

# Uma pedagogia de apoio para condução de modelagem matemática de forma remota

A supportive pedagogy for conducting mathematical modeling remotely

Aldo Peres Campos e Lopes<sup>1</sup>

## Resumo

Durante a quarentena do Covid-19, muitas instituições de ensino adotaram o ensino remoto e implementaram metodologias como a modelagem matemática. Este estudo é uma pesquisa empírica sobre o uso de atividades de modelagem matemática com equações diferenciais no ensino remoto para alunos de engenharia, utilizando o Google Meet e o Moodle. A pesquisa aborda aspectos de uma pedagogia de apoio, como colaboração, motivação, autenticidade e personalização. Foi observado que a produção de modelos matemáticos contribuiu para a personalização e autenticidade do aprendizado, motivando os alunos a prosseguirem nos estudos. A colaboração foi facilitada pela tecnologia, destacando a importância da empatia e do diálogo aberto. Conclui-se que a modelagem é adequada para o ensino remoto, apesar de algumas dificuldades específicas desse modo de ensino.

**Palavras-chave:** ensino remoto; pandemia; modelagem matemática; pedagogia de apoio.

## Abstract

During the Covid-19 quarantine, many educational institutions adopted remote teaching and implemented methodologies such as mathematical modeling. This study reports the use of mathematical modeling activities with differential equations in remote teaching for engineering students, using Google Meet and Moodle. The research addresses aspects of a supportive pedagogy, such as collaboration, motivation, authenticity, and personalization. It was observed that the production of mathematical models contributed to the personalization and authenticity of learning, motivating students to continue their studies. Collaboration was facilitated by technology, highlighting the importance of empathy and open dialogue. It is concluded that modeling is suitable for remote teaching, despite some specific difficulties of this mode of teaching.

**Keywords:** remote teaching; pandemic; mathematical modeling; supportive pedagogy.

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Itajubá | aldolopes@unifei.edu.br

## Introdução

Posteriormente ao início da pandemia em 2020, o prosseguimento das atividades educacionais não foi imediato. Essa alteração impensável do contexto escolar acarretou um novo olhar da sociedade para a educação (Chan; Sabena; Wagner, 2021). Verificamos uma ruptura sobre a forma como o ensino e a aprendizagem são vistos socialmente, uma vez que a escola é um lugar de referência para a sociedade, primariamente, para os alunos e suas famílias. Dessa forma, até mesmo em países nos quais não há condições favoráveis para o uso das ferramentas digitais pelas instituições educacionais, essas foram obrigadas a repensar a maneira tradicional de dar aulas (Mullenga; Marbán, 2020). Nesse contexto, o ensino remoto veio como uma solução para o período de isolamento social e acabou por se constituir numa novidade para alguns alunos e professores. Uma situação como essa é passível de reflexões, pois tendo em vista o ensino da matemática e as dificuldades vivenciadas no período pandêmico, a forma de ensino é repensada por muitos (Chan; Sabena; Wagner, 2021). Chan, Sabena e Wagner (2021) argumentam que a questão de como abordar a matemática num ensino remoto requer muita reflexão e se desdobra em outros questionamentos, como qual conteúdo matemático deve ser enfatizado e como adequar o currículo. A educação matemática e suas tendências surgem como rupturas para os paradigmas tradicionalistas que visam um ensino (des)contextualizado das atividades do cotidiano do aluno.

Embora o ensino online e à distância não seja novidade, a vivência de uma aprendizagem remoto foi uma novidade. De acordo com estudos recentes, como o realizado por Fhloinn e Fitzmaurice (2021), mais pesquisas a respeito de práticas adequadas ao ensino remoto são necessárias em disciplinas de matemática no ensino superior. Com o intuito de contribuir para o preenchimento dessa lacuna, apresentamos os resultados de uma pesquisa durante o início do período de quarentena devido ao Covid-19, no primeiro semestre de 2020. Portanto, esta pesquisa explorou como a pedagogia mediada pela tecnologia influenciou a aprendizagem dos alunos que cursavam engenharias durante a Covid-19. A modelagem matemática foi empregue. Norteamos a apresentação da pesquisa realizada pelos seguintes questionamentos: como se caracteriza uma pedagogia de apoio durante o processo de modelagem? Quais são as implicações dessa implementação?

## Aspectos teóricos

### Ensino remoto

Para o termo “ensino remoto”, temos o mesmo entendimento de Alves, Martins e Moura (2021), ou seja, refere-se à continuidade do ensino presencial, em que alunos e professores estão em locais distintos e usam recursos tecnológicos digitais para se comunicarem e para a produção e realização de atividades pedagógicas educacionais. No início de 2020, de maneira emergencial, esse ensino foi adotado em muitas instituições de ensino tendo em vista a pandemia do novo coronavírus e o conseqüente período de quarentena. Com isso, a rotina de milhões de estudantes do nível superior foi alterada. Essa transição não programada trouxe desafios não somente para alguns professores, mas também alguns para os alunos.

O período de isolamento social explicitou muitos pontos negativos com relação ao ensino, em especial a exclusão digital e a falta de suporte para o ensino remoto. Por exemplo, podem vir à tona as diferenças socioeconômicas dos alunos. Engelbrencht e colegas (2020) também descreveram como a internet está transformando a sala de aula de matemática e a formação de professores de matemática. Usaram como referência diversas revisões recentes a respeito do uso da internet em ambientes de educação matemática, para analisar como o campo evoluiu. Entre os tópicos centrais de análise dos pesquisadores, estão a interação social, construção de conhecimento e as ferramentas de recursos digitais. Uma contextualização importante feita pelo artigo é que os nossos atuais alunos já “nasceram” imersos no ambiente digital.

Há algumas teorias desenvolvidas para o contexto do ensino à distância. Entretanto, é crucial reconhecer que essas teorias foram desenvolvidas em um contexto diferente, não levando em consideração situações em que crianças ao redor do mundo foram forçadas a migrar para o aprendizado online devido à pandemia da Covid-19. As teorias de educação à distância se originaram em um campo educacional onde os recursos, plataformas e métodos de ensino foram cuidadosamente planejados e desenvolvidos ao longo do tempo. A situação resultante da Covid-19 foi caracterizada como “ensino remoto de emergência” (Chan; Sabena; Wagner, 2021; Hodges *et al.*, 2020), para distingui-la do ensino online de alta qualidade. Além disso, essa foi uma solução temporária que teve como objetivo voltar ao ensino presencial assim que a emergência fosse superada.

Na seção seguinte, serão explorados conceitos teóricos do ensino a distância, com ênfase nas contribuições de Kearney e colegas (2012) e de Yates e colaboradores (2020). Embora não tenham focado especificamente no ensino a distância, suas discussões sobre a interação entre tecnologia e pedagogia, especialmente no uso de dispositivos móveis na educação, são pertinentes para entender o ensino remoto durante a pandemia. A literatura relevante ao ensino a distância torna-se essencial para compreender as experiências dos alunos que estudaram remotamente nesse período.

