

CONSTRUÇÃO E ADAPTAÇÃO DE UM SISTEMA ÓPTICO DE BAIXO CUSTO PARA PROJEÇÕES HEMISFÉRICA

CARVALHO, Victor Esmite Barroso de Carvalho¹

BEZERRA, Mauro Guilherme Ferreira²

RESUMO

Este trabalho aborda a fabricação e implementação de lentes de resina epóxi para adaptação em um sistema de projeção digital para domo hemisférico. A análise das lentes inclui testes com iluminação, revelando características internas e distâncias focais. Embora algumas irregularidades tenham sido observadas, a produção das lentes apresenta uma notável economia em relação às lentes comerciais. O custo de produção é detalhadamente apresentado, destacando a viabilidade econômica da abordagem. A metodologia acessível permite a replicação por outros pesquisadores, ampliando as possibilidades de criação de sistemas para projeções hemisféricas em que podem ser utilizadas em ambientes educacionais.

Palavras-chave: Projeção hemisférica, Lentes de resina, Baixo custo.

ABSTRACT

This work addresses the manufacturing and implementation of epoxy resin lenses for adaptation in a digital projection system for a hemispherical dome. The lens analysis includes tests with illumination, revealing internal characteristics and focal distances. Although some irregularities have been observed, the production of the lenses demonstrates a notable cost savings compared to commercial lenses. The production cost is presented in detail, highlighting the economic feasibility of the approach. The accessible methodology allows replication by other researchers, expanding the possibilities for creating systems for hemispherical projections that can be used in educational environments.

KeyWords: Hemispherical Projection, Resin Lenses, Low Cost.

¹ Discente do curso de Licenciatura em Física do IFRO campus Porto Velho Calama.

² Professor Doutor. Orientador e Coordenador do Curso de Licenciatura em Física do IFRO Porto Velho Calama.

1 INTRODUÇÃO

Conforme Almeida *et al.* (2017), planetários são ambientes que, com equipamentos de projeção centralizados numa cúpula abobadada (também chamado de domo hemisférico), recriam o universo de qualquer ponto temporal e físico do universo. Estes classificam os planetários em duas categorias: Fixos e Móveis. Nas palavras dos autores, a diferença está que “Os planetários fixos são projetados para funcionarem em instalações permanentes e de grande escala, enquanto os planetários móveis, normalmente infláveis, são menores e podem ser transportados e instalados temporariamente em qualquer local [...]” (Almeida *et al.*, 2017).

Na literatura, planetários são ambientes de educação não formal, segundo Langhi e Nardi (2009b), a educação não formal trata-se de uma prática de caráter coletivo a qual ocorrem fora dos ambientes escolares e não estão sujeitas a legislação, permitindo uma flexibilidade ao docente para trabalhar com métodos e conteúdos a que se deseja (Junior e Romeu, 2018). Refinando ainda mais o conceito, Jacobucci (2008) ainda divide a educação não formal em duas categorias: institucional e não institucional; de acordo com a autora, a educação não formal se relaciona com ambientes em que a educação formal não é o objetivo (Museus, planetários, observatórios, etc.) e com locais não institucionalizados (Parques, ruas, praias etc.).

As características provenientes dos planetários móveis, dada a sua flexibilidade de instalação e permanência, garantem que este tipo de tecnologia seja considerado como um dos maiores difusores da Astronomia no Brasil, conforme aponta Resende (2017). No entanto, em um artigo publicado por Steffani e Vieira (2013), ainda que grandes difusores do conhecimento, não cobrem todo o território nacional; se concentrando em sua maioria nas regiões sul e sudeste, enquanto as demais regiões, principalmente norte e centro-oeste, estão praticamente desprovidas de tais ambientes.

Para problematizar ainda mais a situação, a crescente evolução dos sistemas de projeção dos planetários vem dificultando ainda mais a aquisição desses ambientes pelas instituições de ensino, conforme apontado por Filho (2010). Em contrapartida, atualmente são encontrados métodos alternativos ao planetário

comercial. Quanto à sua estrutura, estes podem ser construídos a partir de cano PVC (Regester e McGahee, 2019) ou até mesmo em papelão (BealsScience, 2016).

Para o sistema de projeção, encontram-se adaptações de projetores utilizando espelhos esféricos (Regester e McGahee, 2019) ou arranjos de lentes comerciais (Filho, 2010). Porém, o uso de material óptico industrial, como utilizado por Filho (2010), ainda demonstra ser um impasse para aqueles que buscam alternativas mais econômicas.

