Tangram
Revista de Educação Matemática

DOI: 10.30612/tangram.v6i2.17240

Ensino de Cálculo no período da pandemia da covid-19: uma experiência com o método de ensino Análise de Modelos

Teaching Calculus in the period of the covid-19 pandemic: an experience with the Analysis of Models teaching method

Enseñanza del Cálculo en el período de la pandemia del covid-19: una experiencia con el método de enseñanza Análisis de Modelos

Emerson Silva de Sousa
Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)
Santarém, Pará, Brasil
E-mail: essousa73@gmail.com
Orcid: 0000-0002-1039-4280

Resumo: O presente artigo apresenta o relato de uma experiência de ensino de Cálculo I, na forma remota, em uma universidade do interior do Pará no período da pandemia da Covid-19. Tem por objetivo evidenciar e refletir o uso de elementos característicos da Modelagem Matemática, em particular da Análise de Modelos, no planejamento e execução de ações que contribuíram para que a disciplina pudesse ser ministrada remotamente. Além disso, traz a avaliação de um grupo de estudantes que cursou a disciplina nesse período, acerca da metodologia utilizada pelo professor ao ministrá-la. Para evidenciar essa avaliação, tomou-se como base as respostas que os estudantes deram em um questionário de feedback da disciplina, aplicado ao final de cada período, durante quatro períodos. A experiência revelou que a Modelagem Matemática, em particular a Análise de Modelos, não só apresenta elementos intrínsecos que potencializam uma melhor contextualização dos conteúdos estudados em Cálculo I e, portanto, contribuem na aprendizagem dos estudantes, mas também pode potencializar metodologias ativas, em especial a sala de aula invertida.

Palavras-chave: Modelagem Matemática. Análise de Modelos. Ensino Remoto. Ensino de Cálculo.

Abstract: This article presents the report of a remote Calculus I teaching experience at a university in the interior of Pará during the period of the Covid-19 pandemic. It aims to highlight and reflect the use of characteristic elements of Mathematical Modeling, in particular of Model Analysis, in the planning and execution of actions that contributed to the discipline being taught remotely. In addition, it brings the evaluation of a group of students who attended the discipline during this period, about the methodology used by the professor to teach it. To evidence this evaluation, the answers that the students gave in a feedback questionnaire of the discipline, applied at the end of each period, during four periods, were taken as a basis. Experience revealed that Mathematical Modeling, in particular Model Analysis, not only presents intrinsic elements that enhance a better contextualization of the contents studied in Calculus I and, therefore, contribute to student learning, but can also enhance active methodologies, in particular the flipped classroom.

Keywords: Mathematical Modeling. Analysis of Models. Remote Learning. Teaching Calculus.

Resumen: Este artículo presenta el relato de una experiencia de enseñanza de Cálculo I a distancia en una universidad del interior de Pará durante el período de la pandemia de Covid-19. Tiene como objetivo resaltar y reflejar el uso de elementos característicos de la Modelación Matemática, en particular del Análisis de Modelos, en la planificación y ejecución de acciones que contribuyeron a que la disciplina se impartiera a distancia. Además, trae la evaluación de un grupo de estudiantes que cursaron la disciplina durante este período, acerca de la metodología utilizada por el profesor para impartirla. Para evidenciar esta evaluación, se tomó como base las respuestas que los estudiantes dieron en un cuestionario de retroalimentación de la disciplina, aplicado al final de cada período, durante cuatro períodos. La experiencia reveló que la Modelización Matemática, en particular el Análisis de Modelos, no solo presenta elementos intrínsecos que favorecen una mejor contextualización de los contenidos estudiados en Cálculo I y, por tanto, contribuyen al aprendizaje de los estudiantes, sino que también pueden potenciar las metodologías activas, en particular el aula invertida.

Palabras clave: Modelo matematico. Análisis de modelos. Aprendizaje remoto. Enseñanza del Cálculo.

Recebido
21/02/2023
Aceito em
11/04/2020

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A pandemia da covid-19 foi uma catástrofe mundial que trouxe dor e sofrimentos profundos à presente geração que, certamente, não será esquecida tão facilmente. Mudanças rápidas e necessárias ocorreram no mundo todo nesse período e, mesmo passado o auge da tormenta, graças à produção de vacina em tempo recorde, muitas ações e rotinas estabelecidas naquele momento ainda seguem presente nos dias atuais e, provavelmente, incorporadas à nova sociedade pós-pandemia.

