ESTUDO GEOLÓGICO E SISMOGRÁFICO DA MESOREGIÃO DO LESTE DE MATO GROSSO DO SUL

Sandro Marcelo dos Passos, Kleber Rodrigo Penteado, Maycon Rotta

Instituto Federal de Mato Grosso do Sul - Três Lagoas - MS

sandro.passos@estudante.ifms.edu.br, kleber.penteado@ifms.edu.br, maycon.rotta@ifms.edu.br

Resumo

O objetivo deste trabalho é a construção de sismógrafos de baixo custo, com sensibilidade compatível aos modelos comerciais, para aquisição, registro, estudo comparativo com outras estações e compartilhamento online de dados sismográficos.

Palavras-chave: geologia; sismologia, sismógrafo.

Introdução

Até pouco tempo atrás, havia poucos registros de tremores no Brasil. Isso levou a conclusão de que não havia sismicidade significativa no país e as poucas perturbações no solo eram entendidas como meras acomodações de camadas de terra. Somente a partir da década de 70, estudos sísmicos revelaram uma atividade sísmica que não poderia ser desprezada (Figura 1), e que, mesmo o país estando situado inteiramente sobre a placa que contém todo o continente americano, existem forças geológicas intraplaca que produzem efeitos relevantes, de natureza sísmica [1].

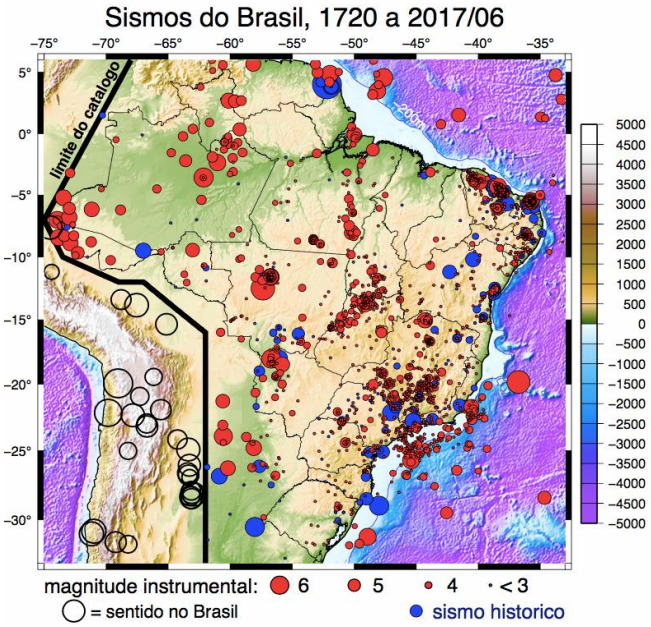

Figura 1 - Sismicidade no Brasil - Fonte: IAG-USP

Devido a inexistência de tecnologia nacional nessa área de estudo, o presente trabalho apresenta-se como pequena contribuição. Nesta pesquisa tem sido realizado um profundo estudo bibliográfico, abrangendo desde a formação geológica regional e global até a abordagem técnica relacionada à evolução dos sistemas de aquisição de dados sísmicos.
Desse estudo resulta a construção de sismógrafos simples, com sensores indutivos e com objetivos didáticos, baseados nos primeiros equipamentos desenvolvidos a partir de 1900 [2]. A partir desses primeiros equipamentos e resultados, tem início um processo de evolução contínua dos protótipos e sistemas, em busca de equipamentos mais sensíveis e precisos, acompanhando o desenvolvimento dos sismógrafos comerciais, que seguiram fazendo uso de dispositivos mecânicos e eletrônicos mais sofisticados, com sensores capacitivos e baseados no princípio de realimentação de sinal [3][4][5].

O acompanhamento da evolução tecnológica ocorrida nos equipamentos sismográficos pelos relatos dos próprios desenvolvedores, como Erhard Wielandt e Gunnar Streckeisen, entre outros, assim como, a oportunidade de conhecer pessoalmente o funcionamento do Centro de Sismologia do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo (IAG-USP), através de curso, visita técnica e publicações de Marcelo Sousa de Assumpção e sua equipe de pesquisadores, engenheiros e técnicos, permitiu traçar uma visão geral sobre o caminho a ser percorrido. Partindo desses referenciais técnicos, teóricos e práticos, acredita-se ser possível atingir os objetivos propostos no início da pesquisa, e quem sabe até, contribuir de alguma forma na contínua evolução tecnológica e na disseminação dessas informações à comunidade.

