Education, model-based learning, scientific literacy.

Introdução

Em nossas escolas ainda temos um ensino pautado na transmissão de conhecimentos, com professores adotando métodos tradicionais de ensino (GOMES; LAGE, 2022), como aula expositiva, sendo os alunos sujeitos passivos e receptores de informação. Entretanto, em um mundo de informações acessíveis rapidamente, o desafio é engajar os estudantes na busca, seleção e utilização de conteúdos de forma sistemática para gerar soluções aos problemas do dia a dia, tornando-os agentes ativos no processo de construção do conhecimento.

Ao mesmo tempo, vemos um grande volume de informações relacionadas a conteúdos científicos sendo apresentado em diferentes mídias, principalmente no período da pandemia da COVID-19. Conceitos como epidemia, pandemia, vírus, sistema imune e vacinação eram recorrentes. Além disso, a própria ciência e seus processos eram discutidos. Diante deste contexto, torna-se ainda mais urgente repensar o ensino de ciências, tornando os estudantes protagonistas do seu aprendizado para que passem a saber utilizar o conhecimento de forma a aplicá-lo criticamente no seu cotidiano. Nas palavras do professor Chassot, “Devemos fazer do ensino de ciências uma linguagem que facilite o entendimento do mundo pelos alunos e alunas”

(2018, p. 122).

Diante disso, várias abordagens de ensino vêm sendo discutidas como forma de tornar os alunos protagonistas do processo de ensino-aprendizagem. Entre elas, as Sequências de Ensino por Investigação (SEI) e sua relação com o processo científico (CARVALHO, 2013; SANTANA; SEDANO, 2021) e o uso da abordagem de Aprendizagem Baseada em Modelos (ABM) (SEEL, 2017). Tanto o ensino por investigação quanto o uso da modelagem propiciam ao professor desenvolver a compreensão do fazer ciência, pois em ambas se trabalham vários aspectos da ciência, como a importância dos problemas, o levantamento de hipóteses e o uso de evidências na argumentação, importantes para a compreensão da prática científica (SASSERON; CARVALHO, 2011; WILSON *et al.*, 2020). E mais ainda, a ABM também propicia um aumento em aspectos atencionais e no compromisso ativo (SEEL, 2017; CITAÇÃO retirada para não identificação). Contudo, não encontramos estudos que relacionam as duas abordagens no ensino de ciências.

Ao usá-las associadas, esperamos que além de permitir trabalhar aspectos do fazer ciência, a partir da concepção da Alfabetização Científica (AC), também aumente o Engajamento Ativo (EA) dos alunos envolvidos no processo. Dito de outra forma, entendemos que o uso associado das duas abordagens proporciona que mais indicadores de AC sejam percebidos e ao mesmo tempo influa na participação ativa dos alunos.

Assim, nosso objetivo foi verificar se o uso da ABM em uma SEI afeta de forma diferente o EA dos alunos e os indicadores de AC quando comparado com a SEI sem o uso da ABM.

Marco teórico

A utilização de modelos para construir, testar, comparar, revisar e procurar explicações para o mundo físico e social remonta a tempos antigos. Alguns exemplos como os modelos atômicos, corpuscular da luz, da dupla hélice de DNA são muito populares na ciência (SEEL, 2017).

Entretanto, há uma diferença conceitual entre os modelos utilizados pelos cientistas e os realizados pelos alunos. O modelo da Ciência é a teoria, dotado de um conhecimento produzido a ser ensinado ao passo que o modelo dos alunos é a expressão da compreensão da teoria, o modo pelo qual o aluno a interpreta e a expressa (FIGUEIREDO, 2021).

Logo, neste trabalho, a ideia de modelo é trazida na perspectiva do ensino-aprendizagem. A ABM consiste na formação e desenvolvimento de modelos mentais por um aluno, geralmente utilizados em contextos de fenômenos dinâmicos, os quais organizam informações sobre como os componentes interagem (BUCKLEY, 2012), através da modelização concreta, seja usando maquetes, softwares, terrários, aquários, entre outros materiais. O uso de modelo ajuda cientistas a organizar e visualizar sua forma de pensar (baseado em teorias) sobre um fenômeno natural, deixando mais claro algo complexo em uma forma mais simplificada, possibilitando o teste de hipóteses e fazer previsões (WILSON *et al.*, 2020). Pensando desta forma, os alunos também podem utilizar estes aspectos da modelagem no estudo de conteúdos escolares, tornando-os mais concretos e manipulando variáveis e conceitos de forma ativa, ou seja, organizando com ajuda do professor suas formas de pensar sobre um determinado tema.

Acerca da utilização desta estratégia no ensino, percebe-se que alguns fenômenos científicos são muito abstratos, por isso defendemos a sua utilização (GÖDEK, 2004). O modelo pode ser visto como uma representação simplificada do que se quer compreender, mas sem perder sua completude na representação da realidade. Nesse caso, são escolhidos processos e variáveis que são determinantes para representar no modelo, de forma aproximada, o fenômeno real (MANDAI, 2014). Entretanto, é preciso cuidado para que ele não passe a representar na mente do sujeito cognoscente a realidade (HARISON; TREAGUST, 2000; GÖDEK, 2004; FERREIRA, 2006; PRESTES, 2013). Cabe ao professor o papel conduzir o raciocínio dos

alunos na compreensão do uso dos modelos no entendimento dos fenômenos.

Muitos fenômenos naturais, por sua complexidade, devido a escala ou necessidade de experimentação, manipulação e visualização não podem ser abordados diretamente na escola, assim o uso da ABM mostra-se vantajosa (NAMДАР; SHEIN, 2015). Nesse sentido, seu uso ajuda o professor a trabalhar fenômenos que são muito pequenos ou grandes em escala, ajudando os alunos a visualizarem de modo concreto fenômenos com estas características (TREAGUST; CHITTLEBOROUGH; MAMIALA, 2002). Compreendendo que o tema ‘Vacinas’ é trabalhado sob uma óptica microscópica, mostrando a interação destas com o sistema imune, e também sob uma perspectiva populacional, os seja, de saúde pública, justifica-se a escolha de usar esta estratégia no seu ensino.

Considerando seu uso associado a uma abordagem de ensino investigativo parece, no nosso modo de entender, uma estratégia útil no engajamento do aluno diante de um problema proposto. A SEI é uma abordagem didática na qual estratégias são utilizadas para possibilitar uma investigação realizada pelos estudantes por intermédio da mediação do professor (SASSERON, 2015). O aluno passa a ser o foco do processo (SCARPA, 2018), sendo envolvido por meio de questões e problemas cuja resolução requer investigação. Para tal, realiza coleta, análise e interpretação de dados que conduzem a conclusões tendo como base as evidências e a reflexão (SCARPA, 2018). Associado com a modelagem, que requer a manipulação de variáveis e a testagem com foco em um objetivo, o uso combinado destas estratégias pode favorecer uma atenção mais sustentada por parte dos sujeitos envolvidos na realização das tarefas. Os alunos acabam por participar de todas as etapas da modelagem e acabam se envolvendo mais ativamente na sua construção do conhecimento (JUSTI, 2015).

Estudos baseados no funcionamento cerebral mostram que há dois sistemas cognitivos que controlam pensamentos e ações, o controle reativo e o proativo (SEEL, 2017). O primeiro se concentra em resolver questões que requerem recordações e são mobilizados depois que uma interferência aparece (BRAVER, 2012). Já o controle proativo está baseado em antecipações e previsões antes que as interferências ocorram. Nesse sentido, o uso da ABM, que é baseada na construção e uso de modelos na solução de problemas, ou seja, resultante de decisões dirigidas a um objetivo, a atenção sustentada na solução das tarefas e no engajamento ativo são favorecidos. Assim, alunos com atenção sustentada podem se engajar mais ativamente nas ações em sala de aula. Tudo isso, está associado com regiões cerebrais que efetivamente controlam a atenção e a motivação, como o córtex pré-frontal, o hipocampo e outras áreas corticais, como as relacionadas com a fala, o uso de imagens e regiões sensoriais que maximizam a memorização significativa (DEHAENE, 2022).

Na SEI desenvolvida neste trabalho, propusemos o uso de modelos, bem como, o uso de textos e vídeos para responder a questão-problema. Contudo, o ensino investigativo e a modelagem, não tem o fim em si mesmo. Um dos objetivos das disciplinas científicas na escola é a AC (SASSERON; SOUZA, 2017). O uso combinado da ABM e SEI pode favorecer, além do aumento da atenção e postura ativa, a compreensão e o desenvolvimento de habilidades inerentes ao fazer científico, como o levantamento de hipóteses, o uso de evidências na argumentação, o pensamento lógico e crítico, entre outros. Podemos incluir isso em eixos estruturantes da AC, como compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais; compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática; e o entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente (SASSERON; CARVALHO, 2008).

Assim, a responsabilidade do professor ao ensinar Ciências é procurar que os alunos se transformem em homens e mulheres mais críticos, podendo com o ensino, transformar para melhor o mundo em que vivemos (CHASSOT, 2018), através de temas relacionados ao cotidiano, como foi o caso deste estudo com o tema ‘Vacinas’ em um contexto pandêmico. É possível identificar certo consenso no ensino da área de ciências que uma de suas principais

funções é a formação do cidadão cientificamente alfabetizado, capaz além de compreender os conceitos, utilizá-los para enfrentar os desafios e refletir acerca do seu cotidiano (KRASILCHIK, 2011).

Metodologia

O estudo é de caráter qualitativo em que se reflete sobre o assunto proposto, aprofundando e compreendendo os fenômenos na perspectiva dos participantes no ambiente natural e em relação ao seu contexto (SAMPIERI *et. al*, 2013). O próprio professor das turmas foi também o pesquisador, atuando como um observador participante, e a escola o ambiente natural, na qual o estudo ocorreu entre setembro e dezembro de 2021.

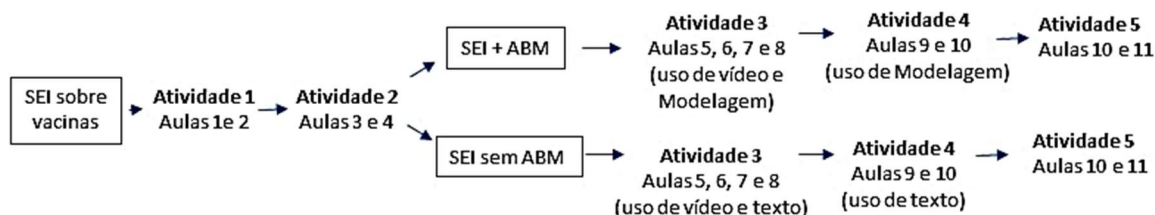
Participaram da pesquisa duas turmas do 7º ano do ensino fundamental, com 20 alunos cada, de uma escola municipal de Praia Grande-SP. A idade variava entre 11 e 16 anos (68% tinha entre 12 e 13).

Aplicamos em cada turma uma SEI que tinha como tema ‘Vacinas’ de acordo com a seguinte habilidade prevista na Base Nacional Comum Curricular,

Argumentar sobre a importância da vacinação para a saúde pública, com base em informações sobre a maneira como a vacina atua no organismo e o papel histórico da vacinação para a manutenção da saúde individual e coletiva e para a erradicação de doenças. (BRASIL, 2018, p.3 47).

Em uma turma usamos a abordagem ABM associada à SEI e na outra não (Figura 1). A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (parecer número 3.622.380).

Figura 1 - Delineamento do estudo. As atividades 1 e 2 foram semelhantes em ambos os tratamentos, diferindo nas três últimas (para mais detalhes ver ANEXO 1)



Fonte: elaborado pelos autores

Na atividade 1, realizamos em cada turma um diagnóstico, utilizando a ferramenta *Google Forms*, para averiguar os conhecimentos sobre o tema ‘Vacinas’. Para a coleta dos dados nas demais atividades, utilizamos a gravação em áudio e vídeo e posterior transcrição, além da observação direta das ações dos alunos. Usamos também a produção de materiais pelos estudantes.

Analisamos os dados qualitativamente para averiguar o EA dos alunos e os indicadores de AC (ANEXO II) propostos por Sasseron e Carvalho (2008) para verificar se houve diferenças entre as turmas.