Nesse sentido, almejando contribuir com as opções disponíveis para equipamentos de projeção hemisférica, o presente artigo tem como objetivo o desenvolvimento de lentes a base de resinas e construção de um sistema óptico para ser adaptado a projetores digitais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Pode-se considerar que o planetário é resultado da união entre três partes fundamentais: a estrutura externa, em formato de domo; o sistema de projeção central e os arranjos ópticos adaptados ao projetor.

Dada a complexidade da última parte mencionada, o presente trabalho tem como foco a construção de um sistema óptico de baixo custo utilizando lentes a base de resina e peças confeccionadas em impressão 3D. Devido a quantidade de informações que são necessárias para o desenvolvimento das lentes, optou-se pela divisão do presente tópico em partes complementares:

- Caracterização do projetor;
- A equação das lentes;
- Parâmetros para o desenvolvimento das lentes.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROJETOR

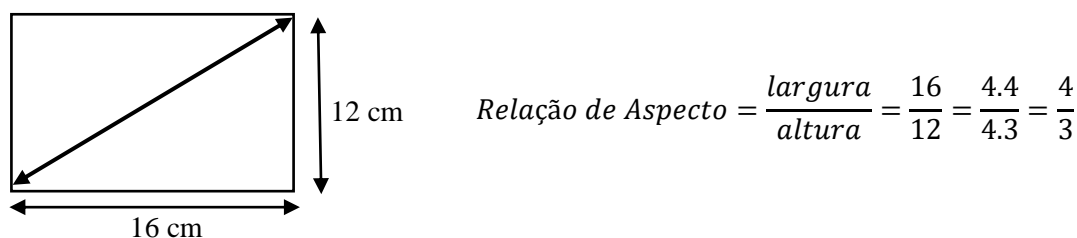
O projetor, também chamado de *Datashow*, é um dispositivo eletrônico dotado de um conjunto de lentes que permite, em referência ao nome, projetar uma imagem

ou um vídeo sobre uma superfície plana. Para o seu uso em planetário, é necessário que o projetor cumpra as seguintes condições de contorno:

- Projetar em uma área equivalente à área do domo;
- Se encontrar no centro do domo.

O projetor utilizado trata-se de um EPSON PowerLite 1835 com uma relação de aspecto (ou proporção de tela) de 4:3. Conforme explicado por Cardwell (2015), isso significa que para qualquer imagem projetada pelo equipamento, se dividirmos a dimensão da largura pela altura, teremos como resultado o valor “4:3” ou em sua forma decimal “1,33”, conforme imagem abaixo:

Figura 01: Exemplo de cálculo de relação de aspecto

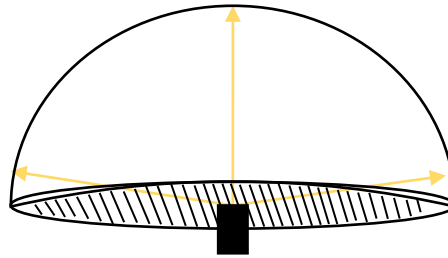


Fonte: elaborado pelo autor, 2023

A proporção trata-se de uma característica fundamental para a adaptação do projetor, pois se toda imagem formada tem como resultado para as divisões da largura e altura o valor de “ $\frac{4}{3}$ ”, isto indica que para toda projeção haverá a um lado maior que o outro.

Aplicado ao domo, o aspecto implica em uma limitação na área coberta pela imagem projetada. Considere um domo de 4 metros de diâmetro a qual desejamos criar uma imagem, a partir da metade da esfera, em sua superfície interior, conforme a imagem abaixo:

Figura 02: Exemplo de aplicação



Fonte: elaborado pelo autor, 2023

A área que o *Datashow* deve cobrir é dado pela seguinte equação:

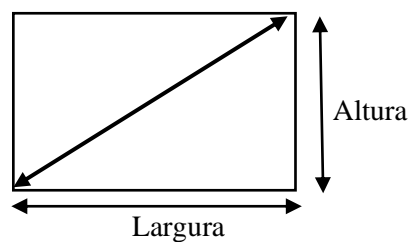
$$\text{Área} = \frac{4 \cdot \pi \cdot r^2}{2} \quad (1)$$

Onde o denominador é justificado pela área ser a metade de uma esfera. Substituindo as informações do problema, temos:

$$\text{Área} = 25,13\text{m}^2 \quad (2)$$

Com o resultado acima podemos calcular através da relação de aspecto e das equações trigonométricas, presentes em livros de matemática como os de lezii et.al (2015), as dimensões da projeção fornecida pelo aparelho. A imagem será um retângulo semelhante à figura 03:

Figura 03: Dimensão da imagem projetada



Fonte: elaborado pelo Autor, 2023

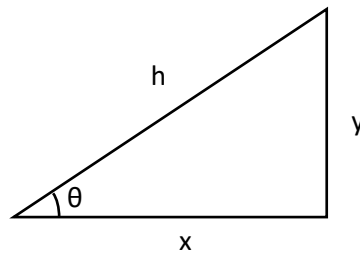
Se a relação de aspecto é constante e trata-se da divisão entre largura e altura, isto significa que, ao inverter a divisão, temos dados para descobrir o ângulo com que a diagonal que corta a tela está inclinada, formando um triângulo retângulo:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{\text{altura}}{\text{largura}} = \frac{3}{4} = 0,75 \quad (3)$$

$$\theta = 36,87^\circ \quad (4)$$

O triângulo retângulo então formado é:

Figura 04: Triângulo formado pela diagonal e componentes da imagem



Fonte: elaborado pelo Autor, 2023

Se a área de um retângulo é dada por:

$$\text{Área retângulo} = x \cdot y \quad (5)$$

E pelas relações trigonométricas os valores dos catetos são:

$$h \cdot \cos \theta = x \quad (6)$$

$$h \cdot \operatorname{sen} \theta = y \quad (7)$$

Relacionando a (7) com (8) e (9), temos:

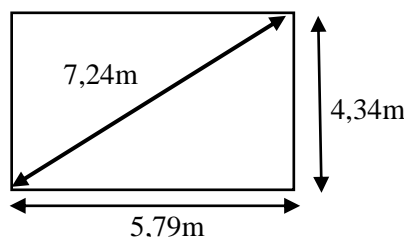
$$\text{Área retângulo} = h^2 \cdot \cos \theta \operatorname{sen} \theta \quad (8)$$

Resolvendo a área para os dados que obtemos em (4) e (6):

$$h = \sqrt{52,35m^2} = 7,24m \quad (9)$$

Aplicando a (12) na (8) e depois em (9), obtemos as seguintes dimensões de imagem:

Figura 05: Dimensões que a imagem precisa



Fonte: elaborado pelo Autor, 2023

O resultado acima indica o tamanho da imagem necessária para projeção no domo exemplificado. Ao verificar as especificações técnicas do projetor, através do manual de usuário, é observado a seguinte tabela que correlaciona a distância parede-equipamento e o tamanho da imagem:

Tabela 1: Associação entre distância e imagem do projetor

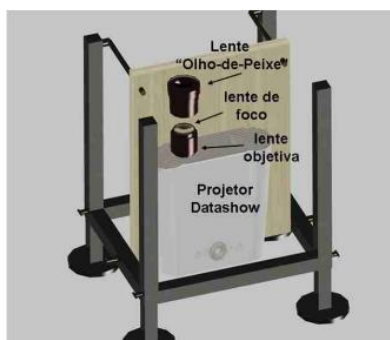
EPSON POWERLITE 1835 (4:3)	
DISTÂNCIA DE PROJEÇÃO (m)	ÁREA DE PROJEÇÃO (m²)
2,29	0,77
3,68	1,97
4,6	3,10
6,92	6,95

Fonte: Manual Epson, 2010

Observe que o último resultado apresenta uma relação quase linear, dito isto, podemos supor que para conseguir uma imagem de 25m² com o equipamento, precisaríamos estar distantes das paredes do domo em aproximadamente 25 metros. Isso não condiz com a nossa condição de contorno; o projetor precisa estar no centro do domo, isto é, a uma distância de 2 metros das paredes!

Buscando resolver o problema da distância, Filho *et.al* (2010) otimizaram a ampliação do *Datashow* ao introduzir um arranjo de lentes sobre o feixe de projeção do equipamento. A composição utilizada pelos pesquisadores continha lentes de foco 50mm, 20mm e uma grande angular de 8mm, também conhecida como lente olho de peixe, ou do inglês, *fisheye*. A otimização pode ser visualizada abaixo:

Figura 06: Esquema de otimização de projetor



Fonte: Assunção *et.al*, 2010

Embora o artigo apresentado por Assunção *et.al* (2010) relate ter sido construído com materiais de baixo custo, o uso de lentes comerciais se mostrou um desafio para o presente projeto. Dito isto, uma alternativa encontrada para tal problemática foi o uso de lentes manufaturadas em resina sintética.