Com a obtenção dos primeiros resultados e a utilização de programas profissionais de análise sísmica como o SeisComp, presente nos maiores centros sismológicos do mundo, o presente trabalho atinge um estágio mais avançado. Na atual etapa, já é possível o estudo comparativo dos resultados sísmicos com estações sismográficas próximas, assim como o seu compartilhamento online em tempo real, somando-se aos dados da Rede Sismográfica Brasileira (RSBR).
Além dos resultados comparativos, ainda está sendo criada uma rede própria para divulgação desses resultados. Redes como essas, surgiram devido à rápida evolução dos meios de comunicação e trouxeram aos pesquisadores, dados de sismógrafos, que antes, faziam registros isolados dos eventos, e dificultavam os estudos [6]. O início da construção de um sismômetro com alta sensibilidade,

baseado em um projeto disponibilizado gratuitamente na internet, torna bastante promissor o avanço das pesquisas e a criação de outras estações sismográficas na região, perfazendo assim, a Rede Sismográfica do IFMS.

Metodologia

A proposta inicial desse projeto é a construção de dois sismômetros didáticos, um vertical e um horizontal, para familiarização com os equipamentos de aquisição de dados sismográficos e divulgação científica.

A construção do sismômetro vertical foi baseada no projeto *open source* TC1 [7]. A estrutura é formada por um tubo de acrílico montado em uma base de madeira. Uma mola fixada no topo é inserida no interior do tubo com sua extremidade inferior presa a um parafuso contendo imãs de neodímio, podendo ser visto na Figura 5, instalado provisóriamente na Estação Sismográfica do IFMS campus Três Lagoas. Esse conjunto tem um comportamento chamado "Sistema Massa-Mola" onde, após uma perturbação ocasionada por um sismo, é iniciado um movimento de oscilação em relação ao chão devido à inercia da massa dos imãs.

Figura 5 – Sismômetro Vertical (Arquivo pessoal)

O sismômetro horizontal (Figura 6) foi baseado no projeto AS-1 [8] e conta com um pêndulo horizontal com uma massa inercial e imãs de neodímio em sua extremidade.

Figura 6 – Sismômetro Horizontal (Arquivo pessoal)

Ambos os sismômetros possuem bobinas, que transformam as perturbações eletromagnéticas causadas pelo movimento da base, em impulsos elétricos, que serão posteriormente amplificadas pelo circuito de condicionamento de sinal.

O circuito de condicionamento de sinais é composto por um pré-amplificador e um conversor analógico/digital. O pré-amplificador baseado no circuito "Theremino – Geophone Preamplifier V4" (Figura 7).

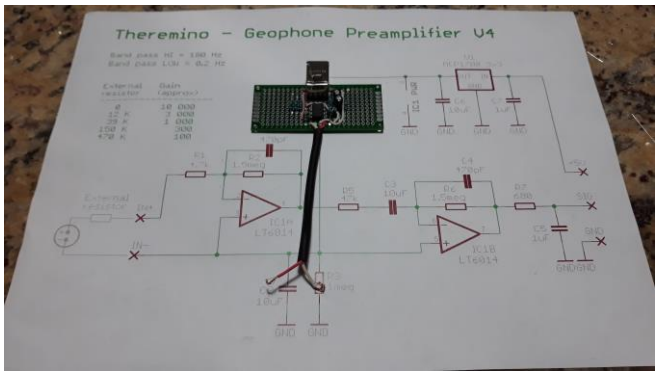

Figura 7 – Circuito Pré-amplificador (Arquivo pessoal)

O conversor analógico/digital adotado foi Adafruit ADC1115 de 16 bits, acoplado a um Raspberry-Pi 3 model B (Figura 8), que fará o registro de todos os sinais processados e permitirá o acesso remoto para aquisição e análise dos dados pelo software SeisComp3.

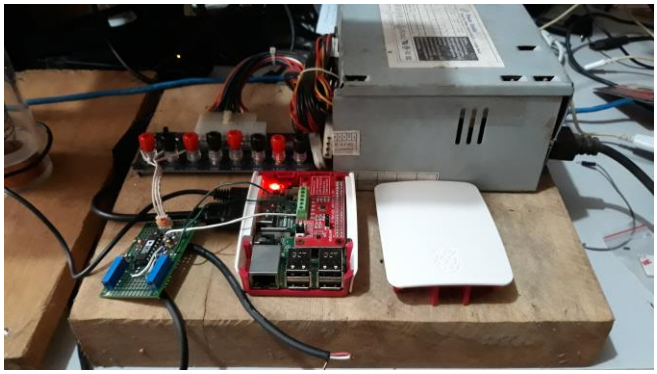

Figura 8 – Conversor ADC e Raspberry-Pi (Arquivo pessoal)

Resultados e Discussão

Devido à relativa proximidade do campus Três Lagoas, estão sendo usadas como referência para estudo comparativo de dados, as estações sismográficas BL.AQDB (Aquidauana/MS), BL.C2SB (Chapadão do Sul/MS), BL.COIM (Corumbá/MS), BL.TRCB (Terra Rica/PR) e BL. ITRB (Iturama/MG), pertencentes ao IAG-USP e integrantes da Rede Brasileira de Sismologia (RSBR). A estação inicial da Rede Sismográfica do IFMS possui a denominação IF. MSTL1, seguindo os padrões de nomenclatura da *International Federation of Digital Seismograph Network* (FDSN), e será instalada no IFMS campus Três Lagoas (Figura 9).