No campo educacional, assim como no mundo do trabalho, é possível perceber sem muita dificuldade exemplos dessa incorporação. Muitas dessas ações e rotinas estabelecidas, ainda que de modo parcial, podem ser vistas em pleno uso atualmente. Reuniões online, participação em cursos e eventos à distância, uso de plataformas virtuais na produção e divulgação de conteúdos, são apenas alguns exemplos que podem ser citados.

Professores de todos os níveis de ensino, talvez não tenham sido tão desafiados como o foram nesse período. Precisaram se reinventar, mudar estratégias, produzir conteúdos de modo diferente do que eram acostumados, planejar aulas para ambientes virtuais etc. Muitos precisaram ampliar em curto espaço de tempo os conhecimentos que tinham sobre ferramentas tecnológicos, visando utilizá-las melhor no ambiente educacional. Outros, no entanto, tiveram que aprender do “zero” a usar essas ferramentas em conjunto com estratégias diferenciadas de ensino.

Muitas dessas estratégias foram utilizadas por professores nesse período a fim de sanar parte das dificuldades que se apresentaram (Silva, et al., 2021; Lima, et al., 2021; Schmit & Rocha Filho, 2022). Em relação ao ensino de matemática, a Modelagem Matemática, em suas variadas perspectivas e concepções, aparece como uma dessas estratégias utilizadas no período da pandemia (Lopes & Reis, 2022; Becker Paulo & Lucas, 2022; Triguero e Kato, 2022; Silva, et al., 2022).

Como prática pedagógica em sala de aula, a Modelagem vem sendo divulgada e incentivada no Brasil há, pelo menos, quatro décadas (Biembengut, 2009), sendo sugeridas várias propostas para sua implementação prática em sala de aula (Klüber & Burak, 2008). Uma dessas propostas é a Análise de Modelos (Soares, 2012, 2015; Soares & Javaroni, 2013; Sousa, 2019, 2021) e será destacada neste relato.

Assim, considerando elementos intrínsecos da Modelagem Matemática, mais especificamente da Análise de Modelos, o presente artigo tem como objetivo evidenciar e refletir o uso de elementos característicos dessa abordagem pedagógica, no planejamento e execução de ações que contribuíram para que a disciplina Cálculo I pudesse ser ministrada remotamente no período pandêmico da Covid-19 em uma universidade do interior paraense, além de evidenciar a avaliação de um grupo de estudantes que cursou a disciplina nesse período, acerca da metodologia utilizada pelo professor ao ministrá-la.

ANÁLISE DE MODELOS: CONCEPÇÕES E PERSPECTIVAS

Dentre as várias concepções e perspectivas de Modelagem Matemática no campo educacional, neste relato, a ênfase será dada à concepção denominada Análise de Modelos (AnM).

Utilizada, a princípio apenas no Ensino Superior, a AnM no contexto da Modelagem Matemática é sugerida como uma abordagem investigativa que faz uso de modelos matemáticos existentes para introduzir um novo conteúdo de alguma disciplina, como, por exemplo, Cálculo ou Equações Diferencias (Soares, 2012; Soares & Javaroni, 2013). Para as autoras, as atividades envolvidas em um processo de AnM devem considerar, por exemplo:

> (i) estudo do fenômeno em questão; (ii) estudo das hipóteses consideradas para a elaboração do modelo; (iii) entendimento do que cada termo do modelo diz sobre o fenômeno; (iv) estudo do comportamento da(s) solução(ões) do modelo, relacionando este comportamento com o fenômeno e com as hipóteses consideradas; (v) estudo da influencia dos parâmetros do modelo no comportamento de sua(s) solução(ões), o que permite fazer previsões e analisar

> a influencia de possíveis intervenções no fenômeno; (v) análise das limitações do modelo. (Soares & Javaroni, 2013, p. 199).

De acordo com Sousa e Lara (2021), essa concepção evidencia uma característica central da AnM que a diferencia de uma simples aplicação de modelos, isto é, o papel reflexivo dos modelos matemáticos dentro dos contextos estudados. Assim, embora na AnM não se elabore o modelo, tal característica aponta uma aproximação muito mais estreita com a Modelagem Matemática no sentido clássico das perspectivas mais conhecidas, do que com uma simples aplicação de modelos.

