



Avaliação formativa por meio de vídeos em turmas de Cálculo: uma experiência enriquecedora na época da pandemia

Wescley Well Vicente Bezerra

Universidade de Brasília

Brasília, DF – BRASIL

lattes.cnpq.br/9700262792445421

wescley@unb.br

orcid.org/0000-0002-9537-4317

Rogério César dos Santos

Universidade de Brasília

Brasília, DF – BRASIL

lattes.cnpq.br/0041767607288381

rogerc@unb.br

orcid.org/0000-0002-1362-2234

Cleyton Hércules Gontijo

Universidade de Brasília

Brasília, DF – BRASIL

lattes.cnpq.br/0556476746202406

cleyton@unb.br

orcid.org/0000-0001-6730-8243

Avaliação formativa por meio de vídeos em turmas de Cálculo: uma experiência enriquecedora na época da pandemia

Resumo

O objetivo deste artigo é relatar um estudo de caso de avaliação formativa realizada por meio de vídeos, com duas turmas, uma de Cálculo I e outra de Cálculo 2, em uma universidade brasileira, no período da pandemia do covid-19 entre os anos de 2020 e 2021. A metodologia utilizada para a análise das atividades desenvolvidas foi a qualitativa. Para as avaliações das aprendizagens na disciplina, os estudantes enviavam vídeos ao professor, semanalmente, mostrando as respostas produzidas para as atividades, explicando como desenvolveram cada uma delas. Como feedback, o professor comentava cada resolução em forma de comentário, na plataforma Teams. Concluímos que a avaliação por meio de vídeos produzidos pelos alunos favoreceu as aprendizagens numa perspectiva formativa, com duas características principais: a primeira, proporcionou ao estudante não apenas a escrever suas resoluções, mas também a explicá-las oralmente, expondo os seus pensamentos no desenvolvimento das respostas; a outra, proporcionou ao professor uma melhor compreensão do processo cognitivo dos estudantes, por meio de suas falas, permitindo fornecer feedbacks mais precisos em relação aos aspectos que necessitavam ser aprimorados para o sucesso acadêmico nas disciplinas.

Palavras-chave: avaliação formativa; feedback; ensino de Cálculo Diferencial e Integral; aulas remotas; produção de vídeo estudantil.

Formative assessment of videos in Calculus classes: an enriching experience during the pandemic era

Abstract

The aim of this article is to report on a case study of formative assessment carried out using videos, with two classes, one in Calculus I and the other in Calculus 2, at a Brazilian university, during the covid-19 pandemic between 2020 and 2021. The methodology used to analyze the activities developed was qualitative. In order to assess learning in the subject, students sent videos to the teacher every week, showing the answers they had produced to the activities and explaining how they had developed each one. As feedback, the teacher commented on each resolution on the Teams platform. We concluded that assessment through videos produced by the students favored learning from a formative perspective, with two main characteristics: firstly, it allowed students not only to write down their resolutions, but also to explain them orally, exposing their thoughts in the development of the answers; secondly, it gave the teacher a better understanding of the students' cognitive process, through their speeches, allowing them to provide more precise feedback in relation to the aspects that needed to be improved for academic success in the subjects.

Keywords: formative assessment; feedback; differential and integral calculus teaching; remote classes; student video production.

Evaluación formativa de videos en clases de Cálculo: una experiencia enriquecedora en la época de la pandemia

Resumen

El objetivo de este artículo es relatar un estudio de caso de evaluación formativa realizado por medio de videos, con dos clases, una de Cálculo I y otra de Cálculo 2, en una universidad brasileña, durante la pandemia de covid-19, entre 2020 y 2021. La metodología utilizada para analizar las actividades desarrolladas fue cualitativa. Para evaluar el aprendizaje de la asignatura, los alumnos enviaron semanalmente al profesor videos con las respuestas que habían producido a las actividades, explicando cómo habían desarrollado cada una de ellas. Como feedback, el profesor comentaba cada resolución en la plataforma Teams. Concluimos que la evaluación mediante videos producidos por los alumnos favorecía el aprendizaje desde una perspectiva formativa, con dos características principales: en primer lugar, permitía a los alumnos no sólo escribir sus soluciones, sino también exponerlas oralmente, explicando sus reflexiones al desarrollar sus respuestas; en segundo lugar, proporcionaba al profesor una mejor comprensión del proceso cognitivo de los alumnos a través de su discurso, permitiéndole proporcionar un feedback más preciso en relación con los aspectos que debían mejorar para el éxito académico en las asignaturas.

Palabras claves: evaluación formativa; retroalimentación; enseñanza del cálculo diferencial e integral; clases a distancia. producción de video estudiantil.

1 Introdução

Segundo pesquisadores como Hoffmann (2013) e Villas Boas (2002), a avaliação da aprendizagem enfrenta desafios, como a superação de métodos ultrapassados que apenas medem e quantificam o aprendizado, tendo a prova como único instrumento avaliativo. Buscar uma avaliação que auxilie os estudantes a alcançarem seus objetivos e acompanhe seu desenvolvimento é um grande desafio para os educadores, especialmente no contexto do ensino remoto emergencial imposto pela pandemia de covid-19. Esse novo cenário trouxe limitações e oportunidades para repensar a prática avaliativa, com a possibilidade de utilização de diferentes ferramentas tecnológicas. Assim, a realização de uma avaliação inspirada nos princípios da avaliação formativa ganhou grande importância nesse contexto de ensino. A avaliação formativa, conforme Villas Boas (2017, p. 157),

é o processo pelo qual são analisadas continuamente todas as atividades em desenvolvimento e as desenvolvidas pelos estudantes, para que eles e os professores identifiquem o que já foi aprendido e o que falta ser aprendido, a fim de que se providenciem os meios para que todos avancem sem interrupções e sem percalços.

Uma outra característica essencial da avaliação formativa é o uso de *feedbacks*. Fernandes (2009, p. 55), afirma que “o *feedback*, nas suas mais variadas formas, frequências e distribuições, é um processo indispensável para que a avaliação se integre plenamente no processo de ensino-aprendizagem”. Dessa forma, seguindo os princípios da avaliação formativa, com *feedbacks* frequentes, realizou-se no segundo semestre de 2021 uma prática pedagógica com estudantes de Cálculo 1 e 2 em uma universidade pública federal brasileira. A avaliação da aprendizagem baseou-se principalmente em vídeos produzidos pelos alunos, nos quais eles explicavam como resolveram os exercícios trabalhados nessas disciplinas.