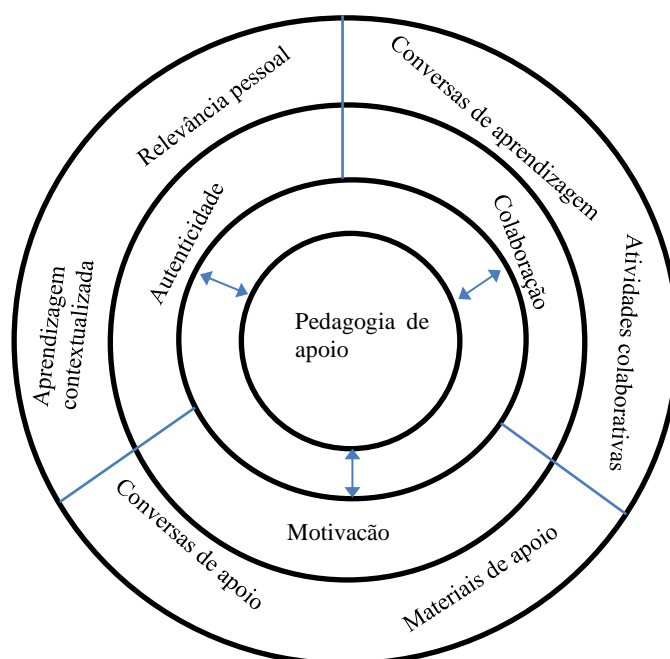
## Ensino à distância

Ressalta-se que as teorias relacionadas ao ensino à distância foram desenvolvidas em um contexto diferente, não levando em consideração situações em que estudantes ao redor do mundo foram forçados a migrar para o aprendizado online devido à pandemia da Covid-19. As teorias de educação à distância se originaram em um campo educacional onde os recursos, plataformas e métodos de ensino foram cuidadosamente planejados e desenvolvidos ao longo do tempo. A situação resultante da Covid-19 foi caracterizada como “ensino remoto de emergência” (Chan; Sabena; Wagner, 2021; Hodges *et al.*, 2020), para distingui-la do ensino online de alta qualidade. Além disso, essa foi uma solução temporária que teve como objetivo voltar ao ensino presencial assim que a emergência fosse superada.

Kearney *et al.* (2012) apresentaram uma estrutura para a utilização de dispositivos móveis (como smartphones, tablets e laptops) que engloba três características pedagógicas que influenciam as experiências dos alunos ao utilizar esses dispositivos: personalização, autenticidade e colaboração. A figura 1 apresenta essa estrutura, atualizada para o período pandêmico por Yates e colegas (2020). *Personalização* refere-se ao acesso dos alunos a atividades sob medida que podem gerar um sentimento de posse e controle sobre o momento, local e ritmo de aprendizado. A personalização é um conceito ainda não muito claro na literatura e se sobrepõe à autenticidade e motivação. Pode ocorrer desde a

individualização completa até a possibilitação de alguma escolha e incluir aspectos como ambiente de aprendizagem, envolvimento e agência. *Autenticidade* oferece oportunidades de aprendizado contextualizado e situado, em que dispositivos digitais permitem aos alunos formular questões envolvendo participação em situações da vida real e/ou atividades de aprendizado altamente relevantes. Esse construto de autenticidade, que ainda está aberto à interpretação (Kearney *et al.*, 2012; Yates *et al.*, 2020), pode envolver aspectos como cenário, tarefa, ferramenta, situação, participação e relevância pessoal. Duas subcomponentes podem ser incluídas no contexto de ensino remoto (Yates *et al.*, 2020): representação da experiência autêntica por meio da utilização de recursos tecnológicos ou domésticos e atividades de aprendizagem baseadas no contexto pandêmico. *Colaboração* abrange os aspectos conversacionais e interconectados da aprendizagem online, facilitados pela capacidade da tecnologia de proporcionar um “alto nível de interconexão” (Kearney *et al.*, 2012, p. 10). Colaboração também implica compartilhar e ter acesso a vários conteúdos, artefatos e informações. Esses conceitos transcendem tempo e espaço, uma vez que as restrições convencionais de tempo e localização física se tornam obsoletas no contexto da aprendizagem mediada por dispositivos. Atividades colaborativas, em que os alunos trabalham juntos podem ser desenvolvidas de forma online e eficaz, sendo uma forma de interação social por meio das conversas de aprendizagem (Yates *et al.*, 2020). Um quarto aspecto importante que não foi identificado por Kearney e colegas (2012) mas sim por Yates e colegas (2020) é a *motivação*. Muitos lutaram para encontrar motivação para continuarem os estudos, tendo em vista que fatores extrínsecos não os influenciavam no momento, pois, durante o período pandêmicos, os estudantes estavam sem as estruturas escolares, o contato direto com os pares e uma rotina diferente. As estratégias motivacionais podem incluir conversas de apoio, feedback sobre as atividades, além dos materiais utilizados na aprendizagem, como os recursos tecnológicos e multimídias nas plataformas de aprendizagem.

Figura 1 - Pedagogia de apoio mediada pela tecnologia



Fonte: adaptado de Yates et al. (2020, p. 15)

A estrutura de Kearney *et al.* (2012) ressalta a colaboração como essencial na educação à distância, mas há debates sobre sua necessidade. Anderson (2011) observa que alunos preferem flexibilidade no estudo online, e a colaboração pode limitar isso. Yates *et al.* (2020) reconhecem que nem todos querem participar de comunidades online, mas a existência delas oferece segurança. Moore (2007) descreve três interações no ensino à distância: aluno-professor, aluno-conteúdo e aluno-aluno, com alguns alunos preferindo mais interação com o professor do que colaboração entre pares.

O centro da estrutura atualizada por Yates e colegas (2020) (figura 1) está a pedagogia de apoio. É válido ressaltar que a aprendizagem online não é a mesma da aprendizagem em uma sala de aula e, por isso, é necessário de uma abordagem pedagógica diferente. O ambiente de interação com os alunos não é mais físico, mas virtual, mediada por recursos tecnológicos; as distrações são diferentes para cada aluno; o feedback e esclarecimentos não são, geralmente, imediatos; os professores possuem menos elementos observacionais a respeito dos alunos e questões de bem-estar. As pedagogias de apoio permitem que os alunos possam progredir na vida acadêmica e auxiliar a amenizar o estresse. As pedagogias de apoio podem incluir informações a respeito da gestão do tempo, várias maneiras de averiguar o progresso de aprendizagem, uso de recursos multimídias, atividades colaborativas com experiências autênticas. Um outro aspecto relevante é auxiliar os alunos a se tornarem independentes, tomando a responsabilidade sobre a sua aprendizagem. Essa pedagogia de apoio se relaciona com a noção de empatia de Holmberg (2005), estando ciente das peculiaridades de cada aluno, proporcionando uma tranquilidade pela preocupação com seu bem-estar e seu estado emocional, tendo em vista uma situação estressante como uma pandemia.

O estudo de Kearney e colegas (2012) baseia-se na visão sociocultural de que as ferramentas digitais moldam a aprendizagem. Com a pandemia da Covid-19 forçando a educação a se digitalizar, o estudo buscou entender como tecnologia e pedagogia se combinaram nesse contexto. As questões centrais reformuladas foram: qual a natureza de uma pedagogia de apoio no processo de modelagem, considerando colaboração, motivação, autenticidade e personalização? E quais as consequências dessa abordagem pedagógica?

