



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Presidente Prudente

**A CONSTELAÇÃO CRUZEIRO DO SUL: REPRESENTAÇÃO
DIDÁTICA EM 3D.**

LÂNIA AUXILIADORA PEREIRA

ORIENTADOR: PROF. DR. ANGEL FIDEL VILCHE PEÑA

PRESIDENTE PRUDENTE
2011



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Campus de Presidente Prudente

**A CONSTELAÇÃO CRUZEIRO DO SUL: REPRESENTAÇÃO
DIDÁTICA EM 3D.**

Trabalho de Conclusão de Curso referente ao Curso de Licenciatura em Física apresentado ao Departamento de Física, Química e Biologia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho como requisito parcial a obtenção do título Licenciado em Física, sob orientação do Prof. Dr. Angel Fidel Vilche Peña.

PRESIDENTE PRUDENTE
2011

LÂNIA AUXILIADORA PEREIRA

**A CONSTELAÇÃO CRUZEIRO DO SUL: REPRESENTAÇÃO
DIDÁTICA EM 3D.**

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Angel Fidel Vilche Peña

Prof. Dr. Moacir Pereira de Souza Filho

Prof. Ms. Paulo Sérgio Fiorato

PRESIDENTE PRUDENTE, 19 DE DEZEMBRO DE 2011

À Deus pela iluminação e à meus pais Luiz e Tânia por tudo...

Agradecimentos:

À Deus, pois sem seu auxílio, proteção e encorajamento em todos os momentos, este sonho jamais se tornaria realidade. Com toda certeza se não fosse por sentir Sua presença eu não teria avançado apesar de meus medos e limites. “Minha confiança e refúgio estás em ti”.

Aos meus pais, por estarem sempre comigo me incentivando, amando, apoiando e sendo minha maior razão de persistir na caminhada. Minha vitória hoje é devido a vocês meus exemplos de vida. Amo muitíssimo vocês!!!

Ao meu namorado Henrique, por toda paciência inesgotável, companheirismo, apoio, conselhos, divertimento e amor. Sem você ao meu lado, meu mensageiro, esta etapa da minha vida seria muito mais difícil. Amo muito você!!!

Aos meus irmãos, Luciano, Lucas, Patrícia, Laurinha e João Pedro por acreditarem em mim.
À todos meus familiares, por de algum modo me ajudarem.

Em especial à Tia Elza, que jamais me deixou desanimar na caminhada, tendo sempre sábias palavras para proferir. Minha amiga preciosa com quem sempre pude contar...

À família que Deus em sua infinita bondade me concedeu em Presidente Prudente, Família Betinardi, por todo amparo e carinho.

Aos meus amigos amados Patrícia Abra, Camila Matos e Fábio Garcia, por estarem sempre ao meu lado me fazendo rir e estando ao lado de meus pais em minha ausência. Não imaginam quão especiais são para mim.

De maneira especial ao meu amigo-anjo-irmão Ricardo Nagliatti, por me acompanhar desde sempre dedicando a mim todo amor, lealdade, momentos felizes e ensinamentos de vida. E acima de tudo por sempre me acolher em minhas indecisões, iluminando meu caminho. “... *Até enquanto eu respirar...* amarei você”.

Aos amigos preciosos que Deus me proporcionou em Presidente Prudente, Jaci Barbosa, Francisco Junqueira, Dalton Couto e Irineu Palhares que me aconselharam, cuidaram de mim e me fizeram sorrir sempre, mesmo nos momentos mais dolorosos.

Aos meus anjinhos Naty e Dúh, pela amizade sincera, companheirismo e risadas. Vocês são muito especiais para mim. Nunca esquecerei tudo o que fizeram por mim.

Em especial ao meu anjo André Boaventura, por todos os momentos que estive comigo. Jamais esquecerei tudo o que passamos juntos e o quanto você se desdobrou pra me ajudar e me encorajar a concluir esta etapa de minha vida. Sem sua amizade não chegaria aqui. Depois desse ano longe de ti percebi que não há distância que apagará esta amizade. Amo Você!

Ao Professor Dr. Angel Peña, por toda orientação, auxílio, ensinamentos, risadas e acima de tudo pela confiança depositada em mim, me fazendo acreditar em mim mesma. Obrigada meu amigo. Deus o abençoe e o recompense em dobro.

Ao Professor Dr. Neri Alves por me aconselhar, não me deixando desistir na primeira dificuldade e estando ao meu lado nesses quatro longos anos.

“Ninguém disse que seria fácil... Ninguém jamais disse que seria tão difícil assim.”
The Scientist - Coldplay

A CONSTELAÇÃO CRUZEIRO DO SUL: REPRESENTAÇÃO DIDÁTICA EM 3D.

RESUMO: O presente trabalho apresenta um paradidático referente à Astronomia cujo arranjo final permitirá representar a constelação Cruzeiro do Sul em duas e três dimensões. Este material é arquitetado de garrafas pet e circuitos eletrônicos, onde se faz uma analogia representando as estrelas com LED's (Light Emission Diode) e utilizando-se em cada uma das fontes de luz um resistor de diferente intensidade para demonstrar a diferença de brilho de cada estrela que compõe a constelação. A motivação para este trabalho é levar o público alvo do projeto Astronomia na Praça, atividade desenvolvida pelo Centro de Ciências da FCT/UNESP, que abrange toda faixa etária, um material paradidático cujos objetivos são de instigar o conhecimento e também corrigir possíveis concepções errôneas sobre Astronomia tais como, a concepção de que todas as estrelas estão equidistantes da Terra e que o brilho observado é o brilho intrínseco da fonte, ambas as informações são equivocadas e é necessário reverter este pensamento, já que o correto é o oposto. As justificativas para tal trabalho são: Sanar a escassez de paradidáticos em astronomia; Contribuir para a popularização e divulgação da ciência astronômica, seja em centros de ciências quanto em escolas, disseminando cultura e conhecimento que tal ciência permite.

Palavras chave: Física, Astronomia, Eletrônica e Ensino.

Sumário

1. INTRODUÇÃO:	1
2. JUSTIFICATIVA:	5
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA:	6
4. OBJETIVOS:	10
5. METODOLOGIA:	11
5.1. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL	12
6. DISCUSSÕES E RESULTADOS:	24
7. CONCLUSÕES:	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	27

1. INTRODUÇÃO:

A Astronomia é a ciência que estuda os objetos que compõem o Universo, isto é, planetas, estrelas, galáxias, cometas, meteoros, nebulosas e mecanismos ainda intrigantes à Física Moderna instigando-a estar *incansavelmente* na fronteira do conhecimento. Jean Nicolini ressalta em seu livro o que é a Astronomia:

A Astronomia é a ciência do céu, e o céu é tudo que existe, é o espaço incomensurável que envolve tudo, e o conjunto de estrelas cada uma delas um sol; é o sistema planetário, é Júpiter, Saturno, Marte, Vênus, é enfim nosso planeta, a Terra, que como os demais, gravita isolada no espaço. É a ciência do infinito e da eternidade, ela abarca tanto as origens como os extremos limites do futuro. A Astronomia tem por fim fazer-nos conhecer o Universo onde nos encontramos e do qual fazemos parte. (NICOLINI, 1991)

Enfim, a Astronomia é uma das ciências mais antigas que deu origem a campos inteiros da Física e Matemática e teve papel fundamental na organização do tempo e do espaço explorados hoje (NOVELLO, 1988).

O mistério, a beleza e a curiosidade que o céu proporciona motivaram os povos antigos a estudar as coisas do alto, a ponto de criar agrupamentos “aparentes” de estrelas - denominadas de **constelações** – tanto quanto relações desses agrupamentos com fenômenos periódicos tais como cheias de rios, estações do ano, tempo de colheitas e astrologia. Segundo o jornalista e editor de ciências do Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST) Alberto Delerue: “*Não seria exagero afirmar que as constelações são apenas fruto da nossa imaginação*” (DELERUE, 1999), pois elas são uma representação simbólica de um conjunto de valores, crenças e costumes próprios de cada sociedade.

Em suma, a necessidade do homem em agrupar as estrelas em constelações se deu por duas razões. A primeira devido ao mistério que o céu despertava e a segunda devido à necessidade de orientação, já que não dispunham de outra ferramenta de localização no tempo e espaço a não ser o céu.

Cada povo criava suas próprias constelações, pois a disposição das estrelas no céu permitia, a bel-prazer, criar agrupamentos forjados na cultura daqueles que as criavam. Dois cenários opostos, a citar, são as constelações instituídas pelos povos Ocidentais e Orientais distintas assiduamente devido a culturas diferentes. Várias

civilizações consideravam o céu como *“um mundo paralelo ao nosso, habitado por deuses, monstros e heróis”* (MATSUURA, 1996).

