

Artículo de investigación

Un estudio colaborativo sobre el desarrollo de recursos de evaluación con *feedback* automático para la enseñanza de las Matemáticas

A collaborative study on the development of assessment resources with automatic feedback for the teaching of Mathematics

José Manuel Dos Santos Dos Santos ¹: Universidad de Coimbra, Portugal

dossantos@uc.pt

Celina Aparecida Almeida Pereira Abar: Pontificia Universidad Católica de São Paulo, Brasil

abarcaaap@pucsp.br

Marcio Vieira de Almeida: Pontificia Universidad Católica de São Paulo, Brasil

mvalmeida@pucsp.br

Fecha de Recepción: 24/05/2024

Fecha de Aceptación: 10/07/2024

Fecha de publicación: 18/07/2024

Cómo citar el artículo (APA 7^o):

Dos Santos J. M. D. S., Abar, C. P. A. P. y Almeida, M. V. (2024). Un estudio colaborativo sobre el desarrollo de recursos de evaluación con *feedback* automático para la enseñanza de las matemáticas. [A collaborative study on the development of assessment resources with automatic feedback for the teaching of mathematics]. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1-21. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-374>

Resumen:

Introducción: Este artículo presenta los resultados de un proyecto desarrollado con profesores de países de habla portuguesa: Brasil, Portugal y Cabo Verde, para la formación en línea, con propuestas de creación de recursos de evaluación con *feedback* automático, con uso de tecnologías digitales, para el aprendizaje de matemáticas. Se buscó identificar qué estrategias eran necesarias para acompañar esta formación y las interacciones entre docentes para construcción de recursos. **Metodología:** El estudio, de carácter cualitativo, se desarrolló en una dinámica guiada por una participación activa y colaborativa en actividades prácticas y

¹ Autor Correspondiente: José Manuel Dos Santos Dos Santos. Universidad de Coimbra (Portugal).

teóricas, estimulando esta asociación y manipulación y análisis de situaciones problema. **Resultados:** Se identificaron tres estrategias clave: la planificación conjunta, el uso de herramientas digitales colaborativas, y la *feedback* constante entre pares. Los docentes reportaron un aumento en la calidad de los recursos creados y una mejora en su propia formación profesional. Se observaron interacciones positivas que promovieron un ambiente de aprendizaje colaborativo. **Discusión:** Los resultados de esta experiencia coinciden con estudios previos que destacan la importancia de la colaboración docente. La planificación conjunta permitió una mayor coherencia en los recursos educativos al involucrar aspectos de *feedback* automático, mientras que las herramientas digitales facilitaron la colaboración a distancia.

Palabras clave: educación matemática; enseñanza; errores; evaluación para el aprendizaje; *feedback* automático; formación de docentes; interacciones entre docentes; tecnologías digitales.

Abstract:

Introduction: This article presents the results of a project developed with twelve teachers from Portuguese-speaking countries: Brazil, Portugal and Cape Verde, for an online training, with proposals for the creation of assessment resources with automatic feedback, with the use of digital technologies, for the learning of mathematics. We tried to identify which strategies were necessary to accompany this training and the interactions between teachers for the construction of resources. **Methodology:** The study, of a qualitative nature, was developed in a dynamic guided by an active and collaborative participation in practical and theoretical activities, stimulating this association and the manipulation and analysis of problem-situations. **Results:** Three key strategies were identified: joint planning, the use of collaborative digital tools, and constant peer feedback. Teachers reported an increase in the quality of the resources created and an improvement in their own professional training. Positive interactions were observed that promoted a collaborative learning environment. **Discussion:** The results of this experience coincide with previous studies that highlight the importance of teacher collaboration. Joint planning allowed for greater consistency in educational resources by involving aspects of automatic feedback, while digital tools facilitated remote collaboration.

Keywords: mathematics education; teaching; errors; assessment for learning; automatic feedback; teacher training; interactions between teachers; digital technologies

1. Introducción

Las transformaciones en las escuelas exigen de los docentes la capacidad de identificar errores que impiden a sus alumnos adquirir determinadas habilidades. Un enfoque eficaz para lograr este objetivo es proporcionar recursos técnicos a los docentes, como materiales didácticos, guías curriculares y cursos de capacitación. Estos recursos están destinados a ayudar a los docentes en esta tarea y deben estar alineados con los requisitos de un sistema de evaluación.

La justificación de este estudio se basa en el entendimiento de que la evaluación en educación, así como los enfoques derivados del análisis de sus resultados, representan desafíos en la práctica de la acción pedagógica. Estos desafíos apuntan a asegurar condiciones y recursos didáctico-pedagógicos que alienten a los estudiantes en sus estudios, promoviendo un ambiente que no exija intimidación, permitiendo así la comprensión de los errores cometidos.

Se considera que el trabajo colaborativo entre docentes es crucial para la creación de recursos educativos efectivos. Este estudio presenta una experiencia de trabajo colaborativo con el

objetivo de identificar estrategias necesarias para acompañar la formación y las interacciones entre docentes en la construcción de recursos con *feedback* automático.

El concepto de que la evaluación puede contribuir al aprendizaje de los estudiantes no es nuevo. El acto de abordar y discutir la evaluación implica cuestionar aspectos del entorno educativo con el objetivo de identificar los ajustes necesarios para mejorar las prácticas pedagógicas. Al considerar este enfoque a una escala más amplia, particularmente cuando se evalúa un sistema educativo que abarca una o varias redes de educación pública, se hace necesario ampliar el alcance del tema. Esta expansión implica tener en cuenta las tecnologías y políticas públicas actuales que conciernen a las escuelas, que a menudo no son plenamente comprendidas por todas las personas involucradas en el proceso. Sin embargo, los objetivos finales permanecen sin cambios.

En el contexto de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, resulta de gran importancia evaluar datos relacionados con las dificultades encontradas en las actividades de los estudiantes y ampliar el apoyo para la reorientación de la práctica educativa, reconociendo estos desafíos como caminos para mejorar la evaluación. De acuerdo con Fernandes, esta redirección se considera “el *feedback*, en sus más variadas formas, frecuencias y distribuciones, como un proceso indispensable para que la evaluación se integre plenamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje” (Fernandes, 2009, p. 55).

Las rápidas transformaciones de la sociedad actual requieren de diferentes estrategias de evaluación, como el *feedback* automático y el uso de la tecnología, para que sus mecanismos sirvan a una generación de estudiantes que puedan ser protagonistas de su aprendizaje. El análisis de las respuestas en una evaluación permite comprender el proceso de apropiación del conocimiento por parte de los estudiantes. De esta manera, este análisis se vuelve instrumental para la construcción de procesos de evaluación automática que sean adecuados y efectivos (Abar *et al.*, 2022).

A la hora de crear recursos de evaluación con *feedback* automático se pueden considerar las habilidades de pensamiento computacional (PC) y los autores Buriasco y Soares refuerzan que la evaluación “debe evaluar tu capacidad para encontrar patrones, buscar regularidades, leer tablas y gráficos, relacionar datos, armar esquemas, desarrollar procedimientos” (Buriasco y Soares, 2012, p. 111) indicando conceptos y prácticas del pensamiento computacional en este proceso.

1.1 Aportes teóricos y metodológicos

Al tratarse de un estudio relacionado con la evaluación de la educación matemática, la selección del marco teórico se realizó con la intención de abordar tres áreas clave de investigación. Estas áreas incluyen la evaluación del aprendizaje, que implica un enfoque integral de la evaluación, que abarca tanto la evaluación del aprendizaje como la evaluación para el aprendizaje. Además, un marco teórico en el que se considere la evaluación en educación matemática, reconociéndola como un componente esencial en la construcción del conocimiento matemático, particularmente en lo relacionado con el tratamiento de los errores dentro del proceso educativo. Finalmente, la evaluación tiene en cuenta los conceptos y prácticas del pensamiento computacional, que pueden proporcionar recursos valiosos para crear *feedback* automático.