O modelo de Kearney e colegas (2012) é destacado por sua abordagem sociocultural na educação à distância, enfatizando o papel ativo do aluno no aprendizado. A pandemia da Covid-19 ressaltou a importância dessa abordagem, com a empatia e o estabelecimento de relações sendo cruciais para o sucesso educacional, conforme apontado por Holmberg (2005). Esses elementos são essenciais para manter a motivação dos alunos e promover um senso de comunidade.

## Vertentes da modelagem matemática

A modelagem matemática (ou modelagem, para simplificar) pode ser utilizada como uma metodologia de ensino e promover os princípios de personalização, autenticidade e colaboração delineados por Kearney e colegas (2012). A modelagem matemática pode ser concebida como um processo que envolve a construção de modelos matemáticos para abordar problemas do mundo real, promovendo a interdisciplinaridade e o desenvolvimento de habilidades matemáticas e de resolução de problemas (Bassanezi, 2001).

Para a utilização da modelagem como uma estratégia de ensino e aprendizagem, Niss e Blum (2020) argumentam a favor dessa metodologia como meio de motivação e facilitadora da aprendizagem, como incentivo para o uso da matemática em outras áreas, além da contribuição para o desenvolvimento de várias habilidades, como instigação, pensamento crítico e a compreensão da função sociocultural da matemática (Lopes, 2024).

Uma recente revisão de literatura apontou algumas maneiras em que a modelagem tem sido implementada, em particular nos currículos de engenharia, a fim de promover o aprendizado (Lyon; Magana, 2020). Lyon e Magana (2020) categorizaram essa implementação em alguns temas e destacamos três que possuem confluência com a pesquisa que aqui apresentamos:

1. As atividades de modelagem devem ser baseadas em problemas do mundo real.
2. O conhecimento prévio do aluno deve ser adequado.
3. As atividades de modelagem devem ser implementadas como exercícios de equipe.

Primeiramente, uma modelagem realista se torna ainda mais benéfica se o fenômeno em estudo tem um significado pessoal para os alunos. Segundo Heilio (2011) a modelagem matemática de problemas do mundo real é um caminho oportuno para construção do interesse e entusiasmo e, além disso, pode trazer um impacto positivo no desempenho dos alunos, e contribui positivamente para a aplicação do conteúdo em outros contextos e uma compreensão mais profunda da matemática (Lyon; Magana, 2020; Lopes, 2022). Com isso, nota-se que a modelagem abrange a característica pedagógica de autenticidade (Kearney *et al.*, 2012).

Um segundo ponto importante a ser levado em consideração é o conhecimento prévio dos alunos. Além disso, o nível de dificuldade deve estar equilibrado com a capacidade deles. É importante um equilíbrio entre a dificuldade do problema de modelagem e uma adaptação ao desenvolvimento matemático, pois quanto mais complexo se torna um modelo, maior é o requisito de conhecimento prévio (Lyon; Magana, 2020). Ou seja, os problemas de modelagens devem abranger dificuldades e simplicidades razoáveis a fim de que uma solução seja obtida (Lopes, 2023a; Lyon; Magana, 2020).

O terceiro e último ponto que destacamos da revisão de Lyon e Magana (2020) é o trabalho em equipe. Não somente essa revisão, mas também algumas pesquisas (Koçak; Bozan; Isik, 2009; Lopes, 2023b; Stephan *et al.*, 2021), constataram que o trabalho realizado em grupo é benéfico para o desenvolvimento de habilidades como o pensamento crítico. Ou seja, o pensamento crítico pode ser aprimorado em atividades em grupo, isto é, alunos discutindo mutuamente um problema podem ser ajudados por seus pares a terem uma visão melhor e mais crítica do fenômeno (Koçak; Bozan; Isik, 2009; Lopes, 2023b). Essa particularidade da modelagem, o trabalho em equipes, estimula a colaboração (Kearney *et al.*, 2012; Molleta; Zanim; Veronez, 2024) por meio da interconexão.

Conforme será detalhado mais adiante, a elaboração das atividades de modelagem matemática levou em conta esses três aspectos: os problemas foram baseados no mundo real; foi considerado o conhecimento prévio dos alunos e os modelos foram produzidos em grupos. Assim, as características de autenticidade, personalização e colaboração puderam ser desenvolvidas com os alunos.

## Metodologia

## Uso de recursos tecnológicos

Pelo menos dois recursos tecnológicos são fundamentais para a condução de atividades de forma remota. Um recurso é necessário para possibilitar o encontro com os alunos, por meio de uma videoconferência, e um outro é essencial para servir de base de registro das atividades e proporcionar uma interação de forma textual (fóruns, chats etc.). Dentre as diversas possibilidades existentes há o Moodle e o Meet da empresa Google. Com a utilização desses dois recursos, demos prosseguimento às atividades didáticas nos dias e horários programados para as aulas presenciais (as aulas eram às terças e quintas feiras no período da manhã).

O Moodle (Modular Object Oriented Distance Learning Environment) é um sistema de administração de atividades educacionais que possibilita a criação e condução de cursos pela internet. Alguns estudos têm valorizado o uso da plataforma Moodle (Fernández; Rodríguez; Oliveras, 2020). Essa plataforma apresenta diversos recursos tais como quadro de avisos, fórum de discussão, chat e e-mail, e possibilita aos alunos trabalharem com documentos conjuntos, enviar reflexões pessoais e debater sobre um tema, e dessa forma possibilita a autoaprendizagem e a autoavaliação (Fernández; Rodríguez; Oliveras, 2020). Ademais, os professores podem criar enquetes, questionários, disponibilizar materiais didáticos e acompanhar o desenvolvimento realizado pelos alunos por meio de dados estatísticos. O Moodle já estava sendo utilizado desde o início das aulas presenciais, para a realização de atividades da disciplina. Com isso, ele continuou a ser útil não somente para as atividades programadas previamente, mas também para auxiliar na condução e registro de dados, como os produzidos pelas atividades de modelagem.

Por outro lado, o Google Meet (ou simplesmente Meet) é um recurso da empresa Google que possibilita a realização de videochamadas com várias pessoas ao mesmo tempo – uma videoconferência. Também é possível enviar mensagens escritas durante uma videoconferência e compartilhar a tela de um computador, o que facilita a exposição de um conteúdo. O Meet foi considerado como uma ferramenta útil, de fácil acesso e altamente recomendado durante o surto da pandemia (Al-Marouf; Alfaisal; Salloum, 2021). Decidimos utilizar o Meet, pois a universidade já vinha utilizando recursos da empresa Google (como e-mail, formulários, serviços de armazenamento em nuvem etc.) e foi feito um acordo para permitir gravações – um valioso recurso que utilizamos.