Como será descrito posteriormente, as constelações reconhecidas oficialmente pela União Astronômica Internacional (IAU) são simplesmente uma maneira de mapear o céu, porém não podemos negar, ou mesmo excluir, todo o peso cultural e antropológico que as constelações apresentam, tais como exemplos, os mitos ou mesmo as credências de um povo a fim de explicar, mesmo que de forma supersticiosa, aquilo que eles não conheciam.

Traçando um paralelo cronológico entre o homem e a Astronomia acredita-se que primeiramente o homem primitivo dirigiu a Astronomia a fim de encontrar explicações para questões místicas. Posteriormente quando o homem deixa de ser nômade (8.000 anos atrás), desenvolvendo uma agricultura rudimentar e praticando a caça e pesca, utiliza as estrelas como guia e percebe que podia se afastar de seu lar pra caçar na certeza de reencontrá-lo; é nesta ocasião que surge a idéia de agrupar as estrelas para facilitar o seu reconhecimento no céu. Neste momento da história as constelações que os povos vêem no céu estão de acordo com a experiência de vida e credence dos mesmos, ou seja, figuras de caçadores, agricultores, heróis, deuses, como a constelação de Órion (o caçador), Peixes, Hércules, dentre outras.

A partir do século XV, com as grandes navegações, o céu do hemisfério sul começou a ser devastado e mapeado, e surgem as constelações que são batizadas não mais baseadas na mitologia, mas estão relacionadas aos objetos utilizados na época, como a constelação da Bússola, da Vela, do Microscópio, entre outras, seguindo a fase do Iluminismo, pós - idade média.

Atualmente, as constelações são definidas como áreas delimitadas da Esfera Celeste e são utilizadas para identificação e posicionamento de corpos celestes, ou seja, elas formam, para os astrônomos, um mapa do céu. Foi em 1929, que a União Astronômica Internacional (criada em 1922) estabeleceu que a Esfera Celeste fosse dividida em 88 constelações oficiais. Essas constelações estão reunidas em cinco grupos, de acordo com sua posição relativa às referências da esfera celeste, sendo elas:

- As equatoriais que são aquelas que estão situadas numa faixa delimitada ao longo do equador celeste, como Órion e Cão Maior.
- As boreais são as que fazem parte do hemisfério celeste norte, como Lira, Perseu e Hércules.

- As constelações austrais são aquelas que fazem parte do hemisfério celeste sul, como Cruzeiro do Sul e Centauro.

- As circumpolares, sul e norte, fazem parte de uma faixa cuja visualização depende da latitude do lugar de observação. As estrelas circumpolares são aquelas que descrevem uma circunferência completa no céu sem desaparecerem no horizonte. O centro da circunferência descrita por estas, coincide com o pólo celeste Sul (no Hemisfério Sul) e com o pólo celeste Norte (no Hemisfério Norte). Portanto as estrelas circumpolares norte não são as mesmas que são circumpolares no sul.

-As zodiacais, são aquelas que estão localizadas na linha da eclíptica. A Eclíptica é uma linha imaginária na esfera celeste que representa a trajetória aparente do Sol ao redor da Terra e também o plano do nosso sistema solar, isto é, a órbita dos planetas. Exemplos de constelações zodiacais são: Escorpião, Sagitário e Peixes.

As estrelas vistas por um observador na Terra parecem ser puntiformes (ou pontuais) cravadas numa esfera celeste de raio imaginário. Um parâmetro relevante na observação de um objeto celeste é o quanto ele é mais /menos brilhante do que outro. Para essa comparação admite uma grandeza denominada de Magnitude Aparente. A equação para tal foi desenvolvida em 1850 pelo astrônomo inglês Norman Pogson, ela é uma função logarítmica do Brilho (ou fluxo), como veremos mais adiante. A escala de magnitude, por ser logarítmica, é inversa ao brilho, significando que estrelas mais brilhantes têm os menores valores de magnitude.

Há outra vertente relevante em Astronomia, é a Magnitude Absoluta. Nesse conceito é como se todas as estrelas fossem cravadas no interior de uma esfera celeste com o raio de 10 parsecs a partir do centro da Terra, onde 1 Parsec = $3,08568025 \times 10^{16}$ metros. Essa padronização trás benefícios quando se deseja comparar grandezas astronômicas entre os objetos.

A nomenclatura das estrelas que compõe cada uma das constelações é feita a partir da Magnitude Aparente de cada estrela, sendo a estrela mais brilhante da constelação a Alfa (que corresponde à primeira letra do alfabeto grego), seguida da Beta, Gama, Épsilon e assim por diante, de acordo com o alfabeto grego.

A constelação foco deste trabalho é a “Cruzeiro do Sul ou Crux” devido, entre outras, estar incorporada na cultura popular. Trata-se da menor das constelações, e é relativamente fácil de ser encontrada no céu devido ao seu formato se assemelhar ao de uma cruz e ser visível quase todas as noites no hemisfério Sul.

Há registros de que a primeira vez que referiu se as suas estrelas como representantes de uma cruz encontram-se na Carta, escrita por Mestre João à Dom Manoel, datada em 1500. Mas há outros comentários que relatam que foi Augustim Royer, em 1659, quem separou, definitivamente, as estrelas do Cruzeiro da constelação do Centauro.

A constelação Cruzeiro do Sul é formada por principalmente cinco estrelas, que são vistas a olho nu, são elas Alfa, Beta, Gama e Delta do Cruzeiro, que são as quatro principais e a última Épsilon do Cruzeiro, mais conhecida como Intrusa ou Intrometida. A Alfa e a Gama formam o braço maior, sendo que a Alfa fica ao pé da cruz e a Beta e a Delta compõem o braço menor; e a Épsilon está sob o braço menor da cruz. O braço maior do Cruzeiro aponta para o pólo Sul Celeste, onde prolongando 4,5 vezes o tamanho do braço maior encontra-se o ponto do pólo Sul Celeste.

O Universo não pára. Desde a singularidade – Big Bang à cerca de 12,5 bilhões de anos – teoria ainda não digerida totalmente pela academia científica, e se de fato houve uma singularidade, tal evento marca o início de um laboratório astrofísico cheios de surpresas da qual enfatizaremos Expansão. O mecanismo de expansão cósmica – que ocorre até hoje - é a explicação plausível para aclarar o motivo das estrelas estarem tão longe de nós e tão distantes uma das outras. Vale salientar que o propulsor da expansão, ou seja, quem causa a expansão, ainda é uma incógnita a Astrofísica e o que se estudará neste trabalho é o resultado, por parte, dessa expansão, isto é, a disposição das estrelas.

2. JUSTIFICATIVA:

Olhar para o céu tornou-se um ato corriqueiro sem muito valor devido a diversos fatores, como a poluição luminosa ou mesmo a falta de popularização da ciência astronômica na sociedade brasileira. Porém quando um observador (seja ele leigo ou não) se depara com um céu límpido e estrelado certamente o irá desencadear, em diferente intensidade, certo questionamento.

Portanto, estando incorporadas na cultura popular, torna-se relevante, como ponto de partida, o estudo das estrelas que compõem as constelações vistas no céu do hemisfério Sul.

Hubert Reeves, astrofísico canadense e autor de livros de divulgação científica, afirma:

Pode-se desejar reconhecer as estrelas e as constelações. Mas, de início, podemos perguntar por quê. Por que nos dar a esse trabalho? Por que investir esforços nesse sentido? Reconhecer as estrelas às vezes seja tão útil (ou inútil...) quanto saber dar os nomes das flores selvagens nos bosques. Hoje, a navegação é feita com satélites apropriados. Só mesmo quem gosta de velejar é que às vezes levanta os olhos aos céus para se guiar; e uma ou duas constelações são suficientes para se encontrar a Estrela Polar [no Hemisfério Norte]. A verdadeira motivação é outra. Ela diz respeito ao prazer, ao prazer de transformar um mundo desconhecido e indiferente em um mundo maravilhoso e familiar. Trata-se de “domesticar” o céu para habitá-lo e, nele, sentir-se em casa. (REEVES apud PELLEQUER, 1991)

Pensando nisso, a motivação para este trabalho é contribuir para a divulgação e popularização da Astronomia no cenário brasileiro, seja em centros de ciências quanto em escolas, disseminando cultura e conhecimento que tal ciência permite; sanar a escassez de paradidáticos nessa área e proporcionar um roteiro, com base teórico-experimental, para que outros interessados, sejam eles astrônomos amadores quanto professores, possam reproduzir o paradidático.

