

Desenvolvimento de projeto de cubo mágico para pessoas com deficiência visual por meio de prototipagem rápida

Design of a Rubik's Cube for visually impaired people by means of rapid prototyping

Maysa Sene Leite; Universidade Estadual Paulista; UNESP
Aryadne Bonacorsi Xavier; Universidade Estadual Paulista; UNESP
Nathan Martins Fernandes; Universidade Estadual Paulista; UNESP
Ana Carolina Buzati; Universidade Estadual Paulista; UNESP
João Victor Gomes dos Santos; Universidade Estadual Paulista; UNESP

Resumo

O projeto consistiu no desenvolvimento de um cubo mágico para pessoas com deficiência visual através de prototipagem rápida. A pesquisa se consistiu em três momentos; a princípio, levando em consideração dados a respeito da quantidade de pessoas com deficiência visual no Brasil, concluiu-se que, apesar do alto número, existem poucos jogos didáticos acessíveis disponíveis no mercado para este público, surgindo assim, a ideia da criação de um jogo embasado no Design Inclusivo, e a escolha pelo cubo mágico - também conhecido como "Cubo de Rubik" - se deve pelos diversos benefícios psico-pedagógicos no desenvolvimento do raciocínio lógico, matemático e da concentração que ele possui. Em seguida, após pesquisas bibliográficas foi definido que o cubo seria realizado pela prototipagem rápida, em formato 2x2x2 com relevos táteis para a identificação dos diferentes tipos de faces. Por fim, o cubo desenvolvido foi submetido à testes para comprovar sua funcionalidade, nos quais teve sucesso, e concluiu-se que o resultado da prototipagem final foi satisfatório.

Palavras-chave: Jogos inclusivos; Projeto de Produto; Tecnologia Assistiva; Prototipagem Rápida

Abstract

The project consisted in the development of a magic cube for people with visual impairments through rapid prototyping. The research consisted in three moments; at first, taking into account datas regarding the number of people with visual impairments in Brazil, we concluded that, despite the high amount, there are few accessible didactic games available on the market for this public, came up the idea of creating a game based on Inclusive Design, and the choice for the Rubik's Cube -also known as "Rubik's Cube"- is due to the diverse psycho-pedagogical benefits in the development of logical and mathematical reasoning and concentration that it has. Then, after bibliographical research, it was decided that the cube would be created by rapid prototyping, in a 2x2x2 format with tactile reliefs to enable the identification of the different types of the cube's sides. Lastly, the cube we developed was submitted to tests to prove its functionality, in which it was successful, and we concluded that the result of the final prototyping was positive.

Keywords: Inclusive Games, Product Design; Assistive Technology; Rapid Prototyping

1. Introdução

O Design Inclusivo (GUIMARÃES, 2020), também nomeado como Design Universal, tem por princípio permitir que todas as pessoas tenham oportunidades iguais de participação em todos os aspectos da vida em sociedade. A utilização dos princípios de Design Inclusivo garantem ao maior número de usuários condições de uso das aplicações de design em diferentes âmbitos, seja por meio de produtos, ambientes ou serviços.

No Brasil, segundo dados do censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 18,6% da população possui algum tipo de deficiência visual, sendo aproximadamente 6 milhões o número de pessoas com baixa visão (ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL, 2017). Considerando-se esse dado significativo, a construção de um conhecimento sólido sobre as normas para criação e adequação de produtos que possibilitem a inclusão do indivíduo com deficiência visual na sociedade torna-se muito importante.

O cubo-mágico entra na equação nesse ponto. Criado em 1974 por Erno Rubik, um jovem professor, o “Cubo de Rubik” surge como uma ferramenta para ilustrar o espaço tridimensional aos alunos para os quais ministrava aulas no curso de arquitetura (RUBIK, 2023). Os benefícios do uso desse objeto, que posteriormente virou um brinquedo comercializável de grande sucesso, são inúmeros: exercício do raciocínio lógico, concentração, contato com a matemática e trabalha a autoestima de quem o monta (JUNIOR, 2016).