## Contextualização

A parte teórica da disciplina Equações Diferenciais abrange o conteúdo de equações diferenciais ordinárias (EDO's) de 1ª ordem, de ordem superior e sistemas de EDO. Após essa parte, foi realizada as atividades de modelagem, o que correspondeu a cerca de 25% do tempo restante da carga horária da disciplina (que é de 64h). As atividades de modelagem foram utilizadas como um recurso pedagógico e metodológico para apresentação de aplicações práticas do conteúdo de EDO. Com isso, a modelagem foi utilizada como uma metodologia de ensino. O estudo que aqui apresentamos foi realizado em duas turmas de alunos de 9 diferentes engenharias em uma universidade federal brasileira, no primeiro semestre de 2020, do início de junho ao início de julho. As engenharias envolvidas foram: engenharia ambiental, engenharia da computação, engenharia de controle e automação, engenharia elétrica, engenharia de materiais, engenharia mecânica, engenharia da mobilidade, engenharia de produção e engenharia de

saúde e segurança. Os 117 alunos estavam matriculados no curso introdutório de equações diferenciais. Na primeira turma, os 52 alunos formaram 9 grupos e, na segunda, os 65 alunos formaram 11 grupos. Em cada grupo havia de 4 a 6 alunos, escolhidos por eles. As atividades de modelagem matemática foram realizadas em 10 encontros, sendo que cada encontro teve a duração de 110 minutos. Como em cada semana ocorreram dois encontros, um total de cinco semanas foram utilizadas para a realização das modelagens. O primeiro encontro teve como objetivo explicar o processo de obtenção de um modelo e a condução das atividades de modelagem. Também nessa parte inicial foram formados os grupos, de livre escolha dos alunos e os temas foram escolhidos. Os demais encontros foram utilizados para o desenvolvimento da modelagem e uma apresentação de uma síntese do modelo produzido por cada grupo e suas discussões. Cada grupo fez duas modelagens, escolhendo um tema do 1º bloco de modelagens e outro do 2º bloco. Dividimos os temas em dois blocos, pois o primeiro envolve equações diferenciais ordinárias (EDO's) de 1ª ordem e o segundo bloco, abrange EDO's de ordem superior. Cada grupo escolheu um tema de cada bloco, fazendo, portanto, duas modelagens. Dessa forma, a personalização (Kearney *et al.*, 2012) poderia ser atingida. Os temas foram:

**1º bloco:**

- 1A) Absorção de álcool no organismo e o risco de acidentes.
- 1B) Dieta – como otimizar a perda de peso?

**2º bloco:**

- 2A) Comportamento de compra do consumidor.
- 2B) Propagação de uma epidemia.

Após o término de cada bloco, houve uma apresentação de cada grupo de seus resultados e discussões, durante cerca de 10 a 15 minutos. Por fim, no último encontro, após a produção e apresentação dos modelos, cada aluno respondeu a um questionário de avaliação final, disponibilizado do *Moodle*. O objetivo foi averiguar a percepção dos alunos diante das atividades realizadas. Obtivemos 102 respostas desse questionário. Consideramos como válidas todas as respostas obtidas, pois, mesmo que algumas foram lacônicas, forneceram alguma informação a respeito da percepção individual a respeito do uso da modelagem. Foram feitas as seguintes perguntas:

1. *Ao longo de seu curso você já utilizou a modelagem matemática? Você gostaria de utilizar a modelagem em uma outra disciplina de seu curso? Por que responde dessa maneira?*
2. *Durante a produção de um modelo é natural a ocorrência de algumas dificuldades. Em caso afirmativo, explicita as dificuldades encontradas.*

Por meio dessas perguntas pretendíamos averiguar as dificuldades apresentadas no decorrer das atividades. Para a análise dos dados, utilizamos a análise de conteúdo Bardin (2016). Foi possível realizar uma triangulação dos dados, tendo em vistas as respostas do questionário, as atividades de modelagem matemática e um diário de campo que contribuiu com percepções dos alunos durante a condução das atividades. No que segue, utilizaremos nomes fictícios ao invés dos nomes reais dos estudantes.

## Condução das modelagens

Apesar das diversas concepções de modelagem matemática, o objetivo de todas é resolver algum problema que surge de situações reais por meio da matemática (Araújo, 2007). Optou-se pela concepção trazida por Biembengut (2016) pois é apropriada para o



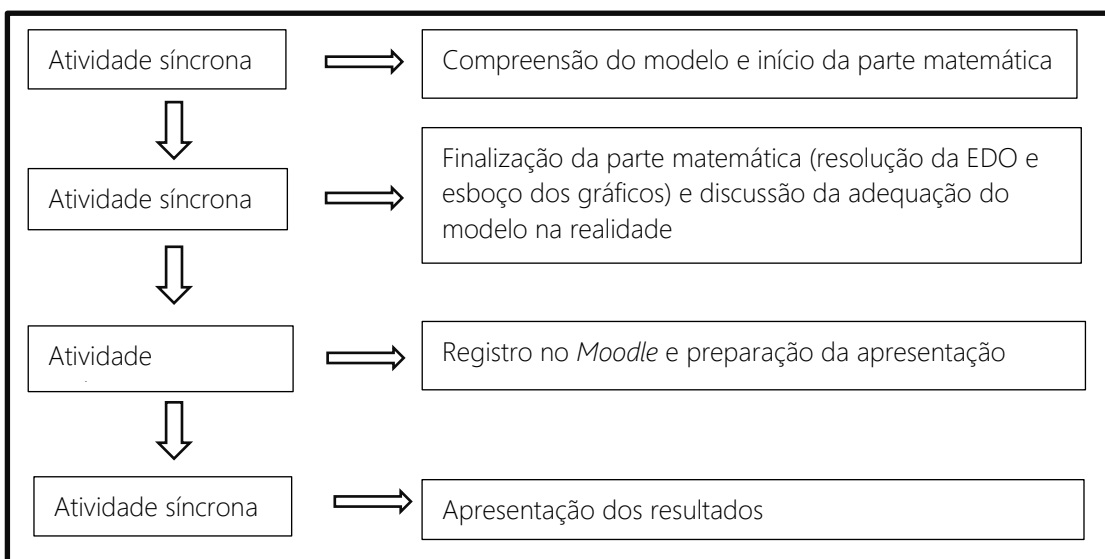
ensino superior e as etapas sugeridas seguem os padrões usuais da modelagem, utilizados na matemática aplicada. Para o processo de modelagem, Biembengut (2016) apresenta três etapas para a realização em sala de aula:

- (a) percepção e apreensão;
- (b) compreensão e explicitação;
- (c) significação e expressão.

Na primeira etapa (a), ocorre um entendimento inicial (intuitivo) do fenômeno, destacando as variáveis e formulando a equação a ser resolvida. Na sequência, no segundo estágio (b), a equação é resolvida e gráficos são produzidos. Na última etapa (c), as soluções devem ser interpretadas fazendo conexões com a realidade. É nesse estágio que ocorre a validação e interpretação dos resultados e onde a maior parte das discussões não-matemáticas ocorrem.

O desenvolvimento das atividades foi feito de forma síncrona e algumas partes de forma assíncrona, conforme consta no quadro 1. Destacamos que alguns grupos não finalizaram todas as etapas nos encontros síncronos. Assim, o término foi feito de maneira assíncrona e, assim como os demais grupos, a resolução foi inserida no *Moodle*.