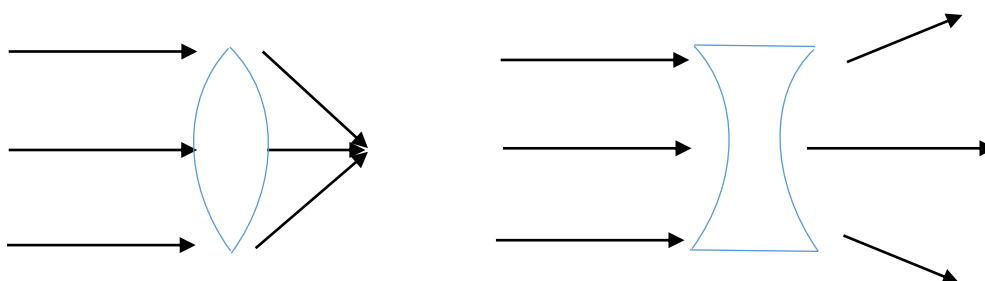
Em sua dissertação de mestrado, Cruz (1997) se preocupou em utilizar o acrílico como matéria prima para a fabricação de lentes, realizando análises em laboratório e comparando os resultados com as de vidro; dentre os pontos positivos mencionados pelo autor quanto ao uso do plástico estão a baixa densidade, rápida e fácil confecção.

2.2 A EQUAÇÃO DAS LENTES

Segundo Máximo e Alvarenga (2013), uma lente trata-se de um dispositivo constituído por um meio transparente limitado por faces curvas, geralmente esféricas. Halliday *et.al* (2022), ao conceituar as lentes, separa-os em dois grupos a partir do efeito que estes trazem às trajetórias dos feixes de luz que os atravessam (este efeito de atravessar meios é chamado de difração); segundo os autores, uma lente que

aproxima feixes paralelos de luz para um ponto específico é denominada **convergente**, já uma lente que afasta os feixes paralelos, é denominada **divergente**:

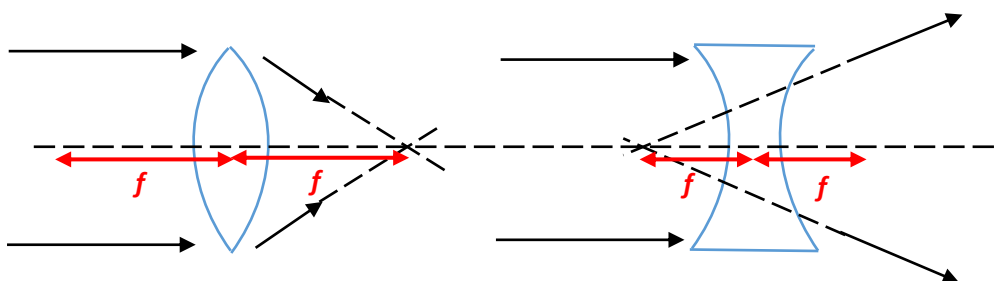
Figura 07: A esquerda, uma lente convergente, a direita, uma lente divergente



Fonte: elaborado pelo Autor, 2023

O ponto onde os feixes paralelos de luz se encontram é chamado de distância focal. Representada pela letra “ f ”, a distância tem como referência o centro da lente e está presente em ambos os lados do aparato. Para feixes incidentes em paralelo, enquanto para uma lente convergente os raios se encontram depois do aparato, para uma lente divergente, a luz se “encontra” antes do aparato por prolongamento dos raios:

Figura 08: Distância focal de uma lente qualquer



Fonte: elaborado pelo autor, 2023

Para cada formato de lente e o tipo de material que é constituído, apresentará uma distância focal diferente; que por sua vez irá difratar os feixes de luz de maneira diferente. Nesse sentido, as características que governam as propriedades de uma

lente, são os raios de curvaturas e o índice de refração. A equação que relaciona tais características é dada por (Nussenzveig, 2014; Halliday, 2022):

$$\frac{1}{f} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \cdot \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (12)$$

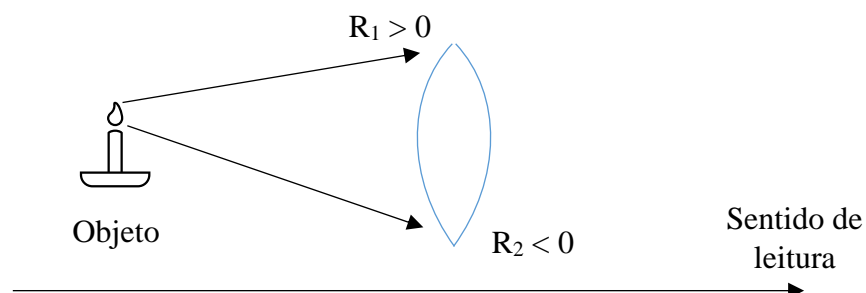
Onde:

- f = distância focal da lente
- n_2 = índice de refração da lente
- n_1 = índice de refração do ambiente em que se encontra a lente
- R_1 = raio de curvatura da segunda borda da lente
- R_2 = raio de curvatura da primeira borda da lente

Com a presença dos termos “ R_1 ” e “ R_2 ”, que aparece uma ordem numérica, é necessário definir uma orientação para os diagramas. Nesse sentido, para todos os diagramas seguintes, considere a leitura sempre da esquerda para a direita, onde a luz que atravessa as lentes é proveniente de um objeto qualquer que se encontra no início das figuras.