Após uma pesquisa de mercado, na qual concluiu-se a baixa diversidade de cubos oferecidos a pessoas com limitações na visão, nasceu a ideia de um projeto de construção de um cubo 2x2x2 para pessoas com deficiência visual, utilizando da prototipagem rápida, que constitui um processo de criar objetos com características semelhantes a outros já existentes para testar novas funcionalidades. Nesse caso em específico, foi utilizado um miolo de um cubo já existente e peças feitas por meio de impressão 3D para testar a inserção dos relevos no produto e sua viabilidade para produção em larga escala.

2. Referencial Teórico

A literatura pertinente para a geração de repertório ao processo de criação do produto envolveu pesquisas sobre a definição de deficiência visual e seus tipos, o cubo mágico como objeto e como ele é composto, dos benefícios da utilização de jogos para o aprendizado e, por fim, um breve ensaio sobre os jogos e pessoas com deficiência visual.

2.1 Deficiência Visual

A visão é um dos cinco sentidos humanos, sendo um dos responsáveis pela percepção do mundo ao redor do ser humano. Nem todas as pessoas possuem esse sentido em sua total funcionalidade, existindo diferentes graus de deficiência visual, que vão desde a perda parcial até a perda total da visão.

A baixa visão, também denominada visão subnormal, é caracterizada como um comprometimento da visão, sendo que esta perda severa não pode ser corrigida por tratamentos clínicos, nem pelo uso de óculos ou por intervenções cirúrgicas (LEAL, 2023; FACULDADE DE

CIÊNCIAS MÉDICAS, 2023). O deficiente de baixa visão, entretanto, é potencialmente capaz de utilizar sua visão útil para determinadas tarefas cotidianas, dependendo de sua acuidade visual¹.

A cegueira se caracteriza pela perda da capacidade visual em caráter definitivo, podendo ser de um ou dois olhos. Esse comprometimento vai desde a ausência completa de percepção visual à percepção de vultos ou luzes, mesmo que o portador dessa condição não saiba definir com exatidão o que está à sua frente (IFPB, 2018).

2.2 Cubo mágico

Desde sua concepção, o cubo mágico foi mais do que um simples brinquedo ou passatempo. Ernest Rubik, seu criador, o idealizou para utilizá-lo em suas aulas e, anos após, sua invenção segue atual e relevante para o ensino de princípios aprendidos nas escolas.

O uso cubo pode contribuir para uma melhora significativa no raciocínio lógico, memória, interpretação e tomada de decisão de quem o utiliza, pois sua montagem depende de uma sequência lógica de combinações de movimentos, que se relacionam com a observação do produto em sua totalidade, sendo necessário avaliar a posição de cada peça para poder tomar a decisão de qual combinação utilizar. Além disso, ele pode estimular a auto estima e confiança dos estudantes, pois, sendo o cubo um desafio, concluir-lo é também uma vitória.

Seus benefícios já foram estudados (KOLLING, 2019; RONCOLLI, 2016; SANTOS, 2021), por isso, existem movimentos que visam adaptar os cubos para pessoas portadoras de alguma necessidade visual. Entre eles, é possível destacar os projetos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), no qual os membros adquirem os cubos e colam miçangas em sua superfície, tornando possível a resolução do puzzle por meio do sentido tátil (SILVA, 2023).

2.3 O uso de jogos para a aprendizagem e desenvolvimento

A palavra “jogo” é originária do vocabulário latino *ludus*, associado ao significado de diversão e brincadeira, recurso provedor de ambientes planejados, motivadores e agradáveis, que podem ser propícios ao desenvolvimento do processo de aprendizagem e seus benefícios podem ser usufruídos por alunos que apresentam dificuldades nesse processo, tornando assim os jogos como ferramentas facilitadoras à compreensão dos conteúdos pedagógicos. (ALVES; BIANCHIN, 2010.)

Os jogos permitem que tanto alunos quanto professores possam ser mais criativos, usando de meios estéticos e lúdicos para a absorção de conhecimentos técnicos em uma parte prática. Durante a resolução de um jogo proposto, o usuário pode ser estimulado a procurar alternativas para impasses do processo, trabalhando diferentes áreas do conhecimento simultaneamente, compreendendo e agindo conforme regras e limitações já previstas do produto (COTONHOTO; ROSSETTI; MISSAWA, 2019).