No período de coleta de dados, as aulas estavam ocorrendo de forma híbrida e a presença dos alunos era facultativa. Todavia, para aplicação da pesquisa foram escolhidas turmas de 7º anos nas quais os alunos frequentavam as aulas de Ciências presencialmente.

Resultados

Na atividade 1 averiguamos os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema. A taxa de vacinação foi de 62% (59% com a primeira dose e 3% com a segunda) e que todos entendiam a importância de se vacinar. Em relação ao conhecimento sobre a atuação da vacina, 37% não sabia como elas agiam no corpo e 14% trazia a ideia de cura. Já quando perguntado sobre o que aconteceria se poucas pessoas fossem vacinadas, 43% disseram que aumentariam os casos, 30% que a pandemia continuaria e 27% afirmaram que as pessoas morreriam. Com estes dados, podemos afirmar que os alunos apresentaram o mesmo nível de conhecimento e de opinião

sobre o tema.

A atividade 2 também foi trabalhada nas duas turmas. O objetivo foi apresentar a questão-problema e suscitar o levantamento de hipóteses. Compreendendo a importância do problema e as características que ele deve conter, foi levado em consideração o próprio contexto pandêmico para sua elaboração (Figura 2).

Figura 2 - Questão-problema abordada com os alunos das duas turmas

Apresentação da questão-problema contida na SEI.

Em 31 de dezembro de 2019, a Organização Mundial da Saúde (OMS) foi alertada sobre vários casos de pneumonia na cidade de Wuhan, província de Hubei, na República Popular da China. Tratava-se de um novo tipo de coronavírus que não havia sido identificado antes em seres humanos.

Uma semana depois, em 7 de janeiro de 2020, as autoridades chinesas confirmaram que haviam identificado um novo tipo de coronavírus. Os coronavírus estão por toda parte. Eles são a segunda principal causa de resfriado comum (após rinovírus) e, até as últimas décadas, raramente causavam doenças mais graves em humanos do que o resfriado comum. No entanto, o novo coronavírus é mais grave e levou milhares de pessoas em todo mundo à morte, tornando-se uma pandemia.

A ciência correu para criar uma vacina contra a doença, e os primeiros imunizantes ficaram prontos em meados de 2020. Até então, demorava mais de 10 anos para uma vacina ficar pronta, enquanto a que combate a Covid-19 chegou aos braços das pessoas em meses.

Adaptado de <https://www.paho.org/pt/covid19/historico-da-pandemia-covid-19>

Daniel Siles é um menino de 13 anos que não quer se vacinar contra a Covid-19, pois tem medo de agulha. Os pais dele também não querem que ele se vacine porque tem medo que a vacina cause algum efeito colateral nele. Se ele não tomar a vacina, o que pode acontecer com ele? Se ele não tomar e continuar indo para a escola, pode acontecer alguma coisa com os colegas da sala dele? Como a vacina atua dentro do corpo?

Fonte: elaborado pelos autores

Os alunos foram convidados a fazer a leitura do texto e da questão-problema. Durante as discussões, pensaram sobre como a vacina atua no corpo e na saúde coletiva e o que poderia ocorrer na escola, caso não se vacinasse, levantando hipóteses de acordo com o esperado para essa ação (Figura 3). Nessa etapa, pode-se trabalhar de forma direta o indicador Levantamento de hipótese-LH com os estudantes, que ficaram livres para expressarem seus pensamentos sobre o assunto.

Figura 3 - Exemplo de hipóteses levantadas pelos alunos

- 1) Se ele não tomar a vacina, o que pode acontecer com ele?
Ele pode contrair a doença e acabar falecendo.
- 2) Se ele não tomar e continuar indo para a escola pode acontecer alguma coisa com os colegas da sala dele? Justifique. *Depende, se ele desobedece as ordens (ficar sem máscara, sem distanciamento social...) ele vai acabar infectando à todos.*
- 3) Como a vacina atua dentro do corpo?
Eu acho que funciona assim: a vacina entrará no corpo como se fosse o vírus (por isso ficamos com dor), mas as bactérias boas percebem que é uma vacina e o deixa passar.

Fonte: elaborado pelos autores

A atividade 3 trabalhou a ação das vacinas no corpo. Na turma que utilizou a ABM, após apresentação de um filme sobre o histórico das vacinas e sua ação, propomos aos alunos que produzissem um vídeo utilizando modelos feitos com massinha de modelar, para explicar a sua ação. Posteriormente apresentaram sua produção em sala, seguida de discussão. Toda vez que se tinha alguma dúvida ou um erro conceitual, o professor fazia intervenções e interagia com os alunos (Figura 4).

Figura 4 - A) Frame 1 do vídeo sobre ação da vacina no corpo produzido pelo aluno, B) tabela com os diálogos em sala após exibição do mesmo

A		B	
Tabela 1. Diálogos após exibição do vídeo do aluno e classificação das falas de acordo com os indicadores de AC.			
Interações Discursivas		Indicadores de AC	
Prof: Neste trecho aqui, o que você quis dizer?		-	
Al 10: Que as pessoas vacinadas não transmitem a COVID-19.		Explicação	
Prof: Pessoal, pessoas vacinadas não transmitem a COVID?		-	
Al 8: Eu acho que não.		Explicação	
Al 3: Se não transmite, por que devemos usar máscara mesmo vacinado?		Raciocínio Lógico	
Prof: Boa pergunta! E aí pessoal?		-	
Al 2: Eu acho que transmite, por isso tem que continuar a usar a máscara.		Justificativa	

Fonte: elaborado pelos autores

Em outro frame do vídeo, o aluno 10 traz a concepção de prevenção de doenças, para tal, representou dois soldados treinando (Figura 5). Note que outros indicadores de AC apareceram na discussão.

Figura 5 - A) Frame 2 do mesmo vídeo, B) tabela com os diálogos em sala após apresentação.

A		B	
Tabela 2. Diálogos após exibição do vídeo do aluno e respectivo indicador de AC.			
Interações Discursivas		Indicadores de AC	
Prof: Agora vou pedir para o Al 3 ler este trecho		-	
Prof: Então chega mais perto. (O aluno se aproxima e faz a leitura)		-	
Al 3: “- Mas o que acontece quando injetam alguma vacina no nosso corpo? Um tempo depois de ser aplicada, a vacina “treina” o sistema imunológico para na próxima vez que entrar em contato com tal vírus ou bactéria combater eles, evitando que a doença se espalhe pelo corpo.”		Explicação	
Prof: Pessoal, então a vacina tem que ser tomada antes ou depois de entrar em contato com os vírus ou bactérias?		-	
Al 8: Tem que tomar antes, né?		Previsão	
Prof: E se tomar a vacina depois, será que a vacina vai combater o vírus?		-	
Al 7: Eu acho que vai combater, porque a vacina é para isso.		Explicação	
Prof: Vocês lembram da história das vacinas que a gente viu o vídeo? (O professor faz menção ao vídeo apresentado anteriormente).		-	
Prof: Então, no vídeo as vacinas eram utilizadas para curar ou para evitar que a pessoa ficasse com a varíola?		-	
Al 3: Para não pegar a varíola.		Previsão	

Fonte: elaborado pelos autores

Observamos que na elaboração do vídeo os alunos apresentaram postura ativa, com grande EA e foco em sua elaboração e puderam apresentar suas concepções acerca do fenômeno (figura 6). Com isso, os alunos socializaram suas concepções e discutiram os conceitos, com o professor fazendo intervenções de forma a mediar a construção dos conceitos.

Figura 6 - Frames de dois vídeos e respectivas transcrições das falas dos alunos. A aluna 4 traz a ideia de cura pela vacina e verificamos o indicador AC – Organização de informações (última frase). O aluno 7 trouxe a ideia de prevenção. Já o aluno 11, vai além e aborda o papel da mutação do vírus, relacionando com o filme sobre vacinas apresentado em aula anterior (indicador AC - Seriação de informações). Em todos eles, observamos o indicador AC – Classificação de informações



Al 4: “Boa tarde professor, hoje vou apresentar meu trabalho sobre como a vacina age no organismo. Dentro da vacina pode ter vírus ou bactérias da doença, mortos ou enfraquecidos, sendo não capaz de fazer com que o nosso corpo receba a doença. O objetivo principal da vacina é que ela faz com que o nosso sistema imuno...imuno...(gagueja) imunológico, crie uma resposta. Quando aplicadas no corpo (ele pega bolinhas que estavam em uma seringa e coloca na representação de uma pessoa desenhada no papel) seu corpo já vai começar a criar uma resposta. Depois do desenvolvimento da resposta do sistema imunológico...depois de passar um tempo o seu corpo pegar (pausa) reencontrar com este antígeno, né, só que com esse antígeno sendo capaz de causar a doença em seu corpo ele já vai ter conseguido criado anticorpos para deter a doença. No caso, os anticorpos são (pausa) gruda no vírus ou na bactéria impedindo de fazer com que o vírus ou a bactéria cause a doença no nosso corpo. Para explicar melhor, o vermelho é o vírus inativo (aponta para uma bolinha vermelha) e o azul é uma célula de defesa.



Al 7: “Hoje vamos ver como a vacina reage em nosso corpo. Vamos supor que esta bonequinha aqui (aponta para a boneca feita de massinha) ela está com COVID. Só que antes dela pegar a COVID ela tomou a vacina. Então, a partir do momento que ela tomou a vacina (mostra uma injeção feita de massinha), quando a gente toma a vacina aqui que é o imunizante (aponta para uma bolinha com sete “pelinhos”) que não está completa pois só tomou a primeira dose, ele vem, vai até o vírus e cobre o vírus para que ele não possa causar nenhum efeito colateral na pessoa (Figura 9). Ai depois o vírus fica bem mais fraco e não consegue fazer nenhum efeito na pessoa, tipo dor de cabeça, náusea e outros efeitos que o vírus faz. Ai depois que você toma a segunda dose fica tudo completo (aponta para a bolinha que agora tem mais “pelinhos”), você pode até ter a COVID, mas não vai ter nenhum efeito da COVID”.

Al 11: “Esses são os antígenos. Esses são os receptores. E esse azul é o vírus enfraquecido, mortos ou proteínas que compõem os antígenos. E certos antígenos têm seu formato triângulo, bolinha e quadrado que muda de formato. E o anticorpo que servia para o triângulo não serve mais porque o antígeno mudou de formato. É isso que acontece com os vírus de algumas doenças tipo da gripe”.

Fonte: elaborado pelos autores

Nesta etapa da SEI, observamos maior discussão das ideias apresentadas nos vídeos, com outros indicadores de AC (Tabela 3).

Tabela 3 - Indicadores de AC observados nos vídeos produzidos pelos alunos

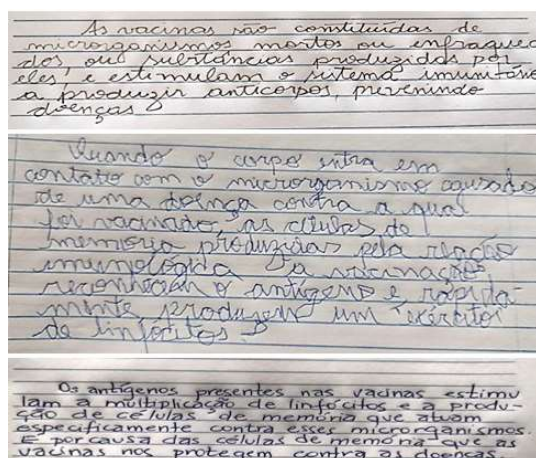
Sujeito	Interações discursivas	Indicador de AC
Al 10	Que as pessoas vacinadas não transmitem a COVID-19.	Explicação
Al 3	Se não transmite, por que devemos usar máscara mesmo vacinado?	Raciocínio Lógico
Al 10	Um tempo depois de ser aplicada a vacina “treina” o sistema imunológico...	Raciocínio lógico.
	... para a próxima vez que entrar em contato com tal vírus ou bactéria combater eles, evitando que a doença se espalhe pelo corpo.	Explicação.
Al 7	Eu acho que vai combater, porque a vacina é para isso.	Levantamento de Hipótese
Al 7	Então, a partir do momento que ela tomou a vacina, quando a gente toma a vacina aqui que é o imunizante que não está completa pois só tomou a primeira dose, ele vem, vai até o vírus e cobre o vírus para que ele não possa causar nenhum efeito colateral na pessoa.	Justificativa
Al 7	Aí depois o vírus fica bem mais fraco e não consegue fazer nenhum efeito na pessoa, tipo dor de cabeça, náusea e outros efeitos que o vírus faz.	Justificativa
	Aí depois que você toma a segunda dose fica tudo completo, você pode até ter a COVID, mas não vai ter nenhum efeito da COVID	Raciocínio-lógico
Al 4	O objetivo principal da vacina é que ela faz com que o nosso sistema imunológico, crie uma resposta.	Explicação
Al 4	Depois do desenvolvimento da resposta do sistema imunológico...depois de passar um tempo o seu corpo pegar (pausa) reencontrar com este antígeno, né,...	Raciocínio lógico
	...só que com esse antígeno sendo capaz de causar a doença em seu corpo ele já vai ter conseguido criado anticorpos para deter a doença.	Explicação

Al 3	As vacinas atuam em nosso corpo assim, ou com o vírus morto, ou com o vírus enfraquecido, ou com o vírus em pedaços,	Explicação
------	--	------------

Fonte: elaborado pelos autores

Na turma que não usou a ABM, o professor, após a apresentação do mesmo filme, iniciou a aula retomando a questão-problema. Em seguida, selecionou um texto do livro didático, sobre funcionamento do sistema imune após vacinação, e fez a leitura com os alunos. Depois, todos buscaram responder à pergunta “Como as vacinas atuam dentro do corpo?” O professor solicitou a socialização das respostas. Todavia percebeu que eram cópias do texto (Figura 7).

