

## SUBSÍDIOS PARA A UTILIZAÇÃO DA GEOTERMIA SUPERFICIAL NA CLIMATIZAÇÃO DE RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES EM NOVA ANDRADINA – MS: MONITORAMENTO DA TEMPERATURA DO SUBSOLO LOCAL

Agleison Ramos Omido (\*), Cristhian Souza Barboza, Robson de Souza Santos

\* Universidade Federal da Grande Dourados (agleisonomido@ufgd.edu.br).

### RESUMO

A utilização de fontes de energia não renováveis, como a queima dos combustíveis fósseis, traz consequências severas para a atmosfera e para a saúde da população. Surge assim, a necessidade de investimentos em fontes renováveis alternativas que não agridam o meio ambiente e diminuam a necessidade do uso de matrizes energéticas não renováveis. Neste cenário, a Energia Geotérmica é vista como uma fonte de energia limpa, abundante e disponível o ano todo com um grande potencial de impacto. O presente trabalho avalia a potencialidade de utilização da Energia Geotérmica de Nova Andradina-MS com ênfase na climatização de residências unifamiliares. Foram traçados o perfil de temperatura ambiente e do solo a quatro diferentes profundidades 1,5m, 3,0m, 4,5m e 6,0m, constatando-se a estabilidade térmica do solo em pequenas profundidades, evidenciando o potencial da Energia Geotérmica para a climatização de residências unifamiliares.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia Geotérmica, Fontes renováveis, Climatização de residências

### INTRODUÇÃO

O desenvolvimento socioeconômico de um país está intimamente atrelado ao consumo de energia. Após a Revolução Industrial a demanda por eletricidade aumentou consideravelmente, sendo essencial para a redução da pobreza, para o crescimento econômico e para a melhoria da qualidade de vida (CERETTA; SARI; DA CRUZ CERETTA, 2020). No entanto, grande parcela da produção e consumo de energia total no mundo são derivados de fontes fósseis, sendo estas responsáveis por cerca de 80% da produção energética primária mundial (IEA, 2020).

A queima dos combustíveis fósseis, como petróleo, gás natural e carvão, é considerada reativa na atmosfera, uma vez que os gases produzidos pela combustão promovem a degradação da qualidade do ar e potencializam o efeito estufa (RIBEIRO; SCHIRMER, 2017).

Com o constante aumento da demanda energética no país e as problemáticas que acompanham os modelos já existentes de geração de energia, surge a necessidade de priorizar fontes energéticas renováveis alternativas como solução para a sustentabilidade e eficiência energética (SILVEIRA, 2018). Assim, a Energia Geotérmica para climatização de residências unifamiliares, ainda pouca explorada, mas com grande potencial de impacto, surge como solução energética para o futuro (CRUZ, 2013).

### ENERGIA GEOTÉRMICA

Energia Geotérmica é a energia armazenada na forma de calor no interior da superfície terrestre (ARBOIT, *et al.*, 2013). Considerada uma energia limpa, a energia geotérmica está disponível durante todo o ano e pode ser encontrada em todo o mundo, sendo capaz de solucionar alguns dos problemas de energia e meio ambiente, tornando-se assim indispensável para uma sociedade mais sustentável (IRENA, 2017).

A Energia Geotérmica pode ser classificada em 4 grupos de acordo com sua entalpia (Quadro 1), ou seja, com a temperatura do fluido capaz de transferir o calor das rochas para a superfície (TRILLO; ANGULO, 2008):

**Quadro 1. Classificação da Energia Geotérmica quanto a sua entalpia. Fonte: Adaptado de Trillo; Angulo, 2008.**

Classificações dos grupos	Temperaturas (°C)
Alta Entalpia	$T > 150$
Média Entalpia	$90 < T < 150$
Baixa Entalpia	$30 < T < 90$

Muito Baixa Entalpia

$T < 30$

Webb e Freitas (2012) dizem que a partir de 10 metros essas variações de temperaturas diminuem a ponto de se tornarem aproximadamente constantes e igual à temperatura média anual. Sendo assim, nessas condições a energia geotérmica pode ser utilizada como um dissipador de calor no verão, visto que a temperatura do subsolo é menor que a da superfície, e uma fonte de calor no inverno, quando a temperatura do subsolo é superior à da superfície.