Soares (2015) amplia essa concepção e passa a conceber a AnM como um processo de "modelagem rudimentar" que tem na tecnologia as ferramentas necessárias para melhorar a compreensão do ciclo de Modelagem proposto, bem como enriquecer as discussões dos fenômenos estudados em um processo educativo.

Já Sousa (2021) propõe a "Análise de Modelos como um método de ensino que faz uso de modelos matemáticos prontos, partindo sempre de alguma situação-problema da realidade, cujo objetivo é desenvolver o conteúdo curricular e não curricular." (p. 17), estendendo sua implementação inclusive para a Educação Básica.

Com essa proposta, o autor destaca três princípios essenciais que, de certa forma, seriam os elementos intrínsecos da AnM que a caracteriza nessa perspectiva. São eles: O uso de modelos matemáticos prontos; O desenvolvimento do conteúdo curricular (e não curricular); O uso de situações e/ou problemas da realidade.

Segundo Sousa (2021), esse método de ensino se apresenta com potencial de envolver os estudantes de modo mais dinâmico no estudo da matemática, seja pela exploração de modelos matemáticos advindos de variadas situações de seu interesse, seja pela forma mais segura com que o professor inicializa um trabalho com Modelagem em sala de aula sem, com isso, se afastar da estrutura escolar vigente, especialmente no que se refere ao conteúdo curricular que é exigido no modelo educacional brasileiro.

ANÁLISE DE MODELOS: ENSINO DE CÁLCULO E A PANDEMIA DA COVID-19

Em março de 2020, devido a pandemia, as atividades presenciais na maioria das instituições de ensino, de todos os níveis, pararam. Na instituição onde atuo não foi diferente. Paramos e, só após dois meses, em junho de 2020, retornamos às atividades, porém de forma remota. Esse formato de atividade (remota) seguiu até junho de 2022, período no qual, ministrei a disciplina Cálculo I por seis vezes, em cursos de graduação da instituição.

Para ministrar essas aulas, embora não dando para utilizar em todos os tópicos da disciplina, procurei aplicar os princípios característicos da AnM indicados na seção anterior (Sousa, 2021). Assim, o planejamento da disciplina se deu da seguinte forma:

1º) Produção de videoaulas dos principais tópicos da disciplina.

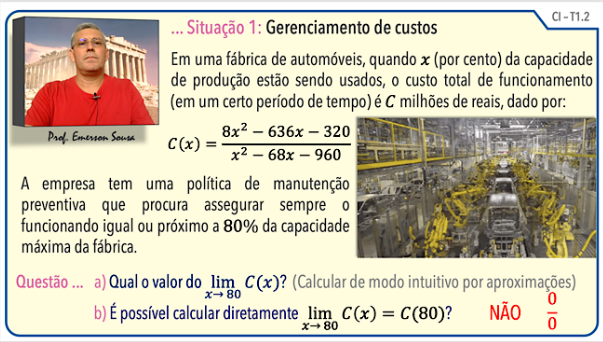
2º) Postagem dessas videoaulas no YouTube de modo "não listado", para que o acesso fosse restrito à turma via link, disponibilizado na sala virtual do Google Classroom.

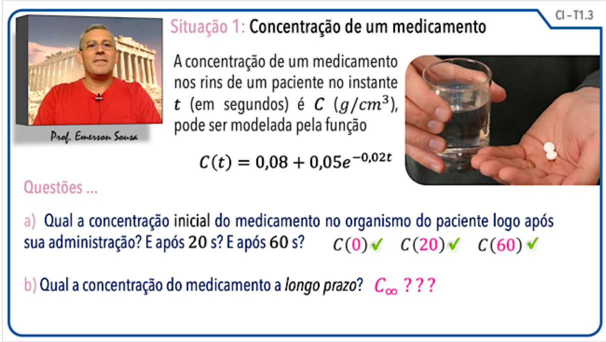
3º) Elaboração de atividades de aplicação para cada unidade (Limite, Derivada e Integral), chamadas "cadernos", disponibilizados na sala virtual para serem baixados pelos estudantes, impressos, resolvidos, digitalizados, salvos em pdf e entregues (sala virtual).