Quadro 1 - Sequência de atividades síncronas e assíncronas durante a modelagem



Fonte: construção do autor

No quadro 2 a seguir apresentamos um roteiro que foi utilizado para a execução das modelagens:

Quadro 2: Sequência dos encontros (síncronos) para a modelagem

| Encontro | Atividade                                                                   |                         |                       |                         |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 1        | Apresentação da modelagem matemática, divisão dos grupos, escolha dos temas |                         |                       |                         |
|          | Modelagens do bloco 1                                                       |                         | Modelagens do bloco 2 |                         |
|          | Encontro                                                                    | Atividade               | Encontro              | Atividade               |
|          | 2                                                                           | Etapa (a) da modelagem  | 6                     | Etapa (a) da modelagem  |
|          | 3                                                                           | Etapa (b) da modelagem  | 7                     | Etapa (b) da modelagem  |
|          | 4                                                                           | Etapa (c) da modelagem  | 8                     | Etapa (c) da modelagem  |
|          | 5                                                                           | Apresentação dos grupos | 9                     | Apresentação dos grupos |
| 10       | Diálogo com os alunos e disponibilização do questionário de avaliação final |                         |                       |                         |

Fonte: construção do autor

Para facilitar o processo de modelagem, elaboramos um roteiro com subitens das etapas de Biembengut (2016), conforme exemplificamos em seguida com o primeiro tema 1-A. Um dos principais motivos foi equilibrar um tema que seria de interesse, baseado no cotidiano, com o conteúdo matemático aprendido. Apesar desse roteiro, incentivamos os alunos a fazerem pesquisas e até mesmo o uso de outros possíveis modelos que poderiam resolver o problema. Notamos, com isso, que diversos alunos relataram que fizeram pesquisas durante as modelagens.

Para a primeira modelagem (veja quadro 3), utilizamos algumas ideias contidas no livro de Burghes e Borrie (1981).

Quadro 3: Modelagem 1-A: absorção de álcool e o risco de acidentes

*Problema:* como elaborar um modelo matemático que equacione o risco de uma pessoa envolver-se em um acidente de trânsito após a ingestão de uma bebida alcoólica?

(a) *Percepção e apreensão*

(a. 1) Identifique as variáveis envolvidas no problema. Qual a taxa de variação a ser analisada? Quais as relações entre as variáveis?

(a. 2) Um modelo matemático pode ser formulado para relacionar o risco de ter um acidente de carro,  $R$ , e o nível de álcool no sangue,  $b$ . A equação é ao seguinte:

$$\frac{dR}{db} = kR$$

Você acha que esse modelo é razoável para descrever o fenômeno em questão (risco de acidente x ingestão de álcool)?

(b) *Compreensão e explicitação*

(b. 1) Resolva a equação do problema. Considere que em  $b = 0$  (nenhum consumo de álcool), o risco de um acidente é de 1%, ou seja,  $R_0 = R(0) = 1$ .

(b. 2) Tendo em vista a solução obtida, determine a constante  $k$  sabendo que que temos  $R = 20\%$  em  $b = 0,14\%$ . O que ocorre em  $R=100\%$ ? O que significam esses valores?

(b. 3) Esboce a função solução obtida do fenômeno. Qual mudança haveria no gráfico com a variação da constante  $k$ ?

(c) *Significação e expressão*

(c. 1) O que achou do modelo obtido: se adequa com a realidade? Quais pontos considera positivos e/ou negativos? Há algo que poderia ser aprimorado?

(c. 2) Qual é o risco de uma pessoa se envolver em um acidente de carro, por dirigir após beber? Quais fatores podem influenciar um acidente? Quais são as possíveis implicações desse modelo?

Fonte: construção do autor

Para que o processo de modelagem seja valorizado positivamente e considerado como válido para a análise dos dados, foi considerado os grupos que perpassaram pelas três etapas de modelagem. Apesar de apresentarem algumas dificuldades, todos os grupos passaram pelas três etapas, o que levou a todos grupos serem incluídos para a análise de dados. Além disso, nas instruções para as atividades de modelagem, os alunos foram comunicados de que poderiam encontrar uma solução para o fenômeno em análise por outros métodos/modelos. Alguns grupos fizeram pesquisas e sugeriram a análise do problema por outro meio. Esse foi o caso de um grupo, que sugeriu examinar o comportamento de compras de um consumidor por meio de um sistema pendular, alegando que é oscilatório esse comportamento. Porém, devido às dificuldades encontradas, os grupos seguiram as sugestões fornecidas para resolução do modelo.

Apresentamos os resultados em duas categorias que surgiram: personalização e autenticidade na produção de modelos e colaboração e motivação na viabilidade do ensino remoto.

## Resultados

### Personalização e autenticidade na produção de modelos

As atividades de modelagem matemática foram uma oportunidade para que os alunos experimentassem a personalização. Isso ocorreu pelo fato de os alunos serem incluídos em um ambiente de aprendizagem, mediado pela tecnologia, o que proporcionou um envolvimento. Nos encontros para as aulas de conteúdo, os alunos puderam se expressar e tirar dúvidas. Nos encontros para o desenvolvimento das modelagens, os alunos foram incentivados a, não somente tirarem dúvidas, mas se expressarem diante da condução do modelo. Eles foram incentivados a pensar em questões como: quais são as principais variáveis desse fenômeno? Como obter uma EDO que melhor descreva esse fenômeno? Quais são as suas implicações? Diante da solicitação de alguns alunos, aulas/encontros adicionais foram feitas para uma discussão melhor dos modelos.

Uma pergunta do questionário foi: *ao longo de seu curso você já utilizou a modelagem matemática? Você gostaria de utilizar a modelagem em uma outra disciplina de seu curso? (Justifique)*. Como as perguntas do questionário eram abertas, as quantidades foram quantificadas por meio de uma leitura de cada resposta

Ao averiguar o uso da modelagem matemática durante a formação acadêmica dos alunos, constatamos que 64,5% deles disseram que nunca havia usado a modelagem, enquanto 9,7% mencionaram ter visto alguma aplicação matemática e 25,8% afirmaram ter feito algum tipo de modelagem em uma outra disciplina anteriormente. Um segundo aspecto que verificamos foi se os alunos eram favoráveis ou não a um posterior uso dessa metodologia de ensino. Uma quantidade expressiva dos alunos, 90,4% manifestaram o interesse em utilizar novamente a modelagem em um outro momento, alguns dizendo também que a modelagem poderia ter auxiliado em disciplinas anteriores (apenas 5,5% não foram favoráveis e o restante 4,1% ficaram neutros). Na tabela 1 sintetizamos os dados obtidos.

Tabela 1 - Percepção do uso e benefício da modelagem matemática

| Percepção                                      | Porcentagem |
|------------------------------------------------|-------------|
| Nunca utilizou modelagem                       | 64,5%       |
| Já utilizou modelagem                          | 25,8%       |
| Gostaria de utilizar a modelagem novamente     | 90,4%       |
| A modelagem proporciona aplicações do conteúdo | 45,2%       |

Fonte: construção do autor

Os resultados dessa tabela 1 sugerem que a modelagem matemática utilizada como uma estratégia de ensino e aprendizagem colabora a favor da personalização. Porém, essa personalização não é apenas de forma individual, mas é uma personalização também em grupo que colabora para um anseio de alunos de engenharias: aplicações práticas do conteúdo teórico.

Em se tratando da autenticidade, foi notado que a modelagem matemática ofereceu oportunidade para um aprendizado contextualizado. Os temas de modelagem trabalhado pelos alunos envolveram situações da vida real e relevantes. Particularmente, o tema “propagação de uma epidemia” foi relevante pois muitos grupos o escolheram, tendo em vista o período pandêmico vivido.