2.4 Jogos para pessoas com deficiência visual

¹ A acuidade visual está relacionada a medir a capacidade funcional da visão de uma pessoa. Quanto mais fácil for a leitura para um indivíduo, maior a sua acuidade visual. Segundo o conceito de subvisão (pela Sociedade Brasileira de Visão Subnormal), uma pessoa com baixa visão possui a acuidade visual inferior a 20/60.

As pessoas possuem uma relação marcante com seus jogos e brinquedos, fato ao qual sugere-se que tais objetos possam influenciar seus usuários por muito tempo. De modo geral, os brinquedos são capazes de fomentar atividades lúdicas, estimulando relacionamentos sociais ou o aprendizado de habilidades, tornando-se um exercício de criatividade ou concentração. Desta forma, um brinquedo possui a capacidade de auxiliar seu usuário no desenvolvimento de seu potencial (SANTOS, 2006).

Ao longo da história, a deficiência tem sido frequentemente associada à exclusão social. No entanto, atualmente, há progressos nesse sentido, impulsionados pelos esforços de pesquisa de várias áreas para desenvolver melhorias na vida dessas pessoas. Como um agente de intervenção nas relações entre as pessoas e os produtos físicos ou virtuais, o designer precisa se familiarizar com as necessidades específicas desse público, a fim de atender às muitas dificuldades cotidianas que eles enfrentam (SILVA; SILVA; BATISTA, 2014).

Segundo Kishimoto (1994), há uma diferença entre jogos e brinquedos. Enquanto o brinquedo é caracterizado por uma relação supostamente aberta entre a criança e sua utilização, ou seja, a falta de um sistema de regras que organize sua utilização, o jogo já é estruturado por regras preexistentes. Embora ambos permitam que a criança desenvolva aspectos da realidade e manipule objetos, o brinquedo oferece maior liberdade de criação do enredo, enquanto o jogo, como o xadrez ou de construção, exige o desempenho de habilidades específicas, que já estão definidas pelas estruturas preexistentes do objeto e/ou de suas regras.

Encontrar jogos de qualidade tanto para fins educacionais quanto de entretenimento para pessoas com deficiência visual pode ser uma tarefa difícil. Uma pesquisa na internet foi realizada com o objetivo de encontrar empresas que desenvolvem jogos interativos para esse público-alvo, mas poucas foram encontradas. Entre as empresas citadas, a iDevelop se destacou por criar um jogo impressionante chamado Herocopter. O título é projetado para ser jogado através do Kinect do Xbox 360, um aparelho que capta os movimentos do jogador e passa os comandos para o jogo, e é baseado em gestos e som tridimensional. Herocopter é um jogo onde o jogador assume o papel de um piloto de helicóptero que trabalha em conjunto com um copiloto para localizar sobreviventes em situações de desastres naturais como tsunamis, terremotos ou furacões. O copiloto fornece informações descritivas para ajudar o jogador a encontrar os sobreviventes, enquanto o sistema de som tridimensional ajuda a localizar obstáculos e sobreviventes para um resgate bem-sucedido (SANTOS, 2013).

Além do jogo Herocopter, poucos outros jogos acessíveis para pessoas com deficiência visual foram encontrados na pesquisa. No entanto, a demanda por jogos inclusivos está aumentando e empresas estão começando a reconhecer a necessidade de desenvolver jogos que atendam a essa população. Jogos que utilizam áudio e feedback tátil são particularmente eficazes para pessoas com deficiência visual, já que não dependem da visão. O desenvolvimento de jogos para pessoas com deficiência visual não só oferece novas oportunidades para jogar, mas também pode ajudar no desenvolvimento de habilidades sensoriais e cognitivas. É importante continuar a promover a criação de jogos acessíveis e inclusivos para pessoas com deficiência visual e outras deficiências para que todos possam desfrutar dos benefícios do entretenimento e do aprendizado.