O objetivo deste artigo é analisar uma prática pedagógica inovadora que priorizou a produção de vídeos pelos alunos, em detrimento dos tradicionais instrumentos de avaliação da matemática no ensino superior, como provas e listas de exercícios. Destacaremos as potencialidades da avaliação formativa como método para avaliar a aprendizagem matemática no contexto do ensino remoto.

Uma característica fundamental da avaliação formativa é a possibilidade de acompanhar o processo de aprendizagem e coletar informações que permitam aprimorar as práticas pedagógicas. Sobre a utilização dessa modalidade avaliativa por alunos e professores, Brookhart (2020, p. 3, tradução nossa) afirma:

Os professores usam a avaliação formativa para afirmar que eles devem continuar com a instrução planejada se as evidências mostrarem que os alunos estão prontos, e ajustar as instruções se necessário. Já os estudantes utilizam essa avaliação para obter insights sobre seu progresso em direção às metas de aprendizagem, experimentar momentos “aha” sobre o material em estudo, ajustar as abordagens aos seus estudos ou revisar seus conceitos de estudo, e procurar a assistência de colegas para continuar seu aprendizado.

No contexto do ensino remoto imposto pela pandemia, foi crucial adaptar as práticas pedagógicas. No ensino da matemática, o uso de extensas listas de exercícios e provas tradicionais mostrou-se inadequado para muitos alunos. Segundo The Learning Network (2020 *apud* Brookhart, 2020, p. 6), as principais queixas dos estudantes sobre o ensino remoto incluíam excesso de tempo em frente ao computador, falta de interação com colegas e sobrecarga de tarefas para casa.

Dessa forma, buscando uma estratégia mais adequada para coletar informações sobre as aprendizagens no âmbito do ensino de Cálculo 1 e 2, optou-se pela produção de vídeos pelos alunos. Sobre isso, Fernandes (2021, p. 6) afirma: “[...] uma tarefa que se propõe numa dada aula deverá permitir que, através dela, os alunos aprendam, os professores ensinem e que ambos avaliem o trabalho realizado”. Assim, as tarefas devem estar intrinsecamente relacionadas com a prática de ensino e as aprendizagens dos estudantes. Nesse sentido, a produção de vídeos oportunizou aos estudantes “pensar em voz alta”, saindo do texto escrito para a verbalização oral dos seus processos de pensamento, elaborando-o e reelaborando à medida que registravam frente à câmera como resolveram as questões. A tarefa, em si, incluía o processo de autoavaliação até chegar ao resultado considerado apropriado para ser encaminhado ao professor.

Assim, explorando o potencial educativo das novas tecnologias da informação e da comunicação no contexto de ensino, buscaram-se alternativas para superar um ensino meramente conteudista e centrado no professor. Dessa forma, a produção de vídeos pelos alunos, relacionados aos conteúdos das disciplinas de Cálculo, possibilitou aos estudantes a oportunidade de compartilhar seus conhecimentos de maneira personalizada. Conforme Pereira *et al.* (2018), quando o professor utiliza a produção de vídeos estudantis, busca-se uma aproximação com o universo dos estudantes, seus saberes e bagagens culturais.

Além disso, segundo Pereira *et al.* (2018), o professor que opta por uma metodologia de ensino baseada na produção de vídeos estudantis deve estar preparado para refletir e lidar com questões imprevistas que podem surgir dos conhecimentos dos alunos. Nesse contexto, o *feedback* do professor sobre as

produções dos vídeos assume um papel de grande importância no processo de aprendizagem.

Na perspectiva da avaliação formativa, para superar as possíveis dificuldades de aprendizagem, é necessário que o professor organize um *feedback* eficiente, de acordo com as necessidades de seus estudantes. Conforme Machado (2021, p. 4) afirma:

O *feedback* é uma das competências centrais e mais poderosas que o professor deve dominar para garantir uma avaliação formativa com impacto positivo nas aprendizagens dos alunos: por um lado, no plano cognitivo, fornece aos estudantes a informação que eles precisam para compreenderem onde estão e o que precisam de fazer a seguir; por outro lado, no plano motivacional, desenvolve o sentimento de controlo sobre a sua própria aprendizagem e, por conseguinte, aumenta o grau de envolvimento dos alunos através de processos cada vez mais eficazes de autorregulação.

A questão da utilização e produção de vídeos para o ensino de matemática tem sido tema de algumas investigações, tais como Oechsler, Fontes e Borba (2017), Santana e Sant'Ana (2018), Sousa e Gontijo (2021) e Souza e Oliveira (2021). Esse panorama indica a potencialidade do uso de vídeos em sala de aula para o processo de ensino-aprendizagem de matemática.

Souza e Oliveira (2021) apresentaram um panorama das pesquisas sobre o uso de vídeos no ensino de matemática entre 2015 e 2020. Eles agruparam os artigos em três categorias: gravação de aula, produção de vídeo e vídeo como recurso didático. Com relação à produção de vídeos, Souza e Oliveira (2021, p. 268) afirmam:

A produção de vídeos (por estudantes e/ou professores) no ensino se mostra com um imenso potencial, permitindo a exploração da maioria dos processos matemáticos pretendidos no currículo, além de possibilitar um “abrir de janelas” para a exploração de conteúdos matemáticos. As pesquisas levantadas nessa vertente apontam esse potencial como uma oportunidade de modificarmos a visão dos estudantes sobre a matemática, que a consideram rígida, chata, e não enxergam suas aplicações em diferentes contextos, utilizando, para isso, todos os atributos de multimodalidade que o vídeo possui.

