

MONTAGEM E UTILIZAÇÃO DE UM RADIOTELESCÓPIO AMADOR UTILIZANDO ARDUÍNO PARA O ESTUDO DE SINAIS EMITIDOS DO ESPAÇO

Mariana Teixeira de Castro¹¹, Michelle Queiroz da Silva², André Chaves de Brito³

¹Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, Sobral, Ceará

²Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, Ceará

³Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, Sobral, Ceará

Resumo: A Radioastronomia é o ramo da Astronomia que estuda as radiações eletromagnéticas emitidas ou refletidas pelos astros. Ela estuda a radiação emitida por corpos astronômicos na faixa de radiofrequência. Essa faixa corresponde a ondas com comprimentos que variam desde alguns centímetros até vários quilômetros. O radiotelescópio é o instrumento utilizado para captar esse tipo de onda eletromagnética. Infelizmente, devido ao alto custo de sua construção e manutenção, trata-se de um equipamento de difícil acesso, o que torna escasso o número de profissionais atuantes nessa linha de pesquisa. Tendo em vista essas dificuldades e restrições, este trabalho teve como objetivo principal construir um radiotelescópio amador a partir de uma antena com banda ku de sessenta centímetros de diâmetro, operando na frequência de 12 GHz. Além disso, utilizou-se uma placa de Arduino e seus respectivos softwares para a coleta de dados. Com o equipamento desenvolvido pode-se captar a radiação proveniente do Sol neste comprimento de onda, bem como seu deslocamento aparente no céu devido ao movimento de rotação da Terra, a partir da intensidade captada por esta radiação. O radiotelescópio desenvolvido, resultado desta pesquisa, é um instrumento que poderá ser utilizado como forma de apresentação da Astronomia aos futuros discentes e como atividade experimental nas disciplinas de Ondas e ótica, Física Moderna e Contemporânea.

Palavras-chave: Radiotelescópio. Radioastronomia. Ensino de Astrofísica.

Assembly and Use of an Amateur Radio Telescope Using Arduino for the Study of Signals Issued from the Space

Abstract: Radioastronomy is the branch of Astronomy that studies how electromagnetic radiations emitted or reflected by stars. She studies a radiation emitted by astronomical bodies in the radio frequency band. This range corresponds to waves with lengths ranging from a few cents in the trout ages. The radio telescope is the instrument used to capture this type of electromagnetic wave. Unfortunately, due to the high cost of its construction and maintenance, this is a difficult access equipment, which makes the number of professionals in the research line scarce. Considering these difficulties and restrictions, this work had as main objective the creation of an amateur radio telescope from an antenna with a band of sixty centimeters in diameter, operating in the frequency of 12 GHz. In addition, use an Arduino plate and their respective software for data collection. With the developed equipment one can capture the radiation coming from the Sun at the wavelength, as well as its apparent displacement without sky due to the rotation movement of the Earth, from the intensity captured by this radiation. The radio telescope developed, as a result of this research, is an instrument that can be used as a way of presenting Astronomy to future discourses and as an experimental activity in the subjects of Waves and Optics, Modern and Contemporary Physics.

Keywords: Physics teaching. Motivation. Audiovisual resources.

1. Introdução

O mais primitivo ser humano se interessou em observar os fenômenos que ocorriam à sua volta, bem como em tentar compreendê-los. Ele sempre se mostrou fascinado com os astros que circundam céus à noite e principalmente com o astro principal do Sistema Solar, que oculta à visibilidade de todos os outros ao aparecer no horizonte, o Sol (ARAÚJO, 2010).

* Endereço de correspondência: maarytdc2@gmail.com.

A Ciência que estuda esses corpos e seus fenômenos é denominada Astronomia. Durante milhares de anos, todo o conhecimento astronômico se limitou a observações a olho nú. Porém, essa era uma forma bastante limitada de observação, pois era restrita aos limites da visão do homem, o que impactava nos resultados das pesquisas dessa área (KARAM, 2012).

Somente a partir do século XVII, com o advento do telescópio e suas otimizações, foi possível ampliar a nossa visão do mundo. Percebeu-se que na verdade a Terra orbita em torno de uma estrela em meio a milhões de outras, formando uma galáxia que também sofre influência de estruturas maiores do que ela, e assim por diante. Ou seja, nos deparamos com um universo muito maior e mais diverso do que tínhamos acesso e percebemos a nossa insignificância perante ele (KARAM, 2012).

Outro fator crucial para o desenvolvimento da astronomia moderna foi a descoberta de que o espectro eletromagnético se propaga em outros comprimentos de onda além do visível, se estendendo desde ondas de rádio até os raios gama. Descobriu-se também que dependendo da temperatura de um corpo e de sua composição, ele pode emitir mais radiação em uma determinada frequência. Logo, foi possível obter mais informações de um objeto celeste estudando seu espectro e não apenas suas imagens (SILVA, 2010).