É importante destacar que os jogos acessíveis para pessoas com deficiência visual não devem ser limitados a jogos educativos ou terapêuticos. É salutar que existam jogos divertidos e emocionantes para que essas pessoas possam se divertir e se envolver em atividades recreativas com seus amigos e familiares. Isso pode ajudar a reduzir o estigma em torno da deficiência e promover a inclusão social. À medida que mais desenvolvedores se envolvem na criação de jogos acessíveis e inclusivos, espera-se que a diversidade de opções para pessoas com deficiência visual aumente significativamente. Todos devem ter a oportunidade de experimentar a alegria e a emoção de jogar jogos, independentemente de suas habilidades físicas ou mentais.

Outra área em que os jogos acessíveis podem ter um impacto significativo é na educação. Os jogos podem ser uma ferramenta poderosa para o aprendizado e, com jogos acessíveis, às pessoas com deficiência visual podem participar plenamente dessas experiências de aprendizagem. Jogos educativos para pessoas com deficiência visual podem abranger uma ampla variedade de assuntos, incluindo matemática, ciência, história e línguas. Os jogos podem ser usados para ensinar conceitos e habilidades de forma interativa e envolvente, proporcionando uma experiência de aprendizagem mais agradável e eficaz.

Além disso, os jogos acessíveis podem ajudar no desenvolvimento de habilidades sociais e emocionais. Jogos que incentivam a colaboração e a interação social podem ajudar as pessoas com deficiência visual a se conectar com outras pessoas e desenvolver habilidades importantes, como comunicação, cooperação e resolução de problemas.

Em resumo, a criação de jogos acessíveis para pessoas com deficiência visual é fundamental para garantir que todas as pessoas possam desfrutar dos benefícios do entretenimento, do aprendizado e da interação social. À medida que mais empresas e desenvolvedores se envolvem nesse esforço, esperamos que a diversidade de opções de jogos para pessoas com deficiência visual aumente e que todos possam participar plenamente do mundo dos jogos.

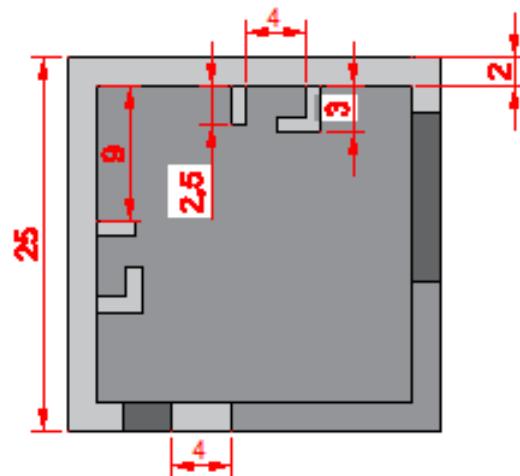
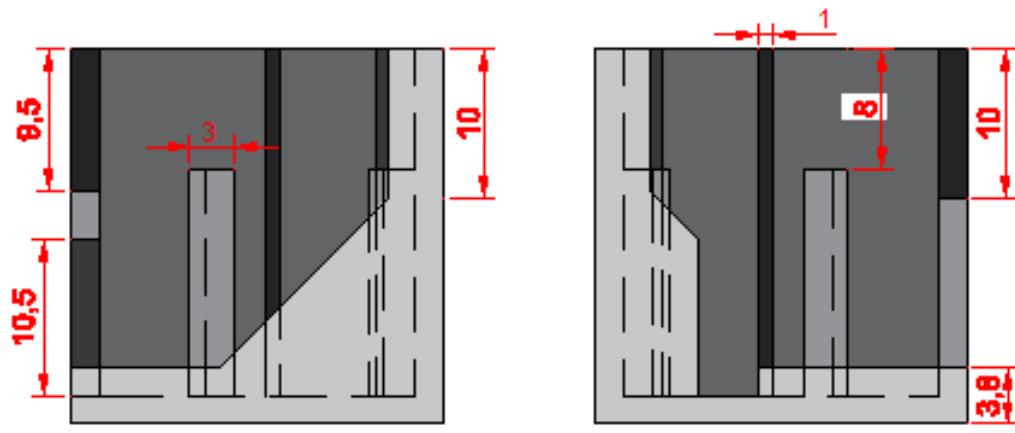
3. Material e Métodos