Para tal, pensou-se em se fazer uma constelação em três dimensões a fim de mostrar às pessoas como é na realidade à disposição de cada estrela da constelação Cruzeiro do Sul na configuração espacial. Abordando tanto a Magnitude Aparente quanto a Magnitude Absoluta das estrelas que compõem a constelação.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA:

O Universo possui centenas de objetos celestes no qual destacaremos as Nuvens Moleculares Gigantes (NMG). São nas NMG que se dá o início ao objeto de estudo desse trabalho, isto é, **as estrelas**. Uma NMG é uma nuvem de gás densa e fria. Por um motivo externo a nuvem (colisão entre nuvens, ondas gravitacionais, explosão de supernova ou mesmo instabilidade gravitacionais/magnéticas nas regiões de maior densidade) faz parte da NMG se colapsar. A parte perturbada (colapsada) começa a se contrair sob a ação de sua própria gravidade [segundo Newton, força gravitacional: $F \cong \frac{1}{d^2}$ (quanto menor a distância entre as partículas maior a força)]. Quando há massa suficiente (superior a 0,8 massas solares) denominamos a parte perturbada da NMG de protoestrela.

De acordo com o princípio acima a região central da protoestrela contrai mais rapidamente, fazendo com que o raio diminua e as partículas do gás queimem cada vez mais próximas e com isso aumenta o processo de colisão provocando o aumento da temperatura da região central. Da “lei do gás ideal” $PV=NRT$, o aumento da temperatura provoca uma pressão e que aplicada num elemento infinitesimal da estrela gera uma força, que aqui denominaremos de Força de Pressão (é a força de pressão que tende expandir o centro). Temos duas forças: Gravitacional e Força de Pressão. Quando estabelece equilíbrio hidrostático entre essas duas forças dizemos que a estrela nasceu.

Note que uma NMG não se colapsa inteiramente, e sim, pequenas partes dela e por tanto uma NMG é conhecida popularmente por berçário de estrelas como mostrada na figura abaixo referente à **L1641N/NGC 1999**:



Fonte: <http://astronomy-universo.blogspot.com/2010/09/formacao-de-estrelas-em-l1641nngc-1999.html>

O nascimento da estrela está associado ao estudo da Evolução Estelar (FILHO, Cap.22) conforme brevemente descrito acima. A temperatura no centro da estrela é tão alta (por isso a massa inicial deve ser no mínimo 0,8 massas solares) que as condições físicas (temperatura, pressão, densidade) permitem um princípio fundamental na região central, a fusão. Fusão nuclear é o processo pelo qual átomos “quebram” e se arranjam para formar outros elementos químicos.

A massa da estrela é um forte indicativo do potencial de queima de combustível, ou seja, o quanto o núcleo da estrela pode transformar um elemento químico em outro. O diagrama a seguir apresenta a Evolução Estelar de três intervalos de massa ($0,8 < M < 10 M_{\text{sol}}$), ($10 < M < 25 M_{\text{sol}}$) e ($25 < M < 100 M_{\text{sol}}$) onde M é a massa da estrela (inicial) e M_{sol} é a massa do Sol ($1,99 \times 10^{30} \text{ Kg}$).

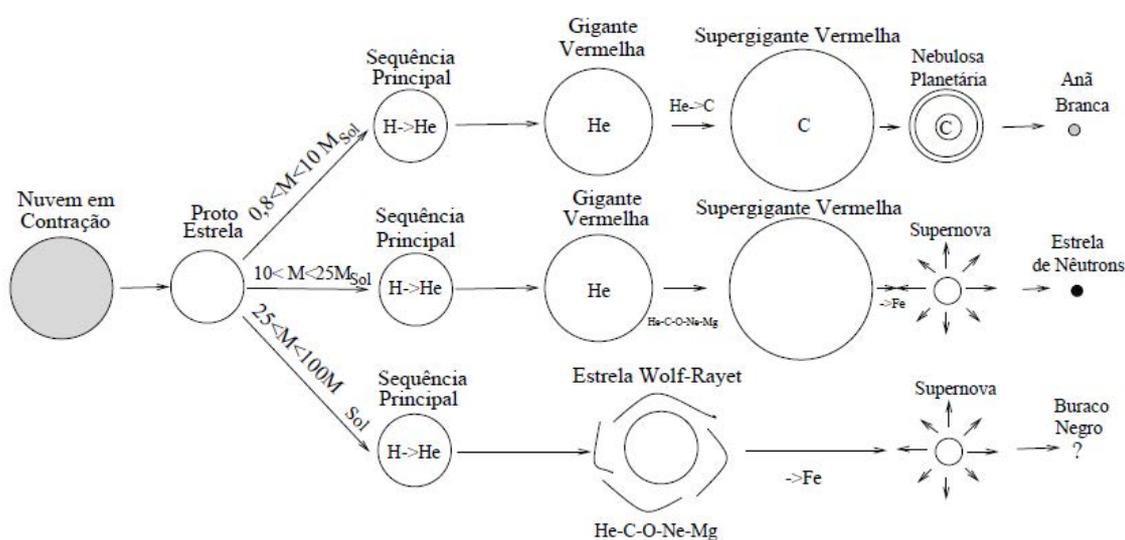


Diagrama da evolução estelar (FILHO)

As condições no centro da estrela não foram meramente citadas, mas sim, apresentam papel relevante na essência desse trabalho: *o brilho da estrela*. Porém, antes de prosseguir nessa análise é necessário esclarecer algumas grandezas fundamentais em Astrofísica (FILHO, Cap. 20).

FLUXO (monocromático): energia emitida por unidade de frequência por unidade de tempo por unidade de área coletora (observador).

$$f_{\nu} = \frac{dE_{\nu}}{dA dt d\nu} \quad \text{Equação 1}$$

Integrando em toda a fonte (4π radianos) a equação se torna:

$$f_{\nu} = \int I_{\nu} \cos \theta d\Omega \quad \text{Equação 2}$$

Onde I_ν é o BRILHO (Intensidade específica) definida sendo a energia emitida por unidade de frequência por unidade de tempo por unidade de ângulo sólido (área da fonte) por unidade de área coletora (observador). Algebricamente temos a expressão:

$$I_\nu = \frac{dE_\nu}{d\nu dt d\Omega \cos \theta dA} \quad \text{Equação 3}$$

Essas duas grandezas, Fluxo e Intensidade Específica (o mesmo que Brilho), são as grandezas que observamos das estrelas ao contemplar o céu noturno e por isso apresentamos nesse trabalho. O valor do fluxo, como será descrito posteriormente, pode variar, e de fato varia significativamente de acordo com o caminho óptico, ou seja, caminho geométrico e todas as possíveis interações que a luz pode “sofrer” ao sair da superfície da estrela até nossos olhos. Porém a Intensidade Específica não varia, ela é constante, e daí pode se inferir muitas informações das estrelas.

Conclui-se nessa análise que o fluxo varia e a intensidade não. Tal conclusão é fundamental e é aplicada em quase toda Técnica Observacional, desde a observação ótica (espectro na faixa do visível) a radiação cósmica de fundo (espectro na faixa de rádio).

Antes de demonstrar que o fluxo é variável, devemos ter outro conceito Astrofísico de grande importância que é a Luminosidade.

LUMINOSIDADE é energia total emitida pelo objeto (em toda sua área superficial), considerando uma fonte monocromática, com apenas uma frequência, é dada pela equação:

$$L_\nu = 4\pi R^2 f_\nu \quad \text{Equação 4}$$

A equação 4 tem importância pois relaciona Luminosidade com Fluxo. Retornando a questão inicial, ou seja, que o fluxo varia com a distância, podemos reescrever o R sendo a distância (d) entre a estrela e o observador, assim:

$$L_\nu = 4\pi d^2 f_\nu(d) \quad \text{Equação 5}$$

Isolando o fluxo $f_\nu(d)$, teremos:

$$f_\nu(d) = \frac{L_\nu}{4\pi d^2} \quad \text{Equação 6}$$

Em suma a Intensidade Específica (ou brilho) é constante (não varia com a distância ou com o meio). Luminosidade é a energia emitida em toda a superfície do objeto e em todo o espectro eletromagnético. O fluxo varia com a distância e com os objetos que podem encontrar no meio, ou seja, entre a estrela e o observador a distância são gigantes e nesse caminho pode ter poeira cósmica, nebulosas, lentes gravitacionais,

matéria escura e tantos outros que podem acrescentar (emissão), retirar (absorção) ou mesmo espalhar (espalhamento) a energia da luz emitida pela estrela. Esses possíveis casos (emissão, absorção e espalhamentos) são estudos descritos pelo Processo Radiativo, em outras palavras, o processo da radiação eletromagnética emitida pela estrela ao percorrer o caminho óptico (com todas as possíveis surpresas) na linha visada. Linha visada é uma linha traçada desde os olhos do observador até o objeto, tudo que tiver entre ele e o objeto é denominado de caminho óptico.

