

EcoTrashers: Un Juego Serio para Mejorar la Conciencia sobre el Reciclaje y la Educación Ambiental

EcoTrashers: A Serious Game to Improve Recycling Awareness and Environmental Education

**Arthur Valladares Hernandez
Giacummo**

Faculdade de Computação e
Informática

Universidade Presbiteriana
Mackenzie

São Paulo, Brasil

artur.giacummo@mackenzista.com.br

Leonardo Borim Silva

Faculdade de Computação e Informática
Universidade Presbiteriana Mackenzie

São Paulo, Brasil

leonardoborim.silva@mackenzista.com.br

Valéria Farinazzo Martins

Programa de Pós-Graduação em Computação
Aplicada

Universidade Presbiteriana Mackenzie

São Paulo, Brasil

Valeria.farinazzo@mackenzie.br

Recibido: 04.09.2024 | Aceptado: 11.12.2024

Palabras Clave

Juegos serios

Concienciación ambiental

Reciclaje

Aprendizaje Basado en
Problemas (ABP)

Resumen

Los juegos serios han evolucionado más allá del entretenimiento para convertirse en herramientas poderosas de compromiso social, aprendizaje y abordaje de cuestiones críticas. Este artículo explora la integración de los juegos serios con la educación ambiental, enfocándose en la concienciación sobre el reciclaje y la promoción de prácticas sostenibles. El proyecto desarrolló un juego serio, "EcoTrashers", con el objetivo de educar a los niños sobre cuestiones ambientales, particularmente el reciclaje. El juego fue diseñado siguiendo un enfoque de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), y su desarrollo abarcó todas las fases del ciclo de vida de sistemas interactivos. Aunque el juego no pudo ser probado con niños, fue evaluado con éxito por expertos en usabilidad, alcanzando una puntuación promedio de 4.04 sobre 5. Los resultados destacan el potencial de los juegos serios para aumentar la conciencia ambiental y fomentar comportamientos sostenibles, especialmente entre el público joven.

Keywords

Serious games

Environmental awareness

Recycling

Problem-Based Learning (PBL)

Abstract

Serious games have evolved beyond entertainment to become powerful tools for social engagement, learning, and addressing critical issues. This article explores the integration of serious games with environmental education, focusing on recycling awareness and the promotion of sustainable practices. The project developed a serious game, "EcoTrashers," aimed at educating children on environmental issues, particularly recycling. The game was designed following a problem-based learning (PBL) approach, and its development covered all phases of the interactive system's life cycle. Although the game could not be tested with children, it was successfully evaluated by usability experts, achieving an average score of 4.04 out of 5. The results highlight the potential of serious games to raise environmental awareness and foster sustainable behaviors, especially among young audiences.

1. Introducción

Los juegos serios han desempeñado un papel significativo en la sociedad moderna, evolucionando más allá del mero entretenimiento para convertirse en herramientas poderosas de

interacción social, aprendizaje e incluso en la resolución de problemas críticos en nuestro mundo (Granic, Lobel & Engels, 2014). En este contexto, surge un escenario de creciente relevancia para juegos que trascienden el ámbito del ocio,

abordando temas cruciales como la educación ambiental, la vulnerabilidad ambiental y la promoción del reciclaje.

Como se ha evidenciado, los videojuegos pueden influir en la sociedad, y la intersección entre los juegos serios y los temas socioambientales ofrece una oportunidad única para el compromiso y la concienciación. Dentro de esta convergencia, se vuelve imperativo profundizar en el contexto más amplio de las preocupaciones ambientales y la contaminación, ya que subyacen en la urgencia de incorporar el pensamiento sostenible en los juegos serios, especialmente para los niños (Colloca et al., 2018).

El medio ambiente ha enfrentado desafíos sin precedentes, incluyendo la contaminación de diversas fuentes, como las emisiones industriales, la eliminación inadecuada de residuos y el uso extensivo de materiales no reciclables. La contaminación representa una amenaza significativa para los ecosistemas, la biodiversidad y la salud humana, los que se destacaron en el Acuerdo de París, que proporcionó un marco para abordar los problemas del cambio climático y defender una solución (Li et al., 2023). Es crucial reconocer que los juegos serios pueden servir como herramientas efectivas no solo para concienciar sobre estos problemas ambientales, sino también para inculcar un sentido de responsabilidad y promover comportamientos sostenibles desde una edad temprana (Ishoj-Paris et al., 2021).

Por ejemplo, los juegos educativos pueden desempeñar un papel fundamental en el aprendizaje de conceptos relacionados con el reciclaje. La investigación de (Ishoj-Paris et al., 2021) destaca la importancia de comprender las sutilezas de la reciclabilidad, como, por ejemplo, reconocer que no todas las latas de refresco son universalmente reciclables debido a variaciones en los materiales. Integrar tales conocimientos en los juegos serios puede capacitar a los niños con el conocimiento necesario para tomar decisiones informadas sobre la gestión de residuos y las prácticas de reciclaje.

Por lo tanto, este trabajo busca enfatizar el profundo impacto que los juegos serios pueden tener en el cultivo de un pensamiento sostenible, especialmente entre los niños. Al explorar la asociación de los juegos serios con la educación ambiental, nuestro objetivo es contribuir a una comprensión más amplia de cómo las plataformas digitales pueden abordar de manera efectiva problemas críticos como la contaminación e inspirar cambios de comportamiento positivos para un futuro más sostenible, incluyendo el reciclaje y sus fundamentos como un componente clave.

Este artículo está estructurado de la siguiente manera. En la sección 2 se presentan los fundamentos teóricos. En la sección 3 se presenta la metodología de trabajo. La sección 4 es el núcleo del trabajo, trayendo todas las fases de desarrollo del juego. Finalmente, en la sección 5 se presentan las consideraciones finales del proyecto.

2. Fundamentos Teóricos

2.1 Juegos Serios

El concepto de juegos serios se centra en establecer un juego que pueda generar un impacto que promueva comportamientos positivos, así como resultados sociales y cognitivos en el jugador (Granic, Lobel y Engels, 2014). Además, este tipo de juego generalmente se construye en torno a un tema específico y objetivos bien definidos para lograr, como el cuidado de la salud, el emprendimiento, la educación, entre otros.

En los últimos años, el campo de los juegos serios ha experimentado un crecimiento significativo, tanto en términos de popularidad como de aplicaciones prácticas. Investigaciones recientes han destacado su potencial no solo en la educación, sino también en la modificación de comportamientos, ya que existen factores importantes que afectan cómo un jugador experimenta un juego serio (Rahimabad & Rezvani, 2020), y en la sensibilización respecto a su impacto en las HOTS (High Order Thinking Skills, o Habilidades de Pensamiento de Orden Superior) (Noh, Mohamed & Zin., 2021). Además, los juegos serios y los videojuegos en su sentido más amplio poseen recursos que permiten más creatividad y ofrecen más posibilidades a los autores y desarrolladores, y esto es algo positivo, ya que dado que la razón de la creación de juegos serios son problemas sociales reales (Li & Li, 2022), esta capacidad facilita al autor del juego elegir el género, el tipo de juego e incluso la tecnología más adecuada para impactar mejor al jugador.