A ideia de fazer um cubo mágico 2x2x2 para pessoas com deficiência visual surgiu de uma pesquisa espontânea de formatos diferentes de cubo mágico após a proposta de um trabalho da disciplina de Modelagem, durante o terceiro semestre do curso de Design Gráfico da UNESP (FAAC/Bauru). Durante a pesquisa era notável que existiam cubos com relevo pensados para esse público específico, mas todos eram do formato 3x3x3, o cubo mais popular. Além desses, foram encontradas adaptações de modelos diferentes por universidades, mais especificamente a UFSC e a UTFPR (SILVA, 2023). Contudo, o modelo era o mesmo, se diferenciando pela colagem de miçangas e outras pequenas peças na superfície para diferenciar as faces do objeto.

A partir dessa revisão bibliográfica, surgiu a ideia de fazer um cubo com relevo que não fosse um 3x3x3. Eventualmente o 2x2x2 acabou sendo escolhido para ser reproduzido por ter estrutura de fácil compreensão e pelo seu tamanho reduzido, sendo necessário a impressão de oito peças ao todo para a montagem completa.

Para a parte de produção, usamos um cubo já existente de referência para as medidas, tendo como ideia inicial fazer a modelagem apenas das faces que se encaixam no centro, em decorrência do tempo de produção oferecido pela disciplina na qual ele foi produzido. Foi feito um esboço das medidas e dos encaixes primeiro no papel, para depois ser aperfeiçoado no software AutoCAD (Figura 01).

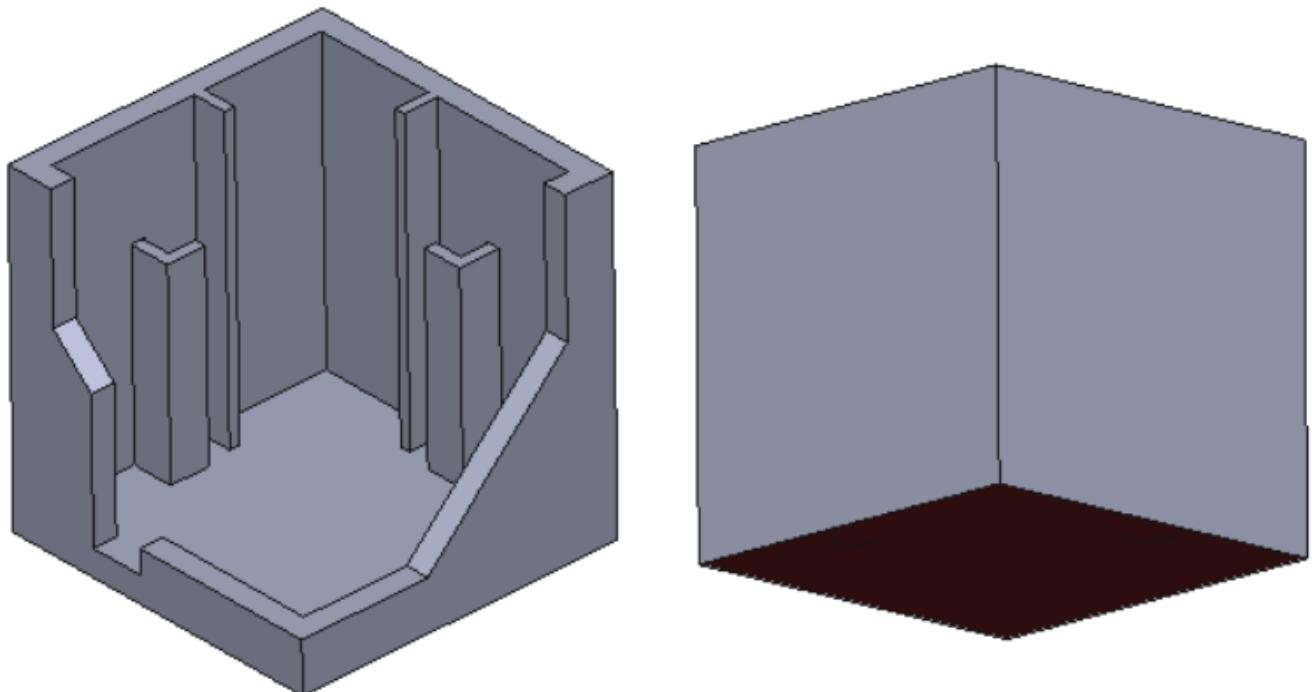
Figura 01: Desenho técnico de um dos módulos do cubo mágico.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Com as medidas prontas, foi feita a modelagem 3D do produto utilizando o software SolidWorks (Figura 02). Foi feita a criação de uma única peça modelo, já que no centro do cubo original o encaixe era o mesmo de todos lados, mudando apenas a direção.