Já o trabalho de Oechsler, Fontes e Borba (2017) aborda a produção de vídeos com conteúdos matemáticos por alunos e professores, utilizando o videoprocesso de Ferrés. Nessa abordagem, o aluno torna-se protagonista de sua aprendizagem, decidindo como abordar o conteúdo e apresentá-lo aos colegas. Sobre o papel do professor na produção dos vídeos, Oechsler, Fontes e Borba (2017, p. 8) afirmam:

No desenvolvimento dessa atividade o professor pode promover diversas discussões que integram a matemática, bem como assuntos de interesse dos alunos. É importante ressaltar que na produção do vídeo é possível contemplar a leitura, pesquisa, interpretação, criatividade, escrita, oralidade, assim como permite a criação de um vínculo comunicativo entre professor-aluno.

Com relação ao trabalho de Santana e Sant'Ana (2018), este teve como objetivo responder à seguinte questão: “de que forma a Produção de Vídeo Estudantil (PVE), enquanto processo, contribui para o estímulo e/ou desenvolvimento de inteligências que propiciem a aprendizagem de Sequências Numéricas no Ensino Médio?” (Santana; Sant'ana, 2018, p. 132). Para isso, foi realizada a criação colaborativa de vídeos com conteúdos matemáticos, havendo o protagonismo dos estudantes do Ensino Médio.

Sobre a influência da produção de vídeos educativos nos estudantes, Santana e Sant'Ana (2018, p. 140) afirmam (PVE: produção de vídeo estudantil):

A etapa da criação levou o aluno a deixar a passividade e assumir uma postura mais ativa, em interação com os colegas e mediado pelo professor no desenvolvimento da sua aprendizagem. Neste protagonismo é possível despertar o interesse, a curiosidade pelo novo e a criatividade, bem como estimular e ou desenvolver diversas habilidades e inteligências nos estudantes envolvidos no processo, como: inteligências linguística, lógico-matemática, espacial, corporal-sinestésica, musical, intra e interpessoal. Estas duas últimas inteligências ficaram mais evidentes devido à aplicação da PVE, pois se favoreceu o trabalho em grupo, promovendo a interação entre os colegas, melhorando as habilidades de comunicação e de liderança, diminuindo a timidez e elevando a auto-estima dos alunos envolvidos na ação.

Segundo Tenorio, Costa e Santos (2022), o uso de vídeos como instrumento educacional tem se tornado uma tendência nos últimos anos, mostrando-se útil tanto em disciplinas ministradas remotamente quanto presencialmente. Os

autores destacam que o vídeo pode estimular a criatividade dos alunos, pois sua elaboração envolve diversas possibilidades, como montagem de cenários, programação, animações e desenhos, adaptando-se à disciplina e ao conteúdo abordado.

Tenorio, Costa e Santos (2022) relatam uma experiência de aplicação de avaliação por meio de vídeos no ensino superior, na qual se observou que até mesmo a produção de vídeos em grupos pode ser efetiva no processo de ensino, aprendizagem e avaliação. Os alunos participantes de sua pesquisa destacaram vantagens do método de vídeos, entre elas, a possibilidade de o vídeo ser utilizado não apenas quando o professor deseja descansar ou preencher o tempo, mas como forma eficaz de trabalhar os conhecimentos inerentes ao conteúdo da disciplina ministrada.

Fica evidente com esse trabalho que a produção de vídeos educativos tem o potencial de desenvolver a criatividade dos estudantes e também seu pensamento crítico. Essas competências são extremamente importantes num contexto de grande automatização pela inteligência artificial, que pode ameaçar diversos postos de trabalho que não envolvam habilidades valiosas como a criatividade (Bezerra; Gontijo; Fonseca, 2021).

As disciplinas de Cálculo, foco desta pesquisa, exigem criatividade e amplo conhecimento matemático. Os problemas abordados frequentemente envolvem Geometria, Expressões Algébricas, Fatorações e Trigonometria, além dos conceitos próprios da disciplina: Limites, Derivadas e Integrais. Dada a complexidade da matéria de Cálculo, é crucial que os alunos tenham a oportunidade de demonstrar seu entendimento em cada etapa da resolução e recebam feedbacks apropriados para a progressão de suas aprendizagens (Bezerra; Gontijo, 2017). O uso de vídeos proporciona essa possibilidade, permitindo que o estudante explique oralmente cada passagem, cálculo e teorema aplicado no problema, evidenciando assim sua compreensão do conteúdo.

2 Metodologia

Esta investigação adotou uma abordagem qualitativa para o estudo de caso das turmas de Cálculo, pois lidou com elementos cujas características essenciais não são quantificáveis, como as respostas e explicações dos exercícios das disciplinas de Cálculo 1 e 2 presentes nos vídeos produzidos pelos alunos.

De acordo com Minayo (2007, p. 21):

A pesquisa qualitativa responde a questões muito particulares. Ela se ocupa, nas Ciências Sociais, com um nível de realidade que não pode ou não deveria ser quantificado. Ou seja, ela trabalha com o universo dos significados, dos motivos, das aspirações, das crenças, dos valores e das atitudes. Esse conjunto de fenômenos humanos é entendido aqui como parte da realidade social, pois o ser humano se distingue não só por agir, mas por pensar sobre o que faz e por interpretar suas ações dentro e a partir da realidade vivida e partilhada com seus semelhantes.

Assim, essa investigação aprofundou-se nos significados presentes nas trocas de mensagens entre alunos e professores, bem como nos vídeos produzidos pelos estudantes. Buscou-se analisar e interpretar esses dados para compreender as potencialidades da produção de vídeos no contexto do ensino remoto e da avaliação formativa.

Para esta investigação, foram analisadas as trocas de mensagens entre o professor (segundo autor) e os alunos, registradas no chat da plataforma *Microsoft Teams* (esse aplicativo foi disponibilizado gratuitamente aos estudantes e docentes através de uma parceria entre a universidade e a *Microsoft*). Além disso, foram examinados vídeos produzidos pelos estudantes das duas disciplinas em questão.

O estudo de caso em pesquisas científicas é realizado por meio de uma investigação detalhada de um fenômeno em particular, como um evento, indivíduo ou comunidade. Em geral, para o estudo de caso, utiliza-se a abordagem qualitativa. Nesse tipo de pesquisa, as fontes de informação para as análises são diversas, incluindo observações, anotações, documentos e outros registros. O objetivo é compreender tanto o fenômeno quanto os personagens envolvidos. O pesquisador analisa e interpreta as informações coletadas, identificando padrões, causas e efeitos para uma compreensão aprofundada do caso. Ressalta-se que

esse tipo de estudo proporciona ao pesquisador insights valiosos sobre o objeto investigado, servindo como base para a identificação de padrões mais amplos, partindo da análise de situações específicas.