Destaca-se que a aplicação do conteúdo teórico foi relevante para a autenticidade também. As atividades de modelagens foram uma oportunidade de realizar aplicações do conteúdo aprendido, o que levou muitos alunos a perceberem um sentido na disciplina. Exemplificando, após a realização das atividades, a aluna Tereza disse: “Foi legal e foi meu primeiro contato com uma disciplina desse jeito. Dá para agregar mais conteúdo”. Pablo se expressou após as atividades de modelagem:

Acho que a atividade de modelagem foi uma das coisas que mais me chamou atenção nesse ensino remoto. Esse estilo de atividade, inclusive, motiva a gente a estudar mais e até mesmo ter uma melhor compreensão da matéria, então, foi bem interessante.

Diversos outros alunos fizeram comentários similares, dizendo que apreciaram a realização das modelagens. Observamos que as modelagens foram uma maneira de os alunos darem significado ao conteúdo das EDO's pelo estudo de aplicações em problemas reais. Uma abordagem mais centrada no aluno com atividades de modelagem é um caminho para que os alunos “assumam mais responsabilidade e avancem em seu próprio aprendizado” (Lyon; Magana, 2020).

Por meio do questionário constatamos as percepções individuais de dificuldades durante a produção dos modelos. Um questionamento foi: *durante a produção de um modelo é natural a ocorrência de algumas dificuldades. Em caso afirmativo, explicita as dificuldades encontradas*. Pretendíamos que os alunos se expressassem a respeito de qualquer dificuldade encontrada. Na tabela 2 a seguir, quantificamos as respostas. Ressaltamos que a categorização das dificuldades apresentadas não é exclusiva ou exaustiva, não tínhamos essa intenção.

Tabela 2 - Relação das dificuldades mencionadas pelos alunos

| Dificuldade   | Porcentagem | Dificuldade        | Porcentagem |
|---------------|-------------|--------------------|-------------|
| Matemática    | 53,2%       | Outras referências | 11,3%       |
| Modelagem     | 25,8%       | Ensino remoto      | 8%          |
| Gráficos      | 19,4%       | Grupo              | 8%          |
| Interpretação | 17,7%       |                    |             |

Fonte: construção do autor

A maior dificuldade apontada pelos alunos foi a matemática (53,2%). Alguns admitiram dificuldades relacionadas a conteúdos prévios e outros, como Ana, reconheceram que “foi preciso rever parte da matéria” relativa às EDO's. Não poucos alunos (19,4%) mencionaram explicitamente que a dificuldade foi elaborar os gráficos do modelo. De fato, alguns grupos não produziram gráficos na última modelagem M2B (evolução de uma epidemia), mas utilizaram outras fontes para ilustrar a evolução da pandemia em uma determinada cidade, como gráficos disponibilizados pelo governo. Adicionalmente, notamos, que 25,8% dos alunos alegaram dificuldades com a modelagem matemática. Por exemplo, Bernardo mencionou: “não tinha conhecimento da modelagem”. Do mesmo modo, Laura disse que

realizar a modelagem era “algo novo” e, por isso, representou um desafio. Dessa forma, notamos que esses alunos não estavam acostumados a uma metodologia ativa, como a modelagem matemática, pois alunos como a Júnia mencionaram que seria bom ter um “passo a passo” para servir de base para o modelo do grupo. Possivelmente também devido à metodologia tradicional de ensino que os alunos estão acostumados há anos, a introdução de aplicações práticas do conteúdo por meio da modelagem matemática causou estranheza para alguns. Paula afirmou que sua dificuldade foi “aplicar na prática conhecimentos aprendidos na disciplina”. Outra importante dificuldade apontada por alguns alunos são as dificuldades interpretativas, citada por 17,7% dos alunos. Exemplificando, Camila disse ter dificuldades para “interpretar gráficos” e Naiara, “fazer relações com a realidade”. As outras dificuldades apareceram com menor frequência: encontrar outras referências relativas ao tema em estudo (11,3%), dificuldades ocasionadas pelo ensino remoto (8%) e contratempos com colegas do grupo (8%).

Contrastando os resultados apresentados nas duas tabelas apresentadas nesta seção, observamos que a maioria dos alunos tiveram alguma dificuldade, principalmente com a matemática (conteúdos prévios, alguns conteúdos do curso em questão, produção de gráficos, entre outros) e, em menor grau, com a novidade da metodologia adotada. Apesar disso, pode-se considerar que a aplicação da modelagem matemática foi bem-sucedida, tendo em vista que muitos apreciaram a aplicação do conteúdo teórico e a grande maioria dos alunos gostaria de utilizar a modelagem futuramente. Isso posto, o seguinte comentário de Ana (obtida na resposta ao questionário) sintetiza a percepção da maioria dos alunos:

Antes dessa experiência, eu não considerava a modelagem matemática como uma alternativa viável em termos de metodologia, pois acreditava que meu conhecimento matemático não seria suficiente para conduzir modelagens. No entanto, após essa experiência, minha perspectiva mudou completamente, e passei a ver o uso da Modelagem Matemática como uma alternativa metodológica totalmente viável. Percebi que já possuía o conhecimento básico necessário e que essa abordagem representou uma maneira única de aprender Equações Diferenciais Ordinárias. Além disso, reconheci que a modelagem também pode ser uma ferramenta valiosa para aprimorar o conhecimento em outras disciplinas.

Comentário como esse foram feitos por vários outros alunos. Com isso, foi percebido que essa metodologia de ensino colaborou tanto para autenticidade, pois a contextualização proporcionou experiências autênticas. Além disso, como vários alunos manifestaram um sentimento de posse e controle sobre o momento, mantendo um local e ritmo de aprendizado, pode-se concluir que a produção de um modelo colaborou para a personalização. Inclui-se a isso a agência. A forte componente de agência relatada centrou-se na responsabilidade pela utilização do tempo.

## Colaboração e motivação na viabilidade do ensino remoto

As tabelas apresentadas na seção anterior também fornecem informações a respeito da colaboração e motivação. A colaboração foi facilitada pela capacidade da tecnologia proporcionar um nível de interconexão. A modelagem matemática é uma atividade colaborativa em que os alunos trabalham juntos (Niss; Blum, 2020). Essa iteração foi feita por meio de conversas de aprendizagem nos encontros síncronos, na relação professor-

aluno. Além disso, os alunos se encontraram para que cada grupo pudesse interpretar o modelo. Em relação às interações em grupo para a produção de um modelo, em muitos casos, houve a colaboração de cada um. A aluna Fernanda disse que “muitas dúvidas foram tiradas entre o grupo mesmo, um ajudando o outro”. Por outro lado, para alguns, houve dificuldades na interação com o grupo. A principal dificuldade manifestada foi a de se reunir com os colegas para realizarem as atividades. A aluna Gabriela disse que “entender, se comunicar com os outros, e desenvolver um trabalho de forma remota foi um desafio, a segunda dificuldade foi com a própria disciplina”. Uma análise mais profunda seria necessária para identificar e entender os reais motivos de alguns alunos não colaborarem com colegas para a realização da atividade. Conforme mencionado por alguns, nos encontros síncronos e nas respostas às perguntas do questionário, algumas dessas dificuldades estavam relacionadas com internet, problemas pessoais ou familiares, dentre outros. Tais situações difíceis foram apresentadas por estudos recentes (Enegebretch *et al.*, 2020; Chan; Chan; Sabena; Wagner, 2021). Por outro lado, não é novidade que, em trabalhos em grupos, mesmo em atividades feitas de modo presencial, geralmente alguns alunos tendem a participar menos, como demonstra nossa experiência docente e outras pesquisas ( Sofroniou; Poutos, 2016).