Figura 7 - Respostas dos alunos sobre como as vacinas agem no corpo



Fonte: elaborado pelos autores

Diante disso, fez algumas perguntas para verificar se os estudantes haviam entendido (Tabela 4).

Tabela 4 - Indicadores de AC observados nos diálogos entre alunos e professor

Sujeito	Interações discursivas	Indicador de AC
Al 6	Os antígenos presentes nas vacinas estimulam a multiplicação de linfócitos e a produção de células de memória que atuam especificamente contra esses microrganismos. É por causa das células de memória que as vacinas nos protegem contra as doenças.	Raciocínio Lógico-proporcional
Prof	Legal, obrigado Al 6. Pessoal, o que seria esses antígenos presentes na vacina?	-
Al 2	Deve ser alguma substância que eles colocam nela, né?	Levantamento de hipótese
Prof	Isso, mas qual substância vocês imaginam que é?	-
Al 5	Eu não sei não. Acho que é alguma coisa química.	Levantamento de hipótese
Prof	Alguém imagina que substância é? (Silêncio). Então anota aí no caderno para pesquisar: “o que são antígenos?” Tem mais alguma palavrinha do texto que vocês acharam difícil?	-
Al 8	Oh, essa aqui, deixa eu ver, patógenos.	-
Al 7	Linfócitos, professor”	-

Fonte: elaborado pelos autores

Diante da dificuldade na compreensão de alguns conceitos abordados no texto, o professor solicitou aos alunos pesquisar em casa o assunto. Como não realizaram, o professor os conduziu até a sala de informática para realização da pesquisa e discussão. Aqui o indicador de AC Explicação foi predominante (Tabela 5).

Tabela 5 - Indicadores de AC observados nos diálogos entre alunos e professor

Sujeito	Interações discursivas	Indicador de AC
AI 18	As vacinas são constituídas de microrganismos mortos ou enfraquecidos, ou de substâncias produzidas por eles, e estimulam o sistema imunitário a produzir anticorpos, prevenindo doenças.	Explicação
AI 6	Os antígenos presentes nas vacinas estimulam a multiplicação de linfócitos e a produção de células de memória que atuam especificamente contra esses microrganismos. É por causa das células de memória que as vacinas nos protegem contra doenças.	Explicação
AI 19	Quando um corpo entra em contato com o microrganismo causador de uma doença contra a qual foi vacinado, as células de memória produzidas pela reação imunológica à vacinação reconhecem o antígeno e, rapidamente, produzem um exército de linfócitos para defender o organismo.	Explicação
AI 2	Deve ser alguma substância que eles colocam nela, né?	Levantamento de hipótese

Fonte: elaborado pelos autores

A partir da análise dos dados da atividade 3 e 5, verificamos maior EA dos alunos que trabalharam com os modelos em comparação com os que utilizaram a leitura de texto, visto que houve maior número de interações discursivas (Tabela 6).

Tabela 6 - Interações discursivas observadas na atividade com e sem o uso de modelo

SEI com modelos			SEI sem modelos		
Sujeito	Interações discursivas	Indicador de AC	Sujeito	Interações discursivas	Indicador de AC
AI 7	Eu acho que vai combater, porque a vacina é para isso.	Hipótese	AI 2	Deve ser alguma substância que eles colocam nela, né?	Hipótese
AI 7	Então, a partir do momento que ela tomou a vacina, quando a gente toma a vacina aqui que é o imunizante que não está completa pois só tomou a primeira dose, ele vem, vai até o vírus e cobre o vírus para que ele não possa causar nenhum efeito colateral na pessoa.	Justificativa	AI 18	As vacinas são constituídas de microrganismos mortos ou enfraquecidos, ou de substâncias produzidas por eles, e estimulam o sistema imunitário a produzir anticorpos, prevenindo doenças.	Explicação
AI 7	Aí depois o vírus fica bem mais fraco e não consegue fazer nenhum efeito na pessoa, tipo dor de cabeça, náusea e outros efeitos que o vírus faz. Aí depois que você toma a segunda dose fica tudo completo, você pode até ter a COVID, mas não vai ter nenhum efeito da COVID.	Justificativa Raciocínio lógico	AI 6	Os antígenos presentes nas vacinas estimulam a multiplicação de linfócitos e a produção de células de memória que atuam especificamente contra esses microrganismos. É por causa das células de memória que as vacinas nos protegem contra doenças.	Explicação
AI 4	Depois do desenvolvimento da resposta do sistema imunológico...depois de passar um tempo o seu corpo pegar (pausa) reencontrar com este antígeno, né, só que com esse antígeno sendo capaz de causar a doença em seu corpo ele já vai ter conseguido criado anticorpos para deter a doença.	Explicação Raciocínio lógico	AI 19	Quando um corpo entra em contato com o microrganismo causador de uma doença contra a qual foi vacinado, as células de memória produzidas pela reação imunológica à vacinação reconhecem o antígeno e, rapidamente, produzem um exército de linfócitos para defender o organismo.	Explicação
AI 3	As vacinas atuam em nosso corpo assim, ou com o vírus morto, ou com o vírus enfraquecido, ou com o vírus em pedaços.	Explicação	-	-	-

Al 10	Que as pessoas vacinadas não transmitem a COVID-19.	Explicação	-	-
Al 3	Se não transmite, por que devemos usar máscara mesmo vacinado?	Raciocínio Lógico	-	-
Al 10	Um tempo depois de ser aplicada a vacina “treina” o sistema imunológico para a próxima vez que entrar em contato com tal vírus ou bactéria combater eles, evitando que a doença se espalhe pelo corpo.	Explicação. Raciocínio-lógico.	-	-
Al 4	O objetivo principal da vacina é que ela faz com que o nosso sistema imunológico, crie uma resposta.	Explicação	-	-

Fonte: elaborado pelos autores

Dando prosseguimento à SEI, a atividade 4 propunha trabalhar a importância da vacinação para a saúde coletiva. Na turma que usou a ABM, utilizamos um modelo com o intuito de comparar duas cidades com taxas de vacinação diferentes em relação à probabilidade de contágio pelo vírus da COVID-19. Os modelos foram feitos com duas garrafas PET de água de 5 litros e tampas vermelhas e verdes (modelos de tampinhas). As garrafas representavam as cidades, tampinhas verdes as pessoas vacinadas e vermelhas as não vacinadas (Figura 8). Em uma garrafa havia mais tampinhas vermelhas e na outra mais verdes.

Figura 8 - Modelo utilizado na atividade 4 para simulação do efeito populacional da taxa de vacinação em duas cidades teóricas, *Covidópolis* e *Vacinópolis*



Fonte: elaborado pelos autores

Já a outra turma, trabalhou o mesmo problema através do estudo de um texto sobre a vacinação na cidade de Botucatu-SP, em foi realizado um estudo para verificar a eficácia da vacina AstraZeneca entre pessoas de 18 a 60 anos. O texto compara o número de casos antes e depois da vacinação em massa. A proposta era que os alunos extraíssem as informações e elaborassem um gráfico para demonstrar o que ocorreu na cidade com a vacinação. Antes de iniciar a atividade o professor pergunta,

Prof: O que vocês acham que aconteceria se em uma cidade poucas pessoas se vacinassem?

Al 15: Elas morreriam (Levantamento de hipótese).

Al 3: Eles morreriam (Levantamento de hipótese).

Prof: Mas, todos morreriam? Nem todo mundo tomou a vacina ainda e nem por isso todos estão morrendo.

Al 8: Eu acho que permaneceriam em distanciamento social (Levantamento de hipótese).

Al 10: A pandemia não ia acabar tão cedo e as pessoas pegariam o vírus nesta cidade (Raciocínio lógico).

Prof: Vocês já ouviram falar na cidade de Botucatu?

Al 3: Não.

Al 15: Não

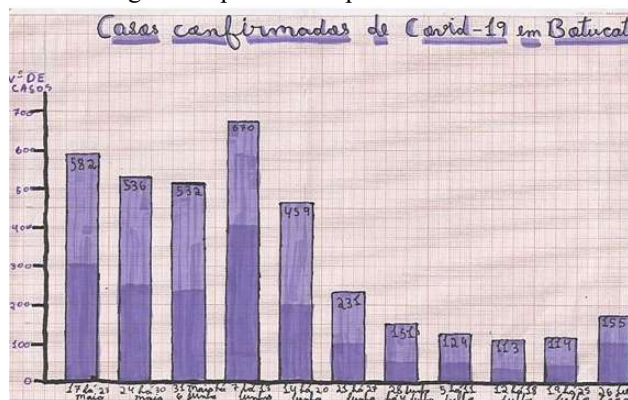
Prof: Então...nesta cidade foi feito um estudo que eles vacinaram todas as pessoas entre 18 e 60 anos. O que vocês acham que aconteceu?

Al 2: Acho que ninguém pegou a doença (Explicação).

Prof: Vou passar o texto para vocês lerem.

Podemos destacar opiniões extremas, na qual eles afirmam que todos morreriam se não se vacinassem ou que nenhuma pegaria a doença em caso de vacinação. Após a leitura, os alunos produziram gráficos (Figura 9).

Figura 9 - Um dos gráficos produzidos pelos alunos e usados na discussão



Fonte: elaborado pelos autores

Em seguida, apresentaram sua produção para discussão. Note que isso favoreceu diferentes indicadores de AC,

Prof: E aí pessoal, quem quer mostrar o gráfico?

Al 8: Eu.

Prof: Vamos ver o seu gráfico. Ficou bonito. O que você percebeu que houve depois da vacinação nesta cidade

Al 8: Reduziram os casos (Explicação).

Al 14: Mas ainda continua tendo casos (Raciocínio lógico).

Al 8: É, mas reduziu muito (Explicação). Em vista do que tava antes, né? (Justificativa)

Prof.: Então, na cidade de Serrana-SP, eles fizeram um estudo semelhante ao que foi feito em Botucatu, só que, lá eles fizeram com a vacina Coronavac. O que vocês acham que vai acontecer?

Al 7: Os casos vão reduzir (Previsão).

Al 8: Também acho que os casos vão reduzir (Previsão).

Na turma que trabalhou com o modelo, os alunos deveriam retirar as tampinhas de forma aleatória e registrar os dados (Figura 10).

Figura 10 - Exemplo da atividade realizada pelos alunos utilizando o modelo de tampinhas

O que aconteceria se poucas pessoas se vacinassem?

Em uma determinada região do Brasil, a população de duas cidades tiveram comportamentos diferentes em relação à vacinação. Na cidade de Vacinópolis 80% dos 200.000 habitantes que poderiam se vacinar, completaram o esquema vacinal. Entretanto, na cidade vizinha, chamada Covidópolis, dos 200.000 habitantes aptos para tomar a vacina 50% se vacinaram.

a) Qual das duas cidades há uma probabilidade maior de que seus habitantes peguem a doença do Coronavírus?
Covidópolis

Busque provas para ajudar a apoiar a sua ideia.