Na equação (12), conforme explica Nussenzveig (2014), quando o raio de uma superfície da lente possui sinal positivo, isto indica que a curvatura, na perspectiva do objeto, é do tipo convexa; enquanto o sinal negativo nos informa que se trata de uma curva do tipo côncava, veja a figura abaixo:

Figura 09: Sinal da curvatura de uma lente



Fonte: elaborado pelo Autor, 2023.

Segundo Pionório, Rodrigues e Bertuola (2008), quando um artefato está atrás de uma lente, a equação que relaciona a distância focal com as distâncias do objeto e imagem formada é dada pela equação de Gauss:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q} \quad (13)$$

Onde:

- p = distância do objeto ao centro da lente
- q = distância da imagem ao centro da lente
- f = distância focal

Ao unirmos as equações (12) e (13), temos:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \left(\frac{n_2}{n_1} - 1 \right) \cdot \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \quad (14)$$

Presente nos livros de Física (Nussenzveig, 2014; Halliday, 2022; Máximo e Alvarenga, 2013), a equação (14) é chamada de equação básica das lentes delgadas na forma gaussiana. Porém, enquanto a equação (13) trata-se da relação entre as distâncias, a equação que associa o tamanho do objeto e da imagem formada é:

$$m = \frac{y'}{y} = -\frac{q}{p} \quad (15)$$

Onde:

- y' = Tamanho da imagem
- y = Tamanho do objeto

2.3 PARÂMETROS PARA O DESENVOLVIMENTO DAS LENTES

Partindo dos dados da projeção e das equações das lentes, é possível prever o raio de curvatura que o sistema óptico necessita. Enquanto o projeto realizado por Filho (2010) apresentou 3 lentes, o atual trabalho se preocupará no uso de somente duas. Para facilitar ainda mais o processo de fabricação, todas as lentes terão um lado plano.

Aplicando as equações apresentadas no tópico anterior, foi elaborado a seguinte tabela com os parâmetros de três lentes possíveis para adaptação em projetor:

Tabela 02: Relação entre as medidas de lentes primárias e secundárias

Ordem	Distância focal (lente primária)	Raio (lente primária)	Distância focal (lente secundária)	Raio (lente secundária)
1	50 mm	24,5 mm	- 7,11 mm	3,48 mm
2	75 mm	36,75 mm	- 10,83 mm	5,30 mm
3	100 mm	49 mm	- 14,66 mm	7,18 mm

Fonte: elaborado pelo Autor, 2023

Tabela 03: Relação entre tamanho vertical das imagens

ORDEM	IMAGEM ORIGINAL (mm)	IMAGEM PÓS LENTE PRIMÁRIA (mm)	IMAGEM PÓS LENTE SECUNDÁRIA (mm)
1	600	15,38	4341,38
2	600	23,38	4341,01
3	600	31,58	4339,90

Fonte: elaborado pelo Autor, 2023

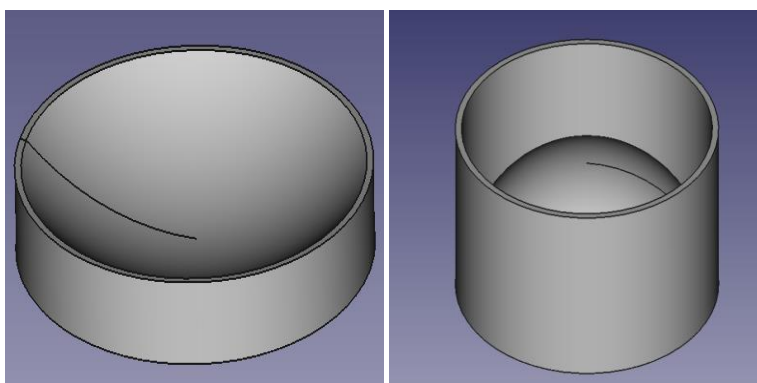
Quanto maior for o tamanho da primária, mas fácil é a confecção da secundária, no entanto, mesmo para uma lente de 100 mm, a secundária ainda é muito pequena. Apesar da projeção resultar em uma menor que àquela desejada, o projeto empregará uma lente primária de foco de 100 mm e secundária com distância focal de -20 mm.