Sin embargo, los juegos serios han encontrado ciertos obstáculos durante su integración como herramientas pedagógicas. Además de las preocupaciones sobre su eficacia educativa, a menudo se perciben como aburridos, con poca dificultad y limitados por recursos escasos (Tolentino et al., 2011). Estas percepciones suelen disuadir a los usuarios potenciales, dificultando incluso el compromiso inicial. Además, los juegos serios también pueden tener un gran impacto en los niños debido a sus objetivos enfocados y la mente abierta de los niños hacia los juegos. No obstante, hay algunos desafíos al orientar juegos serios hacia los niños, como el diseño del juego, que debe ser tanto simple como interesante; la dificultad y el diseño artístico, que pueden mejorar la inmersión en el juego y captar la atención de los niños. Adicionalmente, la integración de tecnologías emergentes como la realidad virtual y la inteligencia artificial en el desarrollo de juegos serios ha ampliado aún más su alcance e impacto. Estas herramientas tecnológicas permiten crear experiencias más personalizadas y envolventes que pueden adaptarse a diferentes contextos culturales y educativos, facilitando un aprendizaje más profundo y sostenible (Hammady & Arnab, 2022). Asimismo, la colaboración entre expertos de diversas disciplinas en la

creación de estos juegos contribuye a enfoques más holísticos y efectivos para resolver problemáticas complejas, fomentando la empatía y la comprensión entre los usuarios de diversas edades y antecedentes.

Otro desafío de los juegos serios es la comercialización y el ingreso que pueden generar, además del valor de desarrollo social y comportamental del juego, dado que en evaluaciones recientes de juegos enviados al Serious Games Festival (SeGaP), varios participantes tienen dificultades para equiparar el valor de desarrollo personal del juego con el retorno financiero (Shahidi et al., 2023). Este factor es importante, ya que, en un mercado tan competitivo, tener un juego serio no solo como un juego sino también como un producto posibilita la longevidad de los equipos de desarrollo y las empresas, y además, es un paso vital para un sistema de innovación.

Además, los juegos serios ofrecen una oportunidad única para abordar problemas sociales urgentes de manera atractiva e interactiva. Aprovechando el poder de la gamificación, los juegos serios pueden aumentar la conciencia sobre temas críticos (da Rocha et al., 2015). A través de narrativas inmersivas y jugabilidad interactiva, los juegos serios tienen el potencial de generar conversaciones significativas y provocar cambios en el mundo real.

En resumen, aunque los juegos serios enfrentan obstáculos en su integración como herramientas pedagógicas efectivas, su potencial para un impacto positivo no puede subestimarse. Al abordar los desafíos de diseño y refinar los enfoques de participación, los juegos serios pueden convertirse en poderosos instrumentos para la educación, el cambio social y el desarrollo personal. A medida que la tecnología continúa avanzando, las posibilidades de que los juegos serios moldeen el futuro del aprendizaje y el compromiso social son infinitas.

2.2 Medio Ambiente y Reciclaje

El reciclaje juega un papel importante en la preservación del medio ambiente, ya que contribuye a la reducción de la extracción de recursos naturales, el ahorro de energía y la disminución de la cantidad de residuos enviados a los vertederos. Además, el reciclaje tiene impactos positivos en la economía, generando empleos directos e indirectos en actividades relacionadas con la recolección, clasificación y procesamiento de materiales reciclables. Según un informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP, 2021), la industria del reciclaje puede contribuir al crecimiento económico sostenible, impulsando la innovación tecnológica y promoviendo la transición hacia una economía circular.

El medio ambiente no solo se ve influenciado por las actividades industriales a gran escala, sino también por los comportamientos individuales dentro del entorno familiar.

Investigaciones antiguas de (Dunlap y Van Liere, 2008) destacan la importancia del ambientalismo familiar en la formación de actitudes y comportamientos hacia los problemas ambientales. Acciones simples, como reducir el consumo de agua y energía, practicar la separación de residuos y adoptar opciones de estilo de vida sostenibles dentro del hogar, pueden contribuir colectivamente a los esfuerzos de conservación ambiental.

Los datos sobre los patrones de disposición de residuos revelan estadísticas alarmantes sobre el volumen de residuos reciclables y no reciclables generados a nivel mundial. Según un informe del (Banco Mundial, 2020), se generan anualmente en todo el mundo aproximadamente 2.01 mil millones de toneladas métricas de residuos sólidos municipales, de los cuales solo una fracción se recicla. La disposición inadecuada de residuos no solo provoca la contaminación del suelo y del agua, sino que también contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero y la destrucción de hábitats, exacerbando la degradación ambiental.

Además, la educación también juega un papel crucial en la promoción de la conciencia ambiental y la inculcación de comportamientos sostenibles desde una edad temprana. Los estudios han demostrado que los programas de educación ambiental dirigidos a los niños pueden influir significativamente en sus actitudes y acciones hacia la conservación del medio ambiente (Wells, 2000). Al incorporar temas ambientales en los planes de estudio escolares y promover experiencias de aprendizaje prácticas, los educadores pueden empoderar a las futuras generaciones para que se conviertan en administradores responsables del medio ambiente.

Fomentar un sentido de responsabilidad ambiental entre los niños puede extenderse más allá del aula mediante actividades interactivas e iniciativas de participación comunitaria. Las excursiones al aire libre, las caminatas por la naturaleza y las oportunidades de voluntariado pueden proporcionar experiencias directas sobre los problemas ambientales e inspirar a los niños a tomar medidas hacia un cambio positivo. Además, involucrar a los padres y cuidadores en los esfuerzos de educación ambiental puede reforzar el aprendizaje y promover prácticas sostenibles dentro de la unidad familiar.

En conclusión, abordar los desafíos ambientales requiere un enfoque multifacético que abarque acciones individuales, la participación comunitaria y las intervenciones políticas. Al promover la alfabetización ambiental, fomentar prácticas responsables de gestión de residuos y cultivar una cultura de sostenibilidad, podemos trabajar hacia un futuro más verde y resiliente para las generaciones venideras.

2.3 La Asignatura de Interacción Persona-Ordenador

Desde muchos años, la Interacción Persona-Ordenador (IPO) desempeña un papel crucial en diversas disciplinas; es una preocupación central en el diseño de sistemas y computadoras, y constituye una parte esencial del proceso de diseño (Hewett et al. 1992; Dix et al., 2004). Desde esta perspectiva, la IPO abarca el diseño, la implementación y la evaluación de sistemas interactivos en el contexto de las tareas realizadas por los usuarios. El contenido del curso aborda tanto a los usuarios finales como a los sistemas computacionales, considerando aspectos culturales, sociales, organizacionales y cognitivos.