1.2 Evaluación del aprendizaje

En el contexto de la evaluación del aprendizaje, podemos considerarla sumativa, formativa y como instrumento de aprendizaje, que involucran momentos que requieren concentración y habilidades cognitivas específicas y buscan permear toda la trayectoria del estudiante a lo largo de la asignatura. Influye en el currículum, permite evaluar cómo aprenden las personas y ayuda a mejorar las prioridades docentes y las metodologías didáctico-pedagógicas.

La evaluación como instrumento de aprendizaje permite considerar la enseñanza a lo largo de la trayectoria del estudiante y, con *feedback* en el camino, el estudiante puede estar más conectado y debe ser considerado, independientemente de si el estudiante es remoto o presencial y, acompañar al estudiante durante la resolución de un problema, permite la mejora de la actividad.

Según Fernandes (2009), el proceso de evaluación tiene una trayectoria histórica, que se ha vuelto cada vez más compleja y refinada. Esta evolución se puede observar en los métodos utilizados, los objetos de evaluación, así como las metas y objetivos pretendidos. Este autor señala tres generaciones de evaluación. La primera generación de evaluación, según Fernandes (2009) es, en general, descontextualizada y no hay participación de los estudiantes.

Según el autor, del enfoque evaluativo surgió una segunda generación, con el objetivo de superar las limitaciones de la anterior. Se reconoció que evaluar un sistema educativo basándose únicamente en los resultados de los estudiantes sería demasiado limitado. Como afirmaron Guba y Lincoln (1989), los evaluadores intentaron representar patrones de fortalezas y debilidades a la luz de objetivos educativos predeterminados. En consecuencia, se conoce como una generación que considera la evaluación como descripción, que va más allá del acto de medir.

El período de 1950 a 1970 se caracteriza la tercera generación. También surge con el objetivo de superar fallas o insuficiencias en el diseño de evaluación de la generación anterior. Actualmente, existe la necesidad de valoraciones que permitan emitir juicios sobre el valor de los objetos que se valoran. Con el avance significativo de esta era, la evaluación amplía significativamente su alcance y se vuelve más sofisticada desde un punto de vista teórico.

Fernandes (2009) identifica tres limitaciones significativas en cada una de las generaciones: en primer lugar, las evaluaciones tienden a reflejar las perspectivas de quienes las encargan o financian, sin cuestionar ni reconocer su corresponsabilidad. En segundo lugar, las evaluaciones luchan por abarcar la diversidad de valores y culturas que prevalecen en las sociedades contemporáneas. En tercer lugar, existe una dependencia excesiva del método científico, lo que da como resultado evaluaciones que carecen de contextualización y priorizan predominantemente la noción de evaluación como una medida cuantificable.

Guba y Lincoln (1989), citados por Fernandes (2009), proponen una última generación de evaluación, basada en principios del constructivismo, que marca una importante ruptura epistemológica con las generaciones anteriores. Esta generación se caracteriza por la ausencia de parámetros o estructuras predeterminadas, ya que deben definirse a través de un proceso colaborativo e interactivo que involucre a todos los actores involucrados en la evaluación. Fernandes (2009, p. 55) destaca las principales ideas y supuestos que subyacen en gran parte de la evaluación de cuarta generación:

1. Los docentes deben compartir el poder de evaluar con los estudiantes y otros actores y deben utilizar una variedad de estrategias, técnicas e instrumentos de evaluación.
2. La evaluación debe integrarse en el proceso de enseñanza y aprendizaje.
3. La evaluación formativa debe ser la forma privilegiada de evaluación con la función principal de mejorar y regular el aprendizaje.
4. El *feedback*, en sus más variadas formas, frecuencias y distribuciones, es un proceso esencial para que la evaluación se integre plenamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje.
5. La evaluación debería servir más para ayudar a las personas a desarrollar su aprendizaje que para juzgarlas o clasificarlas en una escala.
6. La evaluación es una construcción social en la que se tienen en cuenta los contextos, la negociación, la implicación de los participantes, la construcción social del conocimiento y los procesos cognitivos, sociales y culturales en el aula.
7. La evaluación deberá emplear métodos predominantemente cualitativos, sin excluir el uso de métodos cuantitativos.

Almeida y Franco (2011) enfatizan que el desarrollo de diferentes métodos de evaluación, el intercambio de criterios de análisis, el examen meticuloso de los datos recopilados, la provisión de *feedback* adaptado al contexto específico de los estudiantes y la reevaluación y ajuste de estrategias pedagógicas, son componentes esenciales de la evaluación del aprendizaje.

1.3 Evaluación del aprendizaje en educación matemática

La comprensión de un procedimiento de evaluación que pretende mejorar tanto los recursos como los procedimientos que facilitan la adquisición de conocimientos matemáticos está intrínsecamente ligado a la preparación del docente encargado de esta responsabilidad en un entorno educativo. En este contexto, Hoffmann (2012) enfatiza la superficialidad de la formación brindada a la mayoría de los docentes del área. Hay oportunidades limitadas para que los profesores participen en cursos que cubran temas relevantes o incluso dediquen algunas horas a estudiar evaluación educativa.

Para Buriasco y Soares “la evaluación del aprendizaje matemático debe ser vista en la escuela como un proceso de investigación, una actividad compartida entre profesores y estudiantes, de carácter sistemático, dinámico y continuo” (Buriasco y Soares, 2012, p. 110). Por lo tanto, es crucial comprender que los instrumentos utilizados para evaluar el aprendizaje matemático deben ser considerados como herramientas de investigación, que permitan comprender cómo los estudiantes abordaron las situaciones propuestas (Buriasco y Soares, 2012).

El error de un estudiante al resolver un problema o ejecutar un algoritmo previamente enseñado no indica una falta de conocimiento matemático esencial necesario para responder la pregunta dada y, más bien, puede revelar conocimientos específicos que el estudiante no pudo aplicar para alcanzar la solución correcta. En este contexto, el error puede verse como una herramienta valiosa para identificar áreas del conocimiento matemático que necesitan un mayor desarrollo por parte del estudiante. Los malentendidos pueden proporcionar claridad tanto para el profesor como para el estudiante en el proceso de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas.

Cury (2007) busca analizar las dificultades de los estudiantes en matemáticas, identificadas a través del análisis de errores, y propone ayudar a los estudiantes a reflexionar sobre sus errores y cómo superarlos, con el desarrollo de estrategias de enseñanza. Así, la importancia del error

juega un papel fundamental en el proceso de evaluación. El error no debe percibirse como algo que debe evitarse por completo a cualquier precio, sino más bien como un poderoso instrumento de investigación, que beneficia tanto al estudiante como al profesor, en la búsqueda de la enseñanza y la adquisición de conocimientos matemáticos.

Este mismo autor destaca que, al evaluar las actividades matemáticas, es necesario no sólo señalar los errores de los estudiantes, dejando de reconocer los aciertos como si fueran predecibles. Esto se debe a que cualquier resolución, ya sea que predice una sola respuesta o que refleja la creatividad del estudiante, proporciona información sobre cómo piensa el estudiante y qué influencias incorpora de sus experiencias de aprendizaje anteriores, ya sea de manera formal o informal. El análisis de errores y aciertos en una evaluación permite comprender cómo los estudiantes se apropian del conocimiento, permitiendo así construir procesos de evaluación automática más adecuados.

Astolfi (2003) cita la situación de los errores en la escuela, su epistemología, la tipología de los errores en los estudiantes, el tratamiento y su relación con la angustia y la violencia. El autor afirma que el estatus didáctico del error es un buen indicador del modelo pedagógico utilizado en la clase. Y sostiene que los errores no son hechos reprobables ni fracasos del programa: son síntomas de los obstáculos que enfrenta el pensamiento de los estudiantes. Adoptar la perspectiva de que el error estudiantil es una forma de identificar brechas no sólo representa un cambio metodológico, sino epistemológico. En este sentido, dejamos de categorizar las respuestas como correctas o incorrectas, pasando a valorar el enfoque único que tiene cada estudiante a la hora de interpretar y construir conocimiento (Santos y Buriasco, 2008).

Türkdoğan y Baki (2021) concluyen que diferentes tipos de errores requieren diferentes técnicas de *feedback*, especialmente en los planes de estudio centrados en el alumno. Estos estudios resaltan colectivamente la importancia del *feedback* para abordar y aprender de los errores de los estudiantes en educación matemática.