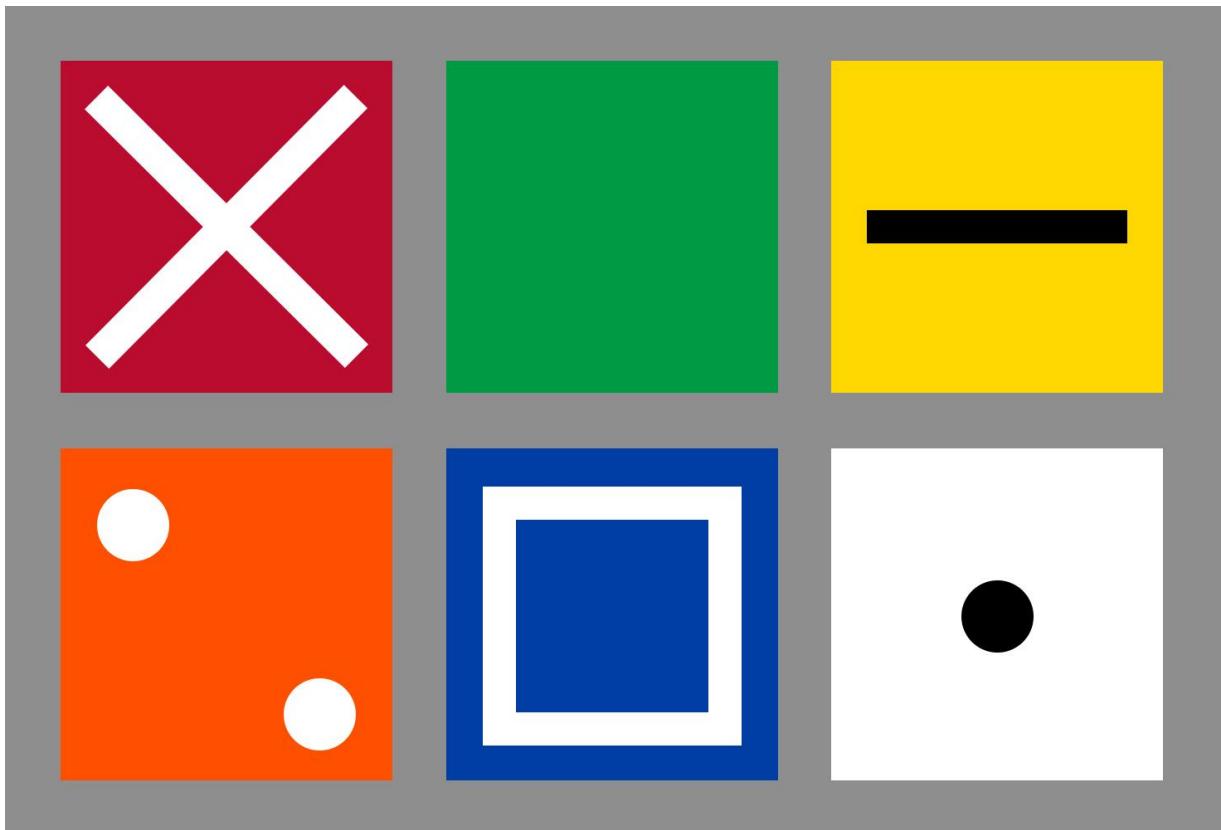
Figura 02: Frente e Verso do Modelo 3D.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os relevos, que são a parte principal, têm formatos distintos entre si para que não sejam facilmente confundidos pelo tato. Optou-se pela utilização do relevo por tratar-se de um objeto pequeno em que o Braille poderia ser de difícil reconhecibilidade, bem como a acessibilidade a cegos não alfabetizados em Braille. São 5 formas de relevos diferentes, sendo elas um X, uma linha reta horizontal, um quadrado e círculos, além de uma face lisa (Figura 03). As cores foram pensadas principalmente para a inclusão de pessoas videntes com daltonismo. As peças possuem as 6 cores padrões de um cubo mágico, sendo a mudança principal por conta do relevo, que alterna entre preto e branco, dependendo do contraste com a cor da peça em que ele reside.