La asignatura en la que se desarrolló ese proyecto está en el 6° semestre de un curso de pregrado en Ciencias de la Computación. Los temas de la asignatura abarcan: conceptos iniciales sobre interacción, diferencia entre interfaz e interacción, tipos de sistemas interactivos, metáforas de interacción, identificación y modelado de requisitos (modelos mentales, escenarios, análisis de tareas, personas, técnicas de entrevistas), diseño de interacción, prototipado, usabilidad y experiencia del usuario, tipos de evaluación de usabilidad, medidas de usabilidad (eficacia, eficiencia y satisfacción del usuario) y análisis de datos. Entre los desafíos de la asignatura, la necesidad de cubrir todo el contenido y garantizar que los estudiantes experimenten un proyecto de interfaz de software en términos prácticos es particularmente importante.

2.4 Trabajos relacionados

La bibliografía también incluye trabajos relacionados que aportaron ideas y perspectivas sobre el tema principal de este artículo, además de haber contribuido al desarrollo del juego y a los métodos utilizados para crear su concepto. Por ejemplo, (Ishoj-Paris et al., 2021), que aportó ideas interesantes sobre el diseño del juego, que, a pesar de tener un enfoque totalmente diferente, presenta un buen desarrollo de la progresión del jugador en asociación con el mensaje de preservación del medio ambiente que el juego quiere transmitir.

Otro estudio importante encontrado (Pasinetti et al., 2015) desarrolló un juego con reglas de juego casi idénticas a las descritas más adelante en este artículo, y ayudó en la definición del objetivo principal del juego y sobre las metas que un juego serio debe alcanzar para tener un impacto en el tema ambiental. Además, este proyecto también tiene una función multijugador que podría generar interacciones importantes sobre el tema del juego, sin mencionar la experiencia inmersiva proporcionada por la plataforma de Realidad Virtual (RV).

Una revisión sobre el uso de juegos serios para explorar cuestiones relacionadas con los residuos domésticos y el reciclaje (Panagiotoπούλου et al., 2021) proporcionó ideas valiosas sobre el potencial de los juegos serios para abordar las preocupaciones ambientales. El estudio destacó la importancia

de la jugabilidad interactiva para involucrar a los usuarios y fomentar la conciencia sobre las prácticas de gestión de residuos. La experiencia proporcionada por los juegos revisados enfatizó el papel de la progresión del jugador en la transmisión de mensajes sobre la preservación del medio ambiente, categorizando cada objetivo en el modo de juego que podría lograrlo de manera más eficiente.

Otra investigación exploró el aprendizaje basado en juegos, arrojando luz sobre las últimas evidencias y direcciones futuras en este campo (Houghton et al., 2013). Esta investigación subrayó la efectividad de los juegos como herramientas educativas y exploró enfoques innovadores para aprovechar los juegos en los propósitos de aprendizaje. Su trabajo informó el desarrollo de juegos serios dirigidos a mejorar la conciencia sobre el reciclaje y la educación ambiental, enfatizando la importancia de experiencias de juego interactivas y atractivas. Además, (Johnson et al., 2017) realizaron una revisión sistemática sobre la gamificación y los juegos serios en el ámbito del consumo de energía doméstica. Su estudio proporcionó ideas sobre el potencial de los juegos para influir en el cambio de comportamiento y promover prácticas sostenibles. Al examinar las características y desafíos de los juegos serios en el contexto del consumo de energía, su trabajo informó el diseño e implementación de juegos centrados en cuestiones ambientales, incluida la conciencia sobre el reciclaje.

(Blumberg et al., 2014) examinaron juegos serios para la salud, discutiendo características, desafíos y proporcionando direcciones futuras para el proyecto actual en este dominio. Este estudio enfatizó las experiencias inmersivas proporcionadas por los juegos serios y su potencial para promover cambios de comportamiento y mejorar los resultados de salud. Al explorar el impacto de los juegos en los comportamientos relacionados con la salud, su investigación informó el desarrollo de juegos serios dirigidos a la conciencia ambiental y el comportamiento de reciclaje.

Por otro lado, también se encontraron trabajos relacionados con el uso de ABP en asignaturas de Interacción Persona-Ordenador o asignaturas relacionadas. El artículo de (Martins et al., 2019) aborda la aplicación del Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en el desarrollo de juegos serios accesibles, con el objetivo de mejorar la memoria de los usuarios, especialmente personas mayores. A través de la metodología ABP, los estudiantes se involucran activamente en la resolución de problemas reales, integrando teoría y práctica para crear soluciones interactivas. Este estudio destaca cómo el ABP puede ser una herramienta eficaz para aumentar la motivación y el compromiso de los estudiantes, al mismo tiempo que promueve el desarrollo de aplicaciones que satisfacen las necesidades de accesibilidad e inclusión digital. Al aplicar el ABP en un curso de Interacción Persona-

Computador, los estudiantes enfrentan desafíos relacionados con el diseño de sistemas interactivos para públicos específicos, desarrollando juegos accesibles que consideran las limitaciones cognitivas y físicas de los usuarios mayores. Este artículo también discute los resultados obtenidos con la implementación del ABP, demostrando su relevancia en la educación superior y en el desarrollo de competencias esenciales para la creación de tecnologías inclusivas.

Un estudio más antiguo, aborda es la aplicación de la Metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en la enseñanza de la Interacción Persona-Computador (IPC), específicamente en la evaluación de la usabilidad de un curso en línea. El artículo analiza cómo el ABP puede ser utilizado para motivar a los estudiantes y mejorar la calidad de la enseñanza, proporcionando una experiencia de aprendizaje más activa y práctica. Se aplicaron estudios de usabilidad, incluyendo pruebas con usuarios y evaluaciones heurísticas, en el contexto de IPC, involucrando a estudiantes de una universidad brasileña y usuarios de sistemas interactivos. Los resultados indican que el ABP puede desarrollar habilidades críticas en los estudiantes, como el trabajo en equipo, la resolución de problemas y la toma de decisiones, además de aumentar su autonomía en el proceso de aprendizaje (Correa & Martins, 2014). Estos dos últimos estudios fueron fundamentales para guiar la asignatura de Interacción Persona-Ordenador en que este proyecto está inserido.

3. Metodología de Desarrollo del Proyecto

Este proyecto se desarrolló entre agosto y diciembre de 2023 e involucró a un equipo compuesto por cuatro estudiantes de la carrera de Ciencias de la Computación de una universidad privada ubicada en Brasil. El proyecto está integrado en la asignatura de Interacción Persona-Computador, que utilizó el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) para impartir tanto el contenido teórico como la parte práctica de la asignatura. De este modo, se presentará cómo se desarrolló la asignatura, así como el proyecto de desarrollo del juego enfocado en abordar temas relacionados con el medio ambiente.