3 METODOLOGIA

A partir dos dados coletados na parametrização das lentes, foi realizado os desenhos técnicos em *software* CAD com posterior confecção das peças em impressora 3D. As seguintes imagens mostram os desenhos produzidos em CAD:

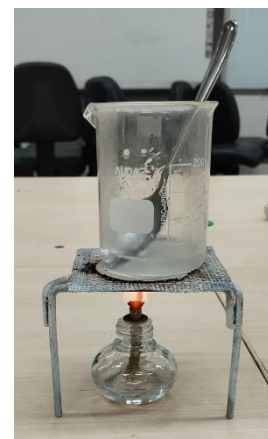
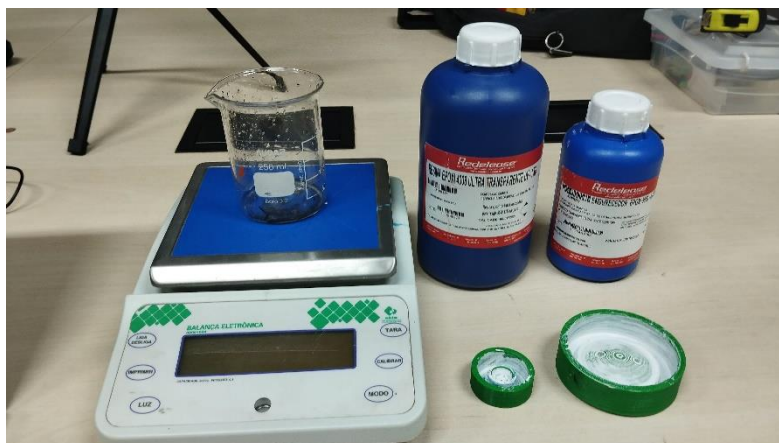
Figura 10: Molde para lentes de $f = 100$ mm e $f = -20$ mm



Fonte: elaborado pelo autor, 2023

Para adicionar a resina ao interior do molde foi necessário o seu preparo prévio. Com auxílio de uma balança e um recipiente de vidro, a resina é misturada com o seu agente catalisador, em uma proporção de 1:0.43, com adição de calor durante a homogeneização da mistura. Após tal procedimento, é vertido a solução ao molde e deixado em repouso por um período de 24 horas:

Figura 11: Resina em repouso no interior do molde



Fonte: elaborado pelo autor, 2023

Passado o período de repouso, todas as lentes foram submetidas a um processo de tratamento. Utilizou-se lixas de numeração 1200, 1500, 2500 e 5000 para a retirada de quaisquer irregularidades provenientes da impressão para posterior acabamento através de polimento com produtos dedicados.

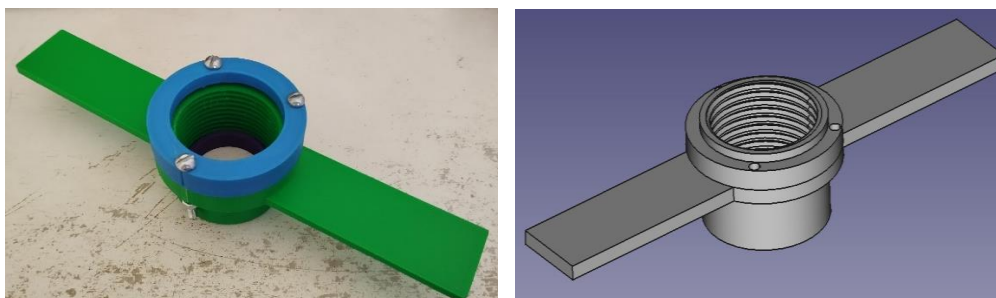
Figura 12: Lixamento e polimento das lentes



Fonte: elaborado pelo autor, 2023

Para adaptação em projetor, é necessário que a peça a ser confeccionada apresente suporte para as duas lentes, com ajuste fino entre elas, e suportes laterais para sua fixação em projetor. Assim como os moldes, o esquema do adaptador foi realizado em *software* CAD e confeccionado em impressora 3D:

Fonte: 13: Adaptador confeccionado



Fonte: elaborado pelo autor, 2023

As regiões laterais permitem a fixação do adaptador através de um filamento têxtil. Com dois suportes nas laterais, presas com contato em velcro, o sistema óptico adaptado apresenta a seguinte aparência:

Figura 14: Sistema óptico adaptado ao projetor



Fonte: elaborado pelo autor, 2023

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a inclusão do dispositivo no sistema de projeção, verifica-se a geração de uma representação visual com dimensões verticais de 3189 milímetros, conforme imagem:

Figura 15: Projeção sem adaptação x com adaptação



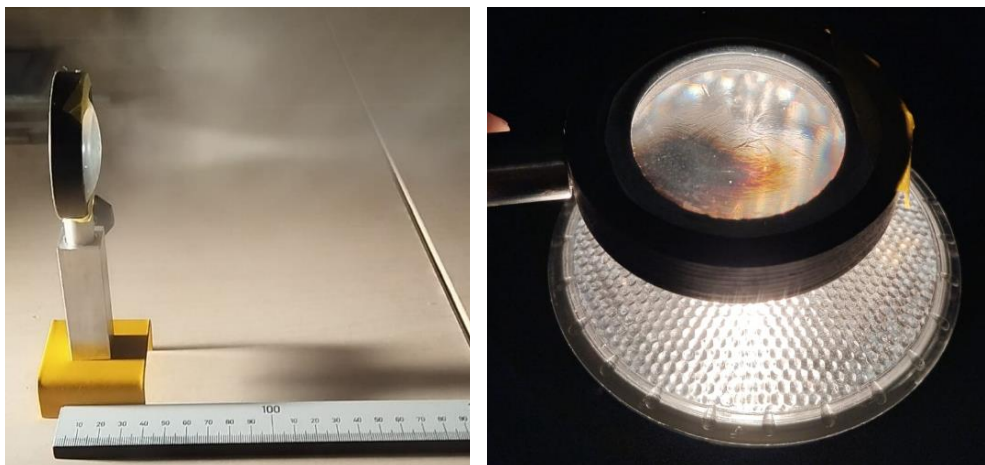
Fonte: elaborado pelo Autor, 2023

A qualidade da imagem está intrinsecamente vinculada às características das lentes. Com o propósito de observar e avaliar tais características, estas foram submetidas a um teste de iluminação.



O procedimento consistiu na aplicação de uma fonte intensa de luz, acompanhada da dispersão de aerossol, para possibilitar a observação da região interna da lente e o subsequente cálculo da distância focal:

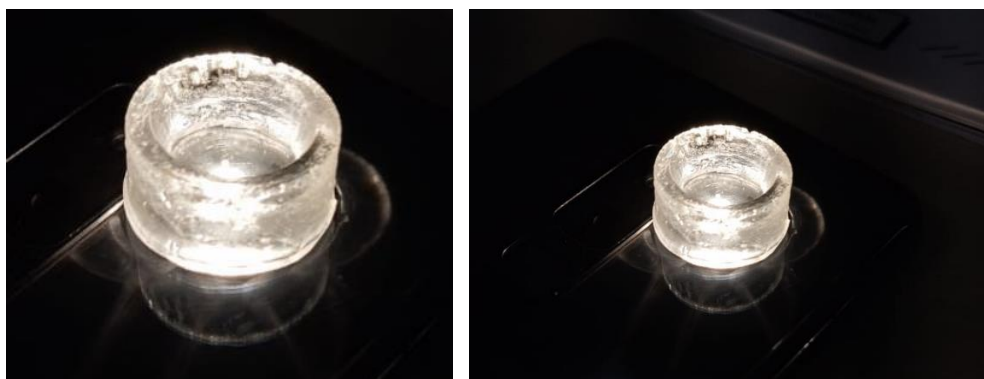
Figura 16: Teste de luz em lente de $f = 100\text{mm}$



Fonte: elaborado pelo Autor, 2023

A lente demonstrou satisfatoriamente uma distância focal de 100 mm. No que diz respeito à lente secundária (côncava), suas características impediram a determinação da distância focal por meio do teste de luz, permitindo apenas a inspeção de sua estrutura interna:

Figura 17: Teste de luz em lente de $f = -20\text{mm}$



Fonte: elaborado pelo Autor, 2023

Quanto ao custo de produção, fez-se a seguinte tabela:

Tabela 04: Custo de Produção – Lente de resina epóxi

LENTE DE RESINA EPÓXI		
Equipamento	Quantidade (und)	Valor (R\$)
Resina Epóxi + Endurecedor	1 und	R\$250,00
Borracha de Silicone + Catalisador	1 und	R\$150,00
Filamentos têxteis	1 m	R\$13,00
Velcro (macho)	1 m	R\$2,50
Velcro (fêmea)	1 m	R\$2,50
VALOR TOTAL		R\$418,00

Fonte: elaborado pelo Autor, 2023

Vale aqui ressaltar que a tabela acima representa uma abordagem idealizada, uma vez que não foi considerado os gastos de impressão 3D. Realizando uma pesquisa nos mercados digitais, as lentes comerciais, utilizadas por Assunção *et al* (2010), estão custando, em média, os seguintes valores:

Tabela 05: Custo de lentes comerciais

LENTE COMERCIAIS		
Equipamento	Quantidade (und)	Valor (R\$)
Lente - 50 mm	1	R\$500,00
Lente - 20 mm	1	R\$2000,00
Lente Olho de Peixe – 8 mm	1	R\$3000,00
VALOR TOTAL		R\$5500,00

Fonte: elaborado pelo Autor, 2023

Observando e comparando as duas tabelas, nota-se uma diferença considerável nos custos. A fabricação de lentes por meio de resina epóxi, e sua implementação, representa 7,6% do valor equivalente ao uso de lentes comerciais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS / CONCLUSÃO

As lentes produzidas em resina epóxi, apresentaram uma notável vantagem ao modelo comercial no que se refere ao valor de custo. A análise das características das lentes revelou aspectos intrigantes. A lente primária, apesar de apresentar irregularidades internas, como uma estrutura emaranhada, demonstrou uma distância focal satisfatória de 100 mm.

