
AVALIAÇÃO ONLINE NO ENSINO SUPERIOR: UM OLHAR DO PROFESSOR DE MATEMÁTICA PARA AS POTENCIALIDADES DO STACK

ONLINE ASSESSMENT IN HIGHER EDUCATION:
A MATHEMATICS TEACHER'S VIEW OF STACK POTENTIALS

EVALUACIÓN EN LÍNEA EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR: LA VISIÓN DE UN
PROFESOR DE MATEMÁTICAS SOBRE LOS POTENCIALES DE STACK

Ivanete Zuchi Siple¹; Graciela Moro²; Viviane Beuter³; Marnei Mandler⁴; Floriano Viseu⁵

RESUMO

A avaliação da aprendizagem suscita questões relevantes à prática docente. No ensino remoto, adotado em razão da pandemia de Covid-19, o tema adquiriu novos contornos, com destaque para a avaliação mediada por tecnologias. Este estudo apresenta, em um contexto de trabalho colaborativo entre docentes, as potencialidades da ferramenta STACK na avaliação da aprendizagem matemática dos alunos, nas disciplinas de Introdução ao Cálculo e Álgebra Linear de uma universidade pública. Adotando uma abordagem qualitativa e interpretativa, analisamos duas propostas avaliativas implementadas no STACK, na procura de compreender os significados que os professores, de um grupo de trabalho entre pares, conferiram à avaliação mediada pela tecnologia. Dentre as potencialidades da tecnologia, ressalta-se o uso de diversas representações matemáticas para randomização de questões e feedback ao aluno, oportunizando identificar erros e revisar conceitos. Ao professor, permite diagnosticar lacunas de aprendizagem dos alunos, refletir e tomar decisões didáticas.

PALAVRAS-CHAVE: Avaliação. STACK. Cálculo. Álgebra Linear.

¹ Pós Doutora - Institut National de Recherche Pédagogique (INRP) - França. Doutora em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, SC - Brasil. Docente - Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Joinville, SC - Brasil. **E-mail:** ivanete.siple@udesc.br

² Doutora em Ciências da Educação - Universidade do Minho (UMinho) - Portugal. Docente - Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Joinville, SC - Brasil. **E-mail:** graciela.moro@udesc.br

³ Doutora em Matemática Pura e Aplicada - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, SC - Brasil. Docente - Departamento de Matemática do Centro de Ciências Tecnológicas - Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Joinville, SC - Brasil. **E-mail:** viviane.beuter@udesc.br

⁴ Mestre em Matemática - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre, RS - Brasil. Docente - Departamento de Matemática - Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). Joinville, SC - Brasil. **E-mail:** marnei.mandler@udesc.br

⁵ Doutor em Ciências de Educação - Universidade do Minho (UMinho). Braga - Portugal. Especialização - Didática da Matemática. Universidade do Minho (UMinho). Braga - Portugal. Professor assistente - Universidade do Minho (UMinho). Braga - Portugal. **E-mail:** fviseu@ie.uminho.pt

Submetido em: 22/03/2023 - **Aceito em:** 26/10/2023 **Publicado em:** 17/06/2024

ABSTRACT

Learning assessments raise issues relevant to teaching practice. In remote learning, adopted due to the Covid-19 pandemic, the theme acquired new aspects, with an emphasis on technology-mediated assessment. This article presents the potential of STACK, an open source, online assessment system for mathematics, which integrates with Moodle, in supporting the teaching work of developing instruments that allow measuring the mathematical learning of higher education students in a Brazilian public university. There is a description of two evaluative proposals in mathematics implemented in STACK and applied in the Introduction to Calculus and Linear Algebra courses, from Computer Science and Mathematics programs during remote teaching. Among the opportunities identified in the tool, the possibility of answers with different mathematical representations, randomization of questions and specific and general feedback are highlighted, providing opportunities for the students to identify their errors and review concepts, and for the teacher to diagnose the gaps in student learning and diversify the assessment instruments in their practice.

KEYWORDS: Assessment. STACK. Calculus. Linear Algebra.

RESUMEN

La evaluación del aprendizaje plantea cuestiones relevantes para la práctica docente. En la enseñanza a distancia, adoptada debido a la Covid-19, la temática adquirió nuevos contornos, con énfasis en la evaluación mediada por tecnologías. Este estudio presenta, en un contexto de trabajo colaborativo entre docentes, el potencial de la herramienta STACK en la evaluación del aprendizaje matemático de los estudiantes, en las disciplinas de Introducción al Cálculo y Álgebra Lineal, en una universidad pública. Adoptando un enfoque cualitativo e interpretativo, analizamos dos propuestas evaluativas, implementadas en STACK, en un intento de comprender los significados que los docentes, en un grupo de trabajo entre pares, le dieron a la evaluación mediada por tecnología. Entre las potencialidades de la tecnología se destacan el uso de diferentes representaciones matemáticas, la aleatorización de preguntas y la retroalimentación al estudiante, permitiéndole identificar sus errores y repasar conceptos; y que el docente diagnostique las brechas de aprendizaje de los estudiantes y cuente con subsidios para su reflexión y toma de decisiones didácticas.

PALAVRAS-CLAVE: Evaluación. STACK. Cálculo. Álgebra lineal.

1 INTRODUÇÃO

Os efeitos da pandemia de Covid-19 impactaram e ainda impactam vários setores da sociedade, especialmente a Educação, que teve aulas suspensas para todos os alunos, no caso do Brasil, ou reconfiguradas para a modalidade remota. Em particular, professores de Matemática, de todos os níveis, foram desafiados a adaptar-se ao novo cenário e adequarem estratégias docentes para ensinar conteúdos matemáticos e avaliar a aprendizagem dos alunos em um contexto de ensino remoto emergencial (ERE) (Aldon et al., 2021).

A avaliação sempre foi tema desafiador no ensino presencial da Matemática, porém, seja qual for a modalidade de ensino, deve configurar-se como instrumento de apoio e de instigação à construção do conhecimento, não apenas ‘termômetro’ para aferir o nível de conhecimento do aprendiz (Polak, 2009). No período de ERE, questões latentes relacionadas

à avaliação impuseram novos desafios à prática docente: de que forma propor aos alunos uma avaliação mediada pela tecnologia que gere aprendizado e não seja somente cópia de soluções constantes em materiais didáticos ou dadas por softwares ou aplicativos? Como usar a tecnologia digital para aferir a aprendizagem de forma equânime, porém não necessariamente com questões idênticas? Como apresentar feedback personalizado aos alunos? De que maneira potencializar a avaliação matemática mediada por computador de modo a transcender as respostas objetivas?

No ensino da Matemática, há várias ferramentas tecnológicas que possibilitam criar uma avaliação automática, comumente associada a questões de múltipla escolha. Contudo, tais formas avaliativas têm sido criticadas há anos, pois podem privilegiar o conhecimento procedural ao invés do conceitual (Sangwin; Köcher, 2016). Motivados pela necessidade de avaliar as respostas dos alunos em atividades matemáticas, os autores indicam o STACK (*System for Teaching and Assessment using a Computer Algebra Kernel*), um sistema de avaliação online, de código aberto, para apoiar os métodos de avaliação em Matemática. Dentre as potencialidades desse sistema estão: criar questões matemáticas com parâmetros randômicos; aceitar respostas dos alunos que contenham expressões matemáticas; estabelecer as propriedades matemáticas dessas respostas; possibilitar feedback em função da resposta do aluno; armazenar dados sobre as tentativas de resposta a uma pergunta, por um aluno, para análise pelo professor.

Ensinar Matemática de maneira remota exigiu, dos professores, adaptação de práticas didáticas usuais no ensino presencial e uma mediação robusta das tecnologias que correspondessem às demandas da nova situação. Dentre as adaptações, focamos a avaliação da aprendizagem de alunos do Ensino Superior em disciplinas de Matemática a partir da questão: como a ferramenta STACK pode ser utilizada para avaliar a aprendizagem matemática de alunos do Ensino Superior? Assim, este estudo tem por objetivo averiguar, num contexto de trabalho colaborativo entre docentes, as potencialidades da ferramenta STACK na avaliação da aprendizagem matemática de alunos das disciplinas de Introdução ao Cálculo e Álgebra Linear de uma universidade pública brasileira no período de ERE.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção apresenta a fundamentação teórica que orientou o trabalho colaborativo entre docentes na elaboração de tarefas avaliativas de Matemática mediada pela tecnologia no contexto de ensino remoto.

2.1 A avaliação na Matemática

A avaliação é um dos elementos relevantes da prática docente. Tal relevância se justifica pelo fato de ser um processo que regula o ensino e a aprendizagem, permite compilar informações, diagnosticar dificuldades dos alunos e compreender o raciocínio destes quanto aos conceitos envolvidos (Ponte, 2005). Também é instrumento importante para avaliar a prática docente, possibilitando identificar pontos distintos e problemáticos dessa ação. Ao aluno, oportuniza autoavaliação do próprio conhecimento, do empenho pessoal nas atividades, constituindo-se em oportunidade de evolução individual nesse processo.

Cabe dizer que a avaliação não marca o fim de um ciclo de aprendizagem, ou seja, ela integra um ensino que estimula e apoia a aprendizagem progressiva e dinâmica. Para além de um processo constituído por atos frequentemente isolados (os momentos das provas escritas), o desenvolvimento de tarefas na sala de aula também permite ao professor coletar informações para avaliar o desempenho dos alunos e ajustar as práticas, ouvindo, questionando, observando e interpretando o que estes dizem e fazem (Ponte, 2005). Nesse sentido, a avaliação serve, sob a perspectiva formativa, como fonte de dados efetivos para a tomada de decisão por parte do professor em função das necessidades evidenciadas pelos alunos (Black et al., 2019).

A pluralidade de formas pelas quais os alunos podem expressar conhecimentos, capacidades e atitudes exige, do professor, diversificação de métodos e instrumentos de avaliação, de modo a caracterizar os indicadores essenciais do progresso dos alunos, que podem ficar limitados quando se utiliza, por exemplo, apenas provas escritas (Viseu, 2009). No ensino da Matemática, em especial no Ensino Superior, a avaliação unicamente por meio de prova escrita ainda predomina (Canavarro, 2003), sendo prática difícil de ser alterada, mesmo no ensino presencial. Por isso, Santos (2016) recomenda que esse tipo de avaliação seja complementada com informações coletadas por meio de outras técnicas, tais como: entrevistas, trabalhos de casa, projetos, relatórios, exposições orais, observação e portfólios.

Ainda, é importante reconhecer que há propósitos diversos para avaliar os alunos. O principal papel da avaliação formativa é o de auxiliar a aprendizagem, enquanto o da somativa é “geralmente relatar o nível de aprendizagem dos alunos em um determinado momento, em vez de impactar na aprendizagem contínua, como no caso da avaliação formativa” (Dolin et al., 2018, p. 10). O que diferencia a avaliação formativa de outros tipos avaliativos é que ela é centrada nos dados sobre o desempenho dos alunos coletados durante as atividades que auxiliam o professor na tomada de decisão e dos próximos passos no processo de ensino (Black; William, 2009).

Algumas pesquisas no âmbito da educação matemática têm evidenciado que o ERE desafiou professores de todos os níveis de ensino a rever perspectivas de avaliação (Aldon et al., 2021; Fhloinn; Fitzmaurice, 2021) e permitiu reflexões a respeito das formas e dos papéis do processo avaliativo. Tais reflexões incidem sobre o design dos itens avaliativos; utilização de ferramentas tecnológicas específicas na avaliação da aprendizagem dos alunos; perspectivas dos próprios professores quanto às dificuldades enfrentadas e técnicas adotadas para lidar com as dificuldades (Aldon et al., 2021; Borba, 2021; Cusi et al., 2022; Fhloinn; Fitzmaurice, 2021).

Ressalta-se que as tecnologias digitais podem desempenhar um papel fundamental na integração da avaliação formativa nos processos de ensino e aprendizagem. Isso porque, oferecem recursos de avaliação, armazenamento de dados, feedback imediato aos alunos - que pode incentivá-los a monitorar o próprio progresso, de trabalho entre os pares e engajamento entre alunos e professores (Clark-Wilson, 2010; Gikandi; Morrow; Davis, 2011).

Nesse cenário, que compreende um contexto de trabalho colaborativo entre docentes, buscamos explorar as potencialidades da ferramenta STACK na avaliação da aprendizagem matemática de alunos do Ensino Superior.

2.2 A avaliação mediada pela tecnologia

Na avaliação mediada por computador é comum o uso de questões de resposta numérica, múltipla escolha ou verdadeiro e falso. No entanto, a preparação de tarefas matemáticas geralmente requer o uso de software adicional, pois há a necessidade de lidar com várias representações do objeto matemático, além da numérica, tais como símbolos, equações, matrizes, gráficos, dentre outras. Ademais, a verificação das respostas inseridas pelo aluno também requer tecnologias capazes de identificar se a resposta fornecida é equivalente à resposta programada no sistema, como, por exemplo, reconhecer a expressão algébrica de um polinômio na forma expandida ou fatorada. Para Sangwin e Köcher (2016), com a evolução das tecnologias e das pesquisas, a avaliação mediada por computador teve amplo avanço, indo além de questões de múltipla escolha ou de verdadeiro e falso, sendo possível proporcionar, ao estudante, questões que suportam expressões matemáticas como resposta, aceitando equivalências e oportunizando feedbacks.

Um dos sistemas que oferece ampla possibilidade para a organização de tarefas matemáticas por computador é o STACK⁶. Ele permite estabelecer critérios de avaliação para que o sistema, por meio de propriedades matemáticas, classifique automaticamente as respostas como corretas, erradas ou parcialmente corretas. Ao professor cabe decidir os critérios sobre o crédito parcial da questão (Sangwin; Köcher, 2016).

As tecnologias que permitem feedback em tarefas matemáticas oportunizam a identificação de erros e a tomada de decisão no processo de ensino e aprendizagem. Os “alunos podem usá-lo para melhorar seu desempenho diante de perguntas ou para mudar as suas estratégias na resolução de um problema”, já “o professor [...] pode usar esse feedback para obter uma visão geral do estado de aprendizagem da sala de aula”, o que permite “detectar noções problemáticas e identificar quais alunos têm mais dificuldades com um determinado conceito e adaptar sua estratégia didática” (Panero; Aldon, 2016, p. 73-74).

Nesse contexto, ao propor uma tarefa, o professor pode prever os erros que são cometidos com frequência pelos alunos, em função da sua experiência didática, podendo, assim, implementar estratégias que identifiquem se tais erros são conceituais ou de cálculo, bem como, lançar feedbacks específicos que auxiliem o aluno na aprendizagem matemática. Porém, o grande desafio ao professor, inclusive no contexto de ensino remoto, é criar/adaptar “tarefas que sejam motivadoras e matematicamente desafiantes, num nível de dificuldade apropriado e sequenciado” (Viseu, 2009, p. 57), de modo que, no seu conjunto, proporcionem um percurso de aprendizagem coerente, permitindo, aos alunos, a construção dos conceitos, a compreensão dos procedimentos e o reconhecimento das diferentes formas de representação dos conceitos (Ponte, 2005; Viseu, 2009).

Ao propor uma tarefa matemática, o professor geralmente procura estabelecer um conjunto de propriedades que o aluno deve levar em consideração para chegar à solução do problema. Na avaliação mediada por tecnologia, é fundamental que esta possibilite averiguar tais propriedades matemáticas (incluindo equivalências algébricas e diversas representações do objeto matemático) e fornecer feedbacks específicos, oportunizando, ao aluno, aprender com os erros e, ao professor, diagnosticar dificuldades na aprendizagem. A recente investigação realizada por Cusi et al. (2022) apontou que a avaliação em Matemática durante o ensino remoto foi um grande desafio para os professores incidindo sobre: (i) o envolvimento dos alunos nos processos de avaliação somativa e formativa e (ii) a realização dos processos

⁶ O STACK é um sistema de avaliação online, de código aberto, para a Matemática e áreas afins. Sua primeira versão foi desenvolvida em 2004, por Chris Sangwin, em colaboração com Laura Naismith, na Universidade de Birmingham, Inglaterra. Desde então, tem sido aprimorado e difundido, especialmente no Ensino Superior (Sporring; Sangwin, 2019). O STACK usa o sistema de álgebra computacional Maxima para apoiar os processos matemáticos, podendo ser integrado ao Moodle por meio de um plug-in.

de avaliação, tais como a fragilidade na colaboração entre pares para elaboração e definição de estratégias de avaliação e interferência da família do aluno durante a avaliação.

Na nossa prática docente também nos deparamos com vários desafios, principalmente os relacionados com a integração das tecnologias digitais na avaliação da aprendizagem discente (Moro; Viseu; Siple, 2018; Moro, 2021; Nóbriga; Siple, 2020; Siple *et al.*, 2016). O apoio dos pares é essencial para superar riscos e incertezas impostos pela mudança em prol da cultura de avaliação que não seja meramente somativa. De acordo com Black *et al.* (2019), a integração da avaliação formativa na prática docente exige, em um primeiro momento, a reflexão sobre o que está sendo feito. Essa reflexão, segundo os autores, pode ser desencadeada por discussões entre os pares sobre as suas práticas por meio do trabalho colaborativo. Essa forma de trabalho é apontada na literatura como uma possibilidade aos docentes de obterem apoio para lidar com as diversas problemáticas da prática docente, dentre elas, a avaliação da aprendizagem dos alunos (Boavida; Ponte, 2002; Robutti *et al.*, 2016). No contexto de trabalho colaborativo entre professores, este estudo busca averiguar as potencialidades da ferramenta STACK na avaliação da aprendizagem matemática de alunos das disciplinas de Introdução ao Cálculo e Álgebra Linear de uma universidade pública brasileira no contexto do ensino remoto.

Levando em consideração o objetivo e a questão investigativa, apresentamos a metodologia adotada no desenvolvimento de tarefas avaliativas da aprendizagem em Matemática no contexto de ensino remoto no Ensino Superior.

3 METODOLOGIA

As contribuições da integração das tecnologias no ensino de Matemática e do trabalho colaborativo entre os docentes têm sido um tema latente em nossas pesquisas e práticas docentes. Entretanto, a pandemia mostrou-nos a necessidade iminente da integração das tecnologias em sala de aula, de maneira a potencializar o ensino e a aprendizagem em um contexto de ensino remoto até então desconhecido.

Esta pesquisa, de abordagem qualitativa e interpretativa busca compreender os significados (Bogdan; Biklen; 1994) que professores de um grupo de trabalho colaborativo conferiram à avaliação mediada pela tecnologia. Esse grupo de trabalho vem atuando conjuntamente desde 2016 na disciplina de Álgebra Linear (ALI). Com os desafios da pandemia, novos desafios surgiram e integrou-se ao grupo um professor de Introdução ao Cálculo. O trabalho colaborativo entre pares tem como lema o apoio mútuo e discussão sobre a prática, especialmente quanto à integração da tecnologia nos processos de ensino e de aprendizagem. Em 2020, o grupo de trabalho colaborativo entre docentes ($n = 5$) começou

a explorar a ferramenta STACK, averiguando as potencialidades para a implementação de atividades avaliativas para as disciplinas de Introdução ao Cálculo (ICD) e Álgebra Linear (ALI) dos cursos de Ciência da Computação (CC) e Licenciatura em Matemática (LM) de uma universidade pública brasileira. As tarefas foram discutidas e elaboradas em grupo, utilizando-se a plataforma Moodle e as tecnologias de comunicação digitais, como Big Blue Button (BBB), para as reuniões virtuais síncronas, e o aplicativo WhatsApp para mediar as discussões assíncronas com o grupo. Nesse contexto, as tarefas foram implementadas com os recursos do STACK, sendo disponibilizadas aos alunos via recursos do ambiente virtual de aprendizagem (Moodle), integrando as práticas avaliativas das disciplinas de ICD e ALI.

As tarefas avaliativas de ICD visaram engajar o aluno com a aprendizagem da matemática básica, oportunizando que, por meio das resoluções, pudesse identificar as lacunas de sua aprendizagem e tivesse tempo e recursos para as sanar. Ao longo do semestre letivo, foram disponibilizadas três tarefas para 41 alunos da Ciência da Computação, em 2020/02, e nove tarefas para os 34 alunos de Licenciatura em Matemática, em 2021/01. As tarefas implementadas no STACK foram disponibilizadas na plataforma Moodle, por meio de questionários, com prazos definidos e com tentativas limitadas e ilimitadas, enquanto cada questionário se encontrasse aberto, sendo atribuída a maior nota entre as tentativas realizadas. As questões elaboradas (exemplos nas Figuras 1, 5 e 6) versaram sobre diversos conteúdos programáticos (Tabela 1), possibilitando aos alunos, em caso de novas tentativas, questões diferentes, mas com o mesmo objetivo avaliativo.

Na disciplina de ALI foi implementada uma tarefa avaliativa sobre o conteúdo de matrizes, com o intuito de revisar as operações e propriedades matriciais, procurando identificar o conhecimento prévio dos alunos sobre esse conteúdo, já estudado no Ensino Médio. A tarefa foi composta por cinco questões (Tabela 2) envolvendo as operações de adição e subtração de matrizes, multiplicação de uma matriz por um escalar e multiplicação entre matrizes, além de questões sobre matriz transposta e matriz inversa. Tal tarefa foi proposta, em 2021/01, para 35 alunos do curso de CC e 29 alunos da LM. Os dados da pesquisa são oriundos dos registros das discussões do grupo de professores; das resoluções das tarefas efetuadas pelos alunos de ICD e ALI dos cursos de CC e LM e das aulas gravadas na plataforma Moodle ministradas por dois professores de ALI e um de ICD. À luz do referencial teórico, os dados foram analisados com o intuito de perceber os significados conferidos nas ações dos professores no que diz respeito às potencialidades da ferramenta STACK e às decisões didáticas dos professores envolvidos no estudo. Examinamos, ainda, as respostas dos alunos, buscando averiguar lacunas de aprendizagem nas disciplinas referidas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Aos 41 alunos matriculados em ICD, do curso de Ciências da Computação (CC), em 2020/02, foram disponibilizadas três tarefas, totalizando 31 questões, com número de tentativas limitadas. Já aos 34 alunos de Licenciatura em Matemática (LM), em 2021/01, foram propostas nove tarefas, no total de 54 questões e tentativas ilimitadas durante a abertura e fechamento do questionário (semanalmente). A Tabela 1 ilustra o número de tarefas para os cursos de CC e LM, o conteúdo programático, o número de questões envolvidas em cada tarefa e o número de tentativas efetuadas em cada tarefa.

Tabela 1. Tarefas de ICD com o número de questões e o número de tentativas

Tarefa (nº)		Conteúdo	Número de questões		Tentativas	
CC	LM		CC	LM	CC	LM
1	5	Números Reais, Intervalos, Expoentes, Radicais, Expressões algébricas e racionais, Equações e Inequações	11	28	61	517
1	3	Noções de funções, Funções lineares, quadráticas e modulares e Combinação de funções (soma, produto e composição)	10	15	69	155
1	1	Funções exponenciais, logarítmicas e trigonométricas	10	11	91	40

Fonte: Dados dos autores (2021).

O número maior de tarefas disponibilizadas para a turma de Matemática se deu em função da familiaridade com a ferramenta pelos professores. Consequentemente, a decisão sobre a limitação ao número de tentativas das questões também foi atrelada à quantidade de questões formuladas. No grupo, porém, o professor de ICD, em sua experiência didática, destacou que a quantidade de tentativas não deveria estar relacionada apenas à quantidade de questões, sugerindo que se analisassem as tentativas das respostas dos alunos, como evidencia o professor P5, ao se referir às ações adotadas pelos alunos de CC que tinham número menor de questões e tentativas.

Para eles, o número de tentativas em cada tarefa era limitado a apenas três. Como resultado, na primeira tentativa, os alunos já se esforçavam para obter uma boa nota. No entanto, poucos deles utilizavam mais de uma tentativa [...]. No caso da LM, as tentativas eram ilimitadas, o que levava alguns alunos a realizar várias delas. Entretanto, nas primeiras tentativas, as notas costumavam ser muito baixas. Era evidente que eles estavam mais interessados em identificar um padrão nas respostas do que em resolver as questões com atenção (Professor P5).

Mesmo com tentativas ilimitadas, na turma da Matemática, a quantidade foi diminuindo ao longo do semestre devido à desistência de alunos. Na última tarefa da disciplina, apenas 19 alunos a realizaram. Em tempos de pandemia, mesmo que a presença às aulas não fosse obrigatória, o professor pôde, por meio dessas tarefas, refletir sobre o envolvimento do aluno com a disciplina e tecer algumas hipóteses.

Em os ambos os cursos, o engajamento nas tarefas avaliativas, ao longo do semestre, refletiu no desempenho dos alunos, consequentemente, no êxito da disciplina. Os resultados de aproveitamento das disciplinas apontam que 100% dos alunos que obtiveram média das notas⁷ das tarefas (T) maior ou igual a oito foram aprovados e com nota T inferior a cinco foram reprovados. Nos demais casos, a relação entre T e o percentual de aprovados foi: $7 \leq T < 8$ (87.50%); $6 \leq T < 7$ (60%); e $5 \leq T < 6$ (33.33%). Na turma da Matemática, com maior quantidade de tarefas, todos os alunos com nota T maior ou igual a seis foram aprovados. Na visão do professor, ao analisar “o desempenho das turmas e o engajamento dos alunos, o resultado foi mais positivo quando a quantidade de tentativas era limitada” (Professor P5), pois a limitação, de alguma forma, evitava atribuir respostas por tentativa e erro, propiciando reflexão anterior à resposta. Na reflexão do desempenho dos alunos pelo grupo colaborativo docente, levantaram-se outros fatores que poderiam ter afetado esse desempenho, tais como: (i) o número de tarefas impacta no engajamento dos alunos? (ii) o número de tarefas possibilita uma avaliação mais representativa do conhecimento dos alunos?

Para além das questões apontadas, outros elementos foram desafiadores nas decisões didáticas do professor, por exemplo, no conteúdo de inequações, propor questões (Figura 1b) de modo que os alunos não encontrassem a resolução pronta por aplicativos. Além disso, foi importante considerar as dificuldades apresentadas pelos alunos nesse conteúdo. A necessidade de analisar o sinal ao multiplicar/dividir ambos os lados por um mesmo termo, o que envolve transitar entre as representações geométrica, algébrica e numérica das inequações, foi um ponto no qual os alunos apresentaram dificuldades. Assim, em suas aulas, o professor de ICD procurou enfatizar as propriedades necessárias para a resolução de inequações (Figura 1a), valorizando o uso de diferentes representações, além de criar questões (Figura 1b) que instigassem os alunos a utilizarem diferentes representações de inequações, valorizando a compreensão do conteúdo, ao invés de copiar respostas prontas.

⁷ A média das notas das tarefas compunha 25% da nota na disciplina.

AULA SÍNCRONA

1. Sim ou não? Se não, dê um contraexemplo. da equação $\frac{x^{3/2}}{x-6} = x-8$.

(a) Quando você adiciona o mesmo número a cada lado de uma equação, você sempre obtém uma equação equivalente? (a) $x = 4$ (b) $x = 8$ (c) $x = 6$

(b) Quando você multiplica cada lado de uma equação pelo mesmo número diferente de zero, você sempre obtém uma equação equivalente?

3. Resolva as equações.

(a) $2(1-x) = 3(1+2x) + 5$

(b) $\frac{1}{x} = \frac{4}{3x} + 1$

(c) Quando você eleva ao quadrado cada lado de uma equação, você sempre obtém uma equação equivalente? (c) $\frac{4}{x-1} + \frac{2}{x+1} = \frac{35}{x^2+1}$

2. Determine se o valor fornecido é uma solução 4. Isole a na equação $\frac{a+1}{b} = \frac{a-1}{b} + \frac{b+1}{a}$.

BIBLIOGRAFIA

1. STEWART, James et all. Precalculus: Mathematics for Calculus. Seventh Edition. Boston: Cengage Learning, 2014.

Figura 1a. Aula síncrona do professor P5.
Fonte: Dados dos autores (2021).

Para resolver uma desigualdade que envolvem expressões racionais, fatoramos o numerador e o denominador em fatores irredutíveis. Os pontos de corte são as raízes reais do numerador e do denominador. Em seguida, encontramos os intervalos determinados pelos pontos de corte e usamos pontos de teste para encontrar o sinal de cada fator em cada intervalo. Com isso, determinamos o sinal da expressão racional em cada intervalo. Por fim, verificamos se os pontos das extremidades desses intervalos são soluções.

Preencha a tabela abaixo com os sinais + e - para encontrar os intervalos nos quais a expressão racional

$$\frac{(x-1) \cdot (x+1)}{(x-6) \cdot (x+5)} < 0.$$

Sinal de	$(-\infty, -5)$	$(-5, -1)$	$(-1, 1)$	$(1, 6)$	$(6, +\infty)$
$x-1$	-	-	+	+	+
$x+1$	-	+	+	+	+
$x-6$	-	-	-	-	+
$x+5$	-	+	+	+	+
$\frac{(x-1)(x+1)}{(x-6)(x+5)}$	-	-	+	-	+

Portanto, o conjunto solução da inequação dada é a união de intervalos:
 $\text{union}((-\infty, -5), (-1, 6))$

Sua última resposta está sendo interpretada como: $(-\infty, -5) \cup (-1, 6)$

✓ Correct answer, well done.

Figura 1b. Exemplo de inequações no STACK.
Fonte: Dados dos autores (2021).

Por outro lado, a experiência em ALI se deu de maneira pontual no conteúdo de Matrizes, visando identificar conhecimentos prévios dos alunos. Em 2021/01, com alunos dos cursos de Ciência da Computação (CC) e Licenciatura em Matemática (LM), a avaliação deveria ser respondida de forma assíncrona, em período previamente estabelecido e com apenas uma tentativa, devido ao objetivo da avaliação. A tarefa foi respondida por 35 alunos da turma de CC e 29 da turma de LM. Os tópicos de matrizes abordados na avaliação e a compilação das respostas quanto aos acertos e tipos de erros encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Respostas dos alunos na tarefa de Álgebra Linear

Questão	Conteúdo	Erros					
		Acertos		Erro conceitual		Erro de cálculo	
		CC	LM	CC	LM	CC	LM
1	Multiplicação de matrizes e inversa	13	15	22	10	0	4
2	Multiplicação/subtração de matrizes e transposta	23	22	0	2	12	5
3	Multiplicação de matriz por escalar, soma e subtração	31	22	1	2	3	5
4	Multiplicação entre matrizes	27	24	2	1	6	4
5	Soma/subtração de matrizes	31	28	0	0	4	1

Fonte: Dados dos autores (2021).

Os dados da Tabela 2 revelam que, em geral, os alunos de ambos os cursos não enfrentaram dificuldades com as questões que envolviam as operações matriciais. Ainda que nem todos tenham acertado integralmente as questões 2a, 2b, 3 e 4, percebe-se que a maioria dos equívocos cometidos pelos alunos em tais questões ocorreu devido a algum erro de cálculo, como ilustra o exemplo da Figura 2a.

Considere as matrizes $A = \begin{bmatrix} -2 & 2 \\ 4 & -4 \end{bmatrix}$ e $B = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ -2 & -2 \end{bmatrix}$. Determine, se possível, as operações indicadas. Caso não for possível, digite NE.

a) $3A + B =$

Your last answer was interpreted as follows:

$\begin{bmatrix} 8 & 7 \\ 10 & -14 \end{bmatrix}$

✗ Incorrect answer.

As entradas abaixo sublinhadas em vermelho são as incorretas: $\begin{bmatrix} 8 & 7 \\ 10 & -14 \end{bmatrix}$.

Multiplicação de uma matriz por um escalar

Seja $A = [a_{ij}]_{m \times n}$ e k um número real. Definimos a multiplicação da Matriz A pelo escalar k , e denotamos kA por:

$kA = [ka_{ij}]_{m \times n}$

Feedback a)

Como A e B tem a mesma ordem, podemos efetuar a operação $3A + B$

Logo, $3A + B = 3 \begin{bmatrix} -2 & 2 \\ 4 & -4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ -2 & -2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -6 & 6 \\ 12 & -12 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ -2 & -2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -4 & 7 \\ 10 & -14 \end{bmatrix}$

Figura 2a. Exemplo de erro de cálculo em ALI
Fonte: Dados dos autores (2021).

Considere as matrizes $D = \begin{bmatrix} 6 & -5 \\ -2 & 1 \\ -3 & -6 \end{bmatrix}$ e $M = \begin{bmatrix} 2 & 6 \\ 0 & 3 \end{bmatrix}$. Se possível, efetue as operações abaixo. Se não for possível efetuar a operação, digite NE.

a) $DD^T =$

Your last answer was interpreted as follows:

$[NE]$

The variables found in your answer were: $[NE]$

✗ Incorrect answer.

Sua matriz deveria ser 3 por 3

Feedback parte a)

Dada uma matriz $D = [a_{ij}]_{m \times n}$, podemos obter uma outra matriz $D^T = [b_{ij}]_{n \times m}$, cujas linhas são as colunas de D , isto é, $b_{ij} = a_{ji}$. D^T é denominada a transposta de D .

Assim, $D_{3 \times 2}$ e $D^T_{2 \times 3}$

Logo o produto $DD^T = \begin{bmatrix} 6 & -5 \\ -2 & 1 \\ -3 & -6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 6 & -2 & -3 \\ -5 & 1 & -6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 61 & -17 & 12 \\ -17 & 5 & 0 \\ 12 & 0 & 45 \end{bmatrix}$

Figura 2b. Exemplo de erro conceitual em ALI
Fonte: Dados dos autores (2021).

Por meio do feedback, no STACK, foi proporcionado, aos alunos, identificar quais elementos da matriz estavam incorretos e confrontá-los com a resposta correta. As questões da tarefa de ALI foram programadas de modo que os alunos fossem levados a refletir sobre as ordens das matrizes resultantes das operações solicitadas, bem como, avaliar quando a operação não era possível. Nesse sentido, destacamos os erros conceituais cometidos pelos alunos que, na questão sobre multiplicação entre matrizes, responderam que a multiplicação de uma matriz de ordem 3×2 por outra de ordem 2×2 não estava definida, quando na verdade tal multiplicação é possível, como exemplificado na Figura 2b. Inferimos que tais alunos julgavam que matrizes de ordens distintas não podem ser multiplicadas, uma vez que isso realmente ocorre com outras operações matriciais, como na adição. O feedback disponibilizado via STACK visou auxiliar esses alunos a atentar-se para a condição matemática que deve ser satisfeita para que um produto matricial esteja definido. Entretanto, a questão da tarefa que apresentou mais erros conceituais, em ambas as turmas, foi a que envolvia o conceito de matriz inversa (Figura 3).

Os erros identificados revelaram a fragilidade dos alunos em lidar com propriedades e representações simbólicas de matrizes inversas. Por exemplo, a Figura 3 apresenta o caso de um aluno que confundiu a notação simbólica de matriz inversa com a propriedade $\frac{1}{B} = B^{-1}$, que seria válida apenas se $B \in \mathbb{R}^*$. Nota-se que tal aluno sabe fazer o cálculo numérico para obter a matriz inversa, apesar de cometer um erro de cálculo tanto para obter equivocadamente $A \cdot \frac{1}{B}$ e AB^{-1} . Outros alunos interpretaram o produto AB^{-1} como $A(-B)$ ou $\frac{A}{B}$, inferindo equivocadamente que a divisão de matrizes é uma operação definida.

Considere as matrizes $A = \begin{bmatrix} 1 & 4 \\ 6 & -5 \end{bmatrix}$ e $B = \begin{bmatrix} 0 & 4 \\ -4 & 0 \end{bmatrix}$.

Se possível, efetue as operações abaixo. Se não for possível efetuar alguma operação digite NE.

a) $A \frac{1}{B} = \begin{bmatrix} 1 & -1/4 \\ -5/4 & -3/2 \end{bmatrix}$

Your last answer was interpreted as follows:

$$\begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{4} \\ -\frac{5}{4} & -\frac{3}{2} \end{bmatrix}$$

✗ Resposta errada.
Observe que em $A \frac{1}{B}$ não existe, pois a divisão de matrizes não está definida.

b) $AB^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 1/4 \\ -5/4 & -3/2 \end{bmatrix}$

Your last answer was interpreted as follows:

$$\begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{4} \\ -\frac{5}{4} & -\frac{3}{2} \end{bmatrix}$$

✗ Resposta errada.
As entradas abaixo sublinhadas em vermelho são as incorretas.

$$\begin{bmatrix} 1 & \underline{\frac{1}{4}} \\ -\frac{5}{4} & \underline{-\frac{3}{2}} \end{bmatrix}$$

A inversa de B é denotada por B^{-1} , logo $B^{-1} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{4} \\ \frac{1}{4} & 0 \end{bmatrix}$

A inversa de B deve satisfazer a condição $BB^{-1} = B^{-1}B = I$, onde I é a matriz identidade.

Logo o produto $AB^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 4 \\ 6 & -5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{4} \\ \frac{1}{4} & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{4} \\ -\frac{5}{4} & -\frac{3}{2} \end{bmatrix}$.

Figura 3. Exemplo de erro conceitual de matriz inversa e respectivo feedback.

Fonte. Dados dos autores (2021).

A partir do reconhecimento desses erros, os professores de ALI identificaram a necessidade de efetuar uma revisão sobre o conceito de inversa de uma matriz, enfatizando suas propriedades e representações, conforme relata o professor P1.

Nós elaboramos slides com o conteúdo de matrizes para uma aula assíncrona. A ideia era propor a tarefa para verificar o que eles sabiam de matrizes e se aquela revisão proposta na aula assíncrona havia sido o suficiente para relembra-rem o conteúdo. Comecei a disciplina com sistemas lineares e quando envolvia propriedades matriciais procurava questionar eles chamando atenção para o material da aula assíncrona. Antes de disponibilizar a tarefa, eles me questionaram sobre alguns exercícios que envolviam propriedades da matriz inversa. Com a resolução da tarefa percebi que eles tinham dúvidas conceituais sobre inversa e resolvi dedicar uma aula para explorar este conteúdo (Professor P1).

Essa revisão não ficou restrita apenas ao conteúdo de matrizes, mas os erros identificados serviram à tomada de decisões por parte dos professores para a abordagem dos conteúdos subsequentes, conforme destaca o professor P4.

Procurei dar feedbacks conforme o conteúdo da disciplina avançava. Por exemplo, ao abordar a forma matricial de sistemas lineares eu explorei a relação entre as ordens das matrizes para que a multiplicação estivesse definida. Depois, em espaços vetoriais eu explorei as propriedades das operações. Em subespaços vetoriais, explorei as propriedades de transposta, e matriz simétrica e antissimétrica explorei em exemplos de subespaços (Professor P4).

Tanto as tarefas de ICD quanto de ALI possibilitaram, aos professores, tomar decisões didáticas em função dos resultados apresentados por seus alunos. Em ICD, possibilitou acompanhar o engajamento dos alunos com a disciplina, pelas tentativas realizadas, bem como, auxiliar na preparação da aula síncrona, evidenciando os conteúdos que os alunos apresentavam mais dificuldades. Em ALI, possibilitou identificar as lacunas de conhecimento dos alunos sobre propriedades matriciais e como tais erros poderiam ser trabalhados em conteúdos subsequentes.

No grupo colaborativo, discutimos as potencialidades e limitações do STACK para a elaboração das tarefas avaliativas. Verificamos, em nossa prática docente, que o uso das ferramentas do STACK permitiu a criação de questões matemáticas com correção automática das respostas dos alunos, indo além de questões de múltipla escolha ou de verdadeiro/falso, inclusive sendo possível programar o sistema para interpretar as respostas dos alunos e fornecer feedback. O sistema de álgebra computacional integrado a essa ferramenta forneceu um grupo de funções que nos permitiu validar as respostas dos alunos, que puderam ser dadas, por exemplo, por expressões matemáticas, equações, funções, matrizes, conjuntos, intervalos (Figuras 1b, 2a, 2b, 3 e 4).

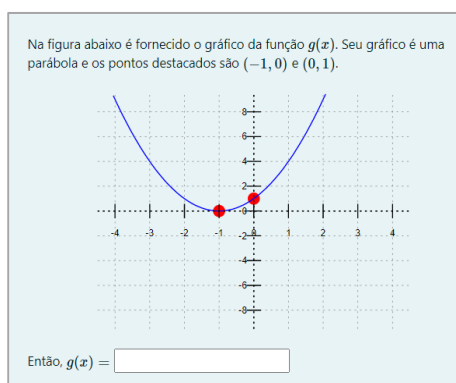


Figura 4. Exemplo de função quadrática.
Fonte: Dados dos Autores (2021).

Na implementação das tarefas avaliativas no STACK, o professor pôde prever a verificação de equivalência algébrica nas respostas que seriam fornecidas pelo aluno no sistema. Como, por exemplo, na tarefa da representação algébrica da função quadrática (Figura 4), os alunos de ICD poderiam fornecer respostas como $g(x) = (x + 1)^2$ ou $g(x) = x^2 + 2x + 1$, ou ainda, $g(x) = 1 + 2x + x^2$, sendo todas consideradas corretas. Assim, uma das potencialidades da ferramenta foi a utilização das propriedades de comutatividade e associatividade para reconhecer a resposta fornecida pelo aluno como correta.

Também elaboramos questões matemáticas com atribuição randômica a determinados parâmetros, possibilitando a apresentação de questões diferentes envolvendo o mesmo conteúdo e o mesmo grau de dificuldade. Por exemplo, na Figura 4, os pontos destacados (em vermelho) são escolhidos aleatoriamente, consequentemente, a representação da função quadrática nos registros gráfico e algébrico é modificada, gerando diferentes questões, com respostas distintas, que avaliam o mesmo conceito e com igual grau de dificuldade. Essa randomização é uma ferramenta potencial, pois, ao gerar questões diferentes, o professor pode deixar em aberto o número de tentativas que o aluno dispõe para responder à determinada tarefa, possibilitando a aprendizagem com o próprio erro.

A randomização também pode ser utilizada para gerar objetos matemáticos em sua representação geométrica. A Figura 5 apresenta uma questão, de Álgebra Linear, da representação geométrica de operador linear aplicada em um polígono, sendo solicitado, ao aluno, a representação matricial desse operador. Na programação dessa questão, usou-se a potencialidade de gerar randomicamente os vértices do polígono destacado em vermelho, de maneira que a imagem do polígono, pelo operador, seja randômica. Também se optou pela solicitação de uma resposta em representação matricial. Para isso, foi utilizado o tipo de entrada “Matrix”, que já fornece a ordem da matriz desejada.

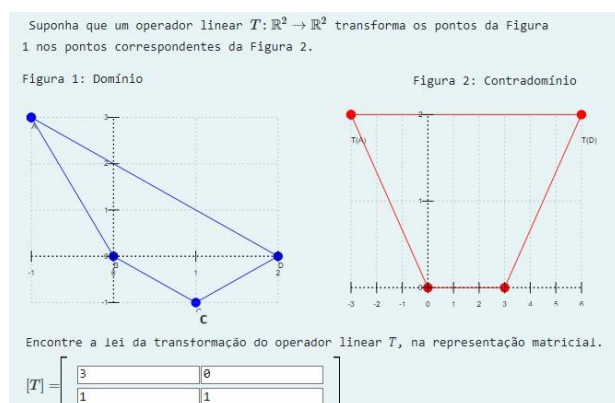


Figura 5. Exemplo de questão com randomização geométrica e entrada matricial

Fonte: Dados dos Autores (2021).

Ademais, o STACK permite a utilização de outro tipo de entrada, como a “Matrix of variable size”, que não identifica previamente a ordem da matriz a ser inserida como resposta, conforme pode ser visto nas questões referente a operações com matrizes (Figuras 2a e 2b). Nessas questões era importante que o aluno identificasse a ordem da matriz resultante. Assim, ao trabalhar com questões matriciais, o grupo de professores pôde decidir qual era o tipo de entrada mais adequado para o conceito que desejavam avaliar. Todavia, com a gama de representações do objeto matemático, observamos que uma das dificuldades dos alunos era a familiarização com a linguagem matemática utilizada para atribuir as respostas a uma dada tarefa. Assim, disponibilizamos material didático aos alunos para auxiliá-los a transitar entre as diferentes maneiras de representar o objeto matemático, pois “acreditamos que aprender a escrever expressões simples em uma sintaxe formal é uma habilidade indispensável para alunos de graduação em Matemática, mas que temos a responsabilidade de ensinar” (Sangwin; Hermans, 2013, p. 17).

Outra potencialidade do STACK é o uso de funções do Maxima para validar respostas e gerar feedback. Este pode ser simples (apenas certo/errado), ou implementado por meio de uma ‘árvore de possibilidades’, com diferentes ramificações, para estimar as respostas dos alunos, dar uma mensagem personalizada que lhes oportunize verificarem exatamente onde

cometeram um erro. Dependendo da função utilizada para realizar a verificação da resposta do aluno, o STACK fornece automaticamente o feedback, sem a necessidade de programação. Por exemplo, nas questões sobre matrizes, ele identificou, em vermelho, os elementos errôneos nas respostas, notificando os alunos (Figuras 2a, 2b e 3).

Entretanto, um dos grandes desafios encontrado no trabalho colaborativo entre os docentes foi o de prever os erros dos alunos e implementar os feedbacks específicos para cada erro previsto. No trabalho do grupo, constatamos que essa implementação exige conhecimentos didáticos dos possíveis erros e conhecimento técnico de programação, de maneira a gerar feedbacks personalizados em função dos erros dos alunos, possibilitando sanar suas dúvidas e aprender com eles. O desenvolvimento de questões requer habilidades tanto da área de ensino de Matemática, da Matemática, de programação, bem como, a familiarização com a plataforma Moodle.

5 CONSIDERAÇÕES

A avaliação é um componente relevante do processo educacional, pois possibilita avaliar o nível do conhecimento do aluno e auxilia o professor a refletir sobre as decisões didáticas que deve tomar para promover evolução na aprendizagem dos alunos. Nesse sentido, acreditamos que o STACK é um recurso potente para o professor de Matemática que integra as avaliações mediadas por tecnologias em seus processos de ensino.

A evolução das tecnologias e das pesquisas sobre sua integração nos processos de ensino e aprendizagem possibilitou desenvolver tarefas avaliativas no contexto do ensino remoto, indo além de questões de múltipla escolha ou de verdadeiro e falso, proporcionando, ao aluno, questões randômicas e que aceitavam diferentes registros de representação do objeto matemático como respostas, além de oportunizar feedback para alunos e professores, que são dimensões fundamentais da avaliação formativa. O retorno permite que os professores acompanhem a aprendizagem dos alunos e que estes monitorem o próprio progresso e engajamento nas atividades (Panero; Aldon, 2016; Sangwin; Köcher, 2016).

A dinâmica das tarefas avaliativas foi pensada em um contexto de ensino remoto, de forma a diversificar os instrumentos de avaliação e seus objetivos, possibilitando um meio de aferir o engajamento do aluno na aprendizagem e de identificar suas dificuldades, auxiliando o professor na tomada de decisão didática. Uma das preocupações no grupo era propor tarefas que representassem oportunidades para os alunos articularem os conceitos, utilizando-se de diferentes registros de representação do objeto matemático (Duval, 2012; Harel, 2000), que é uma das condições essenciais para a compreensão matemática e não apenas selecionar respostas em um conjunto de opções.

Na avaliação realizada em ALI, a potencialidade dos feedbacks específicos e gerais do STACK oportunizou, aos alunos, a identificação dos erros cometidos nas operações entre matrizes e revisar o conteúdo, com isso, superar eventuais lacunas na aprendizagem. Entretanto, uma fragilidade do feedback nas questões de matrizes foi apresentar a solução ao invés de apontar caminhos para chegar nela. Tal decisão foi tomada em virtude da falta de maior conhecimento da árvore de possibilidade de feedback presente na ferramenta. Contudo, na perspectiva do trabalho docente, pela potencialidade do STACK de considerar a ordem e as entradas de cada elemento das matrizes, os professores de Álgebra Linear puderam identificar a natureza dos erros cometidos pelos alunos, favorecendo a tomada de decisão didática, de modo a potencializar suas estratégias de ensino.

A randomização e as diversas formas de resposta, em linguagem matemática, na criação de questões no STACK, diversificou a forma de o professor avaliar na disciplina de Introdução ao Cálculo, pois ele pôde oferecer, aos alunos, várias tarefas avaliativas, com a possibilidade de as refazerem quantas vezes quisessem, sem penalização, motivando-os a estarem engajados na disciplina e promovendo o aprendizado a partir do erro.

Entretanto, criar tarefas avaliativas na ferramenta STACK exige, para além dos conhecimentos específico e didático do conteúdo, conhecimento de programação e familiaridade com Moodle, Máxima, Latex e HTML, constituindo-se, assim, um desafio na prática do professor, haja vista que exige formação, tempo e disponibilidade para trabalhar com seus pares. Conforme observado por Sangwin (2023), a formulação de quaisquer tarefas avaliativas demanda conhecimento aprofundado sobre o conteúdo, os alunos, os objetivos do curso e uma compreensão abrangente da ferramenta utilizada para a avaliação.

Ainda que o STACK contemple várias potencialidades para avaliação da aprendizagem matemática, não se pode deixar de evidenciar algumas limitações, a exemplo da inserção de símbolos e idioma. O feedback automático (em inglês), pode constituir-se barreira para o aluno. Além disso, há necessidade de familiarização do aluno com a sintaxe dos comandos matemáticos e, para o professor, existem poucos tutoriais e formação para um bom uso da ferramenta. Uma das maneiras de incentivar essa familiarização é a integração da ferramenta nos processos de ensino e aprendizagem. Inclusive, essa foi uma das fragilidades evidenciadas em nossa pesquisa, pois os professores não integraram a ferramenta nas aulas síncronas, sendo utilizada pelos alunos apenas durante as atividades assíncronas.

Outra limitação da ferramenta está na capacidade de avaliar a justificativa dos alunos e da creditação das questões parcialmente corretas. Para Sangwin (2023), embora o STACK tenha a capacidade de conceder crédito parcial em certas questões, essa habilidade não se estende a todas as situações, nem se compara à flexibilidade inerente a um professor. Essa

falta de flexibilidade pode resultar avaliações injustas, especialmente nos casos que demandam uma abordagem interpretativa dos erros cometidos pelos alunos. Portanto, é fundamental reconhecer essas limitações ao utilizar o STACK e considerar medidas que os professores podem adotar para minimizá-las, como complementar com tarefas nas quais os alunos devem justificar o raciocínio utilizado para resolvê-las (Sangwin, 2023).

Ainda que com limitações, o STACK apresenta-se como robusta ferramenta, com potencial para auxiliar o professor no processo de avaliação da aprendizagem matemática e para subsidiar reflexões em grupo sobre as próprias práticas. Assim, vislumbramos compartilhar nossa experiência com os professores de Matemática sobre as potencialidades do STACK exploradas em nosso grupo de pesquisa, a fim de contribuir com a integração das tecnologias no Ensino Superior e oportunizar evoluções das práticas avaliativas.

REFERÊNCIAS

ALDON, Gilles *et al.* Teaching mathematics in a context of lockdown: a study focused on teachers' praxeologies. **Education Sciences**, v. 11, n. 2, p. 1-21, 2021.

BLACK, Paul *et al.* Trabalhando por dentro da caixa preta: avaliação para a aprendizagem na sala de aula. **Cadernos Cenpec | Nova série**, v. 8, n. 2, 2019.

BLACK, Paul; WILIAM, Dylan. Developing the theory of formative assessment. **Educational Assessment, Evaluation and Accountability**, v. 21, n. 1, p. 5–31, 2009.

BOAVIDA, Ana Maria; PONTE, João Pedro. Investigação colaborativa: potencialidades e problemas. **Refletir e investigar sobre a prática profissional**, n. 2002, p. 43–55, 2002.

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. [S. l.: s. n.], 1994. *E-book*. Disponível em: <http://scholar.google.pt/scholar?hl=pt-PT&q=educacao&btnG=&lr=#3>.

BORBA, Marcelo C. The future of mathematics education since COVID-19: humans-with-media or humans-with-non-living-things. **Educational Studies in Mathematics**, v. 108, n. 1-2, p. 385-400, 2021.

CANAVARRO, Ana Paula. Práticas de ensino da Matemática: duas professoras, dois currículos. [S. l.: s. n.], 2003.

CLARK-WILSON, Alison. Emergent pedagogies and the changing role of the teacher in the TI-Nspire Navigator-networked mathematics classroom. **ZDM - International Journal on Mathematics Education**, v. 42, n. 7, p. 747–761, 2010.

CUSI, Annalisa *et al.* Assessment in mathematics: a study on teachers' practices in times of

pandemic. **ZDM - Mathematics Education**, 2022.

DOLIN, Jens *et al.* Exploring relations between formative and summative assessment. *In*: DOLIN, Jens; EVANS, Robert (ed.) (org.). **Transforming assessment. Contributions from Science Education Research**. Springer Science and Business Media B.V., 2018. v. 4, p. 53-80.

DUVAL, Raymond. Registros de representação semiótica e funcionamento cognitivo do pensamento. **Revemat: revista eletrônica de educação matemática**, v. 7, n. 2, p. 266-297, 2012.

FHLOINN, Eabhnat Ní; FITZMAURICE, Olivia. 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**, v. 40, n. 4, p. 392-416, 2021.

GIKANDI, Joyce Wangui; MORROW, Donna; DAVIS, Niki E. Online formative assessment in higher education: a review of the literature. **Computers and Education**, v. 57, n. 4, p. 2333-2351, 2011.

HAREL, Guershon. Three principles of learning and teaching mathematics. *In*: DORIER, Jean-Luck (org.). **On the teaching of linear algebra**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000. p. 177-189.

MORO, Graciela. **O ensino de álgebra linear nos cursos de graduação de uma universidade brasileira**: perspectivas e contributos da prática colaborativa. 2021. 236 f. Universidade do Minho. Braga, Portugal, 2021. Disponível em:
<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/14018>.

MORO, Graciela; VISEU, Floriano; SIPLE, Ivanete Zuchi. As representações algébrica e geométrica na aprendizagem de mudança de base. **Revemat: revista eletrônica de educação matemática**, v. 13, n. 2, p. 72-94, 2018.

NÓBRIGA, Jorge Costa; SIPLE, Ivanete Zuchi. Livros dinâmicos de matemática. **Revista do Instituto GeoGebra Internacional de São Paulo**, v. 9, n. 2, p. 78-102, 2020.

PANERO, Monica; ALDON, Gilles. How teachers evolve their formative assessment practices when digital tools are involved in the classroom. **Digital Experiences in Mathematics Education**, v. 2, n. 1, p. 70-86, 2016.

POLAK, Ymiracy Nascimento de Souza. No Title. *In*: LITTO, Fredric Michael; FORMIGA, Marcos (org.). **Educação a Distância**: o estado da arte. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2009.

PONTE, João Pedro da. Gestão curricular em Matemática. **O professor e o desenvolvimento curricular**, v. 1, p. 11-34, 2005.

ROBUTTI, Ornella *et al.* ICME international survey on teachers working and learning through collaboration: June 2016. **ZDM - Mathematics Education**, v. 48, n. 5, p. 651-690, 2016.

SANGWIN, Christopher. Running an online mathematics examination with STACK. **International Journal of Emerging Technologies in Learning**, v. 18, n. 3, p. 192-200, 2023.

SANGWIN, Chris; HERMANS, Dirk. **A report on the use of STACK in Mathematics at Birmingham 2012–2013**. [S. l.: s. n.], 2013.

SANGWIN, Christopher J.; KÖCHER, Nadine. Automation of mathematics examinations. **Computers and Education**, v. 94, p. 215–227, 2016.

SANTOS, Leonor. A articulação entre a avaliação somativa e a formativa, na prática pedagógica: uma impossibilidade ou um desafio? **Ensaio**, v. 24, n. 92, p. 637-669, 2016.

SIPLE, Ivanete Zuchi *et al.* TIC na prática docente: o olhar de um professor de cálculo diferencial e integral. **Revista Docência do Ensino Superior**, v. 6, n. 2, p. 115-134, 2016.

WISEU, Floriano Augusto Veiga. **A formação do professor de Matemática, apoiada por um dispositivo de interação virtual no estágio pedagógico**. 1. ed. Braga: Centro de Investigação de Educação da Universidade do Minho, 2009.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPESC - Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina pelo apoio financeiro ao Grupo de Pesquisa PEMSA.

Revisão gramatical realizada por: Marcia Vidal Candido Frozza

E-mail: frozzamarciavidal@gmail.com