Como postula Brousseau (1983) en su Teoría de las Situaciones Didácticas (TSD), el error se revela como la expresión o manifestación explícita de un conjunto de percepciones, que pueden ser tanto espontáneas como reconstruidas. Cuando estos errores se incorporan a una red lógica de representaciones cognitivas, estas percepciones se convierten en obstáculos importantes en el proceso de adquisición y dominio de nuevos conceptos.

Las situaciones didácticas, aquellas que conducen al estudiante a una actividad matemática sin guía directa del profesor, son percibidas como momentos del proceso de aprendizaje en los que el estudiante opera de forma autónoma, sin interferencia directa del profesor en relación con el contenido matemático bajo consideración (Freitas, 2008).

Podemos concebir el *feedback* automático, a la luz de la Teoría de las Situaciones Didácticas (TSD) de Brousseau, como una situación didáctica planificada, con el objetivo de promover el aprendizaje. Al participar en estas actividades, el estudiante vive momentos que pueden proporcionar avances significativos en el proceso de construcción del conocimiento. En este contexto, el docente debe intervenir eficazmente en el proceso de aprendizaje de los estudiantes, buscando superar los obstáculos identificados. Se trata de una actividad en la que, al presentar un enunciado, se anima al alumno a aceptar el reto de resolverlo como si el problema fuera suyo, no sólo porque quiera. Cuando el estudiante internaliza la convicción de la necesidad de resolver el problema, es decir, cuando se involucra en ese desafío intelectual y logra el éxito, comienza el proceso de aprendizaje (Freitas, 2008).

Desde un punto de vista epistemológico, es fundamental que los docentes identifiquen los obstáculos, ya que a partir de esta identificación se hace viable organizar propuestas específicas para superarlos. Este enfoque permite una comprensión más profunda de los desafíos que enfrentan los estudiantes, permitiendo la creación de estrategias pedagógicas dirigidas a superar efectivamente estos obstáculos. En una situación en la que el estudiante opera de forma autónoma, asume la responsabilidad personal del problema en cuestión, concepto conocido como “devolución” por Brousseau (2008). Una vez que ocurre este proceso, es posible afirmar que se ha establecido una situación didáctica, tal como la define Freitas (2008). La responsabilidad del docente es crear estrategias y desafíos que motiven a los estudiantes a enfrentar el problema como si fuera propio.

En sus estudios, Brousseau (2008) esboza la existencia de una estructura pedagógica que engloba al profesor, al alumno y al conocimiento considerado: “En definitiva, se trata de poner a los alumnos ante una situación que evoluciona de tal manera que los conocimientos que se supone que deben aprender sean el único medio eficaz para controlar dicha situación”. (Brousseau, 2008, p. 33). Entendemos que la Teoría de Situaciones Didácticas (TSD) puede ofrecer una perspectiva diferente en relación con el error, no sólo como un obstáculo, sino como un camino hacia la adquisición del conocimiento, presentando elementos que pueden ser considerados en el desarrollo del *feedback* para el estudiante, ya sea que se haga automáticamente o no.

Los diferentes enfoques del conocimiento matemático se pueden utilizar en beneficio del aprendizaje. Esto permite a los docentes identificar cómo los estudiantes conciben determinados contenidos matemáticos y, a partir de esa comprensión, planificar acciones, discusiones y actividades para promover el aprendizaje. Como destaca Buriasco (2002) y citado en Buriasco y Soares (2012, p. 114), el proceso de evaluación en matemáticas debe resaltar, entre otros aspectos:

- La forma en que el estudiante interpretó la resolución de una pregunta para dar una respuesta.
- Las elecciones hechas por el estudiante, en el intento de afrontar la situación propuesta en la pregunta.
- Los conocimientos matemáticos que utilizó.
- Si los estudiantes utilizan las matemáticas vistas en clase.
- La forma en que el estudiante se comunica matemáticamente, demostrando su capacidad para expresar ideas matemáticas, de forma oral o escrita, presentes en el procedimiento que utilizó para afrontar la situación propuesta.

Deeva *et al.* (2021) destacan que la implementación de sistemas de *feedback* automático en el ámbito educativo mejora la interacción y el compromiso de los estudiantes. Este proceso también permite a los docentes observar de cerca las respuestas de los estudiantes y el impacto de la *feedback* inmediato, enriqueciendo su comprensión de las metodologías pedagógicas y el uso de herramientas digitales. Shum *et al.* (2023) enfatizan que desarrollar competencias en tecnologías de *feedback* automático capacita a los profesores para diseñar actividades de aprendizaje más efectivas y personalizadas, ampliando su conocimiento sobre las necesidades y progresos individuales de los estudiantes y mejorando su práctica pedagógica. Celik *et al.* (2022) sugieren que los profesores que dominan estas tecnologías son más capaces de adaptar su enseñanza a las necesidades de los estudiantes. Barana *et al.* (2020) y De Angelis y Miranda (2023) subrayan que la implementación de sistemas de *feedback* automático facilita la autoevaluación y el desarrollo profesional continuo de los docentes.

La diversificación de los instrumentos utilizados en la evaluación, especialmente con el uso de tecnologías, es fundamental. Además, es crucial planificar el desarrollo de estos instrumentos para definir claramente lo que se pretende evaluar.

1.4 Pensamiento computacional subsidiando recursos con feedback automático

Consideramos que comprender el pensamiento computacional por parte de los docentes puede ser un primer paso para sumergirlos en la escuela y apoyar el proceso de evaluación y creación de recursos con *feedback* automático. La introducción de sus conceptos y prácticas en los cursos de formación e indicados en la literatura, puede influir efectivamente en la enseñanza de los docentes sobre el tema, tener impactos positivos en su trabajo y en la formación futura de los estudiantes. Los profesores de matemáticas juegan un papel crucial en este escenario, ya que las matemáticas asumen el papel de lenguaje y ciencia común en este contexto. En este sentido, el conocimiento científico necesario para los docentes de la escuela básica, especialmente en el área de matemáticas y ciencias, incluye, en su práctica, la comprensión del pensamiento computacional.

Al sugerir caminos para el desarrollo del pensamiento computacional, los autores Grover y Pea (2021) indican conceptos del pensamiento computacional como lógica y pensamiento lógico, algoritmos y pensamiento algorítmico, patrones y reconocimiento de patrones, abstracción y generalización, evaluación y automatización y resaltan que las prácticas del pensamiento computacional implica: descomposición de problemas, creación de artefactos computacionales, pruebas y depuración (*debugging*) y refinamiento iterativo (desarrollo incremental).

Estudios realizados y publicados por investigadores en Educación Matemática y Pensamiento Computacional, identifican conceptos y prácticas cercanas y relevantes para la enseñanza y el aprendizaje de la Matemática, reconocidos en las investigaciones realizadas, en un intento de solidificar el acercamiento de las dos áreas ¿Cómo consolidar este enfoque en la práctica docente?

En Brasil, la Base Curricular Común Nacional (BNCC) indica el desarrollo de un conjunto de habilidades y capacidades a lo largo de la Educación Básica, con el objetivo de preparar a los estudiantes para comprender y resolver problemas en situaciones cotidianas, como el uso crítico y responsable de las tecnologías digitales y el desarrollo del pensamiento computacional, que “implica las capacidades de comprender, analizar, definir, modelar, resolver, comparar y automatizar problemas y sus soluciones, de manera metódica y sistemática, a través del desarrollo de algoritmos” (Brasil, 2018, p. 474).

El perfil transdisciplinario e innovador de la Educación Matemática permite su mejora en la enseñanza y el aprendizaje de la Matemática a través del desarrollo de otras áreas del conocimiento que permitan el desarrollo del razonamiento matemático, como el pensamiento computacional.

Algunos autores como Wing (2006), Lu y Fletcher (2009) y Grover y Pea (2021) entienden el aporte del pensamiento computacional en la Educación Matemática como un intento de identificar, como en la investigación de Kallia, Van Borkulo, Drijvers, Barendsen y Tolboom (2021), qué caracteriza al pensamiento computacional en la Educación Matemática y qué aspectos del pensamiento computacional pueden ser considerados en la Educación Matemática.