Espera-se disponibilizar sismômetros de baixo custo para instalação nas diversas unidades do instituto, formando assim a Rede Sismográfica do IFMS, que hoje já se encontra devidamente registrada junto ao órgão regulamentador, a FDSN e pode ser consultada no link http://www.fdsn.org/networks/detail/IF/.

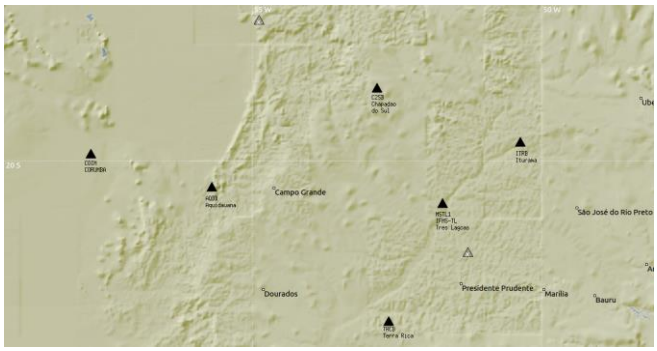

Figura 9 – MSTL1 e estações vizinhas (Arquivo pessoal)

Como resultado inicial, pode-se ver na Figura 10 o registro efetuado pelo sismômetro horizontal do terremoto ocorrido no Chile, em 3 de junho de 2020.

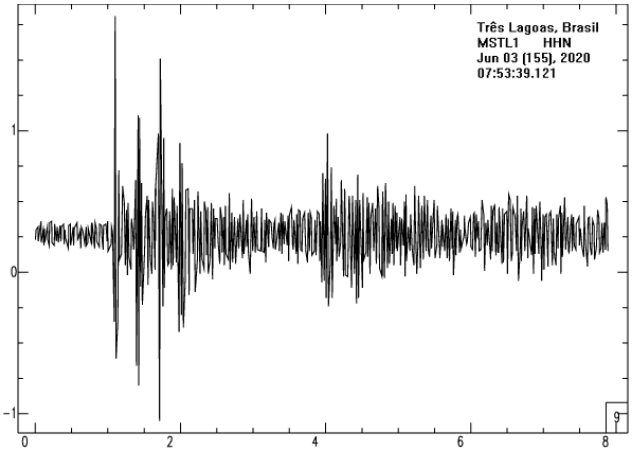

Figura 10 – Registro do terremoto do Chile (Arquivo pessoal)

Atualmente, os equipamentos sismográficos encontram-se instalados provisoriamente em uma estação alternativa, para permitir o acesso aos equipamentos e modernizações no sistema durante a pandemia de Covid-19 (Figura 11). Apesar de precária, essa instalação atende perfeitamente aos objetivos desse trabalho, dando continuidade aos estudos e experimentações, mesmo nesse período de instabilidade em que se encontra a humanidade.

Figura 11 – Instalação provisória da Estação Sismográfica (Arquivo pessoal)

Já se encontram em desenvolvimento, versões mais sofisticadas de sismômetros e demais sistemas de aquisição e armazenamento de dados, visando a obtenção de resultados com consistência de dados em níveis comparáveis aos modelos comerciais disponíveis. Um exemplo é o sismômetro vertical inspirado na versão "open-source" de um sensor baseado no princípio "force-balance accelerometer". Desenvolvido por Brett M. Nordgreen e David F. Nelson, o sismômetro denominado "Yuma-2" (figura 12) possui alta sensibilidade na faixa de frequência que vai de 0,02 a 30 Hz e é disponibilizado integral e publicamente para construção [9]. Sua construção é feita em blocos e chapas de alumínio, com sensor capacitivo, possuindo um circuito eletrônico avançado, equivalente aos encontrados nos sismógrafos comerciais da atualidade.