3.1 Aplicación de ABP en la asignatura de Interacción Persona-Computador

ABP, o Aprendizaje Basado en Problemas, es una metodología educativa que busca involucrar al estudiante activamente en su aprendizaje, centrándose en la resolución de problemas relevantes. Se puede aplicar en diversos cursos y asignaturas, promoviendo que los estudiantes, como protagonistas del proceso, desarrollen estrategias para resolver problemas y adquirir habilidades disciplinarias. En el ABP, los estudiantes identifican lo que saben y lo que necesitan aprender, enfrentando problemas sin conocimientos previos suficientes. Los profesores presentan problemas, y los grupos de estudiantes los analizan, investigan y proponen soluciones o

recomendaciones (Hung, 2016; Pletsch, Souza Y Orleans, 2017; Constantinou & Nicolaou, 2018; Martins et al., 2019).

La asignatura utilizó el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) combinado con el desarrollo de un software en un tema social, que constituía el proyecto del semestre. La metodología de ABP se aplica desde la primera clase de la asignatura. Los estudiantes se organizan en grupos de, como máximo, 3 personas, y se les motiva a encontrar una solución para un tema determinado. En este semestre, el tema fue inclusión digital y accesibilidad. Las clases se imparten de manera que los grupos puedan aplicar los conceptos de Interacción Humano-Computadora en el proyecto, desde la fase de definición del problema hasta la implementación y las pruebas. Para el grupo de estudiantes, autores de este artículo, el desarrollo se relacionó con un videojuego serio. A continuación, se presentan las 10 etapas que se llevaron a cabo en este proyecto en particular, según (Martins et al., 2019):

- Etapa I: Definición y comprensión del problema. Se formaron grupos para desarrollar un software en un tema social, en cualquier plataforma (escritorio, plataformas móviles, etc.) y dirigido a cualquier edad. Así, el grupo se formó con 4 estudiantes.
- Etapa II: Los estudiantes debían realizar una actividad de lluvia de ideas para definir el producto, el público objetivo y la plataforma de desarrollo (escritorio, plataformas móviles, etc.). Luego, propusieron la idea del proyecto, que fue validada por la profesora para verificar la adecuación del tema y la dificultad de desarrollo en relación con el tiempo disponible (4 meses).
- Etapa III: Una vez definido el problema, los estudiantes, basándose en sus conocimientos previos (la mayoría ya sabía o estaba aprendiendo a desarrollar juegos en otra asignatura), intentaron proporcionar soluciones que pudieran resolver el problema, es decir, crear un juego para enseñar sobre el medio ambiente a niños.
- Etapa IV: Con este conocimiento, el grupo definió el perfil de su público objetivo (edad, nivel educativo, nivel de conocimiento de juegos, etc.) y el objetivo del juego. Luego investigaron la complejidad del juego y la necesidad de incluir conceptos de usabilidad.
- Etapa V: Con base en el problema y el nuevo conocimiento adquirido, el grupo definió las actividades de cada estudiante. En este caso, planificaron las acciones que el juego debía incluir: el tema del juego, su mecánica, criterios de puntuación, etc., así como quién sería responsable de cada acción.
- Etapa VI: Cada estudiante estudió los temas según lo planificado. Paralelamente, la asignatura abordaba los temas, según lo mencionado en la sección 2.3.
- Etapa VII: El grupo se reunió y compartió el conocimiento adquirido durante el semestre.

- Etapa VIII: Los estudiantes entregaron primero el material relacionado con la documentación del juego, basado en lo que estaban aprendiendo en la asignatura (perfil de usuario, personas, lista de requisitos, diagramas UML, prototipos de pantallas, escenarios, etc.). Posteriormente, codificaron el juego en el lenguaje que eligieron, diseñaron el manual y redactaron el informe de implementación.
- Etapa IX: El grupo presentó el juego a la profesora, quien podía opinar sobre posibles mejoras. Los estudiantes tuvieron una semana más para aplicar el juego con un grupo de usuarios potenciales, recopilar datos y calcular la eficacia, eficiencia y satisfacción. A partir de este material, generaron un informe final del juego desarrollado. Además, invitaron a un grupo de especialistas en usabilidad para realizar una evaluación heurística de los juegos. Se generó otro informe que contenía todos los puntos problemáticos de los juegos, el grado de criticidad y observaciones sobre cómo mejorarlos.
- Etapa X: Se realizaron las siguientes evaluaciones: evaluación de la profesora sobre el desempeño del grupo y del juego en sí, y una evaluación informal de los estudiantes respecto a la asignatura. Como este grupo obtuvo un resultado bastante prometedor en el proyecto, la profesora involucrada los invitó a escribir un artículo sobre el proyecto.
- Realización de encuestas bibliográficas, geográficas y sociales sobre los temas relacionados: Estas encuestas permitieron identificar conceptos esenciales sobre reciclaje y educación ambiental, fundamentales para el desarrollo del software. Además, el análisis de la situación en la ciudad de São Paulo ayudó a entender las necesidades específicas y desafíos locales, asegurando que el juego abordara problemas relevantes y tuviera un impacto significativo.
- Estudio de tecnologías relacionadas con los lenguajes de programación Java y Android Studio, que son necesarios para la construcción del juego digital: Elegir estas herramientas fue clave para crear un juego interactivo y accesible en dispositivos Android, asegurando que las funcionalidades fueran adecuadas para el público infantil.
- Búsqueda de recursos sin derechos de autor que pudieran formar parte del juego: Se seleccionaron imágenes y sonidos atractivos para niños, respetando las restricciones legales y económicas. Estos recursos enriquecieron el diseño visual y educativo del juego.
- Concepción y desarrollo centrado en el usuario (análisis, diseño e implementación), utilizando técnicas de interacción humano-computadora, de un juego para enseñar y entrenar a los niños a reciclar: El enfoque centrado en el usuario garantizó que el juego fuera intuitivo, educativo y visualmente atractivo, adaptándose a las capacidades y preferencias de los niños.
- Pruebas del juego con tres expertos para verificar su aceptación: Los expertos evaluaron la jugabilidad y la efectividad educativa, ofreciendo sugerencias clave para mejorar la experiencia y cumplir los objetivos pedagógicos.

4. Desarrollo del juego

4.1 Descripción del Juego

El proyecto consiste en un juego para dispositivos móviles dirigido a niños de entre 7 y 12 años que ya asisten a alguna forma de escolarización, ya sea en casa o en un entorno escolar tradicional, y que tienen habilidades básicas de alfabetización. El objetivo es ayudar a los jugadores a comprender, tener acceso a situaciones cotidianas y aprender a lidiar con estas situaciones de manera divertida y práctica. Los escenarios se centran en el proceso de enseñanza, que puede ser introducido por profesores en la escuela o por los padres en casa.

Las principales habilidades que se practican son: a) memoria: recordar qué desecho va en cada contenedor de basura; b) razonamiento: relacionar el desecho con el contenedor de basura correcto; y c) memoria muscular: realizar movimientos rápidos y correctos, ya que el tiempo se reduce a medida que se obtienen puntos.