Según Valente (2016), las investigaciones relacionadas con el pensamiento computacional encontradas en la literatura se pueden dividir en prácticamente tres grandes bloques: la naturaleza del pensamiento computacional y cómo se puede evaluar (cómo identificar el pensamiento computacional en el alumno); la formación de educadores para desarrollar actividades que exploren los conceptos del pensamiento computacional, especialmente integrados en actividades curriculares; y la implementación en la escuela de actividades que exploren el pensamiento computacional y los beneficios que estas actividades producen. Evidentemente, esta clasificación tiene un carácter puramente didáctico, ya que los contenidos de estos tres bloques están estrechamente relacionados. (Valente, 2016, p. 867).

En línea con las ideas de Valente (2016), esta investigación tuvo como objetivo capacitar a profesores de educación básica en el desarrollo de una comprensión sobre la viabilidad de los recursos de evaluación para el aprendizaje de los estudiantes, creyendo en su propia efectividad para la construcción de actividades en el contexto del *feedback* automático, utilizando tecnologías. Los recursos creados tienen la capacidad de simular sistemas de tutoría inteligentes (STI), diseñados para interactuar con estudiantes y docentes a través de su interfaz, ayudando a mejorar la práctica docente y abordando conceptos matemáticos que contribuyen al aprendizaje de los estudiantes.

En 2018, Hickmott *et al.* (2018) señalaron que la mayoría de los estudios relacionados con el pensamiento computacional se centraron en la enseñanza de la programación, con poca exploración de otros conceptos matemáticos. Investigaciones recientes en educación matemática destacan la importancia del pensamiento computacional para la comprensión y preparación de los estudiantes para la era digital (Muhammad *et al.*, 2024). Sin embargo, es necesario explorar más a fondo la integración del PC, con énfasis en los enfoques cognitivos y críticos (Sezer y Namukasa, 2023). Las actividades de PC demuestran un impacto positivo y se perciben como herramientas valiosas para desarrollar habilidades de resolución de problemas (Ramaila y Shilenge, 2023).

En el contexto del *feedback*, si bien los libros digitales ofrecen *feedback* automatizada, no siempre promueven el desarrollo conceptual deseado (Rezat, 2021). Existe una demanda de investigaciones adicionales sobre el valor pedagógico de los errores de los estudiantes en el contexto del PC y el *feedback* en la educación matemática. Estudios como el de Subramaniam *et al.* (2022) y Kallia *et al.* (2021) enfatizan la importancia de la resolución de problemas y los procesos cognitivos, que son aspectos clave de la PC. Sezer y Namukasa (2023) destacan la necesidad de un enfoque crítico de PC para abordar los errores de los estudiantes de una manera más refinada.

Esta investigación tuvo como objetivo capacitar a docentes para crear recursos de evaluación con *feedback* automático, utilizando tecnologías, para el aprendizaje de matemáticas mediante la exploración de conceptos de pensamiento computacional. Se buscó identificar qué estrategias podrían ser necesarias para acompañar la formación continua de los docentes en sus interacciones en la construcción de recursos con *feedback* automático y las posibilidades que ofrecen las tecnologías.

El *feedback* es considerado por Narciss (2008) como:

[...] tareas de aprendizaje interactivas (basadas en computadora) proporcionadas por una fuente externa de información (por ejemplo, un programa de instrucción, un maestro) para contribuir a la regulación del proceso de aprendizaje de tal manera que los estudiantes adquieran el conocimiento y habilidades necesarias para dominar estas tareas. (Narciss, 2008, p. 127)

Se exploraron preguntas como: ¿Cómo interpreta el profesor los posibles errores de los estudiantes en un contexto matemático? ¿Cuál es la naturaleza de su intervención y qué tipo de instrucción brinda a los estudiantes? ¿Qué *feedback* se considera en este proceso? ¿Cuál es la función del *feedback* automático y en qué etapas del proceso de aprendizaje entra en juego y de qué manera? Estas preguntas fueron fundamentales y algunas respuestas se perfilaron durante las reuniones, hasta completar el proyecto.

Nicol y Macfarlane-Dickb (2006) consideran que las buenas prácticas de *feedback* se definen de manera amplia como cualquier estrategia que pueda fortalecer la capacidad de los estudiantes para autorregular su propio desempeño e indican los siguientes siete principios:

1. Ayude a aclarar cómo es un buen desempeño (metas, criterios, estándares esperados).
2. Facilitar el desarrollo de la autoevaluación (reflexión) en el aprendizaje.
3. Proporcionar información de alta calidad a los estudiantes sobre su aprendizaje.
4. Fomentar el diálogo entre profesores y compañeros sobre el aprendizaje.
5. Fomentar creencias motivacionales positivas y autoestima.
6. Brindar oportunidades para cerrar la brecha entre el desempeño actual y el deseado.
7. Proporcionar información a los profesores que pueda utilizarse para ayudar a dar forma a la enseñanza.

Buriasco y Soares (2012) enfatizan que la práctica de evaluar debe desarrollarse junto con actividades de aprendizaje matemático, considerando la evaluación como parte integral del proceso de aprendizaje. Es en la creación de recursos de evaluación con *feedback* automático donde se pueden considerar las habilidades del PC.

Esta investigación puede considerarse de fundamental importancia para la formación docente en el contexto del pensamiento computacional y ciertamente ampliará el diálogo deseado para atender una demanda bien caracterizada en la línea de investigación de Tecnologías de la Información y Educación Matemática.

2. Metodología

Este estudio, de carácter cualitativo, se desarrolló en una dinámica guiada por la participación activa y colaborativa en actividades prácticas y teóricas, estimulando la asociación entre práctica y teoría y la manipulación y análisis de situaciones problemáticas. En reuniones en línea, a través de la plataforma Teams, se animó a los participantes a profundizar sus habilidades en la exploración de las tres áreas de investigación expuestas anteriormente en diferentes contenidos matemáticos.

Se llevó a cabo una serie de talleres colaborativos en los cuales participaron 12 docentes de diferentes países. Durante estos talleres, se implementaron varias estrategias para fomentar la colaboración y la creación conjunta de materiales educativos. Las estrategias incluyeron

planificación conjunta, uso de herramientas digitales colaborativas, y sesiones de *feedback* constante.

En el diseño del estudio de las actividades prácticas existió un trabajo supervisado por los coordinadores del proyecto, capacitando a los docentes para crear recursos de evaluación considerando las dificultades de los estudiantes en diferentes temas matemáticos y posibles estrategias para superarlas considerando los aportes teóricos presentados.

En la siguiente etapa se abordaron actividades centradas en las implicaciones conceptuales, teóricas y metodológicas de estos recursos en el contexto de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. Además, se exploraron las implicaciones del *feedback*, considerando los conceptos y prácticas del pensamiento computacional.

Se abordó en detalle la discusión de las implicaciones de algunas actividades en el ámbito de la investigación educativa, así como en la investigación matemática, buscando resaltar el potencial del pensamiento computacional para mejorar los recursos de evaluación con enfoque en el aprendizaje.

Planificar una experiencia docente implica crear una secuencia de tareas dentro del contexto del proyecto, que funcionan como una hipótesis de enseñanza. Estas tareas están sujetas a revisión y ajuste continuo, como destacan Cobb *et al.* (2003).

La expectativa es que los recursos desarrollados en colaboración se integren en la práctica docente con los estudiantes. Además, se pretende compartir experiencias obtenidas en otros estudios, brindando oportunidades de perfeccionamiento y promoviendo la difusión de estas prácticas.

2.1 Procedimientos metodológicos del proyecto

Además de los tres coordinadores, participaron en este estudio 12 participantes, 3 de los cuales eran brasileños, 3 caboverdianos (1 profesora con dos de sus alumnos) y 6 portugueses, y las reuniones mensuales se realizaron de septiembre de 2023 a junio. 2024.

En la primera reunión, los participantes se presentaron y todos se involucraron, de alguna manera, en sus respectivas capacitaciones y actividades con la Educación Matemática. Los coordinadores presentaron el proyecto, sus objetivos y los aportes teóricos que sustentaron las ideas y actividades a desarrollar.

