

INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE: PROJETO DE CONSTRUÇÃO DE IMPRESSORAS 3D PARA ESCOLAS PÚBLICAS

FORMIGONI, Alexandre;

STETTINER, Caio Flavio;

DE OLIVEIRA, Luciana Alves,

FERIOTTI, Marco Aurélio.

Unidade de Pós-graduação CEETEPS

Resumen

En el desarrollo de la asignatura de Proceso de Desarrollo de Producto, que pertenece al Programa de Maestría Profesional en Gestión de Sistemas Productivos del CEETEPS, se evaluó el perfil de formación de los estudiantes y luego se propuso en la asignatura el proyecto de construcción de una impresora 3D de polímeros de bajo costo, para atender a las escuelas públicas de enseñanza media. La construcción de la impresora propuesta en la asignatura se utilizó con el fin de aplicar metodologías activas de enseñanza y de proporcionar a los estudiantes el desarrollo de competencias necesarias para la creación del producto cuyo objetivo final es el fomento de la cultura maker, la sustentabilidad y la innovación abierta. Se aplicó el método del Ciclo de Aprendizaje Vivencial, que trata de explicar cómo los individuos aprenden a través de experiencias, que en este caso, fue el desarrollo de la impresora. Como complemento, se utilizaron las metodologías Design Science Research (DSR) y Design Thinking (DT) para el desarrollo del producto. Los resultados de la actividad disciplinar se recogieron a través de las percepciones de dos docentes que impartieron clases en la asignatura. A partir de estos análisis, se obtuvieron las percepciones de los estudiantes acerca del proyecto. A través de los resultados obtenidos, se concluye que el proyecto fue exitoso, presentando una evaluación muy positiva del proceso de enseñanza y aprendizaje.

Palabras Clave: *Design Science Research, Design Thinking, Desarrollo de Producto*

1. Introdução

Este relato de experiencia aborda el desafío de construir una impresora 3D de bajo costo y fácil uso para escuelas públicas, como parte del equipamiento de un laboratorio maker en la asignatura de Desarrollo de Producto del programa de Maestría Profesional en Gestión de Sistemas Productivos del CEETEPS (Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza). Para esta actividad, se adoptó el Ciclo de Aprendizaje Vivencial en lugar del modelo tradicional de clases expositivas, promoviendo un cambio en las metodologías de enseñanza.

El Ciclo de Aprendizaje Vivencial se utilizó para desarrollar una impresora 3D de polímeros de bajo costo, destinada a apoyar la enseñanza en escuelas públicas. Durante el desarrollo de la impresora, se enseñaron y aplicaron todos los conceptos de buenas prácticas en gestión de proyectos y desarrollo de productos, según la ementa de la asignatura.

En el proceso de construcción se aplicaron dos metodologías: Design Science Research (DSR) y Design Thinking (DT), que guiaron todas las etapas desde la concepción de ideas hasta la realización del producto físico. La elección del producto se basó en el perfil de formación y competencias del grupo de estudiantes matriculados en la asignatura.

Este artículo describe el proceso de desarrollo de la impresora, las percepciones de aprendizaje de los estudiantes sobre los temas enseñados y las competencias desarrolladas. El objetivo de la actividad fue habilitar las competencias necesarias para que los estudiantes pudieran desarrollar un producto y gestionar el proyecto, abordando numerosos conceptos y habilidades en pocas clases. En contraste con el método tradicional de clases expositivas, que resultaba en baja absorción del contenido y poca participación, esta metodología buscó aumentar la motivación y el aprendizaje efectivo.

2. Ciclo de Aprendizagem Vivencial

El método andragógico conocido como Ciclo de Aprendizaje Vivencial, elaborado por David Kolb en 2014, representa una estructura teórica que explica cómo los individuos aprenden a través de experiencias. Este ciclo consta de cuatro etapas que comienzan con la Experiencia Concreta, donde el aprendiz participa en una actividad específica. Luego, en la Observación Reflexiva, el aprendiz reflexiona sobre la experiencia y comprende sus elementos, percepciones y emociones asociadas.

La fase siguiente, llamada Conceptualización Abstracta, implica la creación de generalizaciones y conceptos abstractos a partir de la experiencia vivida, permitiendo construir un marco teórico que contextualiza el aprendizaje en un escenario más amplio. Finalmente, en la Experimentación Activa, el aprendiz aplica el conocimiento adquirido en diferentes situaciones, probando nuevas ideas y comportamientos y mejorando su comprensión del tema en cuestión.