## OBJETIVO

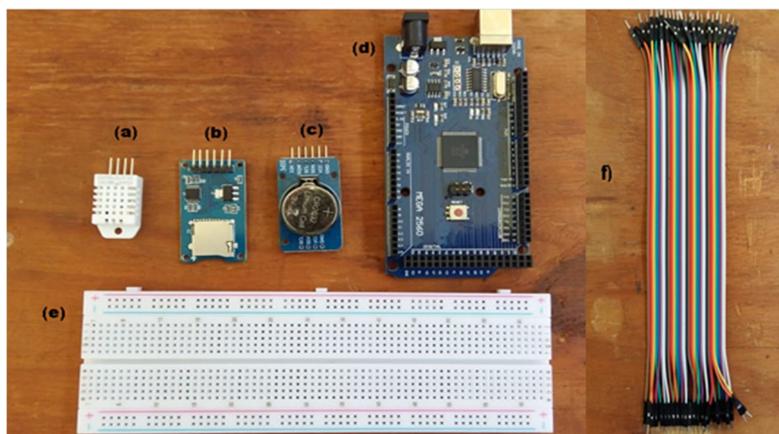
O presente trabalho tem o intuito de avaliar o potencial de utilização da Energia Geotérmica Superficial, por meio da verificação da estabilidade da temperatura do subsolo a quatro profundidades diferentes, sendo elas: 1,5 metros, 3,0 metros, 4,5 metros e 6,0 metros, no município de Nova Andradina – MS.

## METODOLOGIA

Estudos iniciais para utilização da Energia Geotérmica Superficial foi realizado na cidade de Nova Andradina, localizada no sudeste do estado de Mato Grosso do Sul. As temperaturas do solo foram aferidas em diferentes profundidades. A metodologia aplicada tomou como referência os trabalhos realizados por Sanches, É. (2019) e Sanches, Í. (2019), nas cidades de Dracena-SP e Tupi Paulista-SP, respectivamente.

O sensor utilizado para a aferição das temperaturas foi o modelo DS18B20, o qual permite aferir temperaturas em ambientes saturados e submersos, para aferição da umidade e temperatura ambiente, foi utilizado o Módulo DHT22. Já para o registro da data e hora exata da coleta dos dados, que aconteceram a cada 5 minutos, foi utilizado o Módulo RTC DS3231.

A coleta e o armazenamento das temperaturas foram realizados por meio do Arduino Mega 2560 R3, uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e placa única, a qual foi interligada, por meio de jumpers macho-macho, a uma placa protoboard. Um micro SD Card acoplado na protoboard foi utilizado para armazenamento dos dados. Todos esses elementos são apresentados conforme a Figura 1.



**Figura 1: (a) Módulo DHT22, (b) Módulo Micro SD Card, (c) Módulo RTC DS3231, (d) Arduino Mega 2560 R3, (e) Placa Protoboard, (f) Jumpers Macho-Macho. Fonte: Autor do trabalho.**

De modo a garantir maior segurança e estabilidade, os sensores de temperatura DS18B20 foram fixados aos Caps de PVC de 3/4 de polegada (") com um orifício do mesmo diâmetro da ponteira metálica do sensor. Posteriormente, os sensores foram conectados aos Tubos de PVC de 3/4" com aproximadamente 20 cm de comprimento e vedados com silicone, finalizando assim as ponteiros (Figura 2).