A radioastronomia estuda a radiação emitida por corpos astronômicos na faixa de radiofrequência. Essa faixa corresponde a ondas com comprimentos que variam de alguns centímetros até milhares de quilômetros. O radiotelescópio, equipamento de extrema importância na radioastronomia, consiste em um instrumento para detecção e medição desse tipo de radiação. Ele é composto por um refletor, um detector no foco, um amplificador e um sistema para registro do sinal observado (FERNADES, 2007).

A radioastronomia tornou-se uma ciência central nas últimas descobertas acerca do universo. Isso se deve ao fato de que a maior parte da radiação emitida em outros comprimentos de onda que chegam até a superfície terrestre são absorvidas pela atmosfera, sendo necessário o envio de telescópios ao espaço para seus estudos. Já as ondas de rádio, por possuírem comprimentos maiores, sofrem pouca interferência (FERNADES, 2007).

Devido a sua importância, pesquisas em radioastronomia vem ganhando cada vez mais espaço. Porém, para a realização destas, necessita-se de uma infraestrutura laboratorial bastante robusta. Isso gera custos elevados, tornando inviável muitas vezes a construção desse tipo de laboratório. Segundo Fernandes (2007) o custo elevado para informatizar um laboratório de física com *softwares* e equipamentos voltados para coleta de dados resultantes de pesquisas em Astronomia, mostra a necessidade de soluções alternativas de baixo custo, voltadas não só apenas para a Astronomia, como também para a física experimental como um todo.

Mediante o cenário acima citado, a motivação para desenvolvimento deste trabalho originou-se devido à necessidade de experimentação voltada para Astronomia no curso de Licenciatura em Física do IFCE *campus* Sobral. Com isso, surgiu a ideia do desenvolvimento e montagem de um radiotelescópio, fazendo uso de matérias de baixo custo e fácil aquisição. Ele poderá ser utilizado em experimentos e pesquisas dessa rica área, possibilitando seu fortalecimento e principalmente sua disseminação.

2. Referencial Teórico

A utilização das radiofrequências pelo homem teve sua origem devido a necessidade de comunicação à distância. Em 1899, o engenheiro eletricitista italiano Guglielmo Marchese Marconi (1874-1937) fez uma transmissão através do Canal da Mancha, que separa a França da Inglaterra. Já em 1901, uma transmissão atravessou o Atlântico, enviando sinais de código Morse (SILVA, 2010).

Durante a Primeira Guerra Mundial, o desenvolvimento das transmissões de rádio se acentuou. Fato esse motivado para permitir a comunicação a distância entre diferentes unidades de um exército e posteriormente, entre os aviões com as suas respectivas bases (SILVA, 2010).

Porém, o surgimento da radioastronomia se deu com a descoberta da radioemissão cósmica em dezembro de 1931, por um jovem engenheiro da Bell Telefones chamado Karl Jansky. Segundo Filho e Saraiva (2004), Jansky estava estudando as perturbações causadas pelas tempestades nas ondas de rádio na frequência de 20,5 MHz ($\lambda = 14,6\text{m}$) e descobriu uma emissão de origem desconhecida, que variava com um período de 24 horas. Somente mais tarde demonstrou-se que a fonte dessa radiação estava no centro da Via Láctea.

Grote Reber, ao saber das descobertas de Karl Jansky (1932) aplicou-se ao estudo e investigação acerca de ondas de rádio cósmico, e o seu processo emissor. Ele chegou a construir um receptor capaz de detectar a emissão de Rádio da Via Láctea, em 1918, comprovando assim a descoberta de Jansky. Mas não foi capaz de atingir seu principal objetivo, que era de detectar radioemissões em frequências altas, de 3,3GHz a 0,9GHz, devido a baixa sensibilidade do receptor somado com a baixa intensidade das radioemissões nestas frequências (FERNADES, 2007).

No mesmo período na Universidade de Cambridge, foi criado um grupo de radioastronomia onde foram observadas as emissões de ondas de rádio a partir do Sol e estudadas. Esta pesquisa inicial, logo se ramificou em observação de outras fontes de rádio celestial e nas técnicas de interferometria, onde foram pioneiros a isolar a origem angular das emissões detectadas (SILVA, 2010). Durante o final dos anos 1960 e início dos anos 1970, o interferômetro de Cambridge foi usado para mapear as fontes de rádio no céu.