Desde esta perspectiva, el Ciclo de Aprendizaje Vivencial se presenta como un proceso continuo y cíclico, donde cada etapa conduce a la siguiente y el aprendizaje se entiende como un proceso perpetuo de desarrollo personal y profesional. Kolb sostiene que un aprendizaje efectivo requiere el compromiso con todas las etapas del ciclo, evitando enfocarse únicamente en una o dos de ellas.

2.1 Metodología *Design Science Research* (DSR) e *Design thinking* (DT)

La metodología DSR es un proceso complejo y profundo de investigación en Ciencia de la Computación que busca crear soluciones innovadoras y efectivas para problemas prácticos que pueden variar en complejidad y alcance. La DSR se compone de seis fases distintas e interconectadas, cada una con sus propias etapas y desafíos:

1. **Comprensión del Problema:** Esta fase inicial es crucial para entender profundamente el problema a resolver, identificando las necesidades de los usuarios y los requisitos del sistema.
2. **Desarrollo de la Solución:** Implica un proceso intensivo de creación y desarrollo de la solución propuesta, definiendo objetivos, desarrollando conceptos y principios de diseño, y creando prototipos adecuados.

3. Evaluación de la Solución: Se establecen criterios y métodos para evaluar la efectividad de la solución, utilizando pruebas de usabilidad y otros experimentos.
4. Comunicación: Involucra la divulgación de los resultados de la investigación a la comunidad científica y los usuarios finales, a menudo mediante publicaciones en conferencias y revistas.
5. Implementación: La solución se implementa en el entorno real, realizando los ajustes necesarios según los desafíos, necesidades de los usuarios y limitaciones técnicas.
6. Aprendizaje: La última fase se dedica al análisis de los resultados de la investigación, identificando puntos fuertes y débiles de la solución, y generando lecciones aprendidas para la mejora continua y futuros proyectos.

Por otro lado, el DT es un enfoque de resolución de problemas centrado en el ser humano, que ha ganado atención significativa en los últimos años. Diversos autores han contribuido a su desarrollo y popularización. El DT consta de siete etapas fundamentales, cada una con su propia complejidad y matices:

1. Empatía: Implica una comprensión profunda y empática de las necesidades y experiencias del usuario, requiriendo observación cuidadosa, entrevistas detalladas e inmersión en la realidad del usuario.
2. Definición del Problema: La información recopilada se transforma en una definición clara y precisa del problema, centrada en el usuario y basada en datos objetivos.
3. Ideación: Generación libre y sin restricciones de ideas por parte del equipo, buscando crear muchas ideas para su posterior selección.
4. Prototipado: Las ideas seleccionadas se transforman en prototipos tangibles, como bocetos, maquetas o modelos físicos.
5. Pruebas: Los prototipos se prueban con los usuarios para obtener feedback sobre la eficacia y usabilidad de la solución, permitiendo ajustes y mejoras.
6. Implementación: La solución final se desarrolla e implementa según un plan de acción detallado, analizando costos y beneficios y coordinando con los involucrados.

7. Evaluación: La etapa final donde se evalúa el éxito de la solución y se identifican oportunidades de mejora para el proceso de DT.

La aplicación conjunta de DSR y DT puede ser extremadamente valiosa en el desarrollo de nuevos productos. Mientras que DSR valida la eficacia de las soluciones propuestas, garantizando que sean viables y técnicamente implementables, DT proporciona insights sobre las necesidades de los usuarios y ayuda a generar ideas creativas e innovadoras. En conjunto, estas metodologías pueden ayudar a crear productos que satisfagan las necesidades de los usuarios y resuelvan problemas específicos identificados.

3. Método

Los dos profesores doctores que impartieron la disciplina son hombres. El primero, de 56 años, es doctor en Ingeniería de Producción, y el segundo, de 55 años, es doctor en Administración de Empresas. Los participantes del estudio fueron 5 estudiantes hombres del Máster Profesional del Centro Paula Souza, descritos en la tabla 1.

Tabla 01 *Los Estudiantes participantes.*

Participantes	Sexo	Idade	Formação
1	Masculino	61	Tecnólogo em Gestão da Produção Industrial
2	Masculino	43	Engenheiro de Produção
3	Masculino	43	Tecnólogo em Automação Industrial
4	Masculino	64	Administrador de Empresas
5	Masculino	46	Tecnólogo em Processamento de Dados

La construcción de la impresora 3D de bajo costo fue posible gracias al perfil de los estudiantes, quienes tenían más experiencia profesional y formaciones complementarias. Esto permitió el uso eficaz de las herramientas para las buenas prácticas de gestión de proyectos según las directrices del PMBoK. Para el desarrollo de nuevos productos, se eligieron las Metodologías DSR y DT, combinando ambas para que los estudiantes pudieran desarrollar el artefacto, es decir, la impresora 3D, de manera práctica.