Se presentaron lineamientos para el uso de la plataforma Microsoft Teams, en cuanto al acceso a los materiales de apoyo disponibles, como textos, la forma de compartir pantalla y otras indicaciones para apoyar las acciones de los participantes en las reuniones.

Se discutió, en particular, sobre los “errores” de los estudiantes en su práctica docente, destacando la importancia de identificar los errores que puedan surgir en cada acción o actividad y regresar, con *feedback* parcial, para seguir el razonamiento del estudiante en cada paso, pensando en un hipotético camino de respuesta a dar, para apoyar la construcción de la respectiva aplicación a partir de acciones indicadas en el contexto del pensamiento computacional.

Se sugirió a los participantes formar grupos de trabajo eligiendo un determinado contenido matemático que fue identificado como importante para sus respectivas prácticas. De esta manera, se crearon cinco grupos para desarrollar propuestas de actividades con *feedback*

automático sobre los siguientes temas: trigonometría; música y pensamiento computacional; funciones cuadráticas; funciones exponenciales y números enteros. Estas elecciones sugieren que ya existía algún conocimiento, por parte de los participantes, sobre las dificultades de los estudiantes en contextos matemáticos.

Para cada grupo se creó un espacio en Teams para reunirse, discutir y desarrollar sus propuestas y, de esta manera, hubo oportunidad de conocerse y discutir el tema elegido, considerando siempre conceptos y habilidades de pensamiento computacional. Cada grupo se reunió por separado en sus respectivos espacios para discutir ideas iniciales. Algunas de estas reuniones fueron grabadas y entre ellos estipularon un plan de trabajo conveniente para cada uno: ya sea con reuniones en el propio grupo Teams, o por correo electrónico o incluso vía WhatsApp.

3. Resultados

En el grupo de trigonometría, dos estudiantes de la carrera de matemáticas de la Universidad de Cabo Verde, con la cooperación de los profesores participantes en el proyecto (Cabo Verde y Brasil), desarrollaron aplicaciones, respectivamente, para cursos de matemáticas e ingeniería y para educación secundaria, correspondiente a la enseñanza media en Brasil y reconocer las dificultades que presentan los estudiantes de estos respectivos cursos en este contenido. Uno de los integrantes del grupo presentó aplicaciones construidas en GeoGebra sobre el tema de trigonometría para educación secundaria involucrando razones trigonométricas, ley de senos y cosenos y triángulos rectángulos, círculos trigonométricos, entre otros. Se trata de aplicaciones interactivas con el objetivo de proporcionar a los estudiantes un enfoque práctico y atractivo para comprender los conceptos fundamentales de la trigonometría. Según el autor de la propuesta, “a través de estas actividades, los estudiantes tienen la oportunidad de aplicar sus conocimientos teóricos, recibir *feedback* inmediato y mejorar sus habilidades prácticas en la resolución de problemas geométricos y trigonométricos”.

Siguiendo en trigonometría para cursos de educación superior, una de las aplicaciones construidas por otro miembro del grupo, llamada “Álgebra de Funciones”, tiene como objetivo permitir al estudiante comprobar cómo las diferentes operaciones algebraicas entre funciones trigonométricas afectan el resultado de la operación. Una forma visual que permite una mejor comprensión de cómo se comportan en el plano cartesiano. El grupo de trigonometría, al justificar la creación de las aplicaciones, en el contexto de Cabo Verde, argumenta que radica en las dificultades que encuentran los estudiantes en el aprendizaje de contenidos de trigonometría. El objetivo del grupo es intentar contribuir a mejorar el aprendizaje de estos contenidos, creando aplicaciones interactivas, innovadoras y didácticas de *feedback* que puedan complementar los conocimientos de trigonometría del estudiante.

En el tema sobre Función Exponencial, los participantes presentaron una aplicación que consiste en completar una tabla con los valores x e y de una determinada función exponencial del tipo $f(x)=a^x$ y observar la representación gráfica formada en el plano cartesiano por sus puntos. El objetivo principal es motivar a los estudiantes a estudiar funciones exponenciales, brindando una introducción práctica e interactiva a través de la herramienta GeoGebra. Los estudiantes reciben consejos y correcciones inmediatas al resolver actividades interactivas, promoviendo la autonomía y corrigiendo conceptos erróneos. Así, se crearon dos tipos de *feedback*: asistencia y felicitación.

El grupo temático de música y matemáticas presentó sus ideas iniciales a través de un vídeo y el software que utilizan: GeoGebra y Sonic Py para crear música y que permite emitir sonidos

a través de códigos en la línea de construcción de la escala musical, trabajando por separado de la armonía y profundizando en el tema en tres niveles para que, en el último, haya una producción musical en la que reproducirían una canción de referencia. Consideraron, en términos de *feedback*, orientación, por ejemplo, cuando el sonido no tiene el sonido adecuado. Es importante resaltar que ambos softwares son de código abierto, tienen bajos requisitos de hardware y están disponibles en todos los sistemas operativos más comunes. La propuesta pretendía combinar conocimientos musicales con conceptos de programación, en diferentes plataformas, promoviendo la autonomía y estimulando el desarrollo del pensamiento computacional.

Los miembros del grupo de funciones cuadráticas tuvieron dificultades para reunirse en la plataforma Teams y se reunieron a través de Google Meet. Comentaron que estaban pensando en crear diferentes retroalimentaciones basadas en requisitos previos para estudiar la función cuadrática, de modo que los estudiantes pudieran identificar visualmente la traza correspondiente a la representación gráfica de una función cuadrática. Comenzaron a trabajar desarrollando un libro electrónico en la plataforma GeoGebra en el que se presenta *feedback* paso a paso según las preguntas que responden los estudiantes. El grupo tuvo dificultades para generar *feedback* automático en GeoGebra y no pudo completar la solicitud, pero mostró determinación para seguir adelante con la propuesta y seguirá siendo guiado.

El grupo de enteros desarrolló aplicaciones dirigidas a estudiantes de 2° año de 1° Ciclo de Educación Básica y consiste en un desafío en el que la misión del estudiante es gastar 30 monedas en una sola compra de pan y/o baguettes para tener la oportunidad de experimentar un enfoque más interactivo y colaborativo, desarrollando habilidades de resolución de problemas, pensamiento crítico y creatividad. Además, el uso del software puede aumentar la motivación de los estudiantes, haciendo que las clases sean más dinámicas e interesantes. Se advirtió a los integrantes del grupo que, en el caso de adquirir productos diferentes, necesitarían utilizar ecuaciones diofánticas en la aplicación, lo que conllevaba la posibilidad de que la pregunta tuviera diferentes soluciones y pudiera presentar dificultades en su construcción.

La implementación de la aplicación en el aula se encuentra en proceso y sus resultados podrán ser evaluados en su momento. Las primeras impresiones de las implementaciones iniciales demostraron cómo un recurso digital con *feedback* automático puede ayudar a la autonomía de los estudiantes a la hora de desarrollar estrategias de solución y hacer que el proceso de aprendizaje sea más atractivo.

3.1 Algunos testimonios de los participantes

Se puso a disposición de los 12 participantes un formulario, 11 de los cuales respondieron a las preguntas formuladas. Al ser consultados sobre el uso de la tecnología, todos respondieron afirmativamente que de una forma u otra la tecnología está presente en su respectiva práctica docente.

Con la pregunta ¿cómo cree que las habilidades relacionadas con el pensamiento computacional pueden ser beneficiosas para la enseñanza y evaluación de las matemáticas? manifestaron, en general, que tienen una percepción positiva respecto de las ventajas del pensamiento computacional para la enseñanza y la evaluación en Matemáticas, destacando su aplicabilidad práctica, el desarrollo de habilidades cognitivas y la promoción de un enfoque más amplio en el proceso educativo, contribuyendo a la problemática. Uno de los docentes afirma que dado que el pensamiento computacional es el proceso de pensar y resolver problemas de forma lógica y metódica, es de gran interés para la disciplina de las Matemáticas.

También desarrolla habilidades, como la capacidad de descomponer problemas en partes más pequeñas, encontrar patrones y relaciones y utilizar algoritmos y estructuras de datos para resolver problemas, que es lo que hacemos todos los días en las clases de Matemáticas.