Simulação de vacinação.

Na nossa simulação de vacinação a garrafa corresponde a cidade e as tampinhas os habitantes aptos a tomarem a vacina. As tampinhas de cor vermelha representam às pessoas que não foram vacinadas e as tampinhas de cor verde as que foram vacinadas. Cada tampinha equivale a 1000 pessoas. Diante disso, responda:

b) Quantas tampinhas vermelhas e quantas verdes você colocará na garrafa que representa a cidade de Vacinópolis?
80 VERMELHAS, 20 VERDES.

c) Quantas tampinhas vermelhas e quantas verdes você colocará na garrafa que representa a cidade de Covidópolis?
50 VERDES, 50 VERMELHAS.

Faça como se fosse um sorteio, mexendo bem a garrafa e sorteie as tampinhas, as que caírem na sua mão correspondem às pessoas que entraram em contato com o vírus, o intervalo entre um sorteio e outro equivale a um período de 10 dias, após cada sorteio, coloque as tampinhas novamente na garrafa. Depois disso preenchem a tabela.

Tabela com os resultados

Cidade de Vacinópolis

	Dia 1	Dia 11	Dia 21	Dia 31	Dia 41	Dia 51	Dia 61	Dia 71	TOTAL
Vacinados	9	4	5	7	4	5	5	6	50
Não vacinados	7	2	7	3	0	0	7	2	10

Cidade de Covidópolis

	Dia 1	Dia 11	Dia 21	Dia 31	Dia 41	Dia 51	Dia 61	Dia 71	TOTAL
Vacinados	2	0	2	2	6	2	5	6	25
Não vacinados	4	5	7	3	7	2	3	4	23

d) Qual das cidades teve maior contato com o vírus?
Covidópolis

e) Compare os seus resultados com os resultados dos outros grupos. Houve semelhanças e/ou diferenças?
HOUE SEMELHANÇAS.

Fonte: elaborado pelos autores

Antes, O professor inicia a aula realizando uma pergunta no início da atividade para os alunos manifestarem suas hipóteses,

Prof: Pessoal, o que aconteceria se poucas pessoas de uma cidade se vacinassem?

Al 11: Acho que morreriam (Levantamento de hipótese).

Al 14: Também acho que morreriam (Levantamento de hipótese).

Prof: Mas todos morreriam?

Al 8: Acho que não seriam todos, mas a maioria (Raciocínio lógico).

Depois da pergunta e discussão, o professor lê com os alunos a atividade e explica como utilizar o modelo. O seu uso suscitou outras perguntas pelos alunos, como por exemplo, as limitações do modelo.

Al 8: Professor, aqui nesta cidade as pessoas estão todas juntas, mas na cidade de verdade elas podem morar em bairros afastados e ficar mais difícil de pegar a COVID, né? (Raciocínio lógico-proporcional).

Prof: Pessoal, o que vocês acham da pergunta feita pelo colega?

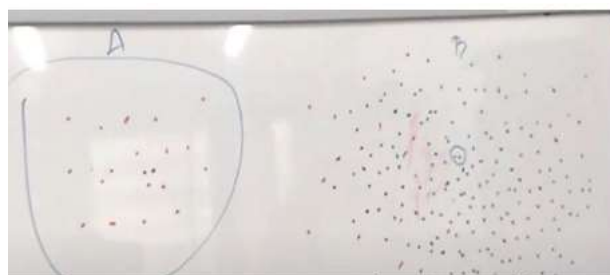
Al 3: Eu acho que se ficar mais afastado tem menos chance de pegar a COVID (Levantamento de hipótese).

Prof: Será que a taxa de casos do bairro influencia?

Al 7: Eu acho que deve influenciar, como se fosse em uma cidade (Classificação de informações). Daí se tiver muitos casos no bairro deve aumentar as chances também, né?" (Raciocínio lógico-proporcional).

Em certo momento da interação um dos alunos vai à lousa e faz uma representação das duas cidades e explica em qual ocorrerá maior probabilidade de se infectar (Figura 11).

Figura 11 - Explicação do aluno sobre as taxas de vacinação diferentes nas duas cidades e sua relação com a probabilidade de contato com o vírus



Al 8: Oh, aqui é a cidade A e aqui é a cidade B (Explicação).

Prof: O que representa estes pontinhos vermelhos e estes pontinhos azuis?

Al 8: Olha, os pontinhos azuis são as pessoas vacinadas e os vermelhos as que não foram vacinadas. Na cidade "A" tem menos gente, mas só duas pessoas foram vacinadas, então se você sair na rua tem mais chance de encontrar alguém que não foi vacinado do que na cidade "B" que tem mais gente (Organização das informações).

Prof: Pessoal, vocês entenderam a explicação dele?

Alunos: Sim.

Fonte: elaborado pelos autores

O uso do modelo propiciou aos alunos construir hipóteses e fazer previsões (Tabela 7)

Tabela 7 - Interações discursivas entre alunos e professor durante o uso do modelo

Sujeito	Interações discursivas	Indicador de AC
Al 7	Acho que morreriam!	Hipótese
Al 8	Acho que não seriam todos, mas a maioria.	Hipótese
Alunos	Covidópolis ou vacinópolis	Teste de hipótese
Al 8	Na cidade "A" tem menos gente, mas só duas pessoas foram vacinadas, então se você sair na rua tem mais chance de encontrar alguém que não foi vacinado do que na cidade "B" que tem mais gente.	Previsão

Fonte: elaborado pelos autores

Com o uso do modelo foi possível explorar, também, outras possibilidades de taxa de vacinação diferente da que estava na atividade. Com o intuito de saber se eles tinham compreendido o conceito de taxa de vacinação o professor perguntou,

Prof: Agora que vocês fizeram a atividade, vou fazer outro desafio para vocês. Tem duas cidades. Uma com 100.000 habitantes e taxa de vacinação de 50% e a outra com 10.000 habitantes e taxa de vacinação de 20%. O morador de qual cidade corre risco maior de pegar a COVID?

Al 2: Com certeza a que têm 100.000 habitantes, porque tem mais gente lá (Levantamento de hipótese).

Al 13: Eu acho que é a quem tem menos gente, ah, não sei! (Levantamento de hipótese).

Prof: Então, vamos fazer o teste usando o modelo.

Trabalhar com material concreto para esta faixa etária foi permitiu compreensão do número, da quantidade e da porcentagem. A figura 12 retrata um aluno utilizando o modelo de

tampinhas para explicar sobre a probabilidade de contágio na cidade cuja taxa de vacinação era inferior.

Figura 12. Um dos alunos explicando a probabilidade de contaminação



Fonte: elaborado pelos autores

Percebemos, portanto, que o uso de modelos favoreceu maiores interações discursivas com maior participação dos alunos e que os testes de hipóteses e previsões foram favorecidos em situações que não estavam previstas na SEI.

Discussão

Analisando os dados, concluímos que ambas apresentaram indicadores de AC semelhantes, sendo que a previsão e teste de hipóteses são favorecidos com o uso do modelo quando se quer analisar cenários diferentes do previsto. Entretanto, verificamos que o uso da ABM associada com a SEI promove maior participação dos estudantes, gerando mais interações discursivas entre eles e com o professor na solução do problema. Ou seja, o uso combinado de ABM e SEI aumenta interações discursivas relacionadas à AC, promovendo maior EA e atenção dos alunos. Para entender estas conclusões, vamos discutir os diferentes cenários que ocorreram durante a aplicação da SEI.

Primeiro é importante destacar que de forma geral o uso da SEI, devido sua configuração, permite aos alunos formularem hipóteses às questões problema propostas, além de usar a argumentação científica para justificação de fatos (SASSERON, 2013). Isso nós verificamos na atividade 2 em ambas as turmas, em que o professor usou um problema fictício baseado na realidade vivida pelos estudantes, e estes então propuseram explicações, justificativas e hipóteses. Outro ponto importante e verificado por nós foi o entendimento crítico da importância da vacinação em um contexto social em todas as etapas. Isso vai ao encontro com o propósito da AC de uma formação mais voltado para o cotidiano, em que os estudantes reflitam sobre a relação entre ciência e sociedade (CHASSOT, 2018).

Nas duas turmas estudadas, nas atividades 3,4 e 5, os indicadores de AC não apresentaram grandes diferenças. Observamos vários deles, como uso de explicações, levantamento de hipóteses, raciocínio lógico, justificativa e previsão. Desta forma, o uso da SEI, independente da estratégia usada, favorece a AC quando o professor se engaja nessa ação. Assim, o ensino por investigação contribui na aprendizagem da natureza da ciência. Em um estudo sobre o fenômeno de formação do arco íris, os alunos também utilizavam evidências, testavam hipóteses, realizavam explicações coletivas, entre outros, na discussão do fenômeno (BRITO; FIREMAN, 2016). A SEI pode proporcionar a AC no que se refere à compreensão de termos, conhecimentos científicos, o entendimento das práticas epistêmicas e sua relação com o cotidiano, além do processo científico (SASSERON; CARVALHO, 2011; SANTANA; SEDANO, 2021).

No entanto, na turma que usou a modelagem, percebemos que alguns indicadores foram mais favorecidos, como previsões e teste de hipóteses, principalmente quando diferentes cenários eram apresentados. Os alunos conseguiram verificar as limitações dos modelos na explicação dos fenômenos, como observado em um aluno sobre o modelo de tampinhas para estudo de taxas de vacinação que não levava em consideração os diferentes bairros de uma cidade e seus contextos. Entendemos que o uso de modelos expressa uma construção, uma ação em que naturalmente vem acompanhada do processo de levantar hipóteses, analisar dados,

fazer previsões, argumentar e reavaliar o próprio modelo, importantes para o ensino de ciências (CITAÇÃO retirada para não identificação). Isso permite aos alunos pensar em outras situações e aplicar em outros contextos, trazendo implicações ao seu raciocínio como uma forma de mediação de sentidos, permitindo que eles revisem os modelos, os usem como forma de fazer previsões e explicar (NAMNDAR; SHEIN, 2015) significados.

Entretanto, nas atividades 3, 4 e 5 em que se usou a ABM verificamos outros efeitos. O primeiro foi em relação ao maior engajamento dos alunos. Não que na SEI sem modelos não observamos EA, pelo contrário, os alunos participaram das discussões e realizaram atividades em que foram protagonistas. Mas nessa turma que usou o texto sobre ação das vacinas no corpo, o professor percebeu que os alunos faziam cópias de trechos do texto para explicações e observou dificuldades na compreensão dos conceitos. Pensando nisso, solicitou uma pesquisa em casa sobre sistema imune, mas não realizada, necessitando de outra estratégia (uso do laboratório de informática) para discutir o tema, o que trouxe um melhor resultado. Verificamos em outro estudo que usou a leitura de texto em uma SEI a dificuldade de uma professora, que se esforçou para motivar os alunos em participar, fazendo interrupções para ações disciplinares, diferente de outra aula em que se usou a experimentação (SASSERON, 2013).

Já na turma que construiu modelos em massinha para explicar a ação da vacina no organismo, verificamos maior engajamento. Isso ocorreu durante a produção dos vídeos e depois na discussão dos mesmos em sala. Os alunos apresentaram mais participações, com maior interação com os colegas e com o professor, assim como protagonismo na produção dos modelos. O mesmo ocorreu com o uso do modelo de tampinhas, em que verificamos posturas mais ativas e espontâneas, como a o aluno que foi à lousa para explicar a probabilidade de transmissão de COVID-19 em diferentes cidades e sua relação com a taxa de vacinados. Ou então em alunos que passaram a explicar para colegas, usando o modelo, sobre a probabilidade maior de se pegar COVID-19 em cidades com taxas de vacinação inferior. Para que estas ações ocorram é preciso estar engajado ativamente. Primeiro, para apresentar uma postura ativa, o cérebro necessita projetar modelos mentais dos fenômenos observados e depois projetá-los para o mundo concreto, submetendo a testes, comparações, entre outros (DEHAENE, 2022) e o uso de modelagem favorece isso. Segundo, quando se tem objetivos claros, ou seja, ações dirigidas a um objetivo, os alunos ficam mais motivados e comprometidos em alcançá-lo, o que ativa o sistema cognitivo proativo (BRAVER, 2012; SEEL, 2107; DEHAENE, 2022), típico da ABM. Um estudo mostrou especificamente que o uso da ABM aumentou as interações ativas entre estudantes e sua motivação durante o processo, ou seja, um EA (AMADOR *et al.*, 2018).