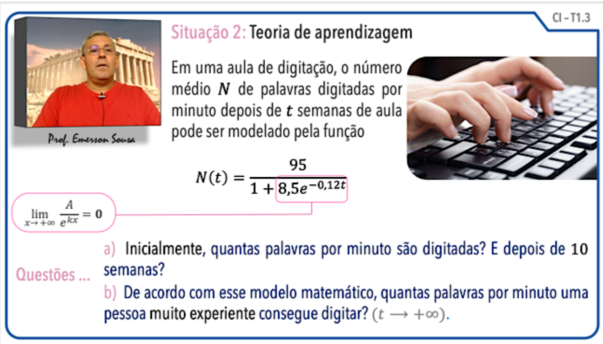
4º) Realização de encontros online, síncronos, onde se discutiam as dúvidas surgidas das videoaulas e das questões dos "cadernos". Nesses encontros também era momento de aprofundar e detalhar, de forma dialogada e participativa, os tópicos propostos.

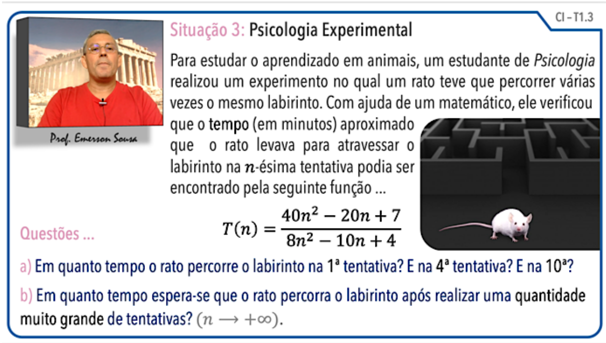
5º) Elaboração de testes online para cada unidade (Limite, Derivada e Integral), via Google Forms, onde se destacavam principalmente questões conceituais. Esses testes eram liberados em data e horário determinados. Tais atividades (testes online) fechavam as unidades da disciplina.

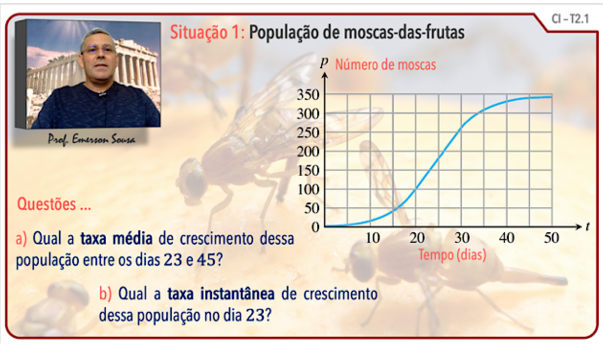
A seguir destaco alguns exemplos, tanto nas videoaulas como nos “cadernos”, onde aparecem elementos da AnM, isto é, situações-problema e modelos matemáticos, utilizados para ministrar a disciplina Cálculo I de forma remota.