4.2 Metodología y Desarrollo del Proyecto

Para lograr el objetivo general de este proyecto, que era el desarrollo de un juego para enseñar a los niños a reciclar y reconocer la importancia de mantener el medio ambiente seguro y limpio, se llevaron a cabo los siguientes pasos:

La metodología para el desarrollo de este juego se basa en un enfoque iterativo de desarrollo de sistemas de software. Esto genera prototipos que se refinan sucesivamente hasta alcanzar un nivel de madurez que cumpla con el Proyecto Mínimo Viable (Sommerville, 2011). En este tipo de enfoque, el éxito del proyecto depende de tener un juego jugable y completo, de que los diseñadores conozcan a sus usuarios, de que el equipo trabaje en conjunto y de que las diversas versiones creadas sean probadas y mejoradas.

4.3 Creación de Personas, Escenarios y Pantallas

El desarrollo de escenarios y personas es una etapa crucial en el proceso de creación de productos, servicios y contenidos que satisfagan de manera efectiva las necesidades de los usuarios. Estos elementos son esenciales para entender y visualizar al público objetivo de manera detallada, lo que permite que el diseño, la comunicación y las estrategias de marketing sean más precisos e impactantes.

La importancia de desarrollar escenarios y personas radica en la capacidad de estos recursos para guiar el proceso de diseño y

desarrollo hacia soluciones más centradas en el usuario. Al tener una comprensión clara de quiénes son los usuarios y cómo interactúan con un producto, se pueden crear experiencias más relevantes, atractivas y efectivas. Además, estos elementos facilitan la comunicación dentro del equipo de desarrollo y con las partes interesadas, asegurando que todos compartan una visión común del objetivo final.

Los escenarios son narrativas o historias que describen cómo los usuarios interactúan con un producto o servicio en situaciones específicas. Ayudan a contextualizar el uso del producto dentro del día a día de los usuarios, permitiendo a los diseñadores y desarrolladores anticipar las necesidades, problemas y comportamientos de los mismos. Al crear escenarios, es posible identificar oportunidades de mejora, desafíos potenciales y aspectos clave que pueden ser optimizados para mejorar la experiencia del usuario.

En el caso presentado, se desarrollaron escenarios específicos para María y João. María, una estudiante entusiasta del reciclaje, ilustra cómo un juego interactivo puede despertar el interés por la sostenibilidad en los niños. João, un profesor comprometido, muestra cómo las herramientas educativas digitales pueden ser efectivas para enseñar prácticas ecológicas en el aula. Ambos escenarios permiten explorar diferentes facetas del proceso educativo y su impacto en la conciencia ambiental.

Las personas son representaciones ficticias de los usuarios ideales, creadas a partir de investigaciones y datos reales. Estas representaciones incluyen detalles como edad, intereses, comportamientos, motivaciones y desafíos. Las personas ayudan a humanizar el proceso de diseño, recordando a los creadores que están desarrollando soluciones para personas reales con necesidades y expectativas específicas.

En el caso del proyecto, se crearon varias personas, como Ana, Enzo, Sofía y María, cada una con un perfil distinto que refleja un segmento particular del público infantil. Ana, la aventurera; Enzo, el curioso; Sofía, la creativa; y María, la competitiva, representan diferentes enfoques y preferencias en el aprendizaje, lo que permite diseñar juegos y actividades que resuenen con cada tipo de usuario.

4.4 Análisis de Requisitos

Basado en el ítem anterior, fue posible establecer el análisis de requisitos para el juego. El análisis de requisitos determina las funcionalidades y restricciones que son necesarias en el sistema, cruciales para que el software funcione (requisitos funcionales) y otros aspectos necesarios para que el usuario tenga una gran experiencia (requisitos no funcionales), antes de comenzar su desarrollo. De esta manera, la fase de implementación tiene objetivos claros para determinar dónde comenzar y qué hacer en la construcción del software, ya que

esta etapa también determina la prioridad de cada requisito. Entre los requisitos funcionales determinados por los desarrolladores se encuentran:

- El juego muestra un menú con opciones de configuración, tutorial y botones para jugar.
- El juego incluye un tutorial para enseñar al usuario cómo jugar.
- El juego genera aleatoriamente un tipo de desecho para ser reciclado.
- El juego incluye cuatro contenedores de basura en el escenario del juego.
- El juego reconoce los toques del usuario para mover el desecho.
- El juego debe mantener un historial de los puntos obtenidos por el jugador y su puntuación más alta.
- El juego incluye un contador de puntos de vida.
- El juego debe tener un sistema de dificultad basado en la puntuación del jugador, lo que significa que, para cada eliminación correcta, el jugador tendrá menos tiempo para elegir el contenedor de basura correcto.
- Los requisitos no funcionales para el juego son:
- El juego tiene una interfaz de usuario fácil de usar.
- El juego debe ajustarse al smartphone del usuario.
- El sistema debe ser capaz de almacenar registros y estadísticas (tipos de desechos reciclados, errores, puntuación más alta, etc.).

4.5 Diseño Conceptual e Interactivo del Software

Durante esta etapa, nuestro equipo dedicó sus esfuerzos a materializar un prototipo que se alinea estrechamente con el producto completo previsto. Central en este proceso fue la cuidadosa planificación del producto final. Las Figuras 1, 2, 3 y 4 sirvieron como nuestras guías principales, representando las aspiraciones visuales y funcionales de nuestro proyecto. Estas figuras fueron conceptualizadas antes de comenzar la programación, diseñadas estratégicamente para proporcionar al equipo un plan claro de ejecución.

La importancia de esta planificación previa a la codificación no puede ser subestimada. No solo sirvió como un plano visual para nuestro proceso de desarrollo, sino que también aseguró que cada miembro del equipo supiera exactamente dónde comenzar y qué tareas tenía por delante. Las figuras encapsulan la convergencia armoniosa del diseño y la funcionalidad, representando la interfaz de usuario deseada, la mecánica del juego y el atractivo estético general que buscamos lograr en el producto final.

Al establecer un punto de referencia visual desde el principio, sentamos las bases para un proceso de desarrollo cohesivo y fluido. Esta previsión no solo facilitó una codificación eficiente, sino que también empoderó al equipo para tomar decisiones informadas durante toda la fase de implementación.

La integración de estas guías visuales en nuestra estrategia de desarrollo ejemplifica nuestro compromiso con la precisión y la previsión en la creación de un producto que no solo cumpla, sino que supere nuestra visión inicial.



Figura 1: Pantalla de menú prototipo hecha en Figma.