A energia produzida no centro da estrela chega à superfície (luminosidade) com certa intensidade específica (brilho) que se conserva e que chega até nós por meio do fluxo (variável). Para comparar uma estrela desde do homem primitivo até hoje se usa algumas grandezas como cor da estrela, brilho e magnitude. A cor é resultado do processo nuclear da estrela. O brilho já discutimos. Basta agora abordar o conceito chave de Magnitude.

O primeiro homem a catalogar as estrelas foi Hiparco (II a.C.). Ele catalogou cerca de 1.000 estrelas com classificação visual em seis categorias de brilho. Hiparco usou simplesmente o olho nu. Aquela que era mais brilhante recebeu número 1 e as outras menos brilhante, números de 2 a 6.

Posteriormente a Hiparco, o cientista Pogson (1856) propõe uma lei logarítmica consistente com sistema de Hiparco que é dada por:

$$m_i = -2,5 \log(f_i) \quad \text{Equação 7}$$

onde: m_i é a magnitude do objeto e f_i é o fluxo do objeto.

A magnitude é uma função logarítma, como nossos olhos, e pode ser relacionada com a Luminosidade:

$$m(\lambda) = -2,5 \log f(\lambda) + q(\lambda) \quad \text{Equação 8}$$

Onde $q(\lambda)$ é uma constante e $f(\lambda) = \frac{L(\lambda)}{4\pi d^2}$

Há diversas vertentes de magnitude, tais como, magnitude aparente, magnitude absoluta, magnitude bolométrica, e serão brevemente discutidas abaixo:

Magnitude aparente, m : é magnitude observada de um dado objeto e depende de sua distância e da luminosidade da fonte na banda (região do espectro eletromagnético) que define a magnitude. É definida pela equação 8.

Magnitude Absoluta, M : é como se todas as estrelas do Universo estivessem à mesma distância (cravadas numa casca esférica) de raio 10pc (parsecs). É utilizada para

comparar o quanto uma estrela é mais brilhante do que outra se elas estivessem à mesma distância do observador, a equação se dá por:

$$M - m = -2,5 \log \left\{ \frac{d}{10} \right\}^2 \text{ Equação 9}$$

Onde M é magnitude absoluta, m é magnitude aparente, o algarismo 10 é a distância de 10 pc e d é a distância intrínseca do objeto.

Magnitude bolométrica: é a energia emitida em todo o espectro, todos os comprimentos de ondas.

Várias vezes encontramos o termo ‘ano-luz’. O ano-luz (AL) é a distância percorrida pela luz em um ano. Essa distância equivale a: $1 \text{ AL} = \text{velocidade da luz} \times 1 \text{ ano} = 2,9979 \times 10^5 \text{ km/s} \times 3,1557 \times 10^7 \text{ s} = 9,46 \times 10^{12} \text{ m}$.

Toda essa abordagem físico-matemática foi necessária para deixar nítidas as grandezas das quais iremos decorrer em torno do trabalho.

Com base nesta Fundamentação Teórica pode-se realizar o protótipo do projeto e posteriormente, em Discussões e Resultados, argumentos positivos e negativos encontrados na execução do mesmo.

4. OBJETIVOS:

- OBJETIVOS PRINCIPAIS:

Elaborar um material paradidático, com a finalidade de desmistificar as constelações como sendo conjuntos de estrelas que formam determinada figura num plano aparente.

Desenvolver uma metodologia de construção que pode ser aplicada em qualquer constelação.

- OBJETIVO SECUNDÁRIO:

Utilizar esta ferramenta, como elemento motivador no ensino de Astronomia, geometria, trigonometria, álgebra e eletromagnetismo.

5. METODOLOGIA:

A metodologia consiste na confecção de um material paradidático feito com garrafas pet e circuitos eletrônicos, cujo arranjo final permitirá representar a constelação Cruzeiro do Sul em duas e três dimensões.

O banco de dados para obtenção das grandezas fundamentais (distância das estrelas até a Terra, magnitude aparente e absoluta) e da representação gráfica da constelação foram obtidas do *software Stellarium*.

O *Stellarium* é um *software* livre que mostra o céu em duas ou três dimensões, trazendo também dados importantes relacionados com cada objeto investigado pelo usuário, e é empregado por muitos planetários para simular o céu e abordar temas astronômicos. Neste trabalho é utilizado na versão 0.10.5, onde é possível visualizar ilustrações de constelações, planetas, nebulosas entre outras.

O download do programa pode ser feito no site: www.baixaki.com.br; existindo versões para os sistemas operacionais Windows, Linux e OS/X. Seu desenvolvimento foi iniciado em 2001 por Fabien Chéreau, e é licenciado no GNU *General Public License* (GPL), sendo assim, qualquer pessoa pode fazer seu download e usá-lo gratuitamente (BERNARDES, 2010).



FIGURA 1 – Representação gráfica do céu segundo o Stellarium

5.1. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Para a montagem do paradidático utilizou-se:

- 2 garrafas pet transparente sendo uma de 3L e a outra de 3,3L.
- 10 LED's pequenos de cor branca.
- 10 Resistores, sendo eles: 2 de 2k Ω ; 2 de 3,2k Ω ; 1 de 12k Ω * (*trocado por 1 de 3,2k Ω); 1 de 18k Ω ; 1 de 100k Ω ; 1 de 200k Ω ; 1 de 220k Ω ; 1 de 250k Ω .
Onde k Ω = 10³ Ohms.
- 2 Pilhas tipo AA - Alcalinas (1,5V cada).
- Suporte para pilhas (Capacidade para 2 pilhas pequenas tipo AA).
- 3 metros de fios finos para fazer as ligações, de preferência 1,5m de fio vermelho e 1,5m de preto.
- Kit solda (Caneta, suporte e fio de estanho).
- 2 Interruptores de Alavanca.
- Placa de Fenolite Cobreada.
- Spray de tinta de Cor Preta.
- Furadeira.
- Alicates.
- Folha de sulfite.
- Esponja de aço.
- Caneta para retroprojektor – Tinta permanente.
- Cola Epóxi - Araldite Hobby.
- Cola de silicone.
- Fita isolante.
- 1 pacote de Cloreto Férrico.
- 1 Abraçadeira descartável.

Tendo duas garrafas pet em mãos, a finalidade é arquitetar dentro da garrafa pet menor (3L) a constelação Cruzeiro do Sul, no qual as estrelas serão representadas por LED's. As coordenadas escolhidas para dispor os LED's no sistema tridimensional são as cartesianas retangulares (x,y,z). Desta forma o primeiro passo foi a escolha da escala de distância das estrelas até a Terra (observador), que corresponderia a coordenada z. Nesse sentido, considerando as extensões da garrafa a escala conveniente foi de 1 centímetro (cm) para 25 anos-luz (AL) devido ao comprimento útil da garrafa (parte

reta da mesma - 15cm). As conversões de AL para cm estão dispostas abaixo na Tabela 1. Para se ter uma idéia da conversão realizada, estas seriam as distâncias, em cm, de cada uma das estrelas:

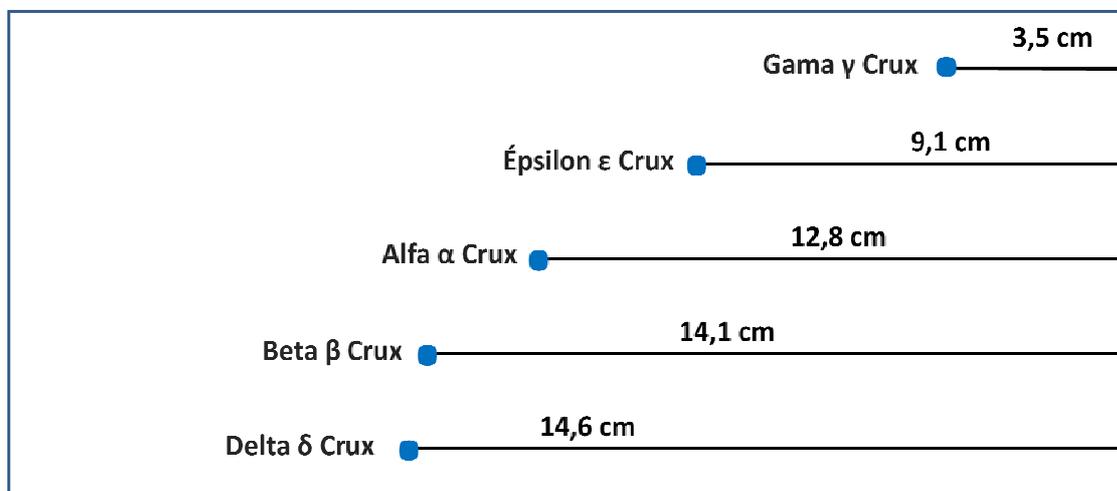


FIGURA 2: Representação das distâncias das estrelas em centímetros.