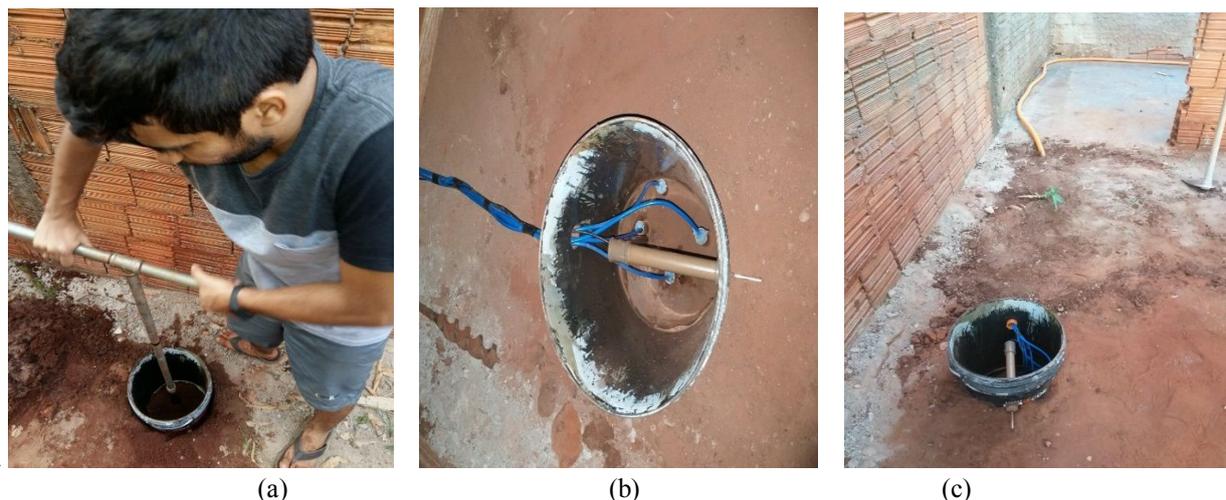
**Figura 2: Preparação das ponteiros. União do cap soldável ao tubo de 20 centímetros e a rosca soldável de PVC.**  
**Fonte: Autor do trabalho.**

Estabilizados os sensores pela preparação das ponteiros, foi necessário um prolongamento dos fios. Dessa forma, foi conectado um cabo de ethernet do tipo CAT-6 TZ6 até o comprimento desejável, garantindo uma boa transmissão de dados. Finalizadas as emendas, realizou-se a conexão das ponteiros aos Tubos de PVC de 3/4” nos comprimentos 1,5m, 3,0m, 4,5m e 6,0m (Figura 3).



**Figura 3: Complemento das Ponteiros - Conexão dos Sensores de Temperatura DS18B20 ao Cabo CAT-6 TZ6 e aos Tubos de PVC. Fonte: Autor do trabalho.**

Dessa forma, finalizadas as configurações dos sensores, deu-se início a abertura dos furos no solo de Nova Andradina-MS (Figura 4-a). Preparou-se uma cavidade de 20 cm de profundidade e 30 centímetros de diâmetro, na qual foram realizadas 4 perfurações com o trado manual de 3/4”, atingindo as cotas de 1,5m, 3,0m, 4,5m e 6,0m. Em seguida, foram instaladas as tubulações com os sensores prontos.



**Figura 4: Preparação do ambiente. (a) Perfuração com o trado manual de 3/4", (b) inserção das tubulações, (c) sistema implantado no subsolo de Nova Andradina– MS. Fonte: Autor do trabalho.**