El desarrollo del proyecto y la construcción de la impresora 3D se llevaron a cabo siguiendo el siguiente orden de desarrollo de un nuevo producto, compuesto por las 4 etapas del DSR de Venable (2010) intercaladas con las 7 etapas del DT de Brown y Katz (2011) de la siguiente manera:

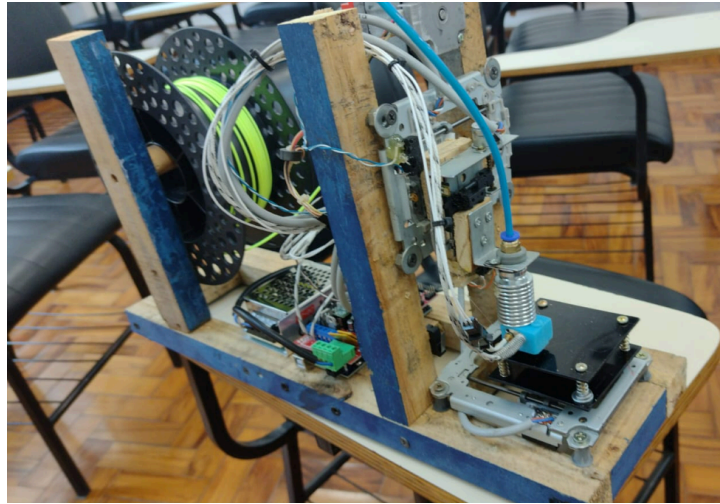
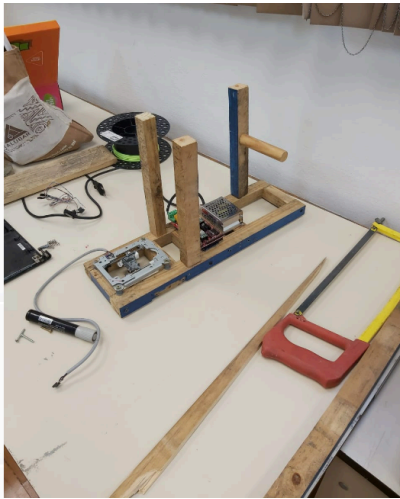
En la primera fase de Empatía (DT), se realizaron investigaciones de campo y observaciones directas de los usuarios para comprender sus necesidades, deseos y limitaciones, además de entrevistas para recopilar feedbacks y crear personas. En la fase de Definición (DT), se identificaron los problemas y desafíos enfrentados por los usuarios, estableciendo objetivos claros para el desarrollo del producto.

En la fase de Exploración (DSR), se plantearon y testearon hipótesis sobre posibles soluciones a través de investigaciones bibliográficas y pruebas exploratorias. La fase de Modelado (DSR) involucró la selección de las soluciones más prometedoras, el desarrollo y prueba de un prototipo inicial, seguido de análisis y refinamiento basado en el feedback de los usuarios.

En la fase de Ideación (DT), se realizó una lluvia de ideas en grupo para generar ideas creativas que mejoraran el modelo, seleccionando las más prometedoras. En la fase de Prototipado (DSR), se añadieron detalles más sofisticados al prototipo, que fue testado y refinado según el feedback de los usuarios.

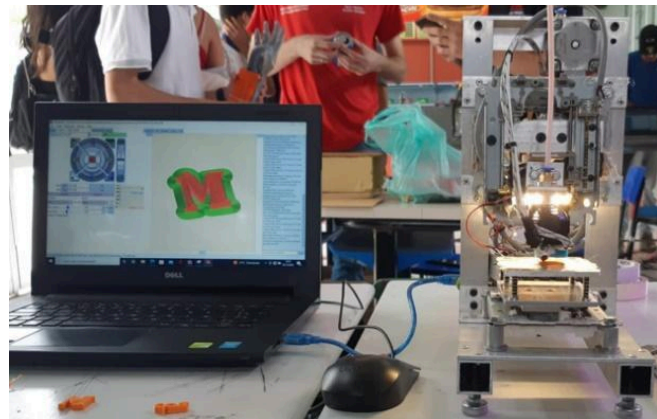
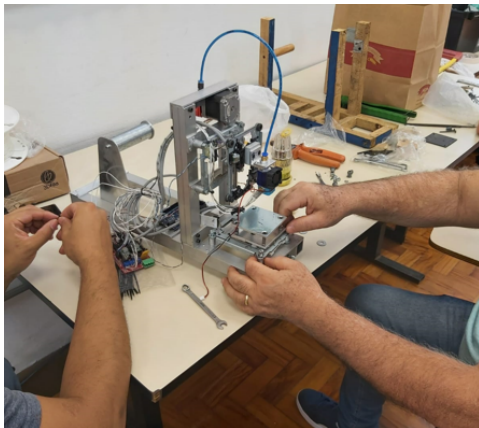
Finalmente, en la etapa de Implementación (DT), el prototipo final de la impresora 3D recibió acabados, fue validado por los usuarios finales y sometido a pruebas finales para asegurar su calidad y funcionalidad. Las Figuras 01 y 02 se refieren al prototipo de la impresora, es decir, la primera versión del producto.