O segundo efeito foi na função cognitiva atenção. Na produção dos modelos de massinha, os alunos procuraram selecionar os conceitos mais adequados, como antígeno e anticorpo, receptores, vírus, entre outros na explicação sobre o funcionamento do sistema imune e na forma de representa-los nos modelos. Na atividade 4, que estudou o efeito populacional da vacinação, usando o modelo de tampinhas, verificamos que ele favoreceu o raciocínio proporcional e o trabalho com porcentagem, como vimos acima alunos ensinando outros alunos. O EA conduz a uma atenção mais sustentada em que o sujeito mobiliza funções cerebrais, como a função executiva, selecionando informações, conceitos e processos mais adequados a uma tarefa (DEHAENE, 2022). Isso está relacionado com o circuito executivo que mantém a atenção até o objetivo ser alcançado (CONSENZA; GUERRA, 2011) e com a memória de trabalho que mantém ativo as representações mentais e orientando as decisões (POTTER; BRYCE; HARTLEY, 2017). Isso tudo mobiliza memórias sobre o assunto, como conceitos trabalhados em outras aulas e em outras disciplinas, experiências passadas e ajuda na organização de informações para mostrar como os componentes dos modelos interagem (BUCKLEY, 2012). A modelagem tem a capacidade de proporcionar aos alunos, “focar em aspectos chave do alvo coerente com seus objetivos” (MOZZER; JUSTI, 2018, p.4). Tudo isso é típico e inerente à ABM.

Por fim, quando comparadas, verificamos que a turma que trabalhou com os modelos apresentou mais interações discursivas entre os alunos e destes com o professor na discussão e argumentação do tema, um indicativo de EA. Um estudo mostrou que estudantes que participam de atividades com o uso de modelos apresentam várias habilidades de argumentação, ou seja, “favorece ocorrência de várias situações argumentativas envolvendo tanto os estudantes quanto eles e o professor” (JUSTI, 2015, p. 41). Ou seja, o uso da ABM associado com a SEI se mostrou eficaz no compromisso ativo dos alunos que se engajam mais na solução do problema proposto.

Referências bibliográficas

- AMADOR, L.A.; TRINDADE, R.J.; GOMES, P.W.P; RAMOS, E.Z.; SOUZA, R.F. Estratégia didática: utilizando a modelagem para facilitar o ensino e aprendizagem da temática terra e universo. *ACTIO*, v. 3, n. 3, p. 26-42, 2018. <http://dx.doi.org/10.3895/actio.v3n3.7565>
- BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, 2018.
- BRITO, L.O.; FIREMAN, E.C. Ensino de ciências por investigação: uma estratégia pedagógica para promoção da alfabetização científica nos primeiros anos do ensino fundamental. *Revista Ensaio*, v.18, n. 1, p. 123-146, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172016180107>
- BUCKLEY, B.C. Model-based learning. In: SEEL, N.M. (Ed.), *Encyclopedia of the sciences of learning*. New York: Springer, v. 5, p. 2300-2303, 2012. Disponível em:http://www.simsScientists.org/downloads/Buckley_Model_Based_Learning.pdf Acesso em 11/5/2023.
- BRAVER T. S. The variable nature of cognitive control: A dual mechanisms framework. *Trends in Cognitive Sciences*, v. 16, p. 106-113, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2011.12.010>
- CARVALHO, A, M, P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A, M, P. *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Editora Cengage Learning, 2013. cap. 5., p.1-2.
- CHASSOT, A. *Alfabetização científica: questões e desafios para a educação*. 8.ed. Ijuí: Ed. Unijuí, 2018.
- CONSENZA R. M., GUERRA L. B. *Neurociência e educação: como o cérebro aprende*. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- DEHAENE, S. *É assim que aprendemos*. São Paulo: Editora Contexto, 2022.
- FERREIRA P. F. M. *Modelagens e suas contribuições para o ensino de ciências: uma análise no equilíbrio químico*. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil, 2006. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/FAEC-85UP2D>
- FIGUEIREDO, A.O. *Terrário como modelo científico investigativo no ensino de Ecologia*. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática) - Instituto Federal de São Paulo, 2021.
- GÖDEK, Y. The importance of modelling in science education and in teacher education *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, n. 26, p. 54-61, 2004.
- GOMES, T.H.S.S; LAGE, D.A. Modelos didáticos como facilitadores do processo de ensino-aprendizagem do sistema cardiovascular dos vertebrados. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 21, n. 3, 442-465, 2022.
- HARISON A. G.; TREAGUST D. F. A. Typology of school science models. *International Journal of Science Education*, v. 22, n.9, p. 1011-1026, 2000. <https://doi.org/10.1080/095006900416884>
- JUSTI, R. Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências. *Revista Ensaio*, v.17 n. especial, p. 31-48, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-2117201517s03>
- KRASILCHIK, M. *Prática de Ensino de Biologia*. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2011.

- MANDAI, C. Abordagem teórica na ecologia: uma visão do mundo através de modelos. *Revista da Biologia*, v. 12, n.1, p. 1-5, 2014. <https://doi.org/10.7594/revbio.12.01.01>
- MOZZER N. B.; JUSTI R. Modelagem analógica no ensino de ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 23, n.1, p. 155-182, 2018. <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2018v23n1p155>
- NAMDAR, B.; SHEN, J. Modeling-Oriented Assessment in K-12 Science Education: A synthesis of research from 1980 to 2013 and new directions. *International Journal of Science Education*, v. 37, n.7, p. 993-1023, 2015. <https://10.1080/09500693.2015.1012185>
- POTTER T. C. S.; BRYCE N. V.; HARTLEY C.A. Cognitive components underpinning the development of model-based learning. *Developmental Cognitive Neuroscience*, v. 25, p. 272-280, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.dcn.2016.10.005>
- PRESTES M. E. B. Uso de modelos na ciência e no ensino de ciências. *Boletim de História e Filosofia da Biologia*, v.7, n.1, p. 4-10, 2013. <http://www.abfhib.org/Boletim/Boletim-HFB-07-n1-Mar-2013.pdf>
- SAMPIERI, R.H.; COLLADO, C.F.; LUCIO, M.D.P.B. *Metodologia de pesquisa*. Porto Alegre: Grupo A, E-book, 2019.
- SANTANA. U.S.; SEDANO, L. Práticas epistêmicas no ensino de ciências por investigação: contribuições necessárias para a alfabetização científica. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.26, n.2, p. 378-403, 2021. <http://dx.doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2021v26n2p378>
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura dos indicadores no processo. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/445>. Acesso em: 30 abr. 2023.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 16, n.1, p. 59-77, 2011.
- SASSERON, L. H. Interações discursivas em sala de aula: o papel do professor. In: CARVALHO, A, M, P. *Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula*. São Paulo: Editora Cengage Learning, cap.3, p. 41-61, 2013.
- SASSERON, L. H; SOUZA, V.F.M. *Alfabetização científica na prática: inovando a forma de ensinar física*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017.
- SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por Investigação e Argumentação: relações entre Ciências da Natureza e Escola. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v.17, n. especial, 2015.
- SCARPA, D L.; CAMPOS, N.F. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. *Estudos Avançados*, v.32, n. 94, p.25-41, 2018.
- SEEL, N.M. Model-based learning: a synthesis of theory and research. *Educational Technology Research and Development*, v. 65, n.4, p. 931-966, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11423-016-9507-9>
- TREAGUST, D.F.; CHITTLEBOROUGH, G.; MAMIALA, T.L. Students' understanding of the role of scientific models in learning science, *International Journal of Science Education*, v. 24, n.4, p. 357-368, 2002. <http://dx.doi.org/10.1080/09500690110066485>
- WILSON K. J., LONG T. M., MOMSEN J. L., BRAY SPETH E. Modeling in the classroom: making relationships and systems visible. *Life Science Education*, v. 19, n.1, p. 1-5, 2020. <https://doi.org/10.1187/cbe.19-11-0255>

APÊNDICE II – SEI COM MODELOS

Tabela A- Distribuição das atividades propostas na SEI com o uso de modelos aula a aula e descrição dos objetivos gerais, conteúdos e estratégias de cada atividade.

AULAS	OBJETIVOSGERAIS	CONTEÚDO	ESTRATÉGIAS
ATIVIDADE 1			
1 e 2	Levantar os conhecimentos prévios.	Pesquisa acerca dos alunos que já tinham tomado a vacina da Covid-19 e outras questões sobre a importância das vacinas.	Pesquisa sobre as vacinas elaborada no <i>Google forms</i> ; Leitura realizada pelos alunos das respostas atribuídas na pesquisa.
ATIVIDADE 2			
3 e 4	Formular hipótese inicial por meio da questão-problema.	A importância das vacinas para a saúde individual e coletiva.	Leitura de texto para apresentação da questão-problema; Levantamento de hipóteses; Socialização das hipóteses.
ATIVIDADE 3			
5, 6, 7 e 8	Compreender o contexto histórico da invenção das vacinas. Investigar como as vacinas atuam dentro do corpo humano. Socialização dos vídeos trazidos.	História da invenção das vacinas; Sistema imunológico do corpo humano. Como as vacinas atuam dentro do corpo humano.	Exibição de um vídeo abordando a história das vacinas e como elas atuam dentro do corpo. Foi proposto aos alunos que realizassem um vídeo utilizando modelos feitos com massinha de modelar, explicando como as vacinas atuam dentro do corpo; Distribuição do material. Exibição e discussão dos vídeos realizados pelos alunos
ATIVIDADE 4			
9 e 10	Investigar a incidência de casos da doença em cidades com percentuais de vacinação diferentes.	A importância das vacinas para a saúde coletiva.	Utilização de um modelo simulando duas cidades que tiveram percentuais de vacinação diferentes. Socialização dos resultados.
ATIVIDADE 5			
10 e 11	Sistematização das ideias; Reformulação da hipótese inicial.	A importância das vacinas para a saúde individual e coletiva.	Retomada da questão inicial com as discussões e posterior escrita individual.

Fonte: os autores

APÊNDICE III– SEI SEM MODELOS

Tabela B – Distribuição das atividades propostas na SEI sem o uso de modelos aula a aula e descrição dos objetivos gerais, conteúdos e estratégias de cada atividade.

AULAS	OBJETIVOS GERAIS	CONTEÚDO	ESTRATÉGIAS
ATIVIDADE 1			
1 e 2	Levantar os conhecimentos prévios.	Pesquisa acerca dos alunos que já tinham tomado a vacina da Covid-19 e outras questões sobre a importância das vacinas.	Pesquisa sobre as vacinas elaborada no <i>Google forms</i> ; Leitura realizada pelos alunos das respostas atribuídas na pesquisa.
ATIVIDADE 2			
3 e 4	Formular hipótese inicial por meio da questão-problema.	A importância das vacinas para a saúde individual e coletiva.	Leitura de texto para apresentação da questão-problema; Levantamento de hipóteses; Socialização das hipóteses.
ATIVIDADE 3			
5, 6, 7 e 8	Compreender o contexto histórico da invenção das vacinas. Investigar como as vacinas atuam dentro do corpo humano. Socialização dos dados.	História da invenção das vacinas; Sistema imunológico do corpo humano. Como as vacinas atuam dentro do corpo humano.	Exibição de um vídeo abordando a história das vacinas. Texto selecionado abordando como as vacinas agem dentro do corpo; Foi proposto que os alunos fizessem apontamentos sobre o texto e realizasse o seu próprio texto com pesquisas realizadas em casa. Socialização dos textos trazidos pelos alunos.
ATIVIDADE 4			
9 e 10	Investigar a incidência de casos da doença em cidades com percentuais de vacinação diferentes.	A importância das vacinas para a saúde coletiva.	Utilização de um texto mostrando um estudo sobre os efeitos da vacinação em massa na cidade de Botucatu-SP. Socialização dos dados coletados no texto por intermédio de gráficos.
ATIVIDADE 5			
10 e 11	Sistematização das ideias; Reformulação da hipótese inicial.	A importância das vacinas para a saúde individual e coletiva.	Retomada da questão inicial com as discussões e posterior escrita individual.