Depois de efetuado os cálculos de conversão, usou-se uma folha de sulfite para traçar uma circunferência com o diâmetro da garrafa de 3L (12 cm) e sobre o círculo de papel um plano cartesiano a fim de dispor, com a ajuda do *Stellarium*, a representação gráfica da constelação. As figuras a seguir mostram o diagrama que foi traçado primeiramente utilizando o software Power Point e em seguida a foto do diagrama feito na folha de sulfite.

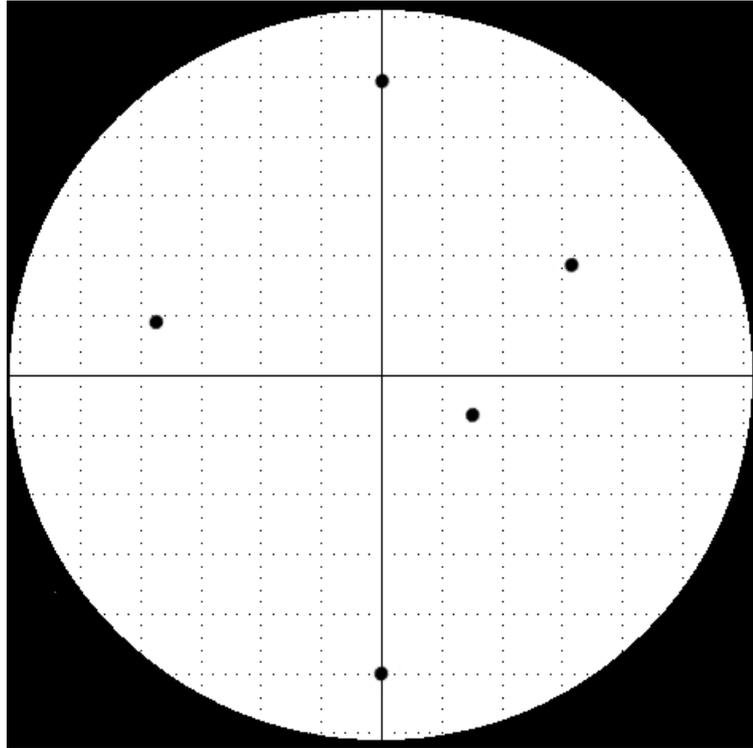


FIGURA 3: Diagrama projetado no Power Point

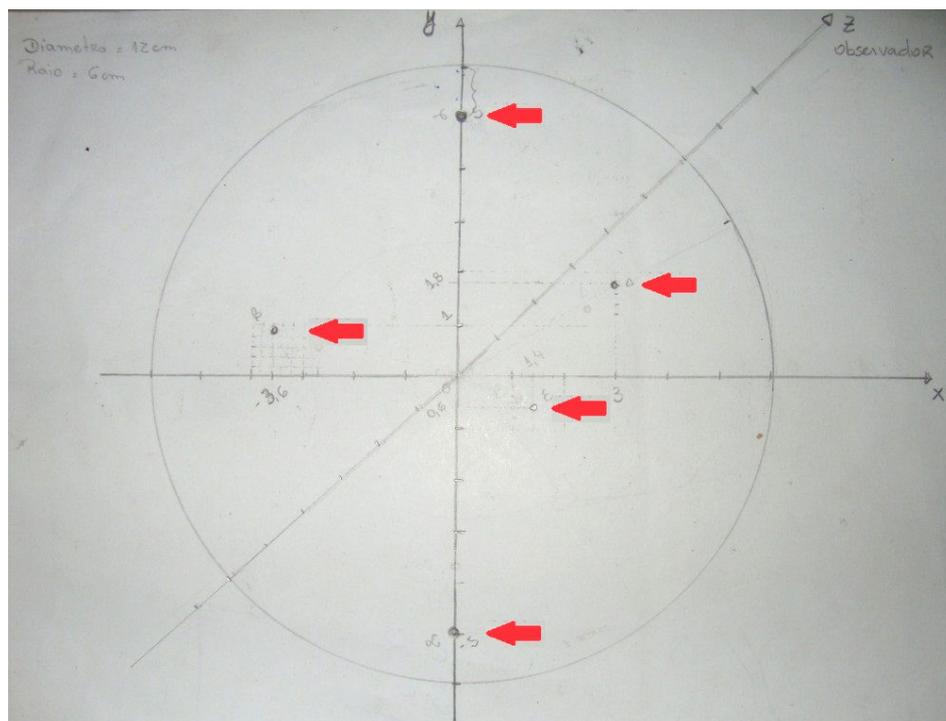


FIGURA 4: Esboço traçado na folha de sulfite

Este círculo serviu para determinar o ponto exato (par ordenado x,y) ao qual deveria ser colocado cada LED dentro da garrafa em suas distâncias z já determinadas (distâncias em AL convertidas pra cm antes). O círculo também serviu para determinação dos ângulos compreendidos entre a origem e cada uma das estrelas, e

ainda a distância entre a borda da garrafa (margem do círculo de papel) e a posição de cada uma das estrelas, chamada de distância D. Estas medições foram de suma importância para posteriormente colocar os LED's nas posições apropriadas dentro da garrafa. Tais medidas também estão dispostas na Tabela 1.

TABELA 1

ESTRELA	Distância (AL)	Coord. z (cm)	Coord. x (cm)	Coord. y (cm)	Ângulos (°)	Distância D (cm)
Alfa α Crux (Magalhães)	320,70	12,8	0	- 5,0	90,0	1,0
Beta β Crux (Mimosa)	352,60	14,1	- 3,6	1,0	15,7	2,3
Gama γ Crux (Rubídia)	87,94	3,5	0	5,0	90,0	1,0
Delta δ Crux (Pálida)	364,01	14,6	3,0	1,8	31,0	2,5
Épsilon ϵ Crux (Intrometida)	228,08	9,1	1,4	- 0,6	23,2	4,5

A idéia era mostrar a constelação como vista no céu (brilho aparente) e depois, em outro circuito, mostrar como realmente elas são (brilho absoluto), assim num primeiro momento considerou a magnitude aparente das estrelas e depois a magnitude absoluta.

O procedimento para regular o brilho dos LED's foi análogo nos dois casos, regulou-se visualmente, por tentativa e erro, tendo em vista a tabela 2 (abaixo), que relaciona as magnitudes aparentes e absolutas para as cinco estrelas envolvidas, extraídas dos dados disponíveis no programa *Stellarium*.

Devido cada LED representar uma estrela diferente de brilho distinto, para cada LED foi necessário um resistor diferente, pois o resistor limita a quantidade de corrente elétrica que passa pelo LED, de modo a gerar a diferença de brilho de cada um. Os valores dos resistores utilizados em cada circuito estão dispostos abaixo na Tabela 2.

TABELA 2

ESTRELAS	Magnitude aparente (m)	Resistência equivalente a m – CIRCUITO 1	Magnitude absoluta (M)	Resistência equivalente a M – CIRCUITO 2

		(k Ω)		(k Ω)
Alfa α Crux (Magalhães)	1,25	2	- 3,71	3,2
Beta β Crux (Mimosa)	1,3	3,2	- 3,92	2
Gama γ Crux (Rubidia)	1,55	18	- 0,60	250
Delta δ Crux (Pálida)	2,75	100	- 2,49	12; *trocado por um de 3,2
Épsilon ϵ Crux (Intrometida)	3,55	220	- 0,67	200

É válido ressaltar que se utilizou como bateria 2 pilhas AA - Alcalinas cada uma com 1,5V, totalizando uma diferença de potencial de 3V e uma corrente elétrica de 0,5mA. Onde a corrente ao passar por cada resistor se diferencia, pois como já dito o resistor limita a corrente e por consequência há diferença de brilhos entre os LED's também.