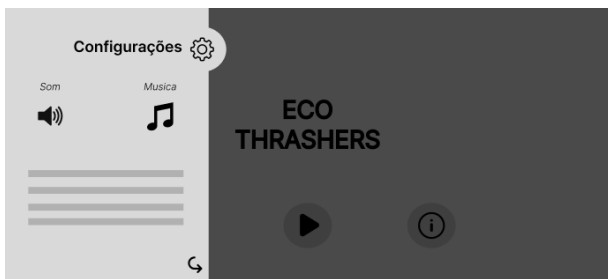


Figura 2: Pantalla de configuración prototipo hecha en Figma

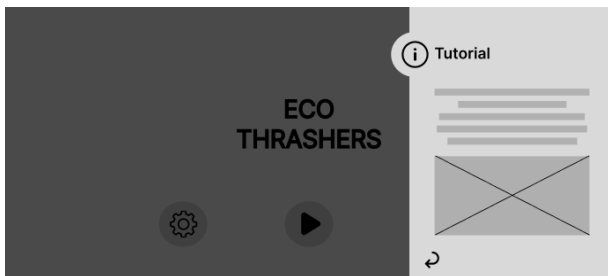


Figura 3: Pantalla de tutorial prototipo hecha en Figma



Figura 4: Pantalla principal de juego prototipo hecha en Figma

4.6 Guidelines seguidas para el Desarrollo

Basado en el trabajo de (Valenza, Hounsell, Gasparini, 2018), que presenta directrices para el desarrollo de juegos serios para niños, se consideraron, principalmente, los siguientes aspectos:

- Simplificar el uso de los dispositivos de interacción.
- Relacionar las metáforas de la interfaz con el universo de los niños.
- Dar visibilidad a los elementos de interacción.
- Adecuar el tiempo de interacción a la edad.
- Utilizar íconos significativos para sustituir o complementar los textos.
- Usar una interfaz predominantemente visual.
- Presentar la información al usuario considerando su nivel de desarrollo.
- Presentar clasificación y/o puntuación claramente en la pantalla.
- Adecuar el lenguaje al público objetivo.
- Definir objetivos claros.

4.7 Implementación del Proyecto

Después de mapear los detalles del juego, identificar todos los requisitos y diseñar el software, el equipo comenzó a planificar el proyecto. Dada la naturaleza móvil del juego y el hecho de que todos los miembros del equipo tenían dispositivos Android, decidimos optar por esta plataforma. A través de nuestra investigación, descubrimos que Android Studio sería una opción sólida para el desarrollo. La familiaridad con los lenguajes Java y XML, utilizados para la programación y el diseño de interfaces, reforzó la viabilidad de esta decisión. Android Studio nos proporcionó una base robusta para la programación y el diseño, facilitando la implementación de todas las funciones planificadas para el juego de reciclaje. Con los objetivos claramente definidos, el siguiente paso fue articular las tareas específicas necesarias para llevar a cabo el proyecto. Estas tareas fueron cuidadosamente delineadas para guiar al equipo a lo largo del proceso de desarrollo:

- Diseñar el menú principal: Crear un punto de entrada atractivo e intuitivo que establezca el tono para la experiencia de juego.
- Diseñar la disposición del juego: Desarrollar un entorno de juego visualmente atractivo y funcional que esté alineado con nuestra visión de diseño.
- Desarrollar un mecanismo para cambiar las disposiciones: Implementar un mecanismo de transición fluido para mejorar la navegación y la experiencia del usuario.
- Desarrollar un algoritmo para la generación aleatoria de desechos: Crear un algoritmo dinámico para introducir variabilidad en la generación de desechos, asegurando una jugabilidad desafiante e impredecible.
- Desarrollar un mecanismo para verificar la precisión de la eliminación de desechos: Implementar un sistema para verificar si el desecho arrojado en un contenedor de basura es correcto o incorrecto.
- Restar una vida por reciclaje incorrecto: Introducir consecuencias por reciclaje incorrecto restando una vida, añadiendo un elemento de desafío.

- Agregar puntos por reciclaje correcto: Recompensar a los jugadores por decisiones ambientalmente conscientes añadiendo puntos a su puntuación.
- Manejar el escenario de "game over": Si la vida del usuario llega a cero, realizar una transición suave a una pantalla de "game over" bien diseñada.
- Diseñar una pantalla de "game over": Crear una pantalla de "game over" visualmente atractiva e informativa para una experiencia satisfactoria del usuario.
- Restablecer vidas y puntos a los valores predeterminados: Al regresar al menú principal, asegurar que las vidas y los puntos del usuario se restablezcan a los valores predeterminados para un nuevo comienzo.
- Desarrollar una manera de pausar el juego: Implementar un mecanismo de pausa fácil de usar para permitir que los jugadores detengan temporalmente el juego.
- Diseñar la disposición de la pantalla de pausa: Crear una disposición visualmente coherente y funcional para la pantalla de pausa.

Considerando los objetivos delineados, nos embarcamos diligentemente en el proceso de desarrollo de la aplicación. Los esfuerzos colaborativos de nuestro equipo se materializaron en la creación del software, y estamos emocionados de presentar la última versión del juego. El menú principal (Fig. 5), aunque simple en su presentación, ha sido diseñado cuidadosamente para proporcionar un punto de entrada atractivo para los usuarios, estableciendo el tono para una aventura inmersiva de reciclaje. Cuenta con cuatro botones: un interruptor para silenciar o activar el sonido, un botón de tutorial, un botón de juego y un botón de perfil. Esta disposición mejora la interacción del usuario y facilita su uso.



Figura 5: Pantalla del menú principal

Al ingresar a la pantalla del tutorial (Fig. 6), los usuarios encuentran una pantalla con tres botones: uno para regresar al menú principal y dos botones de navegación que guían a los jugadores a través de una explicación paso a paso de cómo jugar. El tutorial utiliza una combinación de imágenes y texto para transmitir eficazmente las complejidades del juego, proporcionando a los usuarios una descripción completa de su mecánica.



Figura 6: Pantalla de tutorial

La pantalla de juego (Fig. 7) es el escenario central donde los jugadores participan activamente en la aventura de reciclaje. Cuatro contenedores (papel, vidrio, metal y plástico) están estratégicamente ubicados en las esquinas, y en el centro de la pantalla se genera una imagen de desecho, representando elementos como un periódico (papel), una botella (plástico), un frasco (vidrio) o una lata de refresco (metal). Esta disposición anima a los usuarios a identificar y desechar rápidamente los elementos de desecho en los contenedores correctos.

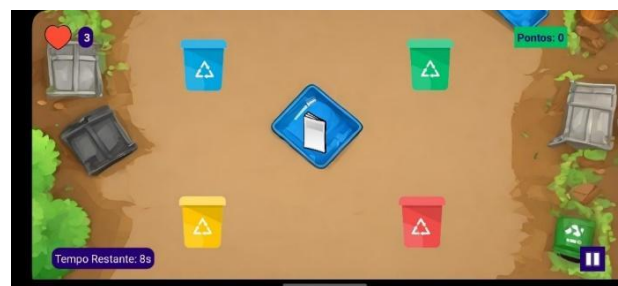


Figura 7: Pantalla de juego

Para añadir un elemento de desafío, un contador de vidas está posicionado en la esquina superior izquierda, representado por un corazón. Los jugadores tienen la flexibilidad de cometer hasta tres errores antes de perder el juego. Esto introduce un elemento de estrategia, incitando a los usuarios a equilibrar la velocidad y la precisión en sus decisiones de reciclaje.