Fonte: os autores

APÊNDICE IV – PRODUTO EDUCACIONAL



PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

PRODUTO EDUCACIONAL

Sequência de Ensino Investigativo sobre vacinas com o uso de
uma a Abordagem Baseada em Modelos

Cleudinaldo Guimarães Siles

Andre Peticarrari

São Paulo (SP)
2023

Produto Educacional apresentado como requisito à obtenção do grau de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática pelo Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, campus São Paulo. Aprovado em banca de defesa de mestrado em:

AUTORES

Cleudinaldo Guimarães Siles: Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Católica de Santos (2006), Especialização em Genética para professores do Ensino Médio pela UFPR (2011) Licenciatura em Ciências pela USP/UNIVESP (2018). É professor de Ciências das redes municipais de ensino das cidades de Praia Grande e Cubatão. Atua como professor voluntário de Biologia do Projeto Educafro.

André Peticarrari: Possui Graduação (Ciências Biológicas), Especialização (Educação), Mestrado e Doutorado (Biologia Comparada, com ênfase em Limnologia) pela Universidade de São Paulo - USP. Trabalhou como educador da Casa da Ciência no projeto educacional do Hemocentro de Ribeirão Preto/FMRPUSP (CEPID e INCT), onde realizou pós-doutorado pelo INCT na área de Ensino de Ciências e Biologia como bolsista CNPq (linha de pesquisa em ensino em espaços não-formais de educação), desenvolvendo pesquisas em ensino/aprendizagem e atuando em projetos de difusão e divulgação científica para alunos e professores do ensino básico na área de ecologia e biologia geral. Foi professor responsável pela disciplina "Ação docente na iniciação científica" do programa de pós-graduação da FMRP-USP e do curso de Especialização em Divulgação Científica do Hemocentro-RP. Atualmente é docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, câmpus São Paulo, lecionando no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. É professor do programa de mestrado profissional em Ensino de Ciências e Matemática do IFSP/Câmpus São Paulo. Tem experiência na área de Ensino de Ciências e Biologia, com ênfase em Divulgação científica, além de atuar nas seguintes áreas: Ambientes não-formais de ensino e Ensino de Ecologia.

Apresentação do Produto Educacional

Este material, apresentado como Produto Educacional, é parte integrante de nossa pesquisa intitulada: “O uso da Aprendizagem Baseada em Modelos e suas implicações na Alfabetização Científica de alunos do ensino fundamental sobre vacinas” desenvolvida no Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP), sob orientação do Professor Doutor André Peticarrari.

Nosso Produto Educacional consiste na proposição de uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI) sobre vacinas com o uso da Aprendizagem Baseada em Modelos. A escolha da elaboração deste material deve-se ao fato de que, em estudo realizado por nós durante o contexto de pandemia de Covid-19, aplicando esta Sequência de Ensino Investigativo, a mesma apresentou resultados favoráveis em relação ao Engajamento Ativo dos alunos e a manifestação de indicadores de Alfabetização Científica.

A referida Sequência traz a proposta de desenvolvimento de cinco atividades com duração aproximada de 10 aulas. Especificamente os modelos aparecem em duas delas. Obviamente que, o referido professor pode fazer uso de alguma destas atividades e inseri-las em outra sequência elaborada por ele e que atenda melhor os seus objetivos, entretanto, aqui elas foram planejadas trazendo a ideia de um ensino investigativo. Novas atividades podem ser incorporadas na Sequência, sobretudo, porque por ser investigativa podem surgir outros questionamentos que suscitem novas atividades.

Introdução

O Ensino por Investigação é uma abordagem didática na qual estratégias são utilizadas para possibilitar uma investigação realizada pelos estudantes por intermédio da mediação do professor (SASSERON, 2015).

Diante disso, Carvalho (2018) propõe as Sequências de Ensino Investigativo (SEI) cuja finalidade é desenvolver conteúdos e temas específicos. Elas são compostas por algumas etapas, são elas: proposição de um problema e distribuição do material pelo professor; resolução do problema pelos alunos; sistematização dos conhecimentos elaborados nos grupos; escrever ou desenhar (CARVALHO, 2013). A SEI proposta neste produto educacional leva em consideração estas etapas.

Quanto à utilização de modelos, Godek (2004) diz que alguns fenômenos científicos são muito abstratos e por isso defende a sua utilização. Compreendendo que a interação das vacinas dentro do corpo é muito abstrato, justifica o fato de utilizarmos modelos, sobretudo na atividade que visa estudar a interação das vacinas com o sistema imunológico.

Ao falar do uso de modelos em processos biológicos, Mandai (2014) ressalta que eles são importantes também na construção de possíveis cenários biológicos que os processos de interesse podem produzir. Os modelos podem ilustrar hipóteses, gerar previsões, propor mecanismos, representar resultados de pesquisas ou descrever a compreensão atual da estrutura e função de sistemas complexos (WILSON et al, 2014). Logo, compreendemos que ao propor a atividade com garrafas PET e as tampinhas para simular as cidades e as taxa de vacinação, vai ao encontro de criar um modelo para buscar explicações para sistemas que no mundo real são complexos.

O desenvolvimento da temática vacinas proposta nesta SEI foi planejado visando desenvolver a seguinte habilidade prevista na Base Nacional Comum Curricular.

argumentar sobre a importância da vacinação para a saúde pública, com base em informações sobre a maneira como a vacina atua no organismo e o papel histórico da vacinação para a manutenção da saúde individual e coletiva e para a erradicação de doenças.
(BRASIL, 2018, P.347).

Associado com a modelagem, que requer a manipulação de variáveis e a testagem com foco em um objetivo, o uso combinado destas estratégias pode

favorecer uma atenção mais sustentada por parte dos sujeitos envolvidos na realização das tarefas. Os alunos acabam por participar de todas as etapas da modelagem e acabam se envolvendo mais ativamente na sua construção do conhecimento (JUSTI, 2015).

A Sequência de Ensino Investigativo (SEI)

A SEI proposta aborda a temática vacinas, ela foi aplicada em um contexto de pandemia o que auxiliou na contextualização. Todavia, a temática em questão é uma habilidade prevista na BNCC e formas diferentes de abordar devem ser exploradas, pois se trata de um assunto muito importante socialmente. O Quadro 1 apresenta a síntese da sequência proposta e, em seguida mais detalhes sobre as atividades previstas.

Quadro 1 – Distribuição das atividades propostas na SEI com o uso de modelos aula a aula e descrição dos objetivos gerais, conteúdos e estratégias de cada atividade.

AULAS	OBJETIVOS GERAIS	CONTEÚDO	ESTRATÉGIAS
ATIVIDADE 1			
1 e 2	Levantar os conhecimentos prévios.	Pesquisa acerca dos alunos que já tinham tomado a vacina da Covid-19 e outras questões sobre a importância das vacinas.	Pesquisa sobre as vacinas elaborada no <i>Google forms</i> ; Leitura realizada pelos alunos das respostas atribuídas na pesquisa.
ATIVIDADE 2			
3 e 4	Formular hipótese inicial por meio da questão-problema.	A importância das vacinas para a saúde individual e coletiva.	Leitura de texto para apresentação da questão-problema; Levantamento de hipóteses; Socialização das hipóteses.
ATIVIDADE 3			
5, 6, 7 e 8	Compreender o contexto histórico da invenção das vacinas. Investigar como as vacinas atuam dentro do corpo humano. Socialização dos vídeos trazidos.	História da invenção das vacinas; Sistema imunológico do corpo humano. Como as vacinas atuam dentro do corpo humano.	Exibição de um vídeo abordando a história das vacinas e como elas atuam dentro do corpo. Proposta para que alunos realizem um vídeo utilizando modelos feitos com massinha de modelar, explicando como as vacinas atuam dentro do corpo; Distribuição do material. Exibição e discussão dos vídeos realizados pelos alunos
ATIVIDADE 4			
9 e 10	Investigar a incidência de casos da doença em cidades com percentuais de vacinação diferentes.	A importância das vacinas para a saúde coletiva.	Utilização de um modelo simulando duas cidades que tiveram percentuais de vacinação diferentes. Socialização dos resultados.
ATIVIDADE 5			
10	Sistematização das ideias; Reformulação da hipótese inicial.	A importância das vacinas para a saúde individual e coletiva.	Retomada da questão inicial com as discussões e posterior escrita individual.

Fonte: os autores.

Atividade 1

A atividade 1 tem como objetivo realizar o levantamento dos conhecimentos prévios com uma pesquisa elaborada no *Google Forms*.

Figura 1: Exemplo de pesquisa utilizando o *Google Forms*.

Você já foi vacinado(a) contra a COVID-19? *

Sim, com a 1ª dose.
 Sim, com a 2ª dose.
 Sim, com a 3ª dose.
 Sim, com a 4ª dose.
 Não.

Qual é a sua idade? *

10
 11
 12
 13
 14
 Outro: _____

As vacinas são importantes? *

Sim.
 Não.

Por quê? *

Sua resposta _____

Como você acha que as vacinas atuam dentro do nosso corpo? *

Sua resposta _____

O que você acha que aconteceria se poucas pessoas se vacinassem? *

Sua resposta _____

A vacinação deveria ser obrigatória? justifique. *

Sua resposta _____

Fonte: os autores.

Orientações ao professor(a): Na ausência de acesso à internet que impossibilitaria de usar o *Google Forms* a pesquisa pode ser realizada com as perguntas impressas ou passadas diretamente na lousa. Sugerimos após a pesquisa socialize as respostas com os alunos, sobretudo elaborando gráfico com o percentual de vacinados na sala e suas respectivas doses, a vantagem do formulário do Google é que ele já apresenta os gráficos e as respostas dos alunos, facilitando a socialização.

Atividade 2

Após o levantamento dos conhecimentos prévios é possível ter subsídios para elaborar a questão-problema que norteará a Sequência de Ensino Investigativo.

Figura 2: Apresentação da questão-problema.

Apresentação da questão-problema contida na SEI.

Em 31 de dezembro de 2019, a Organização Mundial da Saúde (OMS) foi alertada sobre vários casos de pneumonia na cidade de Wuhan, província de Hubei, na República Popular da China. Tratava-se de um novo tipo de coronavírus que não havia sido identificado antes em seres humanos.

Uma semana depois, em 7 de janeiro de 2020, as autoridades chinesas confirmaram que haviam identificado um novo tipo de coronavírus. Os coronavírus estão por toda parte. Eles são a segunda principal causa de resfriado comum (após rinovírus) e, até as últimas décadas, raramente causavam doenças mais graves em humanos do que o resfriado comum. No entanto, o novo coronavírus é mais grave e levou milhares de pessoas em todo mundo à morte, tornando-se uma pandemia.

A ciência correu para criar uma vacina contra a doença, e os primeiros imunizantes ficaram prontos em meados de 2020. Até então, demorava mais de 10 anos para uma vacina ficar pronta, enquanto a que combate a Covid-19 chegou aos braços das pessoas em meses.

Adaptado de <https://www.paho.org/pt/covid19/historico-da-pandemia-covid-19>

Daniel Siles é um menino de 13 anos que não quer se vacinar contra a Covid-19, pois tem medo de agulha. Os pais dele também não querem que ele se vacine porque tem medo que a vacina cause algum efeito colateral nele. Se ele não tomar a vacina, o que pode acontecer com ele? Se ele não tomar e continuar indo para a escola, pode acontecer alguma coisa com os colegas da sala dele? Como a vacina atua dentro do corpo?