A Radioastronomia também permitiu em 1965, a descoberta da radiação em forma de microondas, originada de quando o universo ainda estava em um estado primitivo. Esse fato concedeu a seus descobridores, Arno Penzias e Robert Wilson, o prêmio Nobel de Física em 1978. Casualmente esses engenheiros estavam buscando identificar interferências nas comunicações por satélite operando na frequência de 4,08 GHz e descobriram um fraco ruído de fundo que permanecia imutável em intensidade, qualquer que fosse a direção da antena. Essa radiação de fundo, com um máximo de intensidade no comprimento de onda de 1,1 mm, tinha a mesma distribuição em comprimento de onda que a radiação de uma cavidade na temperatura de 2,7 K. A cavidade, no caso, era o próprio universo (FERNADES, 2007).

3. Metodologia

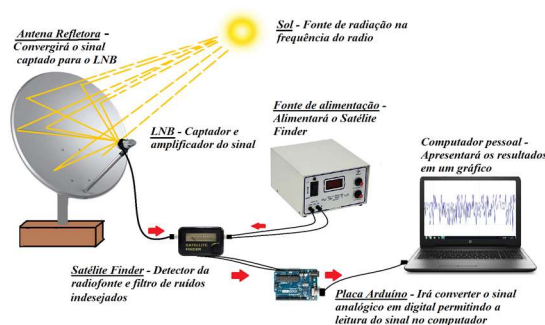
Um radiotelescópio amador é um instrumento que pode ser construído principalmente a partir de uma antena de televisão para captação do sinal de rádio, um detector do sinal da antena (LNB), um localizador de satélite, uma fonte de alimentação para o localizador, um conversor de sinal analógico-digital, um computador pessoal e

alguns cabos e conectores específicos para realizar as devidas conexões do *hardware* com seus componentes.

O sinal captado pela antena será refletido para o LNB que o detectará e transmitirá a informação para o conversor analógico digital que apresentará o sinal em um gráfico. O localizador de satélite serve para auxiliar no apontamento da antena e na filtragem de ruídos indesejados do ambiente (FERNANDES, 2007).

A Figura 1 abaixo mostra o esquema do radiotelescópio desenvolvido.

Figura 1 – Funcionamento do radiotelescópio amador



Fonte: Elaborado pelo autor

A construção do radiotelescópio, resultado deste trabalho de pesquisa, tornou-se viável por ele ser desenvolvido a partir de matérias de baixo custo e fácil aquisição. Além disso, para sua montagem não se fez necessário uma alta complexidade técnica.

Para alcançar os objetivos propostos, se fez necessário a realização de algumas etapas, dentre elas destacam-se:

- Pesquisa de artigos científicos e outros materiais a respeito da montagem e utilização de um radiotelescópio.
- Montagem de um radiotelescópio dotado de um sistema de obtenção de dados.
- Realização da calibração do equipamento.
- Utilização do equipamento para detectar o sinal de rádio emitido pelo sol.

3.1 Material Utilizado

Para a construção e montagem do radiotelescópio utilizou-se o material abaixo citado:

- 1 Antena parabólica do tipo *off-set*, de 0.60m de diâmetro com bloco de baixo ruído (LNB);
- 1 Caixote de madeira de dimensões 50x50x1;
- 1 Satélite Finder;
- 1 Placa de Arduino UNO;
- 1 Fonte de alimentação 13V/5A;
- 1 Computador pessoal;
- 1 Capacitor de poliéster de 220nF;
- 1 Capacitor cerâmico de 1nF;
- 1 Cabo Coaxial de 50m;

- Cabos e conectores.

3.2 Procedimentos de Montagem e Programação

Segundo Fernandes (2007), o conjunto receptor utilizado (antena - LNB) opera em banda Ku (12 GHz). Essa banda é destinada a transmissões de TV por satélite. Para a montagem do radiotelescópio, utilizou-se dessas especificações. Nele, os LNB's utilizados na antena possuem nível de ruído de 0.5-1 dB² e ganho de 45-55 dB. Para o sustento da antena, realizou-se sua fixação a uma base de madeira.

O *Satélite Finder* é um equipamento utilizado por instaladores de antenas parabólicas. Sua função é auxiliar no apontamento da antena para o satélite transmissor. Assim, o sinal de melhor qualidade é mostrado por meio de um painel analógico, associado a um emissor sonoro, ambos variáveis de acordo com a intensidade do sinal.

O *Satélite Finder* foi projetado para ser alimentado pelo receptor de TV. Com isso, foi necessária a utilização de uma fonte de alimentação externa conectada a ele. Como necessita de uma tensão de 13V para seu funcionamento e corrente de 5A, a fonte utilizada seguiu essas especificações. Como a fonte de tensão não possuía um conector específico para o *Sat Finder*, foi feita uma adaptação através da soldagem de dois fios na entrada de alimentação correspondente.