La pantalla de juego también presenta un temporizador de cuenta regresiva, mostrado de manera prominente, indicando el tiempo restante para tomar una decisión. Si el temporizador llega a cero, el jugador pierde una vida. Este temporizador dinámico añade un elemento de urgencia, intensificando la jugabilidad a medida que se reciclan más elementos de desecho.

Como un componente crucial, el botón de pausa (Fig. 8) proporciona a los usuarios información y opciones esenciales. Muestra el tiempo restante para el desecho actual, el número de vidas restantes, la puntuación actual y ofrece opciones para reanudar el juego, salir o ajustar la configuración de sonido. Esta característica mejora el control del usuario y asegura una experiencia de juego fluida.

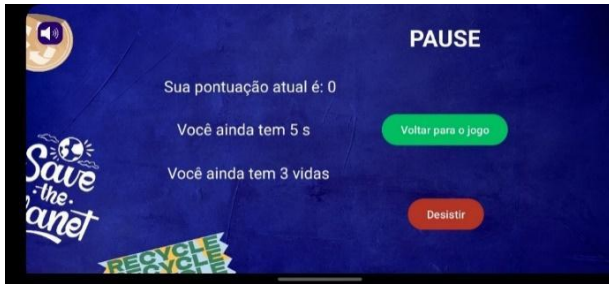


Figura 8: Pantalla de pausa

Cuando un jugador agota las tres vidas, señalando el agotamiento de sus oportunidades, se enfrenta a la culminación de su sesión de juego: la pantalla de "game over" (Fig. 9). Esta pantalla sirve como un punto final reflexivo, presentando al jugador un resumen de su desempeño en el intento actual. Se destacan de manera prominente métricas clave como la puntuación lograda en esa sesión particular, la puntuación más alta del jugador y su saldo general. El saldo, un total acumulado de todas las puntuaciones obtenidas por el jugador en múltiples intentos.



Figura 9: Pantalla de fin de juego

La pantalla de perfil (Fig. 10), en su simplicidad, sirve como un espacio sucinto pero informativo para los usuarios. Resume detalles esenciales sobre el jugador, mostrando métricas clave como su puntuación más alta (récord) y saldo acumulado. La puntuación más alta resalta el mayor logro del jugador en una sola sesión de juego, mientras que el saldo representa la suma de todas sus puntuaciones a lo largo de los intentos. Este enfoque minimalista asegura que los usuarios puedan acceder y seguir rápidamente su progreso, fomentando un sentido de logro y alentando el compromiso continuo con el juego de reciclaje.

4.8 Evaluación del Juego

El juego desarrollado fue evaluado según el estudio de Valle et al. (2013), cinco categorías de criterios relacionados con juegos educativos: interfaces, elementos educativos, contenido, jugabilidad y multimedia. Cada categoría de criterios de evaluación tenía un conjunto de declaraciones según la escala Likert de cinco puntos.



Figura 10: Pantalla de perfil

Con este fin, se invitó a tres expertos en el campo de los juegos educativos a evaluar el juego "EcoTrashers". Los especialistas tienen, en promedio, 15 años de experiencia en el campo. El juego fue instalado en el celular de cada especialista, quienes decidieron utilizar el juego durante un día.

Los resultados de la evaluación, en general, recibieron una calificación de 4.04 (de 0 a 5), con las siguientes calificaciones parciales: interfaces - 4.1, elementos educativos - 3.0, contenido - 4.6, jugabilidad - 3.4 y multimedia - 5.0.

Dentro de cada una de las categorías, es posible analizar los valores métricos más bajos y una explicación para el bajo valor:

- Interfaces: La puntuación más baja ocurrió en la métrica "El usuario conoce su ubicación y visualiza fácilmente su estado en el juego". El juego no proporciona este tipo de información.
- Elementos educativos: Las puntuaciones más bajas ocurrieron en tres métricas, descritas a continuación: a) El juego debería permitir a los usuarios tener mayor autonomía en el proceso de aprendizaje, (re)configurando sus actividades, objetivos de aprendizaje, entre otros; b) El juego ofrece al usuario la posibilidad de elegir el nivel de dificultad; c) El juego presenta adaptabilidad, lo que significa que se reconocen las fortalezas y debilidades de los usuarios, y los elementos del juego se adaptan a ellos. Estas tres características del juego no fueron implementadas.
- Contenido: La métrica con la puntuación más baja fue: "El contenido educativo está dividido en temas y/o subtemas en el juego, a través de sus elementos". Además, esta característica no fue completamente implementada en el juego.
- Jugabilidad: Las métricas con las puntuaciones más bajas son: a) Los elementos del juego proporcionan identidad al usuario, es decir, es posible que el usuario construya el elemento que lo representa en el juego (por ejemplo, su avatar), así como el escenario en el que estará involucrado, de acuerdo con sus propias preferencias; b) El juego es capaz de ofrecer al usuario la posibilidad de

realizar más de una tarea simultáneamente. Estas características no están presentes en el juego.

- Finalmente, en la categoría de Multimedia, todas las métricas lograron puntuaciones máximas.

5. Consideraciones Finales

El proyecto involucró el desarrollo de una aplicación móvil para Android utilizando Java en Android Studio, con el objetivo principal de mejorar la educación ambiental de los niños en entornos escolares. Los resultados del proyecto fueron prometedores, ya que la aplicación obtuvo una aprobación significativa por parte de expertos en interacción humano-computadora, con una puntuación media de 4.04 sobre 5, destacando su efectividad y adecuación para su uso en el aula.

El enfoque del proyecto se basó en la metodología de Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), lo que permitió a los estudiantes participar activamente en la resolución de problemas reales relacionados con la educación ambiental. A través de este enfoque, los estudiantes pudieron identificar necesidades, proponer soluciones y desarrollar un producto final que responde a los desafíos educativos actuales. La metodología ABP facilitó la integración de conocimientos teóricos y prácticos, lo que resultó en un proyecto bien estructurado y enfocado en objetivos claros.

Sin embargo, las restricciones de tiempo durante el curso de cuatro meses afectaron la funcionalidad y las pruebas de usabilidad. No hubo tiempo suficiente para obtener la

aprobación del Comité de Ética para probar el juego con el público objetivo, lo que limitó la validación directa con niños. Además, algunas características planificadas, como la implementación de una tienda personalizable dentro del juego, no pudieron ser abordadas.

La evaluación del juego, basada en un estudio heurístico adaptado a juegos educativos, reveló áreas de mejora, especialmente en términos de elementos educativos y jugabilidad. La falta de opciones para la autonomía del usuario y la adaptabilidad del contenido limitó la capacidad del juego para ofrecer una experiencia personalizada. Sin embargo, la categoría de multimedia recibió la puntuación más alta, lo que refleja un diseño visual y auditivo efectivo.