3 Participantes

A avaliação da aprendizagem por meio de vídeos foi realizada em turmas de Cálculo 1 e Cálculo 2 de uma universidade pública federal brasileira. Ocorreu no primeiro semestre letivo de 2021, que excepcionalmente aconteceu de agosto a novembro devido à pandemia de coronavírus. As aulas foram ministradas de forma remota.

Na turma de Cálculo 1, havia inicialmente quarenta alunos matriculados. Destes, vinte continuaram até o final. Já na turma de Cálculo 2, havia inicialmente vinte alunos matriculados. Destes, nove continuaram até o final.

Em ambas as turmas, as aulas síncronas ocorreram apenas nas primeiras semanas. Posteriormente, o professor (segundo autor) disponibilizou as aulas gravadas em *playlists* separadas no *Youtube* para cada turma. Embora não mais presente nas aulas síncronas, o docente manteve-se integralmente disponível durante o semestre para esclarecer dúvidas via *e-mail* ou pelo *chat* no aplicativo *Teams*.

O professor também disponibilizou uma apostila com conteúdo e exercícios para cada uma das duas turmas.

4 Procedimentos

Para ambas as turmas, o procedimento empregado na avaliação da aprendizagem dos estudantes consistiu em solicitar vídeos semanais, sem limite de tempo de gravação. Em geral, os vídeos produzidos pelos alunos tinham duração que variavam entre 3 e 10 minutos. Os alunos dispunham de uma semana para entregar cada vídeo semanal.

Em cada gravação semanal, os alunos deveriam explicar a resolução de aproximadamente 4 exercícios da apostila utilizada como material didático. Foi

recomendado aos estudantes que publicassem os vídeos em modo "Não Listado" no *Youtube*, permitindo o acesso apenas àqueles que possuíssem o link específico, mantendo assim a privacidade do conteúdo.

Os vídeos nos quais os alunos apenas liam a resolução do exercício, mesmo que correta, não foram aceitos. Era necessário também mostrar a resolução da questão na folha do caderno. No início de cada gravação, o estudante deveria mostrar seu rosto, falar seu nome e, em seguida, explicar os exercícios. Vídeos sem essa apresentação também foram rejeitados.

Foram 14 vídeos na turma de Cálculo 1 e 13 vídeos na turma de Cálculo 2, para cada aluno. A nota final dos estudantes foi a média aritmética simples das notas atribuídas às gravações.

No final do semestre, foi permitida a entrega de até dois vídeos atrasados. Essa medida visou atender alunos que, por motivos de força maior, não puderam entregar na semana correspondente, ou que não alcançaram a média final mínima para aprovação. Neste último caso, os dois vídeos substituíram as duas notas mais baixas de atividades anteriores, possibilitando o recálculo da média final.

Há de se considerar que os vídeos produzidos por estudantes apresentam vantagens e desvantagens. Entre as vantagens, destacam-se: maior engajamento dos alunos, flexibilidade na avaliação, envolvimento aprofundado do professor na análise e correção das tarefas em vídeo, e contato constante dos alunos com o conteúdo ministrado, devido à frequência semanal das produções. Quanto às desvantagens, pode-se citar: necessidade de tempo para adaptação dos alunos à tecnologia, desafios da avaliação à distância e o risco de os alunos optarem por apenas ler a resolução em vez de explicá-la espontaneamente.

5 O teor dos feedbacks

Semanalmente, cada aluno recebeu um *feedback* individual, acompanhado de sua respectiva nota para cada questão. Isso exigiu um esforço adicional e maior dedicação de tempo por parte do professor para avaliar e fornecer retorno aos estudantes.

Os *feedbacks* apresentaram variações em seu conteúdo. Alguns focaram em apontar erros de cálculo, enquanto outros parabenizaram explicações bem elaboradas. Houve recomendações para incluir a filmagem do rosto quando ausente e para fornecer explicações mais detalhadas em casos de mera leitura da resolução. Alguns comentários elucidaram aspectos adicionais da questão, enquanto outros simplesmente indicaram que a resposta estava incorreta.

Em alguns vídeos, quando a explicação gerou dúvidas sobre se o aluno havia lido ou não a resolução, esta foi considerada correta, confiando na boa fé do estudante.

6 Resultados e análises

A exigência de vídeos semanais proporcionou aos estudantes um contato mais frequente e aprofundado com o conteúdo ministrado. Em contrapartida, nas avaliações escritas tradicionais, é comum que alguns alunos posterguem o estudo para as vésperas da prova.

A seguir, serão apresentados alguns exemplos de respostas dos alunos de Cálculo 1 e Cálculo 2, por meio dos vídeos enviados, e os respectivos *feedbacks* repassados pelo professor (segundo autor) através dos comentários no *Teams*.

6.1 Situação 1 (turma de cálculo 1)

Neste primeiro exemplo, a questão pedia o cálculo, com explicações, do seguinte limite:

$$\lim_{t \rightarrow 1} \frac{4t - 4}{t^2 - t} \quad (1)$$

A resolução escrita pelo aluno 1, mostrada do caderno no vídeo, foi a seguinte:

$$\frac{4 \cdot 1 - 4}{1^2 - 1} = \frac{0}{0} \quad (2)$$

$$\lim_{t \rightarrow 1} \frac{4(t - 1)}{t(t - 1)} \Rightarrow \lim_{t \rightarrow 1} \frac{4}{t} = \frac{4}{1} = 4 \quad (3)$$

(Resposta escrita do aluno 1).

Em 09 de Agosto de 2021, no Youtube, o aluno 1 produziu seu vídeo resposta, descrito abaixo:

Na questão 'd' do capítulo 6 a gente vai pegar o t e substituir por 1, então fica 4 vezes 1 que fica 4, menos 4 que é igual a zero, 1 ao quadrado 1, menos 1 igual a zero. Então vai dar uma indeterminação. Quando dá uma indeterminação, a gente vai ter que simplificar essa questão aqui, pra... Então, simplificando na fatoração, fica assim, quatro, entre parênteses t menos 1 e t, entre parênteses t menos 1. Aí a gente pega e divide e fica 4 sobre t, aí depois a gente substitui o t por 1, aí tira o limite, porque o limite já foi usado. Aí, fica 4 sobre 1, que é igual a 4. Então, à medida que t tende a 1, a função 4t menos 4 sobre t ao quadrado menos t tende a quatro.