Ainda referente à adaptação feita na fonte, para a captação do sinal originário do *Satélite Finder*, utilizou-se a tensão existente nos terminais do indicador de sinal (fios azuis), possibilitando o envio desse sinal ao conversor analógico digital, conforme mostra a Figura 42. A fim de filtrar ruídos indesejados no sinal e estabilizar a tensão advinda da fonte, foram soldados respectivamente 1 capacitor cerâmico de 1nF na saída do sinal e 1 capacitor de poliéster 220nF na entrada de alimentação do *Sat Finder*.

A *interface* utilizada entre o radiotelescópio e o computador pessoal foi uma placa de *Arduíno UNO* cuja a função foi de digitalizar o sinal recebido e torná-lo acessível. Este pode ser facilmente adquirido em lojas de componentes eletrônicos. As adaptações executadas fizeram com que o radiotelescópio funcionasse como conversor analógicos/digitais A/D, dispensando assim, a necessidade da montagem de um circuito mais complexo dedicado à conversão digital.

Para a programação do *Arduíno* se fez necessária a instalação do Ambiente de Desenvolvimento Integrado (IDE) da plataforma no computador pessoal utilizado. Para essa programação utilizou-se um código destinado a conversão digital presente na biblioteca do IDE do *Arduíno*. O *Arduíno* lê o pino de entrada analógica, mapeia os resultados para um intervalo de amplitude de 0 a 225 e os imprime no monitor serial³. O positivo do *Sat Finder* foi conectado na porta A0 e o negativo no GND.

Na última linha do código o arduíno informa o intervalo de tempo entre uma e outra conversão. Esse intervalo é definido como *delay*⁴ e é fornecido em milisegundos (Figura 44). Assim, cada informação detectada equivale a um ponto em um gráfico de intensidade x tempo. Quanto menor o intervalo de tempo da detecção, mais precisas são as informações captadas pela antena (ARDUÍNO, 2015).

O gráfico intensidade x tempo é apresentado através da ferramenta *Plotter Serial*, também do *Arduíno*. Inicialmente o gráfico deve indicar que não está recebendo nenhuma

² A intensidade ou volume do som é medida através de uma unidade chamada de decibéis (dB).

³ Ferramenta do Arduíno que apresenta as informações que chegam a placa.

⁴ Termo técnico usado para designar o retardo de sinais em circuitos eletrônicos.

diferença de potencial (d.d.p.). Ao ligar o *Arduíno*, surgiu uma pequena tensão no gráfico e ao apontar diretamente para o Sol, esse valor aumentou visivelmente (ARDUÍNO, 2015).

Para que houvesse um equilíbrio na antena e como forma de facilitar seu apontamento, foi confeccionado um caixote de madeira com área de 50 cm² e feita a aquisição de uma base para suporte. Por fim, para realizar o apontamento da antena foi necessário apontar para o ponto do foco do LNB, não da antena. Especificamente. A posição desse foco é localizada um pouco acima do foco da antena. Fernandes (2007) aconselha apontar primeiro diretamente para o Sol, como se tratasse de um telescópio óptico e em seguida, inclinar a antena cerca de -12° no sentido vertical. Procedimento este realizado com êxito.

4. Resultados e Discussões

Inicialmente, para a conversão de sinal analógico-digital, seria utilizada uma placa de som 16 *bits*. Essa placa além de realizar a leitura do sinal também funcionaria como um segundo amplificador do ruído. A necessidade da utilização de uma placa de 16 *bits* se devia ao fato de que, ao contrário das placas de 32 e 64 *bits* (utilizadas atualmente), ela atuaria como um amplificador do sinal. As demais placas necessitavam estar conectadas a uma caixa de som para realizar esta amplificação. Porém, ao longo do desenvolvimento deste trabalho, substitui-se a placa de som por uma placa *Arduíno* UNO. Essa alteração se fez necessária devido à dificuldade na aquisição da placa inicialmente proposta.

A placa de *Arduíno* UNO, uma vez programada corretamente, executa as mesmas funcionalidades da placa de som. Devido a sua flexibilidade e fácil programação, possibilita diversas melhorias futuras no protótipo, além das funcionalidades aqui propostas.

Para a visualização do gráfico a partir do *Arduíno*, inicialmente foi necessário o *download* do *software Processing* (também do *Arduíno*), em substituição ao *Sky-pipe* (*software* que seria utilizado com a placa de som). Porém, este *software* foi descartado e substituído pela ferramenta *Plotter Serial da IDE* do *Arduíno*.

Referente à antena utilizada na montagem do equipamento, se fez uso de uma antena anteriormente usada em outras aplicações. A mesma não possuía base de sustentação, sendo necessária sua construção. Além disso, possuía manchas inicialmente consideradas como ferrugem devido à oxidação do material. Diversas foram às tentativas para remoção das manchas, buscando assim evitar que elas influenciassem na captação do sinal de rádio. Após algumas pesquisas, constatou-se que elas não geravam irregularidade na superfície da antena, logo, sua capacidade de captação de sinal não seria prejudicada.