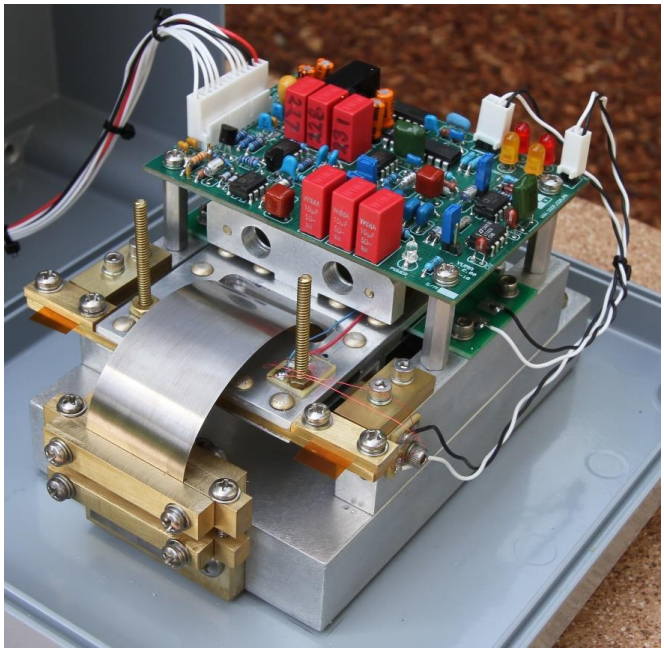

Figura 12 - Yuma-2 - Brett M. Nordgreen [9]

Considerações Finais

Equipamentos de aquisição de dados científicos, em sua grande maioria, precisam ser importados, ocasionando não apenas o alto custo devido às taxas e fretes, mas principalmente, a dependência excessiva do mercado internacional. Existe no país, grande capacidade de desenvolvimento tecnológico e produção científica. Com o apoio devido, esse potencial pode e deve ser aproveitado, promovendo assim, o desenvolvimento acadêmico, comercial e industrial do Brasil.

Com os resultados obtidos até então, já é possível perceber a real possibilidade da criação de soluções locais para resolver questões relacionadas à aquisição de dados sísmicos, ou mesmo outras áreas científicas correlatas, atendendo a uma demanda fortemente dependente do mercado internacional e apresentando opções de alta tecnologia com baixo custo.

Agradecimentos

Agradecemos ao IFMS pela oportunidade de participar do programa de iniciação científica e ao TECNOIF do Campus Três Lagoas por permitir a montagem da estação sismológica e seus equipamentos nas instalações do Hotel Tecnológico.

Agradecemos também ao Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo, em especial aos pesquisadores, engenheiros e técnicos que, gentilmente nos receberam e ofereceram valiosas informações para a realização desse trabalho.

Referências

[1] ASSUMPÇÃO, M.S. e Neto, C.M.D. “Sismicidade e estrutura interna da terra”. In: Teixeira, W.; Toledo, M.C.M.; Fairchild, T. R.; Taioli, F. **Decifrando a Terra**. 1. ed. São Paulo: Oficina de textos. 2000

[2] HAVSKOV, Jens. Instrumentation In **Earthquake Seismology**. Institute of Solid Earth Physics, University of Bergen, Noruega, 2002.

[3] WIELANDT, Erhard. **Design considerations for broadband seismometers, Broadband Seismometer Workshop**, Lake Tahoe, California, 2004. Disponível em < http://ds.iris.edu/stations/seis Workshop04/PDF/Wielandt-Design3.pdf>

[4] WIELANDT, E., and G. Streckeisen, **The leaf-spring seismometer: Design and performance**, Bull. Seismol. Soc. Am., 72, 2349–2367, 1982. Disponível em < https://streckeisen.swiss/assets/ downloads/wielandt-e.-und-streckeisen-g.-1982.-the-leaf-spring-seismometer-design-and-performance.pdf>

[5] WIELANDT, E. Seismic Sensors and their Calibration. - In: Bormann, P. (Ed.), **New Manual of Seismological Observatory Practice 2 (NMSOP-2)**, Potsdam : Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, 1-51. 2012 Disponível em http://bib.telegrafenberg.de/publizieren/ vertrieb/nmsop/

[6] HAVSKOV, J., Ottemöller, L., Trnkoczy, A., Bormann, P. Seismic Networks. - In: Bormann, P. (Ed.), **New Manual of Seismological Observatory Practice 2 (NMSOP-2)**, Potsdam : Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, 1-65. 2012 Disponível em http://bib.telegrafenberg.de/publizieren/ vertrieb/nmsop/

[7] WIJK, K., T. Channel, K. Viskupic, M. L. Smith, **Teaching Geophysics with a Vertical-Component Seismometer.** Physics Teacher, 2013 Disponível em <https://www.researchgate.net/publication/256422299_ Teaching_Geophysics_with_a_Vertical-Component_Seismometer>

[8] BRAILE, L. **The AS-1 Seismograph – Installation and Calibration.** Disponível em < https://web.ics.purdue .edu/~braile/edumod/as1mag/as1mag1.pdf>

[9] LAZO, Gonzalo Javier Martínez. **Miniaturización de un sismómetro de fuerzas balanceadas (FBA).** Pontificia Universidad Católica de Valparaiso. 2019 Disponível em <http://opac.pucv.cl/pucv_txt/Txt-8000/UCC8123_01.pdf>IRIS, jAmaSeis Guide for Displaying Seismic Data. 2016.