Observa-se que a parte escrita mostrou corretamente a resolução da questão. Contudo, na explicação oral, o aluno não detalhou adequadamente o processo de fatoração utilizado, omitindo o nome específico: fatoração por termo comum em evidência. O *feedback* fornecido pelo professor (segundo autor) ao aluno foi registrado no dia 14 de Agosto de 2021, no Teams:

Ok, poderia ter detalhado melhor o processo da fatoração.

Nessa atividade, o aluno demonstrou compreensão do conceito de limite e seu cálculo. No entanto, o vídeo não deixou claro se ele domina bem a técnica de fatoração.

6.2 Situação 2 (turma de cálculo 1)

A questão pedia para encontrar, usando Cálculo Diferencial, a área máxima de um retângulo x por y, cujo o perímetro é fixado em $2x+2y=27$ unidades. Esperava-se que o estudante montasse a função área

$$A = f = xy \quad (4)$$

E que depois, deixasse a área em função apenas de x, usando o fato de que o perímetro vale 27:

$$A = f(x) = x \left(\frac{27-2x}{2} \right) = -x^2 + \frac{27}{2}x \quad (5)$$

Em seguida, o estudante deveria aplicar os conhecimentos de cálculo para determinar a área máxima.

O aluno 2 apresentou a seguinte resposta escrita no vídeo, de maneira equivocada:

$$A=x \cdot y \quad (6)$$

$$P=f=2x+2y=27 \text{ e } x,y > 0 \quad (7)$$

$$x \cdot y=27 \Rightarrow y=\frac{27}{x} > 0 \quad (8)$$

Vamos substituir esse resultado em $2x+2y$:

$$2x+2\left(\frac{27}{x}\right) > 0 \Rightarrow 2x+\frac{54}{x} > 0 \quad (9)$$

Calculando o MMC $\Rightarrow 2x^2 + 54 > 0 \Rightarrow 2x^2 > -54 \Rightarrow 2x^2 > \frac{-54}{2} \Rightarrow x^2 > -27$, o que é válido para todo x , logo no domínio da função, $x > 0$.

(Resposta escrita do aluno 2).

O aluno 2, no dia 04 de outubro de 2021, no Youtube, proferiu a seguinte resposta:

Ache o perímetro, mínimo de 27, no retângulo. Aí, como a gente pode ver no desenho, tem $2y$ e $2x$, então fica: área x vezes y é igual a 27. O perímetro, que é igual à função, $2x + 2y$ que é igual a 27. x e y sempre vão ser maiores do que zero, porque não existe perímetro e nem área negativa. $x + 2y$ sendo igual a 27, aí, x vezes y é igual a 27, a gente passa o x dividindo, então y é igual a 27 sobre x , maior do que zero. E agora a gente vai substituir nessa função $2x$ mais $2y$. $2x$ mais $2y$ a gente substitui o y por 27 sobre x que a gente achou antes, então fica $2x$ mais 2 vezes 27 sobre x , que é maior que zero. A gente faz a multiplicação, como é $2x$ sobre 1, a gente faz a multiplicação do $2x$ vezes 27, que é 54 sobre x , a gente tira o mmc, agora x vezes $2x$, $2x$ ao quadrado. Cinquenta e quatro maior do que zero. Fica $2x$ ao quadrado mais 54, maior do que zero. A gente passa o 54 pra isolar o $2x$ ao quadrado, passa negativo. Fica $2x$ ao quadrado maior que 54, a gente passa o dois dividindo, fica $2x$ maior que menos 54 sobre 2, fazendo a divisão, 54 dividido por 2 é igual a 27. x ao quadrado maior que menos 27, o que é válido para todo x , logo no domínio da função, x é maior do que zero.

Fica claro pela resposta falada do estudante que ele não seguiu os passos adequados para solucionar a questão. O *feedback* do professor (segundo autor)

orientou sobre o procedimento correto que deveria ter sido adotado no início da resolução. O comentário foi feito em 09 de outubro de 2021, no Teams:

Faltou derivar f, igualar a zero, achar x e y.

6.3 Situação 3 (turma de cálculo 1)

Nessa questão foi pedido para que os alunos dissessem em quais intervalos a função $f(x) = -x^2 - 9$ era positiva ou negativa.

A seguir tem-se a parte escrita da resposta do aluno 3:

$$-x^2 - 9 = 0 \quad (10)$$

$$\Delta = 0^2 - 4 \cdot (-1) \cdot (-9) \Rightarrow \Delta = -36 \quad (11)$$

Então, a função negativa pois o 'a' da função é negativa (-1).

(Resposta escrita do aluno 3).

Observa-se pela resposta do aluno 3 que o início foi feito corretamente. No entanto, ao final, ele conclui erroneamente que a função é negativa devido ao fato de 'a' ser negativo.

Já na parte falada do vídeo, nota-se que o estudante comete dois equívocos: primeiro, afirma incorretamente que o coeficiente 'a' é o coeficiente angular da função quadrática; segundo, conclui erroneamente que o fato de 'a' ser negativo implica que a função é negativa. A seguir, apresenta-se uma descrição mais precisa da parte falada, enviada pelo aluno em 02 de Agosto de 2021, no Youtube:

Na questão, pedia para eu falar se a função é positiva ou negativa. Então, aqui dava para eu fazer só de primeira, vendo que o 'a', coeficiente angular é negativo, e poderia falar que a função é negativa, e parar por aqui. Mas aí eu quis fazer pra ver se tinha raiz, esboçar um gráfico e tal. Aí eu peguei, dado que $f(x)$ pode igualar a zero, então a função menos xis ao quadrado menos nove igual a zero. E dá para jogar em Bháskara. Então, 'b' ao quadrado que é zero, menos 4 vezes menos um vezes menos nove, que deu menos 36. Então, não dá para tirar a raiz. Então, no caso, o gráfico ficaria assim, ele é negativo, né, então fica na parte de baixo do eixo x. Então é isso, a função é negativa, pois o 'a' da função, o coeficiente angular, é negativo, menos um.