Após a conexão do *Satélite Finder* com a antena foi realizado um teste de captação de ruído a partir da radiação emitida por uma lâmpada fluorescente próxima da antena. Para este teste se fez uso da placa de som de 64 *bits* do computador. Como resultado desse procedimento, o capacitor bloqueou o ruído proveniente da lâmpada e o gráfico apresentado pelo *software* (*Sky-Pipe*) indicou que não havia nada sendo captado. Após diversos testes adicionais, concluiu-se que o *Satélite Finder* alarmava apenas por receber corrente da caixa de força, sem sequer estar conectado a antena.

Devido a essa falha nos testes iniciais, se fez necessário a realização de novas pesquisas em busca de uma solução para o problema. Conclui-se que para realizar a detecção do sinal o *Satélite Finder* não deve estar com seu máximo de ganho.

Devido a dificuldade de aquisição de uma Placa de Som de 16 bits, está foi substituída por uma placa de *Arduíno*, tendo em vista que ele também possui um conversor analógico/digital. Na oportunidade também foi realizada a substituição do *software Sky-Pipe* pelo *software Processing* (do *Arduíno*).

Durante o teste do *Arduíno* como conversor analógico/digital, foi necessário fazer o *download* do seu *software*. Em seguida acoplou-se um potenciômetro no mesmo e o processador foi ligado para captar o sinal proveniente do potenciômetro. Percebeu-se que a amplitude do sinal captado era bem maior que a escala do gráfico. Logo, o ruído tomou a tela inteira e não foi possível observar nenhuma diferença ao realizar a variação do potenciômetro. Para regular este sinal as dimensões da tela, foi aplicada uma função sobre o valor obtido, proporcional ao tamanho da tela, diminuindo assim as dimensões do sinal captado.

Outro teste semelhante foi executado, porém dessa vez com a antena apontada para uma lâmpada fluorescente. Conectou-se o *Arduíno* ao *Satélite Finder* com este estando ligado a uma fonte de tensão de 13 V e a antena. Nos primeiros minutos detectou-se uma variação no sinal da antena captado por uma lâmpada após ser aproximada do mesmo⁵. Após algum tempo o equipamento parou de captar essa variação e mesmo com alguns ajustes não foi possível restabelecer a situação anterior.

Mediante os resultados acima citados, houve a tentativa do apontamento da antena para o Sol a fim de detectar alguma variação no sinal. Primeiramente foi montado todo o sistema e em seguida realizado o apontamento. Porém, o equipamento nada detectou, além de um ruído que concluiu-se ser proveniente do *Arduíno*, pois ao desconectar o *Arduíno* do *Satélite Finder*, o ruído persistia. Concluiu-se também que o apontamento não estava sendo feito corretamente, pois o Sol deveria ficar no foco do LNB, não da antena. Logo, a antena não deveria ficar apontada diretamente para o Sol, mais sim, um pouco inclinada para baixo.

Outra tentativa de apontamento da antena foi realizada, dessa vez com a antena apontada corretamente. Novamente os testes não obtiveram resultados positivos. Constatou-se que o ruído proveniente do *Arduíno* estava interferindo na detecção. Como possível solução foi adicionado um resistor “*pull down*”⁶ entre o *Arduíno* e o Terra. Dessa forma, o *Arduíno* só captaria o ruído proveniente da antena. Outras duas novas tentativas de apontamento da antena utilizando este resistor adicional foram realizadas. Neles, o ruído só desaparecia por alguns segundos. Concluiu-se então que o *Satélite Finder* ou o *Arduíno* poderiam estar apresentando defeito.

Conectou-se o *Satélite Finder* em um osciloscópio na tentativa de tentar detectar sua diferença de potencial (d.d.p). Constatou-se então que o *Satélite Finder* estava operando corretamente, apresentando uma tensão de cerca de 9 mV.

Após diversos testes em bancada, concluiu-se que o *Arduíno* estava registrando pino flutuante⁷, pois a porta nele conectada não correspondia a porta utilizada pela IDE para a conversão. Após correção desse erro, o *Arduíno* funcionou corretamente.