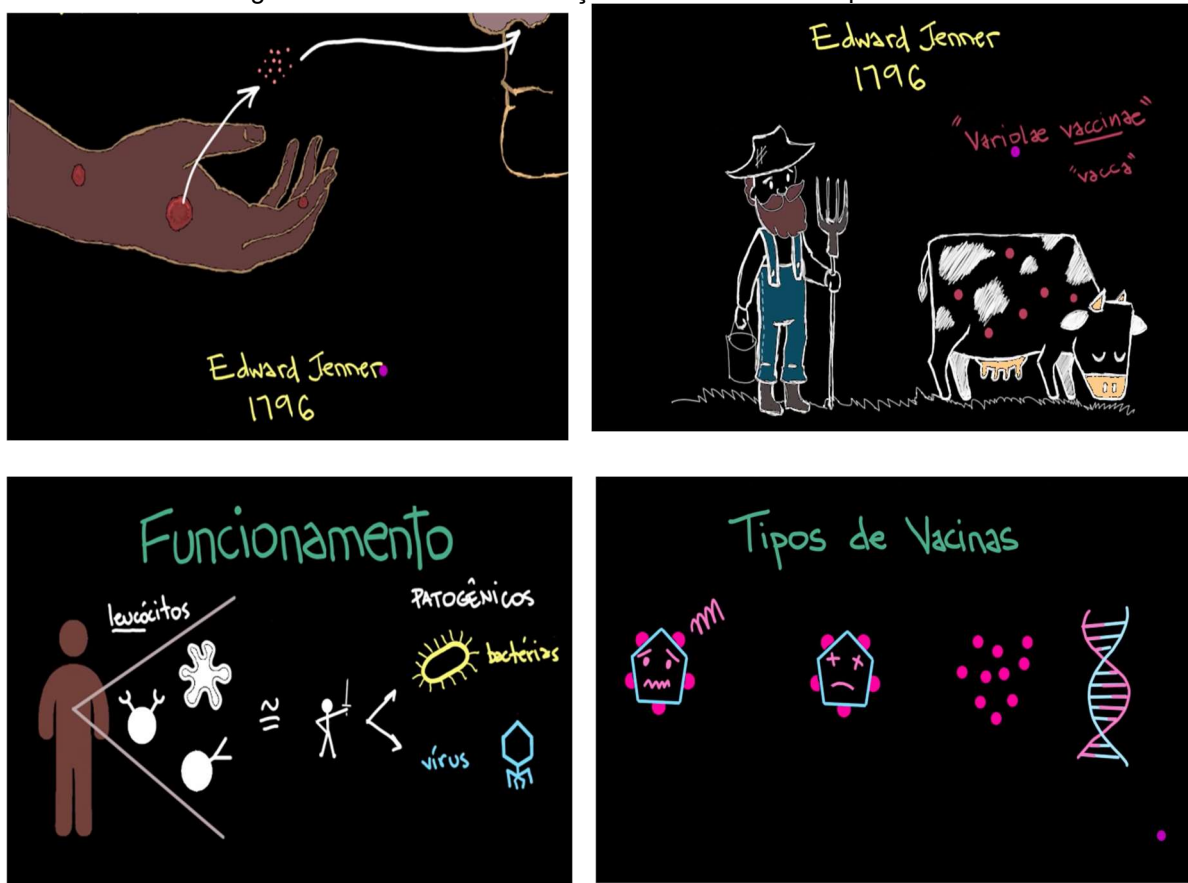
Fonte: os autores.

Orientações ao professor(a): Aqui apresentamos uma questão-problema trazendo o contexto da pandemia. Contudo, de acordo com as respostas atribuídas à pesquisa, o professor poderá elaborar uma questão-problema que esteja mais de acordo com as dúvidas que surgiram, de modo que desperte o interesse dos alunos de buscar respostas à questão.

Atividade 3

A atividade 3 tem início com uma abordagem histórica acerca do surgimento das vacinas. Para tal, propomos que seja exibido o vídeo “Ação das vacinas no corpo humano” disponível neste link: <https://www.youtube.com/watch?v=MSA7ItalCQk>.

Figura 3: Frames do vídeo “Ação das vacinas no corpo humano”.

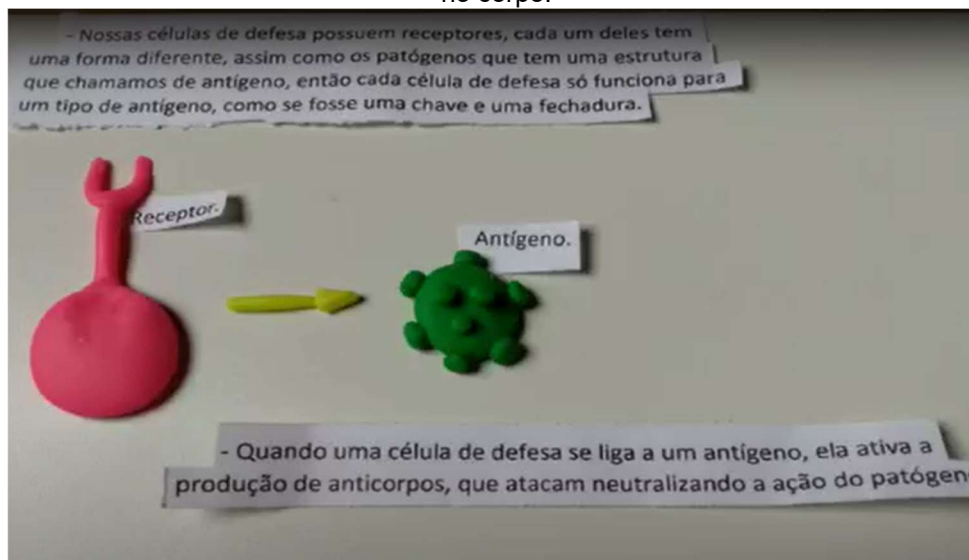


Fonte: Canal Khan Academy Brasil, “Ação das vacinas no corpo”. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=MSA7ItalCQk> acesso em: 08/5/2023.

Orientações ao professor(a): O vídeo indicado possui um tempo de 20 min, 54 s. Aborda os seguintes temas: “como as vacinas surgiram”; “como funcionam”; e “tipos de vacinas”. Para os dias atuais é muito longo para os alunos assistirem na íntegra sem interação. Sugerimos que faça pausas no vídeo e interaja com eles entre um assunto e outro.

Após a exibição do vídeo faça a proposta dos alunos explicarem como as vacinas atuam dentro do corpo. Para tal, eles têm que elaborar modelos usando a massinha de modelar e explicar o que ocorre quando uma pessoa se vacina, ou seja, a interação da vacina com o corpo e faça vídeos com o próprio celular. É esperado que com as massinhas eles criem os personagens, tais como os antígenos, anticorpos, receptores etc.

Figura 4: Personagens criados pela aluna para explicar o que ocorre quando o antígeno entra no corpo.



Fonte: os autores.

Dependendo da disponibilidade de material na escola é possível montar kits com massinhas coloridas. Esta é uma atividade prevista para que os alunos a termine em casa, sobretudo porque eles têm que gravar os vídeos, requerendo mais tempo para isso.

Figura 5: Kits com massinha de modelar.



Fonte: os autores.

Orientações ao professor(a): Para ajudar os alunos a produzirem os vídeos o professor pode disponibilizar o link do vídeo exibido em sala, indicar o livro didático ou pedir que o próprio aluno pesquise na internet. É esperado que os alunos produzam seus próprios vídeos e demonstrem as próprias concepções acerca de como as vacinas atuam dentro do corpo, as principais concepções esperadas são que as vacinas atuem para “prevenir” doenças ou para “curar” doenças. Estas ideias diferentes serão enriquecedoras quando os vídeos forem exibidos em sala, momento no qual o professor(a) fará os questionamentos suscitando a interação.

Figura 6: Frames de um vídeo produzido por aluna que traz a concepção de que as vacinas são para curar doenças, no caso, ela representou o componente da vacina atacando o vírus.



Fonte: os autores.

Figura 7: Frame do vídeo de uma aluna que representou as vacinas com a concepção de que elas são para prevenir doenças, servindo para “treinar” o sistema imunológico.



Fonte: os autores.

Figura 8: Frame de um vídeo que traz a concepção que pessoas vacinadas não transmite doenças contagiosas.



Fonte: os autores.

Figura 9: Aluno representado os tipos de vírus usados para fazer a vacina.



Fonte: os autores.

Figura 10: Frame de vídeo de aluno explicando que os anticorpos são específicos para cada antígeno.



Fonte: os autores.

Atividade 4

A proposta da atividade 4 é fazer uso de um modelo com o intuito de comparar duas cidades com taxas de vacinação diferentes em relação à probabilidade de se pegar o vírus da COVID, ou seja, mostrar a importância da vacinação para a saúde coletiva. Os modelos são feitos com duas garrafas PET de água de 5 litros e tampinhas de garrafa PET vermelhas e verdes. As garrafas representam as cidades, tampinhas verdes representam as pessoas vacinadas e vermelhas representam as não vacinadas, conforme Figura 11.

Figura 11: Modelos feitos com garrafas Pet, representando duas cidades com taxa de vacinação diferente.



Fonte: os autores.

Tecnicamente funcionaria como um sorteio, após colocar as tampinhas na garrafa os alunos balançam e sorteiam. As tampinhas que caírem na mão corresponde àquelas pessoas que entraram em contato com o vírus. É esperado que em uma cidade (garrafa) que tiver taxa de vacinação maior, as tampinhas verdes que representam as pessoas vacinadas sejam mais sorteadas. Como elas estão vacinadas elas estão prevenidas em relação à Covid-19 e a probabilidade de pegar a doença e ter sintomas mais graves são reduzidas. É de se esperar o oposto nas cidades que possuam taxas de vacinação menor.

Orientações ao professor(a): Esta atividade pode ser realizada em parceria com o professor de matemática, tendo em vista que traz conceitos de porcentagem e uma proposta de realização de um gráfico ao final. É melhor que os alunos a realizem em grupos, de modo que a interação entre eles propicie uma melhor compreensão da atividade.

O que aconteceria se poucas pessoas se vacinassem?

Em uma determinada região do Brasil, a população de duas cidades teve comportamentos diferentes em relação à vacinação. Na cidade de Vacinópolis 80% dos 100.000 habitantes que poderiam se vacinar, completaram o esquema vacinal. Entretanto, na cidade vizinha, chamada Covidópolis dos 100.000 habitantes aptos para tomar a vacina 20% se vacinaram.

a. Qual das duas cidades há uma probabilidade maior de que seus habitantes peguem a doença do Coronavírus?

Busque provas para ajudar a apoiar a sua ideia.

Simulação de vacinação.

Na nossa simulação de vacinação a garrafa corresponde a cidade e as tampinhas os habitantes aptos a tomarem a vacina. As tampinhas de cor vermelha representam às pessoas que não foram vacinadas e as tampinhas de cor verde as que foram vacinadas. Cada tampinha equivale a 1000 pessoas. Diante disso, responda:

b. Quantas tampinhas vermelhas e quantas verdes você colocará na garrafa que representa a cidade de Vacinópolis?

c. Quantas tampinhas vermelhas e quantas verdes você colocará na garrafa que representa a cidade de Covidópolis?

Faça como se fosse um sorteio, mexendo bem a garrafa e sorteie as tampinhas, as que caírem na sua mão correspondem às pessoas que entraram em contato com o vírus, o intervalo entre um sorteio e outro equivale a um período de 10 dias, após cada sorteio, coloque as tampinhas novamente na garrafa. Depois disso preencham a tabela.