Las respuestas a la otra pregunta ¿Cómo percibe el uso del error de los estudiantes como parte del proceso de evaluación? presentó puntos comunes y destacó una visión positiva del error como parte integral del proceso de aprendizaje y evaluación, destacando su importancia como herramienta esencial para el desarrollo de los estudiantes y ajustes en las prácticas educativas. Uno de los participantes aporta su percepción afirmando que el error ha sido uno de los impulsores del éxito en mis clases. Aprender de los errores, darse cuenta de los errores, corregirlos, no avergonzarse de equivocarse, son parte de mi debate en clase con los estudiantes y la exploración autónoma del proceso de enseñanza-aprendizaje. El error ya no es visto como un fracaso y mis alumnos empiezan a entenderlo como una oportunidad de aprendizaje.

Respecto a las expectativas de participación en el proyecto de investigación, los participantes resaltaron la importancia del aprendizaje colectivo, el aporte a la mejora de la enseñanza, la aplicación práctica en el aula, el desarrollo profesional y la exploración de nuevos recursos y herramientas. La diversidad de estas expectativas sugiere un grupo comprometido y motivado para maximizar los beneficios del estudio.

En el último encuentro hubo integración de grupos e intercambio de ideas creadas en el contexto de cada uno. Durante este encuentro se recuperaron propuestas de cada grupo, reforzando la idea de comprender el error, los conceptos y la práctica del pensamiento computacional y el *feedback* automático. Y también fueron felicitados por las aplicaciones construidas, esperando verlas aplicadas en la práctica docente de cada persona.

4. Discusión

Este estudio presenta una experiencia de trabajo colaborativo con el objetivo de identificar estrategias necesarias para acompañar la formación y las interacciones entre docentes en la construcción de recursos con *feedback* automático en el contexto del pensamiento computacional y la educación matemática en diferentes temas.

Uno de los grupos de trigonometría, compuesto por estudiantes de matemáticas de la Universidad de Cabo Verde, con la colaboración de profesores de Cabo Verde y Brasil, desarrolló herramientas interactivas utilizando GeoGebra para facilitar el aprendizaje de trigonometría y otros temas matemáticos, con el objetivo de superar las dificultades que enfrentan los estudiantes de diferentes niveles educativos.

Una de las aplicaciones desarrolladas por este grupo se centra en la trigonometría para educación secundaria, abarcando razones trigonométricas, leyes de senos y cosenos y el círculo trigonométrico. Estas aplicaciones son interactivas y tienen como objetivo brindar a los estudiantes un enfoque práctico y atractivo para comprender los conceptos fundamentales de trigonometría. Los autores de la propuesta destacan que, a través de estas actividades, los estudiantes pueden aplicar sus conocimientos teóricos, recibir *feedback* inmediato y mejorar sus habilidades en la resolución de problemas geométricos y trigonométricos. Otra aplicación, denominada "Álgebra de Funciones", fue desarrollada para cursos de educación superior y permite a los estudiantes visualizar cómo las diferentes operaciones algebraicas entre funciones trigonométricas afectan los resultados, promoviendo una mejor comprensión en el plano cartesiano.

Uno de los integrantes del grupo afirmó que a lo largo del recorrido, fue un gran placer que pudiera ser parte de este proyecto, donde aprendí varias lecciones, y tuvo la oportunidad de desarrollar habilidades de programación y documentación con el desarrollo de estas aplicaciones. Fue un gran desafío familiarizarse con GeoGebra, ya que nunca había tenido la oportunidad de explorar este programa con tanta profundidad. Otro miembro del grupo afirmó que la participación en reuniones con profesores colaboradores brindó valiosas oportunidades para la interacción y el *feedback* constructivo. Estas interacciones contribuyeron significativamente a la mejora de las aplicaciones, asegurando que cumplieran con los requisitos pedagógicos y promovieran el aprendizaje efectivo en el campo de la trigonometría.

Para el tema de funciones exponenciales, el grupo de Portugal y Brasil presentó una aplicación que consistía en completar tablas con valores de x e y para funciones del tipo $f(x)=a^x$ y observar la representación gráfica. El objetivo es motivar a los estudiantes a estudiar funciones exponenciales de forma práctica e interactiva, recibiendo *feedback* inmediato para corregir errores y reforzar conceptos. Los componentes de este grupo declaran que la participación en el proyecto privilegió la colaboración en el desarrollo e implementación de recursos de evaluación basados en tecnología, centrándose en el *feedback* automático y el desarrollo del pensamiento computacional. Trabajamos estrechamente con otros involucrados para garantizar que el proyecto cumpla sus objetivos, promoviendo la innovación en la práctica docente y mejorando el aprendizaje de los estudiantes en matemáticas.

Otro grupo de Portugal utilizó GeoGebra y Sonic Py para crear una aplicación que relaciona música y matemáticas, permite la creación de sonidos a través de códigos y trabaja conceptos de armonía musical en tres niveles de complejidad, culminando con la reproducción de una canción de referencia. Este enfoque tiene como objetivo integrar el conocimiento musical con la programación, promoviendo la autonomía y el desarrollo del pensamiento computacional. Los participantes de este grupo afirman que esta actividad hace una contribución válida al proyecto ya que es una opción de tarea que explora formas inusuales de abordar los objetivos del tema. Así, la intersección entre software de matemáticas y software de música pretende convertirse en un nuevo campo de exploración para estudiantes y profesores, creando nuevos enfoques metodológicos, nuevas motivaciones y abriendo puertas a un conjunto de tareas que exploran la música a través del estudio y aplicación de conceptos matemáticos. Combinando la motivación que proporciona la música, la lógica de las matemáticas y la organización algorítmica de la programación, se pretende simplificar la adquisición de conocimientos en estas tres áreas y crear objetivos de aprendizaje comunes que las atravesasen de forma extremadamente motivadora y gratificante.

El grupo de Portugal dedicado a funciones cuadráticas enfrentó dificultades técnicas y organizativas, pero desarrolló un libro electrónico sobre GeoGebra, donde se presenta *feedback* a medida que los estudiantes responden las preguntas. A pesar de las dificultades, mostraron determinación para continuar el proyecto.

Una aplicación para alumnos de 2º de Educación Básica, desarrollada por otro grupo de Brasil y Portugal, plantea el desafío de gastar 30 monedas en pan y baguettes, fomentando la resolución de problemas y el pensamiento crítico. Los componentes de este grupo consideran que los conceptos y prácticas de pensamiento computacional mencionados en el proyecto pudieron percibirse en el proceso de construcción de actividades y en el proceso de formación de los docentes participantes: fuimos provocados en el uso de nuestra lógica, identificamos problemas, construimos y reconstruimos estrategias durante el proceso, delineamos secuencias que tuvimos que abandonar o rehacer, intentamos y cometemos errores muchas veces, probamos, perfeccionamos.

Las aplicaciones fueron evaluadas en base a las impresiones iniciales de implementación en el aula, demostrando que el uso de recursos digitales con *feedback* automático puede apoyar la autonomía de los estudiantes y hacer más atractivo el proceso de aprendizaje.

Los participantes destacaron la importancia de la tecnología en la práctica docente y la utilidad del pensamiento computacional en la enseñanza de las matemáticas. También reconocieron el valor del error como parte del proceso de aprendizaje, visto como una oportunidad de crecimiento y ajuste de las prácticas educativas.

Al analizar las discusiones de las sesiones y las tareas creadas por los participantes del proyecto, se notó que la capacitación de los docentes en la creación de tareas con *feedback* automático no solo mejoró sus habilidades técnicas, sino que también amplía su comprensión pedagógica, tal como referido en estudios anteriores (Shum *et al.*, 2023; De Angelis y Miranda, 2023; Barana *et al.* 2020). Este proceso de adaptación continua es crucial para el desarrollo profesional de los docentes, permitiéndoles aplicar estrategias más innovadoras y efectivas en el aula mismo que no usen tareas con *feedback* automático, pues las competencias desarrolladas implican una reflexión a profundada sobre el conocimiento didáctico de los profesores participantes estimulada por el proceso de producción de la matriz de elaboración de las tareas con *feedback* automático (Dos Santos *et al.*, 2022) onde se conjugan los diferentes tipos de conocimientos del profesor e como refieren Celik *et al.* (2022) el dominio de estas tecnologías mejoran su capacidad de promover un aprendizaje más personalizado y efectivo .