O *feedback* para esta questão, dado pelo professor em comentário no *Teams*, em 07 de Agosto de 2021, foi:

Não é verdade que 'a<0' já implica que a função é negativa e além disso, é importante notar que o coeficiente a não pode ser chamado de coeficiente angular, na função quadrática.

6.4 Situação 4 (turma de cálculo 2)

Nessa questão era pedido aos estudantes para verificarem se a sequência $\frac{1}{10^n}$, $n=1,2,\dots$, converge para $L=0$.

A resposta escrita do aluno 4 foi a seguinte:

$$\left| \frac{1}{10^n} - L \right| < \varepsilon \Rightarrow \left| \frac{1}{10^n} - 0 \right| < \varepsilon \Rightarrow \left| \frac{1}{10^n} \right| < \varepsilon \Rightarrow \frac{1}{10^n} < \varepsilon \Rightarrow 10^{-n} < \varepsilon \Rightarrow \ln 10^{-n} < \ln \varepsilon \Rightarrow -n \cdot \ln 10 < \ln \varepsilon \Rightarrow -n < \frac{\ln \varepsilon}{\ln 10}$$

(Resposta escrita do aluno 4).

Analisando essa resposta, nota-se que o estudante não finalizou a questão, o que o levou a uma conclusão errônea na resposta apresentada.

A parte falada da explicação do aluno 4, realizada em 28 de Julho de 2021 no Youtube, será transcrita a seguir:

O exercício pede para verificar se um sobre dez elevado a n converge para L igual a zero. Aí, eu fiz o teste usando a fórmula, um sobre dez elevado a ene menos zero, módulo, é menor que épsilon. Aí, substituo o L por zero, subtraio, fica um sobre dez elevado a ene, menor que épsilon. Aí, eu tiro o dez elevado a ene do denominador pro numerador, fica dez elevado a menos ene. Aplico o ln pra poder baixar o ene, aplico o ln dos dois lados, desço ene, fica menos n ln de 10 menor que ln de épsilon, aí jogo o ln pro outro lado, e encontro que menos ene é menor que ln de épsilon sobre ln de dez. Com isso, vemos que essa sequência não converge para ele igual a zero.

Observa-se que o aluno não isola completamente a variável 'n', o que o leva a concluir erroneamente que a sequência não converge. O *feedback* fornecido pelo professor no *Teams* foi sucinto e teve como objetivo orientar o aluno a concluir corretamente a resolução da questão. O comentário foi feito em 03 de Agosto de 2021, no *Teams*:

Converge, sim, pois multiplica por -1 dos dois lados e daí fica $n > \dots$ ”.

6.5 Situação 5 (turma de cálculo 2)

Nessa questão, pede-se para encontrar a meia-vida de um material radioativo. Sabe-se que a taxa de variação de sua massa é proporcional à sua massa atual. Inicialmente, a massa é M_0 , e após duzentas décadas, ela atinge 90% de sua massa inicial.

A parte escrita da resposta do aluno 5 foi:

$$t_0 = \frac{\ln \frac{1}{2}}{r} \quad (12)$$

$$y(200) = 90\%M_0 \quad (13)$$

$$\begin{aligned} 0,9M_0 &= M_0 e^{r \cdot 200} \Rightarrow 0,9 = e^{r \cdot 200} \Rightarrow \ln 0,9 = r \cdot 200 \Rightarrow r = \frac{\ln 0,9}{200} \Rightarrow r = \ln 0,9^{\frac{1}{200}} \\ \Rightarrow y(t) &= M_0 e^{\left(\ln 0,9^{\frac{1}{200}}\right) \cdot t} \Rightarrow y(t) = M_0 0,9^{\frac{t}{200}} \Rightarrow \frac{M_0}{2} = M_0 0,9^{\frac{t_0}{200}} \Rightarrow \frac{1}{2} = 0,9^{\frac{t_0}{200}} \\ \Rightarrow \ln \frac{1}{2} &= \ln 0,9^{\frac{t_0}{200}} = \frac{t_0}{200} \ln 0,9 \Rightarrow t_0 = \frac{200 \ln \frac{1}{2}}{\ln 0,9} \end{aligned}$$

(Resposta escrita do aluno 5).

A partir dessa resposta, observa-se que o aluno pula a parte de dedução da EDO a partir do enunciado e também não apresenta o processo de resolução da mesma. Em vez disso, ele inicia diretamente com a equação da massa em função do tempo.

A fala do aluno 5 foi dada em 15 de setembro de 2021, no Youtube, na qual se observa que ele pulou as etapas de montagem e resolução da EDO:

O tempo de meia-vida de todo material radioativo é t zero igual a ln de meio sobre erre, porque ele não depende da massa. Agora, a gente sabe que, pelo valor inicial, ípsilon de duzentos é igual a noventa por cento de m zero, substituindo, vai ficar zero vírgula nove m zero igual a m zero vezes e elevado a r vezes duzentos. Como não depende da massa, corta. Vai dar zero vírgula nove igual a e elevado a r vezes duzentos. Aqui vai dar, fazendo o logaritmo dos dois lados, vai tirar a exponencial do r vezes duzentos, e, com isso, aqui, permitir isolar o r. Vai ficar r igual a ln de zero vírgula nove sobre duzentos. Aqui vai dar r igual a ln de zero vírgula nove elevado a um sobre duzentos. E aqui, agora, vai ficar ípsilon de t é igual a m zero, vezes e

elevado a ln de zero vírgula nove vezes um sobre duzentos, vezes t. Aqui, o t, pelo teorema do logaritmo que tá multiplicando, ele vai entrar no expoente. Vai ficar m zero vezes e elevado a ln de zero vírgula nove elevado a um sobre duzentos, elevado a t, e dá para cortar esse e com esse ln. Então, vai ficar m zero vezes zero vírgula nove elevado a t sobre duzentos. Aqui, agora, olhando para a meia vida, que é quando a massa vai dividir por 2, ela vai ser igual a m zero vezes zero vírgula nove elevado a t sobre duzentos. Novamente, vai cortar a massa, porque não depende da massa. Um sobre dois é igual a zero vírgula nove elevado a t sobre duzentos. Aqui agora, fazendo, colocando logaritmo dos dois lados, vai ficar logaritmo de meio igual a logaritmo de zero vírgula nove elevado a t zero sobre duzentos. Pela propriedade do logaritmo, t zero sobre duzentos passa pelo lado multiplicando, para fora multiplicando, vai ficar t zero sobre duzentos vezes ln de zero vírgula nove. E, por fim, o tempo de meia vida vai ser igual a duzentos vezes ln de meio sobre ln de nove, zero vírgula nove.

O *feedback* dado nesta questão foi dada em 19 de setembro de 2021, no Teams:

Teria que montar a EDO, resolver, provar que t de meia vida é $\ln 1/2 / r$, para só depois achar o r e depois achar a meia vida.

6.6 Situação 6 (turma de cálculo 2)

A questão pedia para verificar se a série $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{3^{n+18}}$ convergia, usando o teste da comparação.

A seguir, tem-se a parte escrita da resposta do aluno 6:

Seja $a_n = \frac{1}{3^{n+18}}$ e $b_n = \frac{1}{3^n}$. Se $\lim \frac{a_n}{b_n} = c > 0$ então $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ converge ou diverge se $\sum_{n=1}^{\infty} b_n$ convergir ou divergir. Tem-se que:

$$\lim \frac{1}{3^n + 18} \cdot 3^n = \lim \frac{1}{1 + \frac{18}{3^n}} = 1 \quad 4)$$

Como $c = 1$ e $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{3^n}$ é convergente, então $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{3^{n+18}}$ é convergente.

(Resposta escrita do aluno 6).

A partir dessa resposta, percebe-se que o estudante realizou corretamente o teste da comparação no início de sua análise. No entanto, em seguida, aplicou desnecessariamente o teste da comparação por limites. Embora este segundo

teste tenha sido executado corretamente, ele era dispensável para a resolução do problema, conforme indicado no *feedback*.

A transcrição a seguir apresenta a fala do aluno 6, que aplica ambos os testes, embora o segundo não fosse necessário. A resposta foi dada em 02 de Agosto de 2021, no Youtube:

Aqui a gente pode usar um outro teste, que é o teste da comparação. O teste diz o seguinte. Se a gente tem uma série que a gente quer saber se converge ou diverge, a gente pode fazer uma comparação com outra série, que a gente sabe que converge ou diverge. Por exemplo, eu tenho essa série aqui. Se eu pegar a série de bn , com n variando de um a infinito, eu tenho que essa série aqui converge, a série de bn , com n variando de um a infinito, essa aqui é só a sequência. Mas eu tenho que a série composta por essa sequência vai convergir porque a gente acabou de ver, né, que é exatamente essa série aqui, ó (o aluno mostra uma série da questão anterior), a série geométrica. A única coisa que muda é que o primeiro termo será um terço. Mas então, se essa série aqui converge, e a gente percebe que é menor que essa série aqui, ou melhor, que ele é maior que essa série aqui, porque o denominador vai ser um valor que é menor, né, porque eu vou dividir o mesmo número, mas aqui o denominador é maior e o outro denominador é menor. Então, ela vai ser maior. A série de bn vai ser maior que a série de an . Mas a série de bn converge, então a série de an deve convergir, já que ela sempre será menor, para todo n . Então esse é o teste da comparação. Aqui, vai ser feito o teste da comparação por limite. Eu tenho aqui an , e eu tenho aqui bn . Eu sei que an será menor que bn para qualquer n . Então, eu tenho assim, ó, se o limite da razão de an por bn for um número c positivo, então eu posso dizer que an vai convergir ou divergir se bn vai convergir ou divergir, aí, então a gente vai fazer isso. Então eu vou pegar, por exemplo, aqui, o an e vou dividir por bn que é um sobre 3 elevado a n , invertendo a fração. Então fica o limite de 3 elevado a n sobre 3 elevado a n mais dezoito. Aí, eu posso colocar o 3 elevado a n em evidência, fico com o limite de 3 elevado a n , sobre 3 elevado a n vezes um mais dezoito sobre 3 elevado a n . E quando n tende a infinito, essa aqui segue na mesma proporção, então pode se cancelar, né, fica um em cima, e dezoito sobre um número que sempre tende a infinito é zero, eu fico com 1 sobre 1 que é 1. Então, o limite ele é um número c positivo, que é 1, então. Como é um número c positivo, então essa série aqui vai ser convergente ou divergente se a série que compões bn vai ser convergente ou divergente, mas a série composta por bn a gente já sabe que ela é convergente. Portanto, pelo teste da comparação, essa série é convergente.

O professor forneceu *feedback* para complementar e enriquecer a resolução correta do estudante, alertando-o de que o teste de comparação direta seria mais simples do que o teste utilizado pelo aluno, o da comparação por limites. O comentário foi feito em 07 de Agosto de 2021, no Teams:

Não precisava fazer a divisão, não era esse o teste mais simples de se usar nessa questão. Bastava ver que a sua série tem termo positivo menor do que o termo da série geométrica que converge por conta da razão $1/3$, logo, a sua série também converge. Mas, esse teste que vc usou ficou correto, só deu mais trabalho.

7 Conclusões

No estudo de caso da presente pesquisa, foram analisadas seis resoluções de questões de estudantes de Cálculo 1 e Cálculo 2 de uma universidade pública brasileira. As questões abordaram os seguintes tópicos: limites de funções, extremos de funções, funções negativas e positivas, limite de sequências numéricas, Equações Diferenciais aplicadas ao decaimento radioativo e convergência de séries numéricas.

A partir do vídeo enviado pelo aluno para avaliação na disciplina, transcreveu-se tanto a fala quanto o conteúdo escrito apresentado. Além disso, registrou-se cada feedback fornecido pelo professor ao estudante para cada questão, por meio de comentários escritos na plataforma Teams.

A experiência de avaliação formativa por meio de vídeos nas duas turmas de Cálculo proporcionou, conforme o relato apresentado, um maior envolvimento dos estudantes nas atividades propostas. Além de escreverem as resoluções, os alunos tiveram que expressar oralmente seus pensamentos sobre cada etapa das respostas às questões.

Para o docente, a avaliação por meio de vídeos proporcionou o fornecimento de feedbacks mais precisos aos alunos sobre suas resoluções. O professor pôde avaliar tanto a parte escrita quanto a falada do estudante, revelando os pontos fortes e fracos no entendimento da matéria.

Os feedbacks dados pelo docente na plataforma Teams variaram em natureza e propósito. Alguns visavam enriquecer as respostas dos alunos, outros parabenizavam excelentes resoluções. Havia também correções para erros identificados e alertas para alunos que apenas liam a parte escrita da resolução, prática não permitida conforme o acordo estabelecido no início do semestre letivo.

Outros feedbacks sugeriram explicar as partes da resolução que o aluno não conseguiu completar. Alguns feedbacks indicaram que, em certas etapas, o estudante não forneceu explicações adequadas, o que poderia dar ao professor a impressão de que ele omitiu intencionalmente esses passos para esconder sua falta de conhecimento.

Outros alunos, por sua vez, aproveitaram a oportunidade do vídeo e explicaram detalhadamente cada etapa do cálculo envolvido na questão que estavam resolvendo. Ao detalhar cada fatoração, operação, cálculo e teorema, demonstraram ao professor que dominavam plenamente o conteúdo aplicado.

Isso não ocorre numa prova escrita, pois na prova escrita um aluno pode utilizar uma fatoração memorizada sem compreendê-la completamente, recebendo pontuação sem demonstrar entendimento real. Além disso, alunos que dominam o conteúdo em detalhes nem sempre têm a oportunidade de expressar plenamente seu conhecimento, como ocorre nos vídeos.

Dessa forma, conclui-se que as avaliações em vídeo e os feedbacks específicos proporcionaram ao estudante amplas oportunidades para analisar seus erros, identificar pontos de melhoria e reconhecer seus acertos. Para o professor, a entrega dos vídeos foi benéfica, permitindo acompanhar a evolução do aluno na compreensão do conteúdo e fornecer feedbacks individualizados e precisos sobre cada questão, indicando áreas para aprimoramento.

Portanto, o presente estudo de caso trouxe evidências da eficácia da metodologia de vídeos estudantis e feedback pontual no processo de ensino, aprendizagem e avaliação em turmas de Cálculo no Ensino Superior.

Referências

BEZERRA, W. W. V.; GONTIJO, C. H. Avaliação para as aprendizagens: Uma abordagem a partir do trabalho com limites de funções reais num curso de Cálculo 1. **Educação Matemática em Revista**, Brasília, v. 22, n. 56, p. 261-276, out./dez. 2017.

BEZERRA, W. W. V.; GONTIJO, C. H.; FONSECA, M. G. Fostering Mathematical Creativity in the Classroom through Feedbacks. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 23, n. 2, 88-112, Mar./Apr. 2021.

BROOKHART, S. M. Address Learning loss: formative assessment tools aid in remote learning. **Learning Sciences International**, [s. l.], p. 1-18, out. 2020.

FERNANDES, D. Avaliação Formativa. *In*: FOLHA DE APOIO À FORMAÇÃO: Projeto de Monitorização Acompanhamento e Investigação em Avaliação Pedagógica (MAIA). Lisboa: Ministério da Educação/Direção-Geral da Educação, 2021. p. 01-11.

FERNANDES, D. **Avaliar para aprender: fundamentos, práticas e políticas**. São Paulo: Editora UNESP, 2009.

HOFFMANN, J. **Avaliação mito e desafio: uma perspectiva construtivista**. 43. ed. Porto Alegre: Mediação, 2013.

MACHADO, E. A. Feedback. *In*: FOLHA DE APOIO À FORMAÇÃO: Projeto de Monitorização Acompanhamento e Investigação em Avaliação Pedagógica (MAIA). Lisboa: Ministério da Educação/Direção-Geral da Educação, 2021. p. 01-15.

MINAYO, M. C. de S. O desafio da pesquisa social. *In*: MINAYO, M. C. de S. (org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2007. Cap. 1. p. 9-28.

OECHSLER, V.; FONTES, B. C.; BORBA, M. de Carvalho. Etapas da produção de vídeos por alunos da educação básica: uma experiência na aula de matemática. **Revista Brasileira de Educação Básica**, Cidade, v. 2, n. 2, p. 1 -9, jan./mar. 2017.

PEREIRA, J. *et al.* A produção de vídeo como prática pedagógica no processo de ensino-aprendizagem. **Educitec**, Manaus, v. 04, n. 08, p. 208-223, nov. 2018.

SANTANA, C. A. S. C. de; SANT'ANA, C. de C. Produção de vídeo estudantil e aprendizagens matemáticas: um estudo segundo os pressupostos da teoria das inteligências múltiplas. **Olhar de Professor**, Cidade, v. 21, n. 1, p. xx-xx, mar./jun. 2018.

SOUSA, E. R.; GONTIJO, C. H. Os vídeos como ferramenta didática para o ensino-aprendizagem da Matemática Financeira. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 10, n. 2, e18010213195, 2021.

SOUZA, M. F. de; OLIVEIRA, S. R. de. Um olhar para as pesquisas sobre o uso de vídeo no ensino de matemática. **Educ. Matem. Pesq.**, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 245-277, 2021.

TENORIO, J. S.; COSTA, C. J. de S. A.; SANTOS, G. O. O uso de vídeos como recurso avaliativo para aprendizagem: uma experiência na educação do Ensino Superior. **Rica – Revista Interdisciplinar de Ciência Aplicada**, Petrópolis, v. 6, n. 10, p. 37-43, 2022.

VILLAS BOAS, B. M. de F. (org.). **Avaliação: políticas e práticas**. 3. ed. Campinas: Papirus, 2002.

VILLAS BOAS, B. M. de F. Portifólio, Avaliação Formativa e *Feedback*. In: VILLAS BOAS, B. M. de F. (org.). **Avaliação**: Interações com o trabalho pedagógico. Campinas: Papirus, 2017. Parte II. cap. 4. p. 157-167.