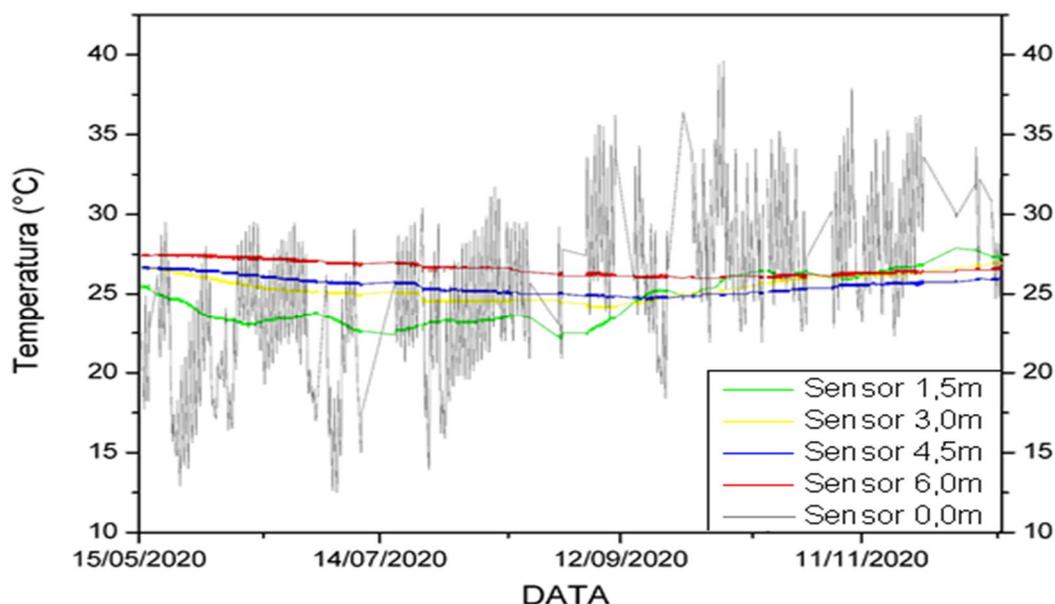
Por fim, o sistema foi vedado e a placa Arduino foi alocada em um ambiente da edificação próximo ao local dos sensores (Figura 5). Dessa forma, o sistema de coleta e armazenamento de temperatura do solo se manteve instalado na cidade de Nova Andradina – MS por 8 meses, compreendidos no período de 15 de maio a 16 de dezembro de 2020, passando, portanto, por três estações: outono, inverno e primavera.



**Figura 5: Arduino em funcionamento. Fonte: Autor do trabalho.**

## RESULTADOS

O software gráfico Origin Pro 8.5.1 foi utilizado para analisar os dados diários de temperaturas no subsolo. O gráfico da Figura 6 mostra todas as variações de temperatura nos oito meses de coletas de dados em diferentes profundidades no solo de Nova Andradina-MS.



**Figura 6: Dados de temperaturas coletados durante 8 meses no solo de Nova Andradina a diferentes profundidades. Fonte: Autor do trabalho.**

Do gráfico, é possível concluir que as variações de temperaturas a uma profundidade de 6,0m é mínima durante todos os 8 meses de coleta de dados, chegando a uma amplitude térmica de 1,5 °C, diferentemente da amplitude térmica da temperatura ambiente que apresentou uma amplitude de 27,10°C. Esses resultados corroboraram com os estudos realizados por Sanches, E. (2019), Sanches, Í. (2019), Omido *et al.*, (2019) e Sanches *et al.*, (2020).

A Tabela 1 apresenta as temperaturas mínimas, médias, e máximas, bem como as amplitudes térmicas em diferentes profundidades do solo e no ambiente externo.

**Tabela 1. Temperatura mínima, média, máxima e amplitude térmica a diferentes profundidades em 8 meses de coletas de dados. Fonte: Autor do trabalho.**

Profundidade (m)	Temperatura (°C)			
	Mínima	Média	Máxima	Amplitude Térmica
0,0	12,50	25,30	39,60	<b>27,10</b>
1,5	22,13	23,75	27,88	<b>5,75</b>
3,0	24,13	25,25	27,00	<b>2,87</b>
4,5	24,63	25,63	26,75	<b>2,12</b>
6,0	26,00	26,63	27,50	<b>1,50</b>

Dessa forma, a Tabela 1 reforça a estabilidade térmica do solo, em especial a profundidade de 6,0m, visto que a variação de temperatura no subsolo é mínima quando comparado ao ambiente externo, mesmo em diferentes estações. Portanto, a utilização da Energia Geotérmica Superficial apresenta um alto potencial para aquecer ou arrefecer uma residência unifamiliar.