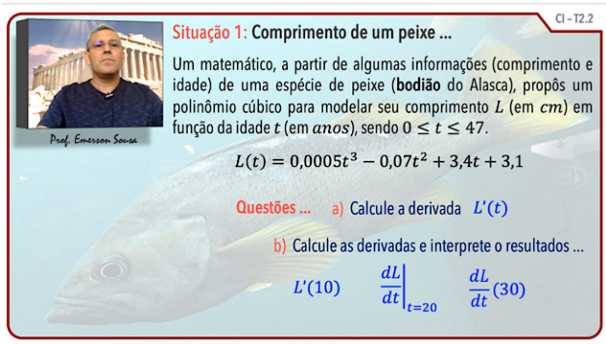


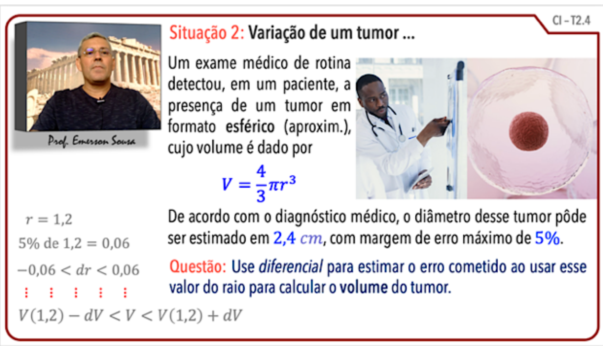












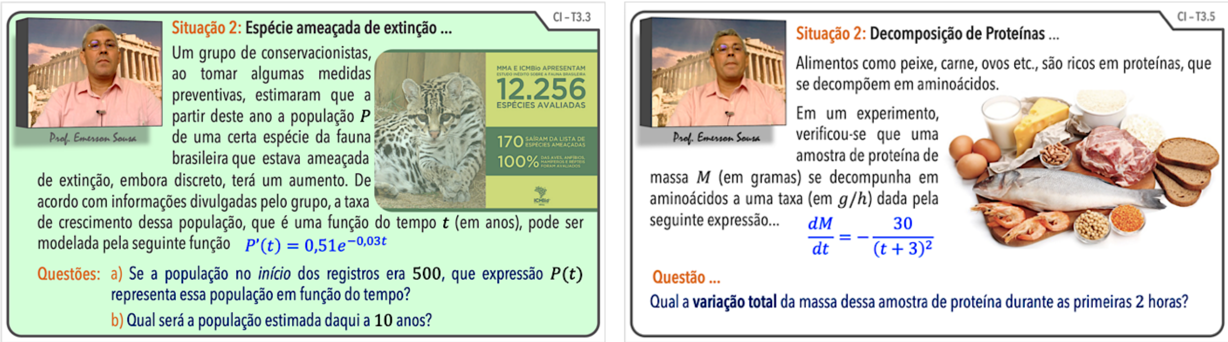


Figura 1. Situações-problema e modelos matemáticos nas videoaulas.

Fonte: Elaborado pelo autor, extraído dos slides das videoaulas.

Apenas para pontuar, na figura acima, os quadros CI-T1.2 e os três de CI-T1.3, se referem a tópicos de Limites, CI-T2.1, CI-T2.2, CI-T2.4 e CI-T2.6 abordam tópicos de Derivada e, CI-T3.3 e CI-T3.5 mostram situações onde aparecem tópicos de Integral.