Outro fato relevante é que regulando os brilhos, por tentativa e erro, várias vezes foi se imprescindível trocar um ou outro resistor para ficar mais próximo dos valores das magnitudes aparente ou absoluta que se desejava alcançar.

Por exemplo, quando testava-se o LED que representaria na escala da magnitude absoluta a terceira estrela mais brilhante (correspondente a estrela Delta δ), para se obter o brilho necessário, segundo regras simples de três, era preciso um resistor de 12k Ω , porém quando colocou-se esse LED juntamente com os demais que faziam parte do conjunto de magnitude absoluta foi possível constatar que era preciso diminuir a resistência desse LED para 3,2k Ω , para então se obter o brilho desejado. Esse fato ocorreu porque quando o mesmo estava associado à resistência maior as outras duas estrelas mais brilhantes e até mesmo a quarta mais brilhante que se encontravam mais perto do observador, ou seja, a frente desse LED (estrela δ) ofuscavam o brilho da mesma, deixando-a muito fraca.

O material consta de dois circuitos eletrônicos distintos, onde um representa o conjunto de estrelas como visto no céu (magnitude aparente, no plano) e o outro o conjunto de estrelas como realmente são (magnitude absoluta, no espaço). O esquema a seguir mostra como serão montados esses dois circuitos:

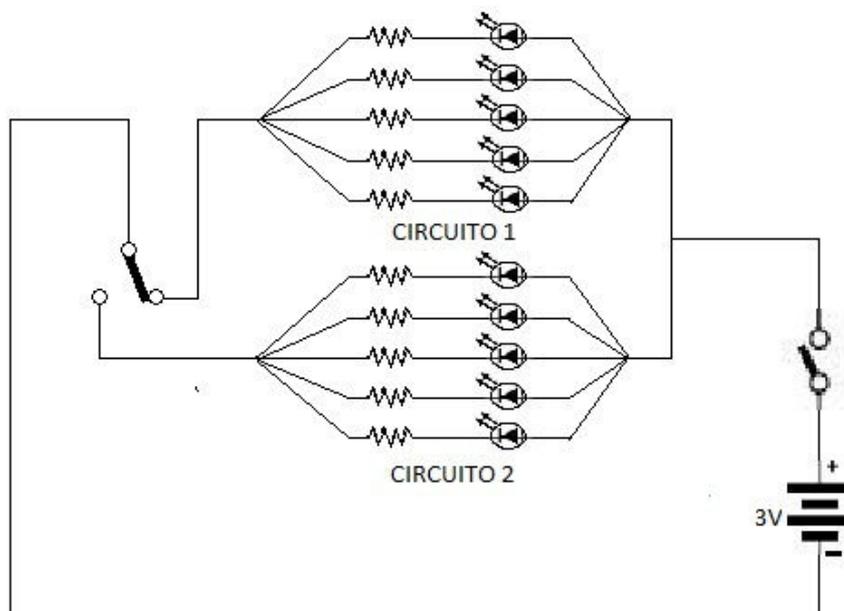


FIGURA 5: Esquema do circuito montado

Onde o significado de cada símbolo corresponde a:  a bateria (pilhas),  os LED's,  os resistores,  e  os interruptores.

Porém antes de colocar os LED's dentro da garrafa menor (3L) e montar os circuitos foi necessário pintar o interior das duas garrafas de tinta cor preta, a fim de escurecê-las, porém tendo-se o cuidado de deixar na garrafa maior (3,3L) um retângulo transparente de 16x8cm, pois seria usado mais tarde para visualização.

Contudo, antes de pintá-las riscou-se com uma caneta de tinta permanente cor preta (caneta para retroprojctor) a garrafa menor, a fim de marcar a que distância do comprimento útil da garrafa deveria ser colocado cada LED, ou seja, cada linha traçada ao redor da garrafa representaria o eixo cartesiano z , e cada uma das distâncias já encontradas (Tabela 1) deveriam ser marcadas. Por exemplo, olhando para a Tabela 1, observa-se que a estrela Alfa fica no eixo z a uma distância de 12,8 cm. Então, **sendo a origem do comprimento útil o lado do orifício da garrafa**, o LED correspondente a estrela Alfa deveria ser colocado a 12,8 cm da origem. A figura a seguir mostra como ficou a garrafa após ter sido demarcada com a caneta.

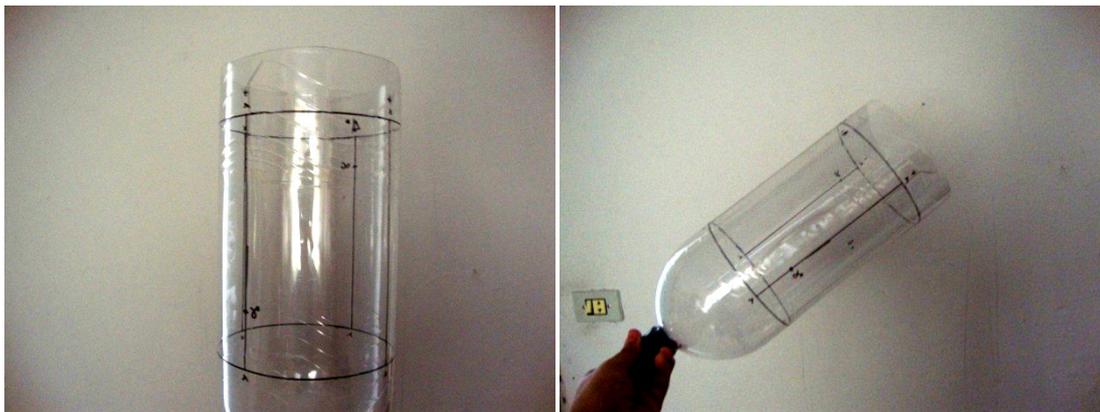


FIGURA 6: Garrafa demarcada com a caneta

Em seguida foi feito pequenos orifícios nesses pontos utilizando um prego com ponta quente, e ao redor de cada ponto foi feito mais dois furos, que seriam usados mais tarde para colocar o arranjo de dois LED's (explicado mais adiante). Feito isso, pintou-se as duas garrafas pelo lado de dentro das mesmas.

O material, como dito anteriormente, é composto de dois circuitos eletrônicos distintos, sendo um para mostrar a constelação como vista no céu e outro que apresenta as estrelas da constelação com suas reais distâncias da Terra (diferentes planos). O primeiro circuito será visto pelo orifício da garrafa maior e o segundo pela lateral da mesma, por isso o retângulo transparente deixado antes de pintar.

Os dois conjuntos de LED's serão fixados dentro da garrafa menor, então para melhor manuseio e também visualização, posteriormente, foi feito um corte também em formato de retângulo (16x8cm) na lateral da garrafa menor. Ao término da confecção do material a mesma será inserida na garrafa maior que ficará em contato com o usuário, como será visto na figura 14.

Tendo as garrafas prontas para a colocação dos LED's e dos circuitos, foi o momento de preparar os mesmos para serem inseridos nas garrafas.

Primeiramente foi necessário com os 10 LED's criar cinco pares deles, fazendo com que cada par tivesse uma **polaridade em comum**, no caso deste trabalho é a **polaridade positiva**, de modo que fosse possível ora ativar um circuito (bidimensional) ora ativar o outro (tridimensional). O modo encontrado para se fazer estes pares foi soldando de dois em dois LED's o terminal positivo (que seria o comum de cada um dos pares), arranjando para que cada par tivesse um LED com a ponta luminosa virada para o orifício da garrafa maior e o outro com a ponta luminosa virada para lateral da mesma (Figura 7), já que cada par representaria cada uma das estrelas da constelação,

seria possível em certa oportunidade ver a constelação como vista no céu ou em outra como realmente estão no mesmo.



FIGURA 7: Pares de LED's soldados com a polaridade positiva em comum

Feito isso e utilizando-se dos dados da Tabela 1 (ângulos e distância D) colocaram-se os cinco pares de LED's dentro da garrafa. Para mantê-los fixos em suas posições, colou cada par com cola epóxi Araldite Hobby, esperando dez minutos para que a mesma secasse. Passado os dez minutos, soldamos fios condutores em cada um dos terminais (positivo e negativo) de cada par, e para que os terminais de cada par permanecessem isolados, passou-se fita isolante em cada um, assim como na figura 8.