Não obstante, notamos que apenas 8% dos alunos mencionaram diretamente dificuldades relacionadas ao ensino remoto (igualmente 8% relataram dificuldades com colegas do grupo). Isso sugere que a maioria dos alunos conseguiu prosseguir no curso e realizar as atividades sem maiores impasses. O comentário de Pietro ilustra esse ponto:

Acho que a atividade de modelagem foi uma das coisas que mais chamou atenção nesse RTE. Esse estilo de atividade nos motiva a estudar mais, além de colaborar para uma melhor compreensão da matéria. Foi bem interessante!

Assim, como Pietro, vários alunos teceram comentários positivos e favoráveis ao sistema de ensino – feitos não somente nas respostas do questionário, mas também após a realização das tarefas de modelagem. Porém, essa visão positiva não foi uma unanimidade. Segundo Charles, por exemplo, o ensino remoto “não é a mesma coisa que de forma presencial”. Não foram todos os alunos que apreciaram o ritmo e o formato da disciplina. Alguns discentes acharam que o conteúdo foi visto de uma maneira rápida. Ramon disse: “Gostei bastante de ver as diversas aplicações, porém achei um pouco corrida a matéria devido ao ensino remoto”. Para Diego, “o atual momento em que nos encontramos não nos proporciona tranquilidade para aprendermos da melhor forma”. O aluno Pietro mencionou que “até pegar a ideia, as dificuldades eram grandes, mas acredito que isso tem sido fruto do ensino remoto e mesmo tendo acesso ao professor, via e-mail e outras plataformas, não é a mesma coisa”. Outra aluna, Diana, relatou que “poderíamos ter tido melhor desempenho de forma presencial”. Alguns alunos enfrentaram dificuldades técnicas durante o ensino remoto, como equipamentos defeituosos e conexão de internet instável, o que é confirmado por estudos recentes (Engelbrencht *et al.*, 2020; Chan; Sabena; Wagner, 2021). Problemas pessoais também afetaram a participação dos alunos; por exemplo, Charles começou a trabalhar para apoiar sua família, e Carlos teve que compartilhar o computador com familiares, causando atrasos. Além disso, a gestão do tempo entre as responsabilidades acadêmicas foi um desafio para alguns alunos.

A transição para o ensino remoto, apesar de inicialmente desafiadora, não impediu a continuidade das atividades acadêmicas. Uma pequena parcela dos alunos,

aproximadamente 5%, optou por não seguir com a disciplina. No entanto, a maioria persistiu, contando com recursos tecnológicos para superar as dificuldades. As atividades de modelagem se mostraram particularmente motivadoras, incentivando os alunos a se dedicarem mais aos estudos e a entenderem melhor o conteúdo, como evidenciado pelos comentários positivos de Pablo ao dizer “motiva a gente a estudar mais e até mesmo ter uma melhor compreensão da matéria”, Alexandre que mencionou “Curti o trabalho realizado e achei interessante o modo de como se tratar problemas do cotidiano com matemática” e Albert que reconheceu “com essa metodologia a gente fixa mais coisa e aprende melhor”. Similarmente, Tatiana também se sentiu motivada com a metodologia adotada:

Gostei bastante de cursar Equações Diferenciais e com o trabalho de modelagem consegui entender melhor os conceitos. Já tinha feito a matéria antes e tinha meio que um bloqueio com equações diferenciais, mas fiquei feliz que vi que não é nada tão medonho. Não tenho bloqueio mais. Estou até mais animada pra fazer Cálculo Numérico!

Os comentários dos alunos durante o último encontro síncrono reforçam os dados das tabelas anteriores, destacando a modelagem matemática como um motivador significativo para a aprendizagem. A aplicação prática do conteúdo teórico aumentou o significado e a continuidade dos estudos, apesar das rotinas alteradas pela pandemia. O suporte emocional, o feedback e os recursos tecnológicos foram essenciais para manter a motivação e a continuidade acadêmica. A empatia entre professores e alunos, bem como entre os próprios alunos, foi fortalecida por momentos de conversa descontraída, permitindo expressar preocupações com a pandemia. Alguns alunos sentiram que o aprendizado presencial seria mais eficaz, valorizando a familiaridade e as rotinas do ambiente universitário, a presença de professores e a interação com amigos. Apesar disso, as práticas pedagógicas que replicam a experiência escolar presencial foram particularmente valorizadas.

As limitações da modelagem em ensino remoto incluem barreiras socioeconômicas e tecnológicas exacerbadas pela pandemia, dificultando a continuidade das atividades. O monitoramento do progresso dos alunos através de videoconferência é desafiador, especialmente quando eles optam por não usar câmeras ou microfones, limitando a comunicação e a percepção de sinais não verbais. Além disso, torna-se mais complexo discernir a colaboração individual dentro dos grupos.

## Considerações finais

A pesquisa analisou a prática pedagógica conduzida com alunos de engenharia em uma universidade no Brasil com o ensino remoto durante a pandemia de Covid-19, utilizando modelagem matemática em um curso de Equações Diferenciais. A prática de modelagem matemática foi positivamente recebida e desejada para futuras experiências educacionais. Os conceitos de colaboração, motivação, personalização e autenticidade foram fundamentais para entender como a tecnologia e a pedagogia influenciaram o aprendizado. A atuação do professor foi crucial, oferecendo suporte pedagógico que elevou a motivação dos estudantes. A flexibilidade no uso do tempo e a disponibilidade de recursos tecnológicos, comuns entre os alunos adultos, foram aspectos positivos. A

continuidade do progresso acadêmico e o bem-estar social e emocional dos alunos foram valorizados. A pedagogia de apoio, aliada à tecnologia eficaz, promoveu uma experiência de aprendizagem motivadora, colaborativa e autêntica. A estrutura pedagógica proposta pode servir como modelo para situações futuras que demandem o fechamento de instituições de ensino. Além disso, sugere-se o uso contínuo da modelagem em cursos de engenharia para manter o interesse dos alunos e desenvolver habilidades práticas.

Vale mencionar algumas dificuldades percebidas. Os alunos enfrentaram desafios com o conteúdo matemático das Equações Diferenciais Ordinárias, tanto na solução algébrica quanto na criação de gráficos. Problemas menores incluíram a dinâmica de grupo e a adaptação ao ensino remoto e a metodologia de ensino à distância. Essas dificuldades são consistentes com estudos anteriores (Magnus, 2012; Niss; Blum, 2020; Engelbrecht *et al.*, 2020). A modelagem matemática de forma remota compartilha desafios semelhantes aos da modalidade presencial. O ensino remoto permitiu a continuidade das atividades acadêmicas, mas trouxe inconvenientes adicionais, como conflitos pessoais e limitações tecnológicas, além de dificultar a avaliação da participação ativa dos alunos pelo professor.