Tabela com os resultados

Cidade de Vacinópolis

	Dia 1	Dia 11	Dia 21	Dia 31	Dia 41	Dia 51	Dia 61	Dia 71	TOTAL
Vacinados									
Não vacinados									

Cidade de Covidópolis

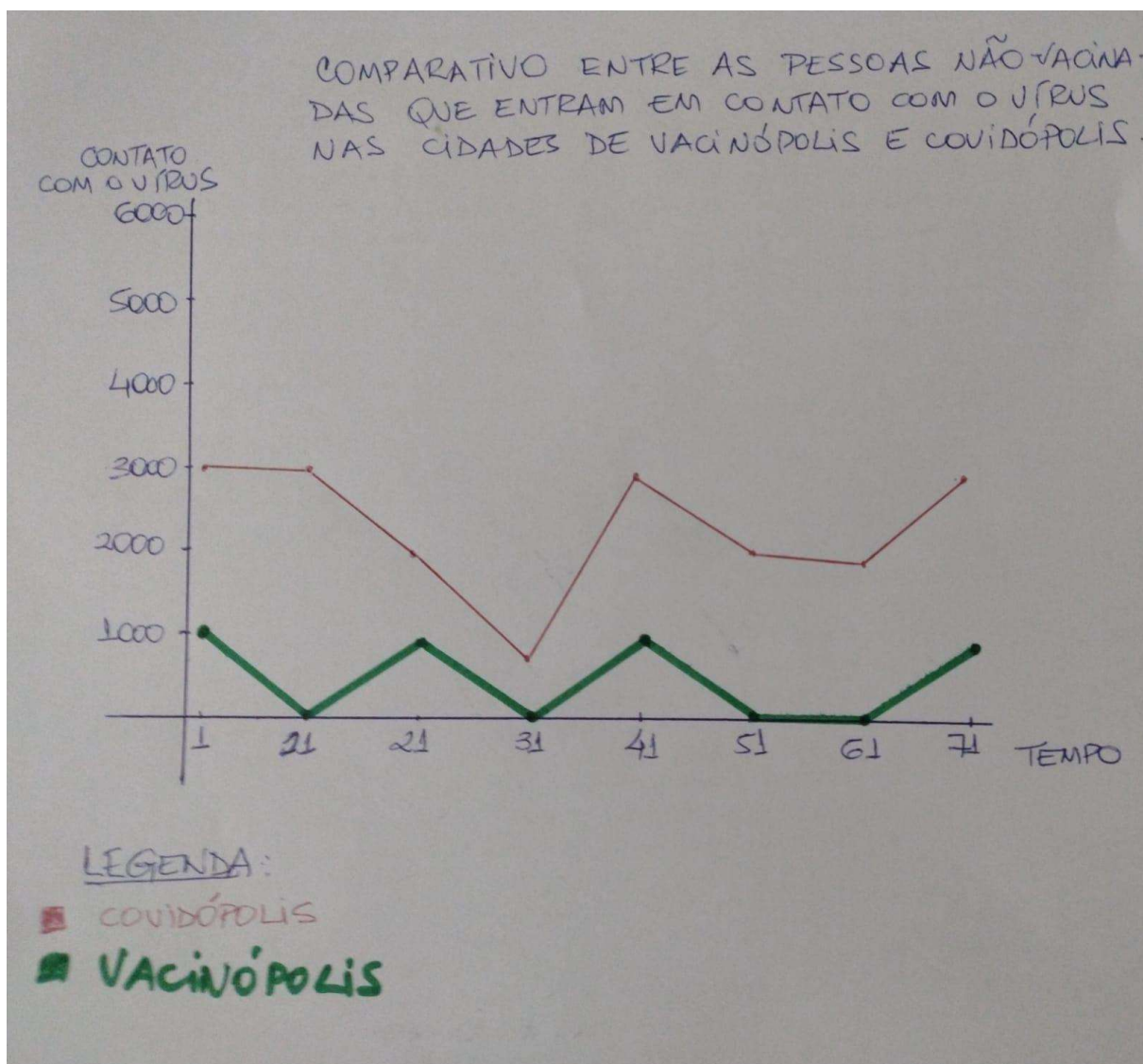
	Dia 1	Dia 11	Dia 21	Dia 31	Dia 41	Dia 51	Dia 61	Dia 71	TOTAL
Vacinados									
Não vacinados									

d. Qual das cidades teve maior contato com o vírus?

e. Compare os seus resultados com os resultados dos outros grupos. Houve semelhanças e/ou diferenças?

- f. Elabore um gráfico comparando os resultados das pessoas que não foram vacinadas que entraram em contato com os vírus das cidades de Vacinópolis e Covidópolis.

Exemplo:



Atividade 5.

Esta atividade é reservada para fazer a retomada da questão-problema e discuti-la novamente com os alunos. Após a discussão pedir para eles responderem as questões contidas na questão-problema da Atividade 2.

Considerações Finais

É esperado que os alunos engajem bastante no desenvolvimento destas atividades. Caro professor, indicamos que os estimule a interagirem sobre o assunto em questão nas atividade desenvolvidas. Quanto maior for a interação, maiores são as chances de haver a promoção da alfabetização científica.

Referências bibliográficas

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_sit e.pdf acessado em 1/5/2023.

CARVALHO, A, M, P. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: _____ . **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Editora Cengage Learning, 2013. cap.5., p.1–2

CARVALHO, A. M. P. **Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018. DOI: 10.28976/1984-2686rbpec2018183765

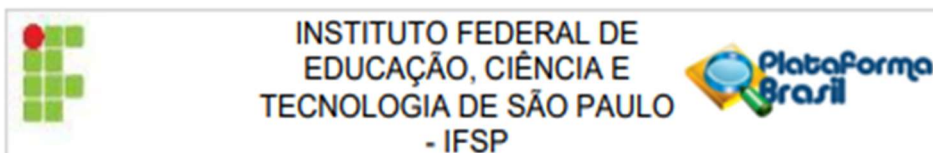
GÖDEK, Y. **The importance of modelling in science education and in teacher education** Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi n. 26, p. 54-61 2004.

MANDAI, C. **Abordagem teórica na ecologia: uma visão do mundo através de modelos**. Revista da Biologia, v. 12, n.1, p. 1-5, 2014. <https://doi.org/10.7594/revbio.12.01.01>

SASSERON, L. H. **Alfabetização científica, ensino por Investigação e Argumentação: relações entre Ciências da Natureza e Escola**. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, v.17, n.espec, 2015.

WILSON K. J., LONG T. M., MOMSEN J. L., BRAY SPETH E. **Modeling in the classroom: making relationships and systems visible**. Life Science Education, v. 19, n.1, p. 1-5, 2020. <https://doi.org/10.1187/cbe.19-11-0255>

ANEXO I : PARECER DO CONSELHO DE ÉTICA



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: CONTRIBUIÇÕES DA MODELAGEM PARA O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COMO ABORDAGEM DIDÁTICA PARA O ENSINO DE GENÉTICA COM FOCO NA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA A ALUNOS DO 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL DE UMA ESCOLA PÚBLICA

Pesquisador: CLEUDINALDO GUIMARAES SILES

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 21724619.7.0000.5473

Instituição Proponente: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCACAO, CIENCIA E TECNOLOGIA DE SAO

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.622.380

Apresentação do Projeto:

CONTRIBUIÇÕES DA MODELAGEM PARA O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COMO ABORDAGEM DIDÁTICA PARA O ENSINO DE GENÉTICA COM FOCO NA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA A ALUNOS DO 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL DE UMA ESCOLA PÚBLICA

Objetivo da Pesquisa:

De acordo com a metodologia e com o contexto da proposta.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Risco mínimo mencionado nos Termos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa relevante e apta a ser realizada.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos de acordo conforme solicitados.

Recomendações:

não se aplicam.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

nada de pendências.

Endereço: Rua Pedro Vicente, 625

Bairro: Canindé

CEP: 01.109-010

UF: SP

Município: SAO PAULO

Telefone: (11)3775-4665

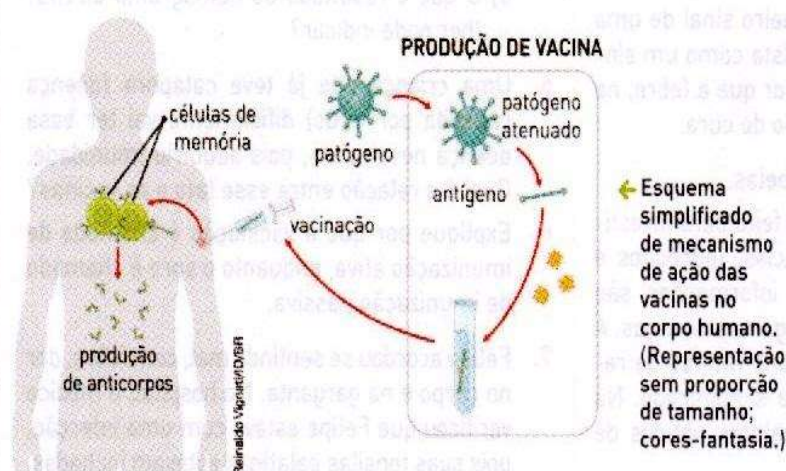
E-mail: cep_ifsp@ifsp.edu.br

ANEXO II : TEXTO PRESENTE NO LIVRO DIDÁTICO UTILIZADO NA ATIVIDADE 3 DA TURMA B, SEM MODELO.

VACINAS

As **vacinas** são constituídas de microrganismos mortos ou enfraquecidos, ou de substâncias produzidas por eles, e estimulam o sistema imunitário a produzir anticorpos, prevenindo doenças.

Os antígenos presentes nas vacinas estimulam a multiplicação de linfócitos e a produção de células de memória que atuam especificamente contra esses microrganismos. É por causa das células de memória que as vacinas nos protegem contra as doenças.



Quando o corpo entra em contato com o microrganismo causador de uma doença contra a qual foi vacinado, as células de memória produzidas pela reação imunológica à vacinação reconhecem o antígeno e, rapidamente, produzem um "exército" de linfócitos para defender o organismo.

A PRIMEIRA VACINA

Acredita-se que há mais de mil anos os chineses já haviam percebido que as pessoas que sobreviviam à varíola não voltavam a contrair a doença. Sabendo disso, os chineses e muitos povos da África e da Ásia adotavam práticas como picar a pele com agulhas contaminadas a fim de provocar formas mais brandas da moléstia.

Em 1796, ao observar que as mulheres que trabalhavam na ordenha das vacas entravam em contato com um vírus que causava varíola nas vacas, o médico inglês Edward Jenner (1749 -1823) levantou a hipótese de que elas se tornavam imunes ao vírus da varíola humana. Após realizar uma série de experiências e de obter evidências de imunização, Jenner passou a inocular a vacina em pessoas que, assim, deixaram de contrair a doença.

A palavra vacina vem do latim *vaccinus*, de *vacca* (vaca).

Fonte: CATANI, A. *et al.* **Geração Alpha Ciências, Ensino Fundamental, 7º ano.** São Paulo. Editora SM, 2018, pág. 237.

ANEXO III : TEXTO UTILIZADO NA ATIVIDADE 4 DA TURMA B, SEM MODELO.

SP: Botucatu vê queda de 75% em internações após vacinação em massa

Quase três meses após o início do estudo sobre os efeitos da vacinação em massa em Botucatu, no interior de São Paulo, o número de internados com covid-19 em leitos de enfermaria e de UTI (Unidade Terapia Intensiva) diminuiu em 75%. Botucatu, de quase 150 mil habitantes, faz parte de um estudo do Ministério da Saúde para avaliar a eficácia da vacina da AstraZeneca contra o novo coronavírus, em uma aplicação massificada de doses.

A imunização começou em 16 de maio, atingindo todos os moradores entre 18 e 60 anos. O estudo tem duração estimada de oito meses, incluindo o acompanhamento dos efeitos na população. Naquela data, Botucatu registrava 60 pacientes internados com covid-19 em leitos hospitalares, sendo 20 em UTIs. No último domingo (1º), 11 semanas depois, o município possuía apenas 15 internados — 75% a menos. Sete estavam em UTI.

O registro de internados com covid-19 no município começou a cair no fim da primeira metade do mês de junho, pouco tempo antes de se completar um mês da aplicação em massa da primeira dose na população. Em 23 de maio, 69 pacientes com covid-19 estavam internados na cidade. Em 30 de maio, 88 pacientes. Em 6 de junho, chegou-se a 90. A partir de 13 de junho, quando se registrou 64 internados no município, o índice passou a apresentar uma queda continuada.

Reflexos em casos e mortes

Entre 17 e 23 de maio — um intervalo de sete dias —, Botucatu registrou 582 casos de covid-19 (média de 83 por dia). Entre 7 e 13 de junho, o município chegou a registrar um número ainda maior, de 670 casos (média de 96 por dia). No período entre 26 de julho e 1º de agosto, porém, registrou-se apenas 155 casos em Botucatu (média de 22 por dia), um número 73,36% menor do que o registrado entre 17 e 23 de maio. No fim de junho, dados já mostravam uma redução na faixa dos 70% no número de novos casos do novo coronavírus, efeito da aplicação em massa da primeira dose contra a covid-19

Casos confirmados de covid-19 (intervalos de 7 dias)

26 de julho - 1 de agosto: 155 caso;
19 de julho - 25 de julho: 114 casos;
12 de julho - 18 de julho: 113 casos;
5 de julho - 11 de julho: 124 casos;
28 de junho - 4 de julho: 151 casos;
21 de junho - 27 de junho: 231 casos;
14 de junho - 20 de junho: 459 casos;
7 de junho - 13 de junho: 670 casos;
31 de maio - 6 de junho: 532 casos;
24 de maio - 30 de maio: 536 casos;
17 de maio - 23 de maio: 582 casos;

Fonte: <https://www.uol.com.br/vivabem/noticias/redacao/2021/08/03/butucatu-sp-vacinacao-covid-19-astrazeneca-ministerio-saude.htm>