Para trabajos futuros, es crucial abordar estas limitaciones, refinar las características existentes y realizar pruebas más extensas con el público objetivo. El desarrollo de una versión para iOS y web ampliaría la accesibilidad y el alcance de la aplicación. Además, la implementación de nuevas funcionalidades, como una tienda personalizable y una tabla de clasificación global, podría enriquecer la experiencia del usuario y fomentar la competencia saludable entre los jugadores. Asimismo, la creación de nuevos modos de juego relacionados con el reciclaje y la sostenibilidad podría aumentar la conciencia pública y promover comportamientos sostenibles desde una edad temprana.

Referencias

- Blumberg, M. F. C., Burke, L. C., Hodent, P. C., Evans, M. A., Lane, H. C., & Schell, J. (2014). Serious games for health: Features, challenges, next steps. *Games for Health: Research, Development, and Clinical Applications*, 3(5), 270-276.
- Colloca, N. A. M. S., Silva, L. M. A., Martinês, A. R., & Albino, J. P. (2018, October). Jogos sérios na educação: Importância e desafios. In VII JORNACITEC - Jornada Científica e Tecnológica.
- Constantinou, C. S., & Nicolaou, S. A. (2018). Motivation, challenges, support (MCS) cycle model for the development of PBL tutors. *Qualitative Research in Education*, 7(1), 1-35. <http://dx.doi.org/10.17583/qre.2018.3064>
- Correa, A. G. D., & Martins, V. F. (2014). Methodology applied problem-based learning in teaching HCI: A case study in usability evaluation of an online course Metodologia de Aprendizagem Baseada em Problema Aplicada no Ensino de IHC: Estudo de caso na avaliação de usabilidade de um curso online.
- da Rocha, R. V., Bittencourt, I. I., & Isotani, S. (2015). Análise, projeto, desenvolvimento e avaliação de jogos sérios e afins: uma revisão de desafios e oportunidades. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)*, 26(1), 692.
- Dix, A., et al. (2004). *Human-computer interaction* (3rd ed.). Pearson Education.
- Dunlap, R. E., & Van Liere, K. D. (2008). The "new environmental paradigm." *The Journal of Environmental Education*, 40(1), 19-28.
- Granic, I., Lobel, A., & Engels, R. C. M. E. (2014). The benefits of playing video games. *American Psychologist*, 69(1), 66.
- Hammady, R., & Arnab, S. (2022). Serious gaming for behaviour change: A systematic review. *Information*, 13(3).
- Hewett, T., et al. (1992). *ACM SIGCHI curricula for human-computer interaction* (Technical report). ACM Press.
- Houghton, E., Aston, H., Featherstone, G., & Perrotta, C. (2013). *Game-based learning: Latest evidence and future directions*. Slough: NFER (NFER Research Programme: Innovation in Education).
- Hung, W. (2016). All PBL starts here: The problem. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*, 10(2). <https://doi.org/10.7771/1541->

5015.1604

- Ishoj-Paris, Y., Gravel-Villeneuve, A., Vermette-David, F., Dixon-Sequeira, L., Dicaire, M., Morin-Grandmont, M., & Côté, G. (2021). AXO: A video game that encourages recycling to preteens. In *Extended Abstracts of the 2021 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play* (pp. 350-355).
- Johnson, D., Horton, E., Mulcahy, R., & Foth, M. (2017). Gamification and serious games within the domain of domestic energy consumption: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 73, 249-264.
- Li, T., Yue, X. G., Qin, M., & Norena-Chavez, D. (2024). Towards Paris Climate agreement goals: The essential role of green finance and green technology. *Energy Economics*, 129, 107273.
- Li, T., & Li, H. -J. (2022). Development and exploration of serious games for anti-bullying education: The experience of developing the software of anti-bullying serious games. In *2022 3rd International Conference on Education, Knowledge and Information Management (ICEKIM)*, Harbin, China, pp. 376-380. <https://doi.org/10.1109/ICEKIM55072.2022.00091>
- Martins, V. F., CADLH, A., Silveira, I. F., & Eliseo, M. A. (2019). Problem-based learning applied to the development of accessible serious games *Problem-Based Learning aplicado ao desenvolvimento de jogos sérios acessíveis*.
- Panagiotopoulou, L., Cía Gayarre, N., Scurati, G. W., Etzi, R., Massetti, G., Gallace, A., & Ferrise, F. (2021). Design of a serious game for children to raise awareness on plastic pollution and promoting pro-environmental behaviors. *ASME Journal of Computing and Information Science in Engineering*, 21(6), 064502. <https://doi.org/10.1115/1.4050291>
- Pasinetti, N. J., Alvarado, Y., Fernández, J., Guerrero, R., & Rodríguez, G. (2015). A serious game about recycling rules. [s.l.: s.n.]
- Pletsch, M., Souza, F., & Orleans, L. A. (2017). A diferenciação curricular e o desenho universal na aprendizagem como princípios para a inclusão escolar. *Revista Educação e Cultura Contemporânea, América do Norte*, 1416.
- Rahimabad, R. M., & Rezvani, M. H. (2020). Identifying factors affecting the immersion and concentration of players in serious games. In *2020 International Serious Games Symposium (ISGS)*, Tehran, Iran, pp. 61-67. <https://doi.org/10.1109/ISGS51981.2020.9375239>
- S. N. Awang Noh, H. Mohamed, & N. A. Mat Zin. (2021). The effects of serious games on students' higher-order thinking skills in science education. In *2021 International Conference on Electrical Engineering and Informatics (ICEEI)*, Kuala Terengganu, Malaysia, pp. 1-5. <https://doi.org/10.1109/ICEEI52609.2021.9611147>
- Shahidi, M., Akhavian, R. R., & Sharifi, F. (2023). Analyzing the challenges of commercializing serious games in the field of health (A Case Study of Games Submitted in 2017-2022 in the Serious Games Festival: SEGAP). In *2023 International Serious Games Symposium (ISGS)*, Tehran, Iran, Islamic Republic of, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/ISGS61252.2023.10559673>
- Sommerville, I. (2011). *Software engineering* (9th ed.). Pearson Education India.
- Tolentino, G. P., Battaglini, C., Pereira, A. C. V., de Oliveira, R. J., & de Paula, M. G. M. (2011). Usability of serious games for health. In *2011 Third International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications* (pp. 172-175). IEEE.
- UNEP. (2021). *Programme Performance Report*. [s.l.: s.n.]
- Valenza, M. V., Hounsell, S., & Gasparini, I. (2018, November). Guidelines para game design de jogos sérios para crianças. In *Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment*.
- Valle, P. H. D., Vilela, R. F., Parreira Junior, P. A., & Inocencio, C. G. (2013). Hedegheurísticas para avaliação de jogos educacionais digitais. *Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE*.
- Wells, N. M. (2000). At home with nature: Effects of 'greenness' on children's cognitive functioning. *Environment and Behavior*, 32(6), 775-795.
- World Bank. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Washington, DC: World Bank Group