Para superar os desafios do ensino remoto, é essencial manter uma comunicação constante com os alunos, garantindo que se sintam incluídos e apoiados durante a pandemia. O suporte institucional é crucial, fornecendo não apenas recursos tecnológicos, mas também flexibilidade nas exigências acadêmicas. A pandemia destacou a necessidade de um ensino mais interativo e tecnológico. A modelagem matemática se alinha a esse novo paradigma educacional, conectando teoria à prática e ajudando os alunos a entenderem melhor o mundo, indicando uma transformação irreversível na maneira como encaramos a educação e a tecnologia.

## Referências

- AL-MAROOF, R. S.; ALFAISAL, A. M.; SALLOUM, S. A. Google glass adoption in the educational environment: A case study in the Gulf area. *Education and Information Technologies*, v. 26, n. 3, p. 2477–2500, 2021.
- ALVES, L. A. S.; MARTINS, A. C. S.; MOURA, A. A. Desafios e aprendizados com o ensino remoto por professores da educação básica. *Revista Iberoamericana de Educación*, v. 86, n. 1, p. 61–78, 2021.
- ANDERSON, H. *How to increase student retention and success: A systematic, evidence-informed approach*, 2011. Retirado de <https://ako.ac.nz/assets/Knowledge-centre/good-practice-publications/GOOD-PRACTICE-GUIDE-how-to-increase-student-retention-and-success.pdf>. Acesso em 23 dez. 2023.
- ARAÚJO, J. de L. Relação entre matemática e realidade em algumas perspectivas de modelagem matemática na educação matemática. In: Barbosa, J. C.; CALDEIRA, A. D.; ARAÚJO, J. L. (org.). *Modelagem Matemática na Educação Matemática Brasileira: pesquisas e práticas educacionais*. Recife: SBEM, 2007. Cap. 1, p. 17–32. v. 3.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BASSANEZI, R. C. *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática*. São Paulo: Contexto, 2001.



- BIEMBENGUT, M. S. *Modelagem na Educação Matemática e na Ciência*. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2016.
- BURGHES D. N.; BORRIE M.S. *Modelling with Differential Equations*, Colston Papers. E. Horwood, 1981.
- CHAN, M. C. E.; SABENA, C.; WAGNER, D. Mathematics education in a time of crisis—a viral pandemic. *Educational Studies in Mathematics*, v. 108, n. 1, p. 1–13, 2021.
- ENGELBRECHT, J.; BORBA, M. C.; LLINARES, S.; KAISER, G. Will 2020 Be Remembered as The Year in Which Education Was Changed? *ZDM*, v. 52, n. 5, p. 821–824, 2020.
- FERNÁNDEZ, P.; RODRÍGUEZ, M.C.; OLIVERAS, F.A. Modelo semipresencial para la formación universitaria. Aplicación a titulaciones técnicas. *Enseñanza Ciencias*, v. 38, p. 179–197, 2020.
- FHLOINN, E. N.; FITZMAURICE, O. How and Why? Technology and Practices Used by University Mathematics Lecturers for Emergency Remote Teaching During the Covid-19 Pandemic, *Teaching Mathematics and Its Applications: An International Journal of the IMA*, v. 40, n. 4, p. 392–416, 2021.
- HEILIO, M. Modelling and the Educational Challenge in Industrial Mathematics. In: G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri, y G. Stillman (Eds.), *Trends in Teaching and Learning of Mathematical Modelling. International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling*. Dordrecht: Springer, pp. 479–488, 2011.
- HODGES, C.; MOORE, S.; LOCKEE, B.; TRUST, T.; BOND, A. The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning. *EDUCAUSE Review*, 2020. Retirado de <https://er.educause.edu/articles/2020/3/the-difference-between-emergency-remote-teaching-and-online-learning>. Acesso em 23 dez. 2022.
- HOLMBERG, B. *The Evolution, Principles and Practices of Distance Education*. Bibliotheks-und Informationssystem der Universitat Oldenburg, 2005.
- KEARNEY, M.; SCHUCK, S.; BURDEN, K.; AUBUSSON, P. Viewing mobile learning from a pedagogical perspective. *Research in Learning Technology*, v. 20, n. 1, p. 1-17, 2012.
- KOÇAK, Z. F.; BOZAN, R; IŞIK, Ö. The importance of group work in mathematics. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, v. 1, n. 1, p. 2363–2365, 2009.
- LOPES, A. P. C. (2022). Aspects of attitudes towards mathematics in modeling activities: Usefulness, interest, and social roles of mathematics. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 17(4). <https://doi.org/10.29333/iejme/12394>. Acesso em 9 nov. 2024.
- LOPES, A. P. C. (2023a). Advanced algebraic thinking processes in students' modelling activities, *Teaching Mathematics and its Applications: An International Journal of the IMA*, v. 42, n. 4, p. 360-374. Retirado de <https://doi.org/10.1093/teamat/hrac024>. Acesso em 9 nov. 2024.
- LOPES, A. P. C. (2023b). Contraindo a ideologia da certeza por meio do conhecimento reflexivo na modelagem matemática. *Bolema: Boletim De Educação Matemática*, v. 37, n. 77, p. 936–957. Retirado de <https://doi.org/10.1590/1980-4415v37n77a01>. Acesso em 9 nov. 2024.
- LOPES, A. P. C. (2024). Mathematical modelling: a methodology favourable to the manifestation of critical mathematics consciousness. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, p. 1–30. Retirado de <https://doi.org/10.1080/0020739X.2024.2378191>. Acesso em 9 nov. 2024.

LYON, J. A.; MAGANA, A. J. A review of mathematical modeling in engineering education. *International Journal of Engineering Education*, v. 36, n. 1, p. 101-116, 2020.

MAGNUS, M. C. M. *Modelagem matemática em sala de aula: principais obstáculos e dificuldades em sua implementação*. 2012. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, 2012.

MOLETTA, E.; ZANIM, A. P.; VERONEZ, M. R. D. Tipos de modeladores revelados no desenvolvimento de atividades de modelagem matemática. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, Belém, v. 20, n. 44, p. 21-40, jul. 2024. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v20i44.15006>. Acesso em: 09 dez. 2024.

MOORE, M. The theory of transactional distance. In: MOORE, M. (Ed.), *The handbook of distance education* (2nd ed.). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2007, pp. 32-46.

MULENGA, E. M.; MARBÁN, J. M. (2020). Is Covid-19 The gateway for digital learning in mathematics education? *Contemporary Educational Technology*, v. 12, n. 2, p. 1-11.

NISS, M.; BLUM, W. (2020). *The learning and teaching of mathematical modelling*. London: Routledge, 2020.

SOFRONIOU, A.; POUTOS, K. Investigating the effectiveness of group work in mathematics. *Education Sciences*, v. 6, n. 3, p. 1-15, 2016.

STEPHAN, M.; REGISTER, J.; REINKE, L.; ROBINSON, C.; PUGALENTHI, P.; PUGALEE, D. People use math as a weapon: critical mathematics consciousness in the time of COVID-19. *Educational Studies in Mathematics*, v. 108, n. 3, p. 513-532, 2021. Disponível em <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10062-z>. Acesso em 09 dez. 2024.

YATES, A.; STARKEY, L.; EGERTON, B.; FLUEGGEN, F. High school students' experience of online learning during Covid-19: the influence of technology and pedagogy. *Technology, Pedagogy and Education*, v. 30, n. 1, p. 59-73, 2020.