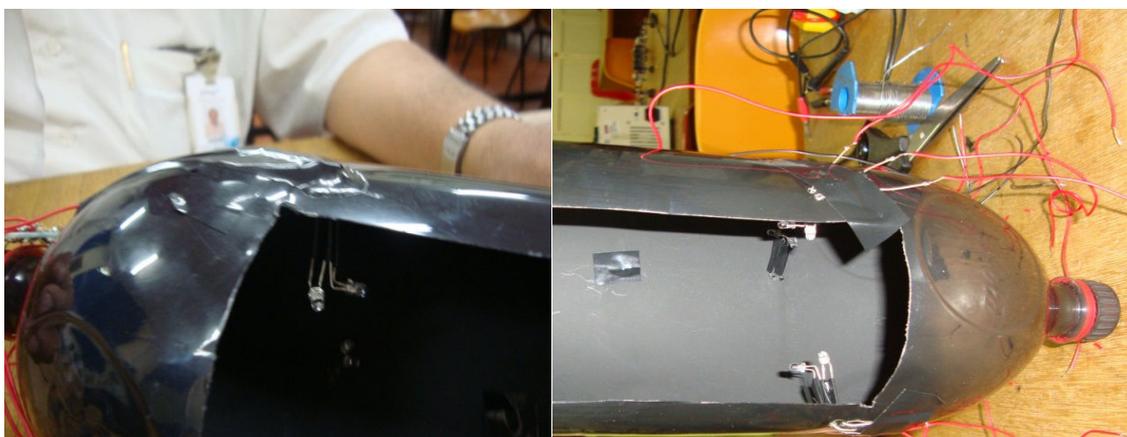


FIGURA 8: Pares de LED's soldados dentro da garrafa menor e com fios condutores acoplados a cada terminal

Em seguida foi o momento de preparar a placa onde ficariam os circuitos (resistores, fios condutores e interruptores). Para tanto pegou-se uma placa de Fenolite Cobreada tamanho 10x3cm e com uma caneta para retroprojeter desenhou o circuito onde seriam colocados os resistores, estando os resistores paralelos, fisicamente, entre si e em série com cada conjunto de LED's (bi e tridimensional). Foi feito com a caneta

três carreiras de pontos de diâmetro da mesma, sendo uma com doze pontos e duas com dez pontos.

Deixou essa tinta secando na placa por dois dias. O uso dessa caneta foi necessário para que essa tinta protegesse o cobre que estava embaixo dela quando a placa fosse mergulhada em uma solução que corrói o cobre, criando assim as trilhas que alimentariam os LED's.

Depois desses dois dias, foi o momento de preparar a solução onde a placa de cobre seria mergulhada para a retirada do cobre. A solução preparada foi de Cloreto Férrico (FeCl_3) e água, seguindo as instruções dispostas no rótulo do FeCl_3 . Em seguida ao preparo, mergulhou-se a placa na solução, deixando-a mergulhada por aproximadamente 30 minutos.

Passado esse tempo, todo o cobre tinha sido corroído da placa, exceto o que estava debaixo da tinta. Com uma esponja de aço tirou a tinta, ficando apenas os pontos de cobre onde se colocaria os resistores. Cortou-se a placa ao meio para ficar metade para os circuitos e a outra metade para os interruptores.

Com a furadeira e uma broca com diâmetro de 1,5mm, furou-se os locais que estavam com cobre para poder colocar os resistores e os fios condutores que conectariam os LED's aos resistores. Abaixo segue a foto de como ficou a placa após ter sido furada.



FIGURA 9: Foto da placa preparada para o arranjo eletrônico

Feito isso, foi o momento de montar os circuitos.

Primeiramente deu-se privilégio de montar o circuito que representariam as estrelas como vistas no céu, e que, portanto seus LED's estavam virados para o orifício da garrafa maior. Tendo em vista a Tabela 2, que relaciona todos os valores de

resistores associados a cada um dos LED's para a Magnitude aparente, e o esquema da figura 5, soldou um fio condutor em cada LED, correspondente ao circuito 1, e em seguida soldou o fio que correspondia a polaridade negativa de cada LED ao seu resistor equivalente, deixando o fio da polaridade positiva (comum dos LED's) livre. Fez-se o mesmo procedimento para o circuito 2, que representaria as estrelas como realmente estão no céu, resistências equivalentes a magnitude absoluta. A figura abaixo mostra como foi soldado os dez resistores na placa.



FIGURA 10: Resistores soldados na placa

Tendo feito isso, era preciso escolher o local onde ficaria a pilha, para então conectá-la aos dois circuitos e interruptores. A melhor escolha foi colocá-la dentro da garrafa menor, perto do orifício da mesma. E a melhor maneira encontrada para tal, foi fazer dois furos com a furadeira pelo lado de fora da garrafa no lugar que ia colocar o suporte de pilhas com as mesmas, passar a abraçadeira descartável de modo a deixar o suporte com a pilha bem presa no interior da garrafa, ficando assim:

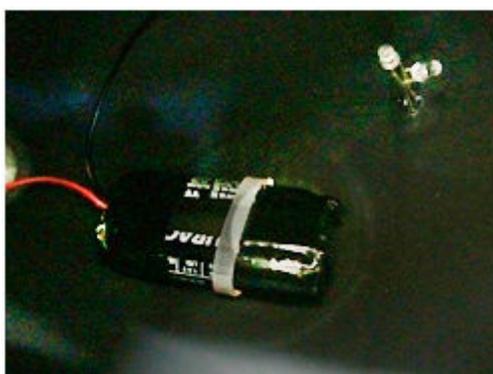


FIGURA 11: Suporte com a pilha presa com abraçadeira no interior da garrafa menor

Agora só faltava conectar as pilhas com resistores e interruptores e o circuito como um todo, estaria pronto. Antes de fazer isso, se apanhou a metade da outra placa

que havia sobrado e com a furadeira e broca diâmetro 6,5mm fez-se dois furos, lado a lado, para a colocação dos dois interruptores de alavanca (1 e 2).

Depois de fazer se os furos pegou-se os fios da pilha e passando pelo orifício da garrafa menor soldou-se o fio de polaridade positiva da pilha no comum do interruptor 1 e a polaridade negativa da pilha foi soldada no comum do interruptor 2.

Posteriormente na placa de resistores, onde havia sobrado dois pontos de cobre soldou-se um fio em cada ponto. Cada um desses fios corresponderia a um dos circuitos, ou seja, um dos fios corresponderia ao conjunto dos cinco LED's que representam a constelação como vista no céu (observada pelo orifício da garrafa maior) e o outro corresponderia ao conjunto dos cinco LED's que representaria as estrelas da constelação como realmente estão no céu (observada pela lateral da garrafa maior).

Esses dois fios, com uma de suas extremidades já soldadas na placa tiveram sua outra extremidade soldada no interruptor 2, nos dois canais que havia sobrado. Então pelo interruptor 2 seria possível acionar um ou outro circuito.

E por fim, pegou-se os dez fios correspondentes ao comum dos dez LED's (polaridade positiva) e uniu os todos soldando a um único fio e soldando este fio em um dos dois canais do interruptor 1 que haviam sobrado.

Desta forma ao acionar o interruptor 1 o positivo dos LED's estarão ligados e o interruptor 2 servirá para acionar um ou outro circuito, sendo que, como dito anteriormente, o circuito 1 será visto pelo orifício da garrafa maior e o circuito 2 visto pela lateral da mesma.

Como os dois conjuntos de estrelas (LED's) estavam dentro da garrafa menor e esta inserida dentro da maior, para que se visualize o circuito 2, depois de acioná-lo através do interruptor 2, basta girar a garrafa maior até que o seu retângulo transparente coincida com o corte também retangular feito na garrafa menor.

Para que o circuito 1 seja visualizado, após acionado também pelo interruptor 2, duas flechas foram colocadas uma indo ao encontro da outra, de modo que quando elas se coincidam, na parte superior da garrafa maior, o usuário possa visualizar a constelação como vista no céu.

Para fixar as duas placas, resistores e interruptores, utilizou-se cola de silicone; e por questão de organização, passou-se fita isolante em todos os fios, de modo que os mesmos ficassem escondidos.

Como a intenção é que este paradidático seja doado ao Centro de Ciências da FCT - UNESP colou se, ainda, na parte externa da garrafa maior uma representação

gráfica da constelação Cruzeiro do Sul juntamente com suas respectivas estrelas e também ao lado do retângulo transparente da garrafa maior colocou se flechas indicando cada uma das estrelas.