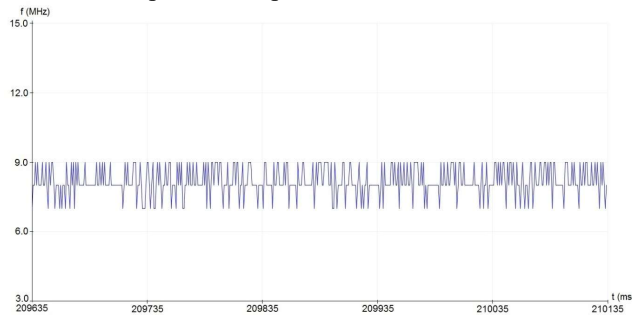
⁵ Em lâmpadas fluorescentes acesas, há uma fraca emissão na faixa estudada devido ao choque de elétrons acelerados com átomos de mercúrio em seu interior.

⁶ Resistores “*pull down*” são usados para manter a entrada em valor zero (baixo) quando nenhum outro componente estiver conduzindo. Sendo

⁷ Denomina-se Pino Flutuante a situação em que o processador não identifica nada conectado ao pino de entrada da corrente. Significando assim que o sinal não está chegando no terminal.

De acordo com o esperado, o *Arduíno* detectou a d.d.p. do *Satélite Finder* ao ser ligado. É importante destacar que para realizar a detecção o *Satélite Finder* foi ajustado até o limiar da emissão do alarme sonoro. Isso foi necessário para que qualquer variação de tensão o fizesse emitir o alarme sonoro, detectando assim a radio fonte desejada.

Gráfico 1 - Gráfico apresentado pelo *Arduíno* com o *Satélite Finder* ligado

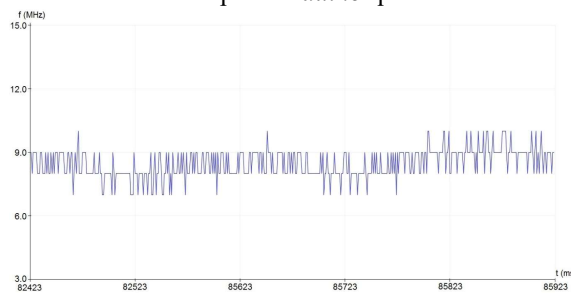


Fonte: Elaborado pelo autor

Na ocasião, foi a vista a possibilidade de substituição do *software Processing* pela ferramenta *Plotter Serial* da própria IDE do *Arduíno*, por apresentar mais clareza na imagem apresentada.

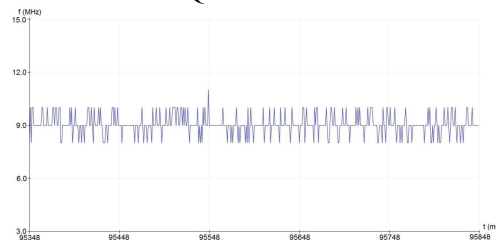
Uma nova tentativa de apontamento da antena para o Sol foi realizada. Apenas foi captada uma pequena variação no sinal ao colocar a antena ao ar livre, como mostram os Gráficos 2 e 3.

Gráfico 2 - Variação do Sinal Detectado pelo *Arduíno* quando a Antena é Colocada ao Ar Livre



Fonte: Elaborada pelo autor

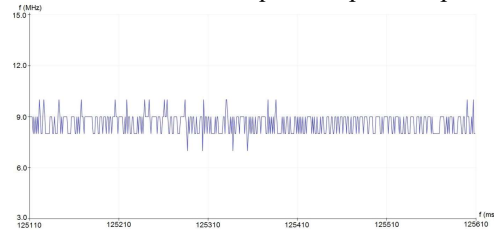
Gráfico 3 - Sinal Detectado Quando a Antena é Colocada ao Ar Livre



Fonte: Elaborado pelo autor

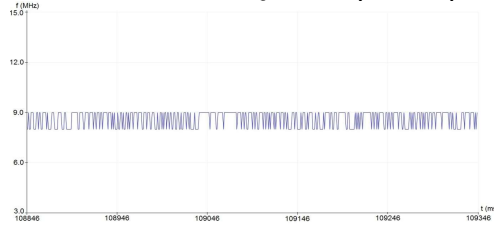
Os Gráficos 4 e 5 mostram o sinal da antena quando a mesma foi apontada para baixo.

Gráfico 4 - Sinal da antena quando apontada para baixo



Fonte: Elaborado pelo autor

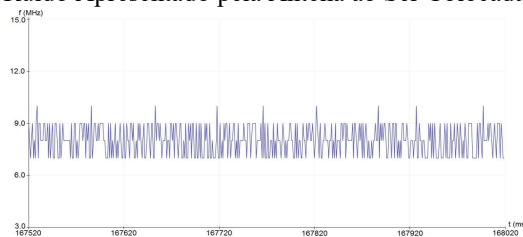
Gráfico 5 - Sinal da Antena Quando Apontada para Baixo



Fonte: Elaborado pelo autor

Uma última tentativa de apontamento da antena foi feita. Como esperado, a antena voltou a apresentar uma leve variação em seu ruído ao ser colocada ao ar livre, como mostra o Gráfico 6.