Figura 03: Relevos e cores das faces do cubo mágico.



Fonte: Elaborado pelos autores.

As impressões foram todas feitas com uma impressora 3D do Laboratório Didático de Modelos e Protótipos (LDMP), da Unesp Bauru, utilizando um filamento PLA. Durante o processo, três impressões foram necessárias até o ajuste correto da peça, considerando as diferenças milimétricas de cada encaixe e a dilatação do material físico, além das pequenas sobras ocasionadas pela própria resina (Figura 04).

Figura 04: Protótipo do cubo mágico.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Após, foram impressas as oito peças necessárias para a confecção do cubo, totalizando um total de sete horas e vinte minutos de impressão (uma média de 40 minutos por peça). Por limitações da máquina que foi utilizada, os relevos foram impressos à parte, sendo uma sessão para cada tipo de relevo, somando mais duas horas para a impressão dessas peças. E por limitações de materiais disponíveis, o protótipo foi feito apenas na cor branca e não foi pintado em primeiro momento, sendo finalizado na cor branca.

O filamento PLA foi escolhido pela resistência do material, considerando-se que ele será usado de maneira tátil, logo, deve aguentar a pressão manual do usuário, e pelo preço no mercado, tornando a produção mais barata. O projeto teve um custo final de menos de trinta reais, considerando o material para a impressão de todas as peças, incluindo as peças defeituosas geradas no processo de ajuste da impressora 3D, bem como as 24 peças de relevo.

4. Resultados e discussões

O resultado foi um protótipo zero, apresentado como trabalho final da disciplina de Modelagem, da grade curricular comum aos cursos de Design de Produto e Design Gráfico na UNESP. O protótipo foi testado de duas maneiras: primeiramente utilizando-se do sentido da visão, as autoras do projeto efetuaram um teste empírico de uso do produto, para tomar notas de possíveis falhas de funcionamento. Posteriormente, com o uso de vendas para impedir a visão, efetuou-se novamente o uso do produto para avaliar os relevos. O produto se apresentou funcional, sendo possível solucionar o quebra-cabeça unicamente pelos relevos, podendo movimentar as peças em todas as direções conhecidas de qualquer outro cubo 2x2x2.

5. Considerações finais

O desenvolvimento do projeto de cubo mágico 2x2x2 com texturas e cores acessíveis tratou-se de um trabalho de finalização de uma disciplina de graduação, tendo como esta natureza, sua característica de escassez de tempo para o desenvolvimento aprimorado e testes com usuários.

As evidências constatadas por meio de testes com videntes vendados sugerem que o protótipo encontra-se funcional e submissível a testes com usuários alvo.

Sugere-se fortemente que o modelo do cubo mágico seja submetido a um teste de usabilidade, o que é fortemente sugerido pelos autores como possíveis desdobramentos viabilizando melhorias no Design.

Como objetivo futuro, as realizadoras visam criar um novo modelo de cubo, melhorado a partir de testes reais e incluindo o centro, e distribuí-lo por plataformas online de maneira gratuita, para que o objeto possa ser impresso em mais lugares, democratizando o acesso a um cubo-mágico 2x2x2 funcional e de menor custo do que os presentes no mercado.

Agradecimentos

Este estudo foi desenvolvido com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES (Processo 88887.487327/2020-00).