Fotos 01 e 02 Protótipos



El prototipo fue elaborado en una estructura de madera y se utilizaron tres drivers de DVD para realizar el movimiento de los ejes X, Y y Z. Las Figuras 03 y 04 muestran la versión final del producto con estructura de aluminio..

Fotos 03 e 04 Versión final de la impresora 3D



El equipo de estudiantes con diversidad de formaciones permitió una rotación en el liderazgo durante las etapas de desarrollo del producto, ya que todos tuvieron la oportunidad de liderar y ser liderados, según su dominio en la competencia requerida.

La actividad en la disciplina ayudó a que los estudiantes aprendieran a desarrollar un producto y utilizar las herramientas de apoyo. Con el enfoque del DSR y DT centrado en el ser humano, las competencias y el aprendizaje alcanzaron un índice de asimilación mayor que el modelo tradicional de clases. En esta actividad, los

estudiantes pudieron poner en práctica toda la teoría mediante la construcción del producto.

Al principio, los estudiantes expresaron sorpresa por la propuesta de clase, pero quedaron impresionados con los resultados, el aprendizaje multidisciplinario y el intercambio de conocimientos con los profesores y entre ellos. Destacaron las competencias desarrolladas en gestión de personas, trabajo en equipo y la construcción conjunta del conocimiento. Además, mencionaron la motivación en el aula generada por el desafío y el dinamismo necesario, y la satisfacción gratificante de haber completado el proyecto, creando un producto funcional que cumplió con la propuesta inicial.

4. Conclusiones

Finalizada la asignatura donde se construyó la impresora 3D mediante el ciclo de aprendizaje vivencial de Kolb (2014), incorporando la metodología de Design Science Research y la herramienta de Design Thinking, se obtuvo un resultado positivo. Todos los miembros del equipo percibieron el alto compromiso de los estudiantes con el proyecto, así como una evaluación muy provechosa de la actividad de enseñanza y aprendizaje.

A pesar del éxito de esta experiencia, para la próxima edición de la asignatura, además de verificar las competencias y habilidades de los estudiantes para elegir el artefacto adecuado a construir, se deberá desarrollar un ambiente adecuado para la construcción y pruebas del artefacto (taller maker).

Proyectos de construcción de impresoras 3D para escuelas públicas, además de ofrecer a los estudiantes un producto de bajo costo elaborado con drivers de DVD, contribuyen a la sostenibilidad e innovación, promoviendo la conciencia ambiental.

Se espera que en las próximas ediciones de la asignatura, dado el perfil de los estudiantes de posgrado y la experiencia previa de los docentes, los resultados sean cada vez mejores, así como el desarrollo de otros artefactos.

5. Referencias

- [1] Brown, T., & Katz, B. (2011). Change by design. *Journal of product innovation management*, 28(3), 381-383.
- [2] Brown, T. (2020). *Design Thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias*. Alta Books.
- [3] Dresch, A., Lacerda, D. P., & Junior, J. A. V. A. (2020). *Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia*. Bookman Editora.
- [4] Kolb, D. A. (2014). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. FT press.
- [5] Lacerda, D. P., Dresch, A., Proença, A., & Antunes Júnior, J. A. V. (2013). *Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção*. *Gestão & produção*, 20, 741-761.
- [6] Pinheiro, T., & Alt, L. (2018). *Design Thinking Brasil: empatia, colaboração e experimentação para pessoas, negócios e sociedade*. Alta Books Editora.
- [7] Rösch, Nicolas; Tiberius, Victor; Kraus, Sascha. *Design thinking for innovation: context factors, process, and outcomes*. *European Journal of Innovation Management*, v. 26, n. 7, p. 160-176, 2023.
- [8] Venable, J. R. (2010). *Design science research post Hevner et al.: Criteria, standards, guidelines, and expectations*. In *Global Perspectives on Design Science Research: 5th International Conference, DESRIST 2010, St. Gallen, Switzerland, June 4-5, 2010. Proceedings*. 5 (pp. 109-123). Springer Berlin Heidelberg.