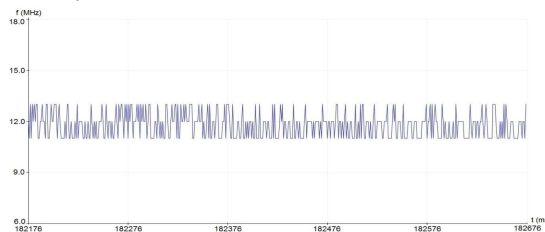
Gráfico 6 - Ruído Apresentado pela Antena ao Ser Colocada ao Ar Livre



Fonte: Elaborado pelo autor

Por volta das 14:56 h do dia da realização do teste, houve êxito no apontamento da antena quando a tensão detectada apresentou um aumento significativo e constante. Concluiu-se assim, que a variação de sinal se dava devido ao fato dela estar apontada para o Sol. Como mostram os Gráficos 7, 8, 9 e 10.

Gráfico 7 - Sinal da Antena com o Sol no Foco do LNB



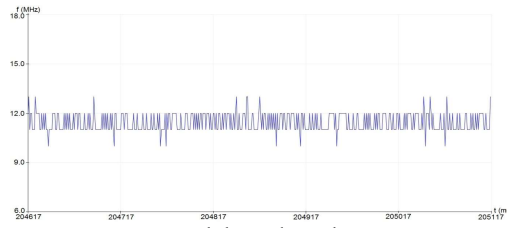
Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 8 - Sinal da Antena com o Sol no Foco do LNB



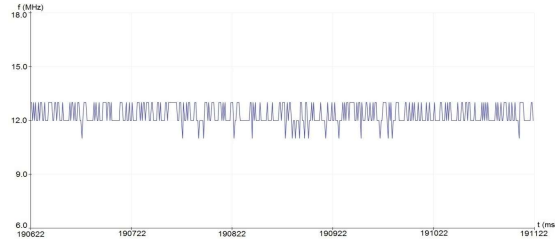
Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 9 - Sinal da Antena com o Sol no Foco do LNB



Fonte: Elaborado pelo autor

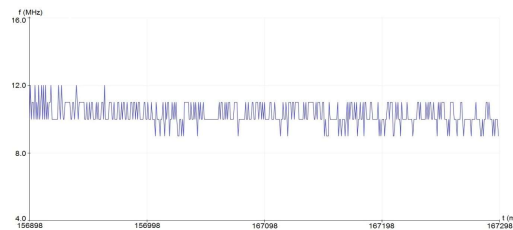
Gráfico 10 - Sinal da Antena com o Sol no Foco do LNB



Fonte: Elaborado pelo autor

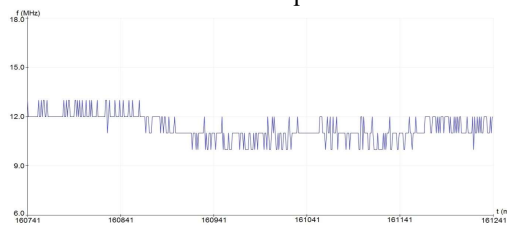
Os Gráficos 11 e 12 mostram os resultados dos testes feitos bloqueando o LNB e retirando o Sol do foco desse componente.

Gráfico 11 - Sinal da Antena com o Sol no foco e uma mão Tapando o LNB



Fonte: Elaborado pelo autor

Gráfico 12 - Sinal da Antena no Momento que Retiramos o Sol do Foco do LNB.



Fonte: Elaborado pelo autor

5. Conclusões

A partir dos resultados obtidos podemos concluir que o radiotelescópio foi construído com êxito, alcançando os objetivos propostos neste trabalho. O protótipo desenvolvido poderá ser utilizado para diversas atividades tanto no ensino como para divulgação de Física.

A plataforma *Arduíno* é uma plataforma multiuso que permite a possibilidade de implementação de diversas melhorias no radiotelescópio. Sugere-se futuramente acoplar ao sistema dois motores de giro conectados ao *Arduíno*, permitindo assim a movimentação da antena nos eixos verticais e horizontais. Esses motores também poderão auxiliar no ajuste fino da antena, ou seja, em seu apontamento. O *Arduíno* e uma placa de rede padrão *ethernet* acoplados, possibilitará o monitoramento e os ajustes na antena de forma remota, utilizando as facilidades e recursos *da internet*. É interessante também a utilização da antena acoplada a um osciloscópio.