Por outro lado, a lente secundária, apresentou alguns desafios. As irregularidades nas margens, como áreas quebradiças e ranhuras, indicam a necessidade de aprimoramentos no processo de produção.

O custo de produção das lentes de resina epóxi revelou-se notavelmente inferior em comparação com as lentes comerciais. Essa consideração econômica é crucial, especialmente em contextos acadêmicos, onde a disponibilidade de recursos financeiros muitas vezes é limitada.

Em suma, a adaptação de projetores para domo hemisférico, utilizando lentes fabricadas em resina epóxi, oferecem uma alternativa viável e economicamente. No entanto, melhorias contínuas na produção e refinamento são necessárias para maximizar seu potencial.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Gabrielle de Oliveira et al. **O Planetário como ambiente não formal para o ensino sobre o sistema solar**. Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia, n. 23, p. 67-86, 2017.

ASSUNÇÃO, Hildeu Ferreira da et al. **Montagem de um sistema de projeção digital para domo hemisférico**. 2010.

BEALS, Craig. BealsScience: Maker your own Cardboard Planetarium And Projector. 2016. Disponível em: <https://bitlybr.com/nHD>.

CRUZ, Renato Antonio. **Confecção de lentes acrílicas para o ensino de ótica**. 1997. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CARDWELL, Sarah. A Sense of Proportion: Aspect Ratio and the Framing of Television Space. Sage Journals, 2015.

FILHO, Valdinei Bueno L. et al. **Montagem de um sistema de projeção digital para domo hemisférico**. 2010.

FONSECA, Martha Reis Marque da. **Química Integral**. 1. Ed. São Paulo: FTD: 1993. 624 p. volume único.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física: óptica e física moderna**. 2016. 400 p. v. 4.

Iezzi, Gelson. et al. **Matemática: ciência e aplicações**. 7. ed. São Paulo: Saraiva, 2013. 320 p. v. 2.

JÚNIOR, José Ademir Damasceno; ROMEU, Mairton Cavalcante. **O Planetário como recurso metodológico para facilitar o ensino de Física por meio da ruptura entre o conhecimento científico e o conhecimento comum**. Revista Prática Docente, v. 3, n. 1, p. 231-248, 2018.

JACOBUCCI, Daniela Franco Carvalho. **Contribuições dos espaços não-formais de educação para a formação da cultura científica**. Revista em extensão, v. 7, n. 1, 2008. Acessado em 21/05/2022;

LANGHI, Rodolfo; NARDI, Roberto. **Ensino da astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, p. 4402-4412, 2009. Acessado em: 21/05/2022;

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Física: contexto e aplicações**. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2013. 320 p. v. 2.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica: ótica, relatividade, física quântica**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2014. 360 p. v. 4.

PIONÓRIO, N.; RODRIGUES JR, J. J.; BERTUOLA, A. C. Correções da aberração cromática no contexto da óptica geométrica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, p. 3315.1-3315.10, 2008.

RESENDE, Kizzy Alves. **A interação entre o planetário e a escola: justificativas, dificuldades e propostas**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

Redelease: Resina Epoxi 4008 Baixa Viscosidade Ultra Transparente e Proteção UV com Endurecedor. Disponível em: <https://bitlybr.com/IKI>.

REGESTER, Jeff; MCGAHEE, Courtney. A PVC Geodesic Dome Planetarium. **The Physics Teacher**, v. 57, n. 9, p. 582-585, 2019.

RODRIGUES, Ivo Manuel Peres. **Os plásticos na escultura: definição e técnicas de aplicação dos plásticos na escultura**. 2014. Tese de Doutorado.



INSTITUTO FEDERAL
Rondônia



Licenciatura em Física *Campus Porto Velho Calama*

STEFFANI, Maria Helena; VIEIRA, Fernando. Planetários. In: MATSUURA, Oscar T (org.). **História da astronomia no Brasil**. vol. II, 2014. Disponível em: < Livro “História da Astronomia no Brasil” já está disponível na forma de E-Book — Português (Brasil) (www.gov.br)>. Acessado em: 21/05/2022.