## RESULTADOS

O estudo da potencialidade de utilização da Energia Geotérmica Superficial de Nova Andradina-MS para o uso de climatização em residências unifamiliares demonstrou-se favorável e com grande potencial de impacto. No estudo foi possível traçar o perfil de temperatura do solo a diferentes profundidades e constatar que a média da temperatura a uma profundidade de 1,5m, 3,5m, 4,5m e 6,0m durante os 8 meses de coleta girou entorno de 24 °C a 27 °C, enquadrando-se no conceito de Energia Geotérmica de Muito Baixa Entalpia. A estabilidade da temperatura a poucos metros de

profundidade indica a possibilidade do solo ser utilizado como fonte para aquecer o ambiente interno das residências no período de inverno ou arrefecer no verão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arboit, N. K. S., Decezar, S. T., Amaral, G. M., Liberalessot, T., Mayer, V. M., Kemerich, P. D. C. **Potencialidade de utilização da energia geotérmica no Brasil – uma revisão de literatura**. Revista do Departamento de Geografia – USP, Volume 26. 2013, p. 155-168. Disponível em: <[www.journals.usp.br/rdg/article/download/75194/78742](http://www.journals.usp.br/rdg/article/download/75194/78742)>. Acesso: 27 de março de 2020.
2. Ceretta, P. S., Sari, J. F., Da Cruz Ceretta, F. C. **Relação entre Emissões de CO<sub>2</sub>, Crescimento Econômico e Energia Renovável**. Desenvolvimento em Questão, v. 18, n. 50, p. 268-286, 2020. Disponível em: <<https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/7694/6293#:~:text=Com%20rela%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A0s%20emiss%C3%B5es%20de,as%20emiss%C3%B5es%20de%20CO2%20ca%C3%ADam%2C>>. Acesso: 28 de março de 2020.
3. Cruz, R. J. L.V. **Utilização da Energia Térmica do Solo pra Climatização de edifícios**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, Portugal, 2013.
4. International Energy Agency (IEA). **Key World Energy Statistics 2020**. Paris, 2020. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2020>>. Acesso em: 28 mar. 2020.
5. International Renewable Energy Agency (IRENA). **Geothermal Power: Technology Brief**. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. 2017. Strathclyde. Disponível em: <<https://www.irena.org/publications/2017/Aug/Geothermal-power-Technology-brief>>. Acesso em: 01 abr. 2020.
6. Omido, A. R., Barboza, C. S., Sanches, É. S.; Sanches, Í. S. **Uso da Energia Geotérmica na Construção Civil: Um Panorama da Sua Aplicação em Edificações Brasileiras**. In: III Encuentro Latinoamericano y Europeo de Edificaciones y Comunidades Sostenibles - EURO ELECS, 2019, Santa Fé - Paraná, Argentina. Disponível em: <<https://euroelecs2019.frsf.utn.edu.ar/actas-del-evento/libro-de-actas>>. Acesso: 24 de maio de 2020.
7. RIBEIRO, Camilo Bastos; SCHIRMER, Waldir Nagel. **Panorama dos combustíveis e biocombustíveis no Brasil e as emissões gasosas decorrentes do uso da gasolina/etanol**. BIOFIX Scientific Journal, v. 2, n. 2, p. 16-22, 2017. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/biofix/article/view/53539/33120>>. Acesso: 25 de março de 2020.
8. Sanches, É. S. **Avaliação do Potencial Geotérmico de Dracena - SP com Ênfase na Climatização do Ambiente Construído**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados-MS. Repositório. Disponível em: <<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>