O *software Processing*, que também pode ser utilizado na análise dos sinais possibilita o salvamento das informações na ferramenta *Movie Maker*, logo, é possível manter a antena apontada para o Sol o dia todo sem a necessidade de constante supervisão. E quanto menor o *delay* programado na placa, mais detalhada será a detecção, tornando possível assim a detecção de erupções na atmosfera solar em períodos de máxima intensidade de tempestades no Sol.

Outras possibilidades de utilização do radiotelescópio construído seriam observações solares em diversos horários diferentes ou ao longo de algumas semanas com a antena sempre apontada para um único ponto. Essas observações permitiriam respectivamente a observação do deslocamento do Sol na linha da eclíptica ao longo do dia e da variação de altura da linha da eclíptica ao longo das semanas.

Também é sugerida a utilização de uma antena de diâmetro maior, para possibilitar a detecção da radiação de corpos celestes mais fracos. Mas para a captação de comprimentos de onda maiores aconselha-se a utilização do aparelho em locais isolados de ruídos provenientes de aparelhos eletrônicos. Uma antena maior também irá requerer maior complexidade e custo do conjunto antena-conversor.

É importante destacar também que assim como em observações na faixa do ótico, para uma antena pequena, as variações climáticas também influenciam na detecção, bem como não é recomendada a exposição da antena a umidade sob risco de dano no equipamento. Logo, deve-se sempre planejar antecipadamente antes de realizar qualquer tipo de detecção.

Referências

- ALMA. Atacama Large Milimeter/subilimeter Array. **Interferometria**, 2014. Disponível em: <<http://almaobservatory.org/es/inicio>>. Acesso em: 15 dez. 2016.
- ALVARENGA, B. **Tópicos de Física**. 16^a. ed. São Paulo: Saraiva, v. 1, 2012.
- ARAÚJO, D. C. D. *Astronomia no Brasil: das grandes descobertas a popularização*, Brasília, 2010.
- ARDUÍNO. **Arduíno Software**, 2015. Disponível em: <WWW.arduino.cc/en/Main/Software>. Acesso em: 18 maio 2017.
- ASTRO , 2015. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/rad/rad/janelas.jpg>>.

BIG BANG NOISE, 2012. Disponível em:
<<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/62/BigBangNoise.jpg/400px-BigBangNoise.jpg>>.

CEPSRM. **Radiação Eletromagnética**, 2016. Disponível em:
<<http://www.ufrgs.br/engcart/PDASR/rem.html>>. Acesso em: 17 maio 2017.

EDUCAÇÃO , 2014. Disponível em:
<<http://www.nrao.edu/whatisra/images/jansky1.gif>>.

ELSYS. **Aprenda a diferença entre Banda C e Banda Ku**, 2017. Acesso em: 2017.

FERNADES, K. C. **Construção de um radiotelescópio amador em microondas 12 GHz dotado de um sistema automático de aquisição de dados**. Universidade Católica de Brasília. Brasília. 2007.

FERNANDES, K. C. **Construção de um radiotelescópio amador em microondas 12 GHz dotado de um sistema automático de aquisição de dados**. Universidade Católica de Brasília. Brasília. 2007.

FILHO, K. D. S. O.; SARAIVA, M. D. F. O. **Astronomia & Astrofísica**. São Paulo: Livraria da Física, 2004.

INFO ESCOLA, 2017. Disponível em: <<http://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2007/12/espectro-visivel-da-luz.jpg>>.

KARAM, H. A. **Telescópios Amadores: Técnicas de construção e configurações ópticas**. São Paulo: Livraria da Física, 2012.

MEES, A. A. **ASTRONOMIA: Motivação para o Ensino de Física na 8ª Série**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

RADIOTELESCÓPIO , 2016. Disponível em: <http://4.bp.blogspot.com/-fKDVS9bVCU/UWDaTbnTjiI/AAAAAAAAAFMM/LqzAuQ_evwU/s1600/Radiotelescopio+funcionamiento.png>.

RAMOS, F. Ruido externo pego pela antena. **Radioenlaces**, 2011. Disponível em:
<<http://www.radioenlaces.es/articulos/ruido-externo-captado-por-la-antena/>>. Acesso em: 08 jun. 2017.

SILVA, A. L. D. **Radioastronomia: Um texto introdutório**. Univerisdade Cruzeiro do Sul. São Paulo. 2010.

UFRGS. **O espectro eletromagnético e a faixa de frequência da luz visível**, 2001. Disponível em:
<<http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef004/20021/Claudia/Html/espectroelectromagnetico.html>>. Acesso em: 17 maio 2017.

UNAM , 2014. Disponível em:
<http://images.slideplayer.es/7/1721271/slides/slide_37.jpg>. Acesso em: 17 maio 2017.

UNIVERSO RACIONALISTA, 2016. Disponível em:
<<http://www.universoracionalita.org/wpcontent/uploads/2016/06/VLA.jpg>>.