6. Referências Bibliográficas

ALVES, Luciana; BIANCHIN, Maysa Alahmar. O jogo como recurso de aprendizagem. **Revista Psicopedagogia.** v. 27, n. 83, p. 282-287. 2010.

ASSESSORIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL. **Data reafirma os direitos das pessoas com deficiência visual.** 2017. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/ultimas-noticias/202-264937351/58391-data-reafirma-os-direitos-das-pessoas-com-deficiencia-visual>. Acesso em: 29 maio 2023.

COTONHOTO, Lariss Alves; ROSSETTI, Claudia Broetto; MISSAWA, Daniela Dadalto Ambrozine. A importância do jogo e da brincadeira na prática pedagógica. **Revista Construção Psicopedagógica.** v.27, n.28, p.37-47, 2019.

FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS. Unicamp. **A baixa visão.** Disponível em: <https://www.fcm.unicamp.br/fcm/auxilios-opticos/baixa-visao>. Acesso em: 13 mar. 2023.

GUIMARÃES, Márcio James Soares. **Design Inclusivo na Contemporaneidade:** diretrizes ao desenvolvimento de materiais didáticos acessíveis a crianças cegas e com baixa visão. 2020. 227 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Design, Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2020.

IFPB. Instituto Federal da Paraíba. **Cegueira x baixa visão:** deficiência visual não é necessariamente completa ausência de visão. Deficiência visual não é necessariamente completa ausência de visão. 2018. Disponível em: <https://www.ifpb.edu.br/assuntos/fique-por-dentro/cegueira-x-baixa-visao>. Acesso em: 13 março 2023.

JUNIOR, Eudes Nascimento Filho. **Os benefícios do Cubo Mágico nas aulas de matemática no ensino médio.** 2016. Monografia (Especialização em Ensino de Matemática do Ensino Médio) - Universidade Estadual do Piauí, 2016.

KISHIMOTO, Tizuko Mochida. **O jogo e a educação infantil.** São Paulo: Perspectiva, 1994.

KOLLING, Bruna Ariceli Schirrmann. **O ensino de frações por meio do cubo mágico.** 2019. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2019.

LEAL, Daena Nascimento Barros. **SOCIEDADE BRASILEIRA DE VISÃO SUBNORMAL:** conceito de visão subnormal. CONCEITO DE VISÃO SUBNORMAL. Disponível em: <https://www.cbo.com.br/subnorma/conceito.htm>. Acesso em: 13 março. 2023.

RONCOLLI, Gislaine Aparecida. **CUBO MÁGICO: UMA FERRAMENTA PEDAGÓGICA NAS AULAS DE MATEMÁTICA.** 2016. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de São João Del-Rei, 2016.

RUBIKS, **About Rubik's Cube**, © 2023 Spin Master Ltd. All Rights Reserved. Disponível em: <https://rubiks.com/en-US/#about>. Acesso em: 12 março 2023.

SANTOS, Santa Marli Pires dos. **Brinquedo e infância:** um guia para pais e educadores em creche. Petrópolis: Vozes, 2006.

SANTOS, Júlio Borges dos. **Desenvolvimento de jogos digitais para deficientes visuais.** 2013. 37 f. TCC (Graduação) - Curso de Graduação em Tecnologia em Análise de Sistemas e Tecnologia da Informação, Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Faculdade de Tecnologia de Americana, Americana, 2013.

SANTOS, Daniel Marcus dos. **Cubo de Rubik com ênfase no ambiente escolar.** 2021. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Paraíba.

SILVA, Armando Paulo da. **UTF ao Cubo:** cubo 5x5x5 - novo cubo adaptado para pessoas de baixa visão ou cegas.. 3 fev. 2023. Facebook: @UTFaoCubo. Disponível em: <https://www.facebook.com/UTFaoCubo>. Acesso em: 13 mar. 2023.

SILVA, Roseane Santos da; SILVA, Regio Pierre da; BATISTA, Vilson João. DESENVOLVIMENTO DE BRINQUEDOS PARA CRIANÇAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL: um estudo de caso. **Educação Gráfica**, Bauru, v. 18, n. 2, p. 123-141, dez. 2014.