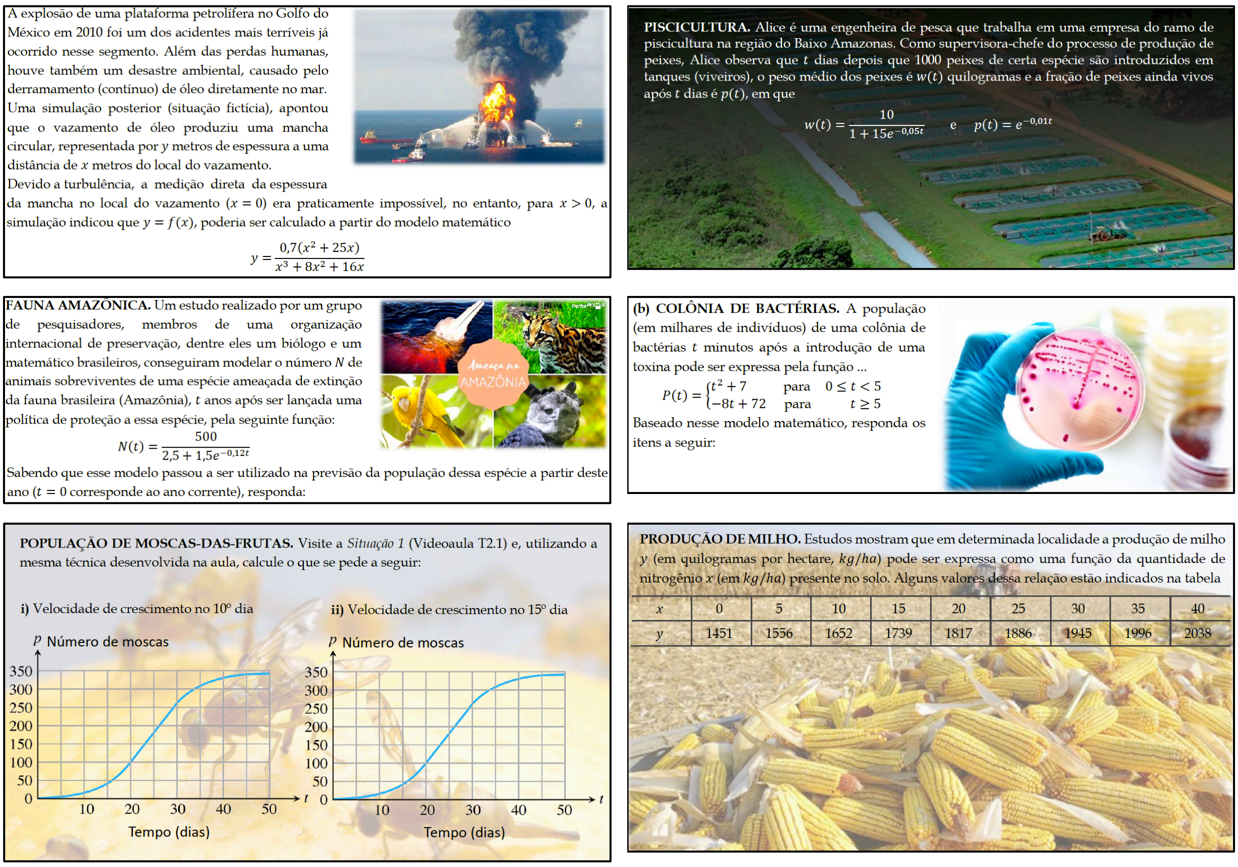


Figura 2. Situações-problema e modelos matemáticos nos cadernos de atividades.

Fonte: Elaborado pelo autor, extraído dos “cadernos”.

Ao final de cada período acadêmico, após o fechamento das notas, foi aplicado um questionário de feedback sobre a disciplina com cinco questões, quais sejam:

Q1) Em uma escala de 1 (muito ruim) a 10 (excelente), como você classifica sua aprendizagem na disciplina Cálculo ministrada nesse período de pandemia? Justifique sua resposta;

Q2) Em uma escala de 1 (muito ruim) a 10 (excelente), qual a sua opinião sobre o método de ensino utilizado pelo professor para ministrar essa disciplina (Cálculo) na pandemia? Justifique sua resposta;

Q3) Cite pelo menos dois pontos positivos do método utilizado pelo professor que você acha que podem contribuir para a aprendizagem da disciplina (Cálculo), mesmo na pandemia;

Q4) Na sua opinião, quais as maiores dificuldades do método utilizado pelo professor para ministrar a disciplina (Cálculo) na pandemia?

Q5) Em relação ao método utilizado pelo professor da disciplina (Cálculo), aponte sugestões que possibilitem melhorar/aperfeiçoar esse método não só no contexto da pandemia, mas também no modo presencial.

Das 180 vagas disponibilizadas nas minhas turmas para matrícula na disciplina de Cálculo I no período de jun/2020 a jun/2022, cerca de 43 não foram preenchidas (não se matricularam, desistiram ou trancaram) e apenas 77 estudantes responderam ao questionário de feedback. Desses, ao responderem a primeira questão, a maioria (65%) considerou sua aprendizagem entre regular (nota 6) e excelente (nota 10), embora a aprovação final dos que concluíram a disciplina tenha chegado a 82%.

Em relação a segunda pergunta do questionário, onde é possível evidenciar a avaliação do método utilizado pelo professor, 7 deles (9,1%) classificaram o método com nível 7, 17 estudantes (22,1%) com nível 8, 16 (20,8%) com nível 9 e 35 (45,4%) com nível 10. Apenas dois estudantes classificaram o método com nível baixo, sendo 1 (1,3%) classificando-o com nível 5 e 1 (1,3%) com nível 3.

Um dos pontos destacados pela maioria dos estudantes (69%) foi o uso de videoaulas gravadas pelo próprio professor. Vejamos o que alguns expressaram:

Tabela 1

Opinião dos estudantes sobre o uso de videoaulas gravadas.