La iniciativa de este proyecto demuestra un importante esfuerzo de colaboración en la creación de herramientas educativas innovadoras con el objetivo de identificar estrategias necesarias para acompañar la formación y las interacciones entre docentes en la construcción de recursos con *feedback* automático en el contexto del pensamiento computacional y la educación matemática, en diferentes temas, y abordar las dificultades en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. El uso de la tecnología y el *feedback* interactivo promete enriquecer la experiencia educativa, promoviendo una mayor participación y autonomía de los estudiantes. La diversidad de aplicaciones y temas cubiertos refleja la amplia aplicabilidad de las herramientas desarrolladas y la dedicación de los participantes para mejorar la enseñanza de las matemáticas en los diferentes niveles de educación y a través de las herramientas digitales que facilitaron la colaboración a distancia.

5. Conclusiones

Este artículo presenta el desarrollo de una encuesta realizada con 12 participantes, de forma remota a través de la plataforma Microsoft Teams, en el contexto de un proyecto de formación docente en países de habla portuguesa, como Brasil, Portugal y Cabo Verde, para la creación de recursos. sobre *feedback* automático en el contexto del pensamiento computacional y el uso de tecnologías digitales, con reuniones mensuales, realizadas desde septiembre de 2023 hasta junio de 2024.

Se buscó identificar en este estudio qué estrategias eran necesarias para acompañar esta formación y las interacciones entre docentes para construcción de recursos para una evaluación eficaz, con foco en identificar y tratar errores en el aprendizaje, especialmente en matemáticas. El estudio se basó en tres áreas principales: evaluación del aprendizaje (incluida la evaluación sumativa, formativa y de instrumentos de aprendizaje), evaluación en educación matemática (con énfasis en el manejo de errores) y evaluación considerando el pensamiento computacional para el *feedback* automático. Como resultado de esta experiencia, se

identificaron tres estrategias clave: la planificación conjunta, el uso de herramientas digitales colaborativas, y la *feedback* constante entre pares.

El artículo explora diferentes generaciones de evaluación, desde la primera generación (descontextualizada) hasta la cuarta generación (constructivista y colaborativa), destacando la importancia del *feedback* y la evaluación formativa, en particular, la evaluación en Educación Matemática, discutiendo la necesidad de una adecuada formación de los docentes. en la evaluación y la importancia de entender el error como una herramienta de aprendizaje, más que como un fracaso.

Durante el desarrollo del proyecto se presentó y discutió, con los participantes, literatura sobre evaluación, errores estudiantiles, pensamiento computacional y *feedback* automático, aportando un nuevo enfoque al campo de las ciencias cognitivas y su inserción en la educación básica, como una habilidad de abstracción diferenciada que ayuda a los estudiantes en su aprendizaje. En este contexto, discutimos cómo el pensamiento computacional puede integrarse en la educación matemática y cómo sus conceptos y prácticas pueden usarse para crear recursos de evaluación con *feedback* automático, como los sistemas de tutoría inteligentes.

El estudio, de carácter cualitativo, implicó la participación activa y colaborativa de los docentes en actividades prácticas y teóricas, centrándose en la creación de recursos de evaluación con *feedback* automático en diferentes áreas de las matemáticas, y los resultados del proyecto muestran que los docentes tienen una percepción efecto positivo sobre el *feedback* automático y el pensamiento computacional en la educación matemática y demostraron interés en aprender y aplicar estos enfoques en sus prácticas. Los docentes reportaron un aumento en la calidad de los recursos creados y una mejora en su propia formación profesional. Además, se observaron interacciones positivas que promovieron un ambiente de aprendizaje colaborativo.

Cuestiones fundamentales, como el propósito de el *feedback* automático y en qué momentos se inserta en el proceso de aprendizaje, así como las formas en que se implementa, fueron aclaradas a lo largo del proyecto e, idealmente, hasta su finalización.

El artículo concluye destacando la importancia de la formación continua del profesorado y el potencial del *feedback* automático y el pensamiento computacional para mejorar la evaluación y el aprendizaje en matemáticas.

El trabajo colaborativo entre docentes no solo mejora la calidad de los recursos educativos, sino que también enriquece la formación profesional de los docentes. Esta experiencia demuestra que las estrategias específicas pueden ser efectivas para fomentar la colaboración y la creación conjunta de materiales educativos. Futuras investigaciones podrían enfocarse en explorar cómo adaptar estas estrategias a diferentes contextos educativos.

Para trabajos futuros, esperamos publicar las aplicaciones, para que estén disponibles en línea, con el fin de contribuir a la formación de docentes sobre *feedback* automático en el contexto del pensamiento computacional, reflejando así positivamente en el aprendizaje de los estudiantes.

6. Referencias

- Abar, C. A.A.P., Santos, J. M. S. y Almeida, M. V. (2021). Computational Thinking in Basic School in the Age of Artificial Intelligence: Where is the Teacher? *Revista Acta Scientiae*, 23, 270-299. <http://dx.doi.org/10.17648/acta.scientiae.6869>
- Abar, C. A.A.P., Santos, J. M. S. y Almeida, M.V. (2022). O GeoGebra como estratégia para ensino remoto: Criando atividades com feedback automático. *Sensos-e*, 9(2), 79-94. <https://doi.org/10.34630/sensose.v9i2.4249>
- Almeida, F. J. y Franco, M. G. (2011). *Avaliação para a aprendizagem: o processo avaliativo para melhorar o desempenho dos alunos*. Ática Educadores.
- Astolfi, J. P. (2003). *El "error", un medio para Enseñar* (2ª ed.). Dia da Editora.
- Barana, A., Fissore, C. y Marchisio, M. (2020). From standardized assessment to automatic formative assessment for adaptive teaching. *Proceedings of the 12th International Conference on Computer Supported Education*. 12th International Conference on Computer Supported Education, Prague, Czech Republic. <https://dx.doi.org/10.5220/0009577302850296>
- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília.
- Brousseau, G. (2008). *Introdução ao Estudo das Situações Didáticas: conteúdos e métodos de ensino*. Ática.
- Brousseau, G. (1976). Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques. En W. Vanhamme y J. Vanhamme (Eds.). *La problématique et l'enseignement de la mathématique* (pp. 101-117). Louvain-la-Neuve. <https://acortar.link/Ued0GL>
- Buckingham Shum, S., Lim, L.-A., Boud, D., Bearman, M. y Dawson, P. (2023). A comparative analysis of the skilled use of automated feedback tools through the lens of teacher feedback literacy. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00410-9>
- Buriasco, R. L. C. y Soares, M. T. C. (2012). Avaliação de sistemas escolares: da classificação dos alunos à perspectiva de análise de sua produção matemática. En W. R. Valente (Org.). *Avaliação em matemática: histórias e perspectivas atuais* (pp. 101-142). Papirus.
- Celik, I., Dindar, M., Muukkonen, H. y Järvelä, S. (2022). The promises and challenges of artificial intelligence for teachers: A systematic review of research. *TechTrends: For Leaders in Education & Training*, 66(4), 616-630. <https://doi.org/10.1007/s11528-022-00715-y>
- Cobb, P., Confrey, J., di Sessa, A., Lehrer, R. y Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), 9-13. <https://doi.org/10.3102/0013189X032001009>
- Cury, H. N. (2007). *Análise de erros: o que podemos aprender com as respostas dos alunos*. Editora Autêntica.