Abaixo segue algumas fotos do protótipo do paradidático, já pronto:



FIGURA 12: As duas garrafas que compõe o paradidático



FIGURA 13: Arranjo final das placas dos resistores e interruptores



FIGURA 14: Paradidático funcionando, olhado pela lateral da garrafa, conjunto tridimensional

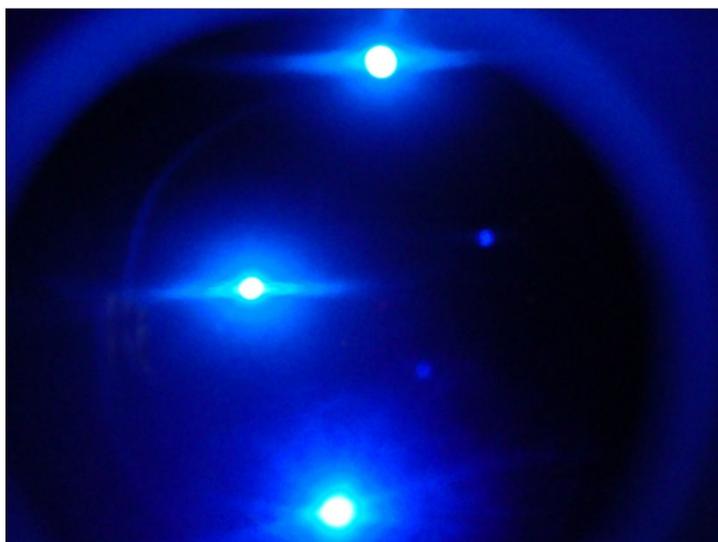


FIGURA 15: Paradidático funcionando, olhado pelo orifício da garrafa, conjunto bidimensional

6. DISCUSSÕES E RESULTADOS:

As discussões levantadas são várias, sendo a que se destaca é que dois dos referenciais experimentais distinguem fundamentalmente no quesito em que se baseiam de outros recursos para representar as estrelas, tais como escala maior (maquete feita em um campo de futebol) e estrelas feitas de papel.

O trabalho [16] que utiliza uma escala maior, o faz em um campo de futebol com LED's brancos associados a potenciômetros para ajustes de brilho. Por ser uma escala grande (1m para 10 AL) este projeto se tornaria inviável para uma exposição itinerante proposta pelo autor deste trabalho.

O outro referencial [3] utiliza-se de papel para fazer as estrelas da constelação e cola cada uma em barbantes de diferentes tamanhos para realçar que elas estão em

diferentes planos e que por sua vez cola cada barbante no teto de uma sala. Apesar de a idéia ser plausível também não dispõe de uma exposição itinerante, que é o intuito deste trabalho.

Apenas um dos referenciais [10] se assemelha ao paradidático descrito aqui, utilizando uma caixa de madeira de 70 cm de comprimento e LED's em diferentes posições para representar as estrelas.

Porém visando disponibilizar o paradidático para o Centro de Ciências da FCT/UNESP que realiza exposições itinerantes, optou-se em fazer o paradidático em garrafas pet, que são fáceis de transportar, com uma escala bem menor (1cm para 25 AL) associadas a LED's e resistores de diferentes intensidades, de tal forma que permita o efeito de diferentes brilhos observados nas constelações.

Contudo no decorrer da prática algumas inconveniências foram encontradas, tais como a distorção causada pela proximidade de observação e a dificuldade de se trabalhar em uma escala muito pequena onde qualquer erro se torna facilmente perceptível.

Além do mais a garrafa de 3L não é encontrada com facilidade o ano todo. Mas este inconveniente pode ser solucionado utilizando-se uma garrafa de 3,3L. Para tanto basta fazer um corte horizontal na mesma, a partir deste corte as duas extremidades separadas deveriam ser sobrepostas em cerca de um centímetro reduzindo esta medida em sua circunferência final. As extremidades sobrepostas deveriam ser fixadas com grampo ou cola para plástico para garantir a mesma rigidez apresentada pela garrafa antes do corte.

Os resultados encontrados depois de arquitetado o paradidático e levado em várias das observações realizadas pelo Centro de Ciências da FCT/UNESP, foi o êxito do mesmo já que funciona assim como desejado e realmente instiga o público alvo do projeto Astronomia na praça a realizar muitas perguntas sobre a ciência em foco.

7. CONCLUSÕES:

Observando os resultados obtidos com o uso e manipulação do paradidático, conclui-se que realmente o projeto pode ser considerado como sendo um verdadeiro recurso didático, uma vez que no contato com o público desperta o interesse e provoca reflexões, sendo estas características intrínsecas deste tipo de material. O projeto também oferece possibilidade de reflexão em vários ramos ligados à ciência envolvida, não somente astronomia, mas também circuitos elétricos, por exemplo, atuando desta forma de maneira interdisciplinar, levando à conclusão que o material tem diferentes funcionalidades dependendo da forma que é utilizado.

Assim como toda discussão que o trabalho possibilita, também os resultados obtidos foram amplos, pois não só concepções puderam ser melhoradas com o uso do material, mas também possibilitou que certa fração do público alvo simplesmente considerasse por um momento a hipótese de as estrelas estarem ou não num mesmo plano, e logo após puderam confrontar suas idéias com o modelo proposto na garrafa PET.

Em suma conclui-se que mesmo trabalhando com um leque de possibilidades de abordagens e resultados, de toda forma o projeto desenvolvido contribui de maneira positiva para questionamentos, e talvez este seja o maior diferencial do trabalho, não apenas proporcionar respostas, mas sim proporcionar questionamentos e, como se sabe hoje, o movimento na ciência e na educação não surge da inércia e sim dos questionamentos de quem constrói idéias em vez de aceitar aquilo que já está sistematizado e supostamente esclarecido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- 1- BERNARDES, A.O. **Observação do céu aliada à utilização do software Stellarium no ensino de Astronomia em turmas de educação de jovens e adultos (EJA).** Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA, A1, n.10, p.7-22, 2010. Disponível em: <http://www.relea.ufscar.br/num10/RELEA_A1_n10.pdf>. Acesso em: 18 Março 2011.
- 2- BERNARDO, R.V.; FREITAS, A.; SILVA, M.R. **Constelações: da antiguidade aos dias atuais, um estudo sobre as constelações zodiacais da linha eclíptica.** Disponível em: <<http://connepi.ifal.edu.br/ocs/index.php/connepi/CONNEPI2010/paper/viewFile/388/249>>. Acesso em: 18 Março 2011.
- 3- CAMILLO, A.P.N; LINO, F.; PEREIRA, W.G. **Construindo Sua Própria Constelação.** Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=aas&cod=_astronomiaco_nstruindosua>. Acesso em: 29 Dezembro 2010.
- 4- CANIATO, R. **(Re)descobrimo a Astronomia.**Campinas: Átomo, 2010.
- 5- DAMINELI, A. (org.); STEINER, J. (org.). **O fascínio do Universo.** São Paulo: Odysseus, 2010.
- 6- DELERUE, A.**Rumo às estrelas: guia prático para a observação do céu.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1999. p.16.
- 7- FARES, E.A. et al. **O universo das sociedades numa perspectiva relativa: exercícios de Etnoastronomia.** Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA, A5, n. 1, p.77-85, 2004. Disponível em: <<http://www.relea.ufscar.br/num1/A5%20n1%202004.pdf>>. Acesso em: 18 Março 2011.
- 8- FILHO, K. S. O.; SARAIVA, M. F. O. - **Astronomia e Astrofísica**, 2ª edição. São Paulo: Livraria da Física, 2004. Caps. 20 e 22.
- 9- KITCHIN, C.R. - **Astrophysical Techniques**, 4ª edição, 2003.
- 10-LONGHINI, M.D. **Será o cruzeiro do Sul uma cruz? Um novo olhar sobre as constelações e seu significado.** Revista Física na Escola, v. 10, n. 1, 2009. Disponível em:<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol10/Num1/a05.pdf>. Acesso em: 18 Março 2011.
- 11-MATSUURA, O. T. **Atlas do Universo.** São Paulo: Scipione, 1996.
- 12-NEVES, M. C. D. e ARGÜELO, C. A. **Astronomia de Régua e compasso: de Kepler a Ptolomeu**, 2ª edição. Campinas: Papyrus, 2001.

- 13-NICOLINI, J. Manual do astrônomo amador.** Campinas: Papirus, 1991.
- 14-NOVELLO, M. Cosmo e contexto.** Rio de Janeiro: Forense-Universitária ed., 1988.
- 15-PELLEQUER, B. Pequeno guia do céu.**São Paulo: Martins Fontes, 1991.
- 16-SILVA, G.M.S.; RIBAS, F.B.; FREITAS, M.S.T. Transformação de coordenadas aplicada à construção da maquete tridimensional de uma constelação.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 1,2008.Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/301306.pdf>>. Acesso em: 29 Dezembro 2010.