Estudante	Excertos
E2	*Todos os materiais que foram deixados me ajudaram com os exercícios pelo fato de poder ver e rever sempre que fosse preciso.*
E6	*Achei super didático as aulas gravadas.*
E40	*Acredito que as videoaulas foram importantes para aprender sobre os assuntos, no caso se tivesse dúvidas poderíamos rever.*
E43	*[...] mas que por meios das aulas gravadas se tornou bem mais fácil a aprendizagem.*
E45	*O método de ensino utilizado permitiu que os discentes se organizassem da melhor maneira seus estudos, nos dando a possibilidade de ver e rever as aulas, os exemplos e as questões, até sanarmos nossas dúvidas.*

E47	*O método foi bom, pois as videoaulas eram curtas e dava de baixar tranquilamente para o celular, e sendo os vídeos curtos as explicações eram bem objetivas e dava de se entender o que cada assunto se tratava.*
E70	*Na situação de pandemia em que nos encontramos, não temos muitas opções de métodos para a aprendizagem se não por aulas gravadas. E essa foi a melhor opção.*

Fonte: Extraído do questionário de feedback (Google Forms).

É possível inferir, a partir dos relatos que, para os estudantes, as videoaulas tiveram papel central no processo de aprendizagem. Primeiro porque podiam ver e rever as aulas quantas vezes fossem necessárias, e isso os ajudava a refletir e aprofundar com calma os tópicos abordados. Depois, porque os vídeos eram curtos e objetivos, e isso ajudava na concentração.

Outro aspecto que vale ser ressaltado é a contextualização dos conteúdos, tanto nas videoaulas como nos "cadernos". É o que indica explicitamente o estudante E49, ao afirmar que "*As questões foram bem elaboradas, contextualizadas, criativas e contribuiu para estimular o raciocínio.*", ou de modo implícito os estudantes E37 e E50, quando afirmam, respectivamente, que *"[...] apesar do momento, o material que foi apresentado nos proporcionou entendimento sobre o assunto.*" e que "*As videoaulas são bem claras e as listas de exercícios nos fazem pensar mais sobre os conceitos.*".

Esse aspecto é enfatizado, não só nas respostas do questionário, mas principalmente nas aulas síncronas, onde vários estudantes se manifestaram, apontando a contextualização dos conteúdos, a partir das situações e problemas de aplicação, como elemento diferenciado na abordagem da disciplina. Essa forma de propor os conteúdos, segundo eles, ajuda no entendimento e, consequentemente, proporciona uma aprendizagem mais significativa.

Considerações Finais

Vários outros aspectos poderiam ser citados que, de certa forma, contribuíram no processo educativo da disciplina Cálculo I para esse grupo de estudantes no período da pandemia. Reitero, no entanto, que os elementos característicos da Modelagem

Matemática na perspectiva da Análise de Modelos (Sousa, 2021), isto é, as situações-problema e modelos matemáticos utilizados no planejamento das aulas, tanto na produção dos vídeos como na elaboração dos “cadernos”, certamente tiveram papel relevante nesse processo, contribuindo para minimizar, não só as dificuldades impostas pela pandemia, mas também as próprias dificuldades inerentes de uma disciplina como Cálculo, muitas vezes tão temida pelos estudantes.

A experiência revelou a importância de se planejar, em qualquer que seja o nível de ensino, utilizando estratégias e métodos adequados que visem alcançar da melhor forma possível o alvo principal, isto é, o estudante. A Análise de Modelos, no contexto da Modelagem Matemática, parece ser adequada para esse propósito e, como um método de ensino de matemática, pode contribuir no planejamento e execução (Sousa, 2021).

Essa contribuição tem ultrapassado o período pandêmico, pois por meio das videoaulas produzidas, tenho estudado outras possibilidades metodológicas de ensino. É o caso da sala de aula invertida (Bergmann & Sams, 2016; Bergmann, 2018; Talbert, 2019) que incentiva os estudantes a terem um primeiro contato prévio com a matéria a ser estudada e só depois discutida e aprofundada em sala de aula. Essa é uma experiência que já vem sendo realizada com outros estudantes de Cálculo no pós-pandemia e tem dado bons resultados, podendo ser relatados em outra oportunidade.

Vejo, portanto, a Análise de Modelos como um método de ensino de matemática que potencializa o uso de novas metodologias ativas, em especial a sala de aula invertida, e que pode incentivar os estudantes a desenvolver autonomia, confiança e protagonismo no estudo da matemática, não só do ensino superior, como em Cálculo por exemplo, mas também da Educação Básica.

REFERÊNCIAS

Becker Paulo, J.; Lucas, C. O. (2022). Potencialidades e Desafios do Ensino de Matemática Online: exemplo de uma experiência com estudantes de Engenharia do Ensino Politécnico em Portugal. *Bolema*, Rio Claro (SP), v.36, n.74, p.1236-1255.

BERGMANN, Jonathan; SAMS, Aaron. Sala de aula invertida: Uma metodologia ativa de aprendizagem. Trad. Afonso Celso da Cunha Serra. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

BERGMANN, Jonathan. Sala de aula invertida para resolver o problema do dever de casa. Trad. Henrique de Oliveira Guerra. Porto Alegre: Penso, 2018.

Biembengut, M. S. (2009). 30 anos de Modelagem Matemática na educação brasileira: das propostas primeiras às propostas atuais. *Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, Florianópolis, v. 2, n. 2, p. 7-32.

Klüber, T. E., Burak, D. (2008). Concepções de modelagem matemática: contribuições Teóricas, *Educação Matemática Pesquisa*, São Paulo, v. 10, n. 1, pp. 17-34.

Lima, R. H. M. F.; Silva, P. N. S.; Miranda, J. R. (2021). *Estratégias de ensino utilizadas pelos professores da educação básica frente à pandemia da covid-19*. VII Congresso Nacional de Educação – Conedu em Casa. Campina Grande: Realize Editora.

Lopes, A. P. C.; Reis, F. S. (2022). Ensino remoto de Equações Diferenciais para engenharia: modelando a propagação de uma epidemia. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, Ponta Grossa, Edição Especial, p. 1-18.

Schmit, T. T.; Rocha Filho, J. B. (2022). Aulas virtuais em tempos de pandemia: estratégias e dinâmicas para possíveis sucessos do ensino e aprendizagem. *Revista Insignare Scientia*, Cerro Largo (RS), v. 5, n. 5, pp. 386-400.

Silva, A. A. A., De Suza, D. F., & Sant'anna, M. C. (2021). Ensino remoto: novas estratégias e desafios no ensino durante a pandemia de covid-19. *Revista Multitexto*, Montes Claros (MG), v. 9, n. 1, pp. 39-45.

Silva, K. A. P., Tortola, E., Koga, M. A. (2022). Saberes do professor para a prática educativa no planejamento de uma atividade de modelagem matemática, *Revista Educere Et Educare*, vol. 17, n. 44.

Soares, D. S. (2015). Model Analysis with Digital Technologies: a “hybrid approach”. In: Stillman, G. A., Blum, W., & Biembengut, M. S. (Eds.) *Mathematical Modelling in Education Research and Practice*: cultural, social and cognitive inuences. Cham: Springer. p. 453-463.

Soares, D. S. (2012). *Uma abordagem pedagógica baseada na Análise de Modelos para alunos de Biologia*: qual o papel do software? Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

Soares, D. S., & Javaroni, S. L. (2013). Análise de Modelos: possibilidades de trabalho com Modelos Matemáticos em sala de aula. In: Borba, M. C., & Chiara, A. (Org.). *Tecnologias Digitais e Educação Matemática*, São Paulo (SP), Editora Livraria da Física, p. 195-219.

Sousa, E. S. (2019). *Análise de Modelos*: um método de ensino de Matemática na Educação Básica. (Tese de doutorado em Educação em Ciências e Matemática). Porto Alegre: PUCRS.

Sousa, E. S. (2021). Análise de modelos como um método de ensino de matemática na educação básica. *Práxis Educacional*, Vitória da Conquista, v. 17, n. 45, p. 316-337.

Sousa, E. S., & Lara, I. C. M. (2021). Percepções de um grupo de professores de matemática da educação básica em relação à estratégia de ensino aplicação de modelos. *Educação Matemática Pesquisa*, São Paulo, v. 23, n. 1, pp. 31-57.

Talbert, R. (2019). *Guia para utilização da aprendizagem invertida no ensino superior*. Trad. Sandra Maria Mallmann da Rosa. Porto Alegre: Penso.

Triguero, L. F., & Kato, L. A. (2022). Articulações entre os significados denotativos e conotativos para o conceito de proporção: uma experiência com Modelagem Matemática nos anos iniciais. *REnCiMa*, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 1-25.