- De Angelis, M. y Miranda, S. (2023). A personalized feedback system to support teacher training. *Research on Education and Media*, 15(1), 30-39. <https://doi.org/10.2478/rem-2023-0005>
- Deeva, G., Bogdanova, D., Serral, E., Snoeck, M. y De Weerd, J. (2021). A review of automated feedback systems for learners: Classification framework, challenges and opportunities. *Computers & Education*, 162(104094), 104094. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104094>
- Dos Santos, J. M. D. S., Abar, C. A. A. P. y Almeida, M. V. de. (2022). Automatic feedback GeoGebra tasks – searching and opensource and collaborative intelligent interactive tutor. *Proceedings of the World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics*. 26th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics, Orlando, Florida, United States. <https://doi.org/10.54808/WMSCI2022.03.77>
- Fernandes, D. (2009). *Avaliar para aprender: fundamentos, práticas e políticas*. Unesp.
- Freitas, J. L. M. (2008). Teoria das Situações Didáticas. En S. D. A. Machado (Org.). *Educação Matemática: uma (nova) introdução* (pp. 77-111). EDUC.
- Fundação Lemann y PREAL. (2009). *Saindo da inércia? Boletim da Educação no Brasil*. Fundação Lemann.
- Grover, S. y Pea, R. (2018). Computational thinking: a competency whose time has come. En S. Sentance, E. Barendsen, y C. Schulte (Eds.). *Computer science education: perspectives on teaching and learning in school* (pp. 19-37). Bloomsbury Academic.
- Hickmott, D., Prieto-Rodriguez, E. y Holmes, K. (2018). A scoping review of studies on computational thinking in K-12 mathematics classrooms. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 4, 48-69. <https://doi.org/10.1007/s40751-017-0038-8>
- Hoffmann, J. (2013). *Avaliação: mito & desafio, uma perspectiva construtivista* (43ª ed.). Mediação.
- Lu, J. J. y Fletcher, G. H. L. (2009). Thinking about computational thinking. *SIGCSE Bulletin Inroads*, 41(1), 260-264. <http://dx.doi.org/10.1145/1539024.1508959>
- Kallia, M., Van Borkulo, S. P., Drijvers, P., Barendsen, E. y Tolboom, J. (2021). Characterising computational thinking in mathematics education: a literature-informed Delphi study. *Research in Mathematics Education*, 23(2), 159-187. <https://doi.org/10.1080/14794802.2020.1852104>
- Muhammad, I., Rusyid, H. K., Maharani, S. y Angraini, L. M. (2024). Computational thinking research in mathematics learning in the last decade: A bibliometric review. *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology (IJEMST)*, 12(1), 178-202. <http://dx.doi.org/10.46328/ijemst.3086>
- Narciss, S. (2008). Feedback strategies for interactive learning tasks. En J. J. G. Van Merriënboer, J. M. Spector, M. D. Merrill y M. P. Driscoll (Eds.). *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 125-144). Lawrence Erlbaum Associates.
- Nicol, D. J. y Macfarlane-Dick, D. (2006). Formative assessment and self-regulated learning: a model and seven principles of good feedback practice. *Studies in Higher Education*,

31(2), 199-218. <http://dx.doi.org/10.1080/03075070600572090>

- Ramaila, S. y Shilenge, H. (2023). Integration of computational thinking activities in grade 10 mathematics learning. *International Journal of Research in Business and Social Science*, 12(2), 458-471. <http://dx.doi.org/10.20525/ijrbs.v12i2.2372>
- Rezat, S. (2021). How automated feedback from a digital mathematics textbook affects primary students' conceptual development: Two case studies. *ZDM Mathematics Education*, 53(6), 1433-1445. <http://dx.doi.org/10.1007/s11858-021-01263-0>
- Sezer, H. B. y Namukasa, I. K. (2023). School and community practices of computational thinking in mathematics education through diverse perspectives. *Journal of Research in Science, Mathematics and Technology Education*, 6(Special Issue), 137-160. <https://doi.org/10.31756/jrsmte.617si>
- Subramaniam, S., Maat, S. M. y Mahmud, M. S. (2022). Computational thinking in mathematics education: A systematic review. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 17(6), 2029-2044. <http://dx.doi.org/10.18844/cjes.v17i6.7494>
- Türkdoğan, A. y Baki, A. (2021). The relationship between mistakes and feedback encountered in mathematics course in the 7th grade. *Journal of Computer and Education Research*, 9(17), 480-496. <http://dx.doi.org/10.18009/jcer.856700>
- Valente, J. A. (2016). Integração do pensamento computacional no currículo da educação básica: diferentes estratégias usadas e questões de formação de professores e avaliação do aluno. *Revista e-Curriculum*, 14(3), 864-897. <https://revistas.pucsp.br/index.php/curriculum/article/view/29051>
- Valente, W. R. (2012). Apontamentos para uma história da avaliação escolar em matemática. En W. R. Valente (Org.), *Avaliação em matemática: história e perspectivas atuais* (pp. 11-38). Papyrus.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <http://dx.doi.org/10.1145/1118178.1118215>

CONTRIBUCIONES DE AUTORES/AS, FINANCIACIÓN Y AGRADECIMIENTOS

Conceptualización: Dos Santos, JMDS; Abar, CAAP y Almeida, MV **Validación:** Dos Santos, JMDS; Abar, CAAP y Almeida, MV **Análisis formal:** Dos Santos, JMDS; Abar, CAAP y Almeida, MV **Curación en datos:** Dos Santos, JMDS; Abar, CAAP y Almeida, MV; **Redacción-Revisión y Edición:** Dos Santos, JMDS; Abar, CAAP y Almeida, MV **Supervisión:** Dos Santos, JMDS; Abar, CAAP y Almeida, MV **Administración de proyectos:** Dos Santos, JMDS; Abar, CAAP y Almeida, MV **Todos los autores leyeron y aceptaron la versión publicada del manuscrito:** Dos Santos, JMDS; Abar, CAAP y Almeida, MV.

Financiación: La investigación recibo financiación de la Pontificia Universidad Católica de São Paulo, Brasil, a través del proyecto PIPRINT-PG 2022; por el Centro de Investigación e Innovación en Educación (inED), a través de FCT - Fundação para a Ciência e a Tecnologia, IP, en el ámbito del proyecto UIDP/05198/2022 y el departamento de Matemáticas de la Universidad de Coimbra.

Agradecimientos: Este texto nace en el marco del proyecto PIPRINT Aviso Público 11929/2022 de la Pontificia Universidad Católica de São Paulo, Brasil, “Evaluación con el uso de tecnologías para el aprendizaje de Matemáticas: creación de recursos con *feedback* automático en el contexto de pensamiento computacional”

AUTORES:

José Manuel Dos Santos Dos Santos

Universidad de Coímbra.

Profesor Asistente Invitado del Departamento de Matemáticas de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad de Coímbra. Doctorado en Álgebra Computacional (2019) por la Universidad Abierta, con Maestría en Enseñanza de las Matemáticas (2000).

dossantos@uc.pt

Índice H: 7

ID de Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6830-6503>

ID de Scopus: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57190297454>

Google Acadêmico:

<https://scholar.google.com/citations?user=BRVeNnUAAAAJ&hl=pt-PT&oi=ao>

Celina Aparecida Almeida Pereira Abar

Pontificia Universidad Católica de São Paulo.

Profesor titular de la Pontificia Universidad Católica de São Paulo del Programa de Estudios de Posgrado en Educación Matemática de la PUC-SP. Doctor en Lógica Matemática por la Pontificia Universidad Católica de São Paulo (1985).

abarcaaap@pucsp.br

Índice H: 10

ID de Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-6685-9956>

ID de Scopus: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56030661600>

Google Acadêmico:

<https://scholar.google.com.br/citations?hl=pt-BR&user=yFVU6fwAAAAJ>

ResearchGate: <https://www.researchgate.net/profile/Celina-A-A-Abar>

Academia.edu: <https://pucsp.academia.edu/CelinaAbar>

Marcio Vieira de Almeida

Pontificia Universidad Católica de São Paulo.

Profesor Visitante en el Programa PROFMAT del Instituto Federal de Educación, Ciencia y Tecnología de São Paulo (IFSP). Licenciado en Matemáticas por la Universidad de São Paulo (2009). Doctorado en Educación Matemática por la Pontificia Universidad Católica de São Paulo (2017).

mvalmeida@pucsp.br

Índice H: 4

ID de Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7188-3806>

ID de Scopus: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57918108500>

Google Acadêmico:

<https://scholar.google.com.br/citations?user=zi7PV3oAAAAJ&hl=pt-BR>

Academia.edu: <https://pucsp.academia.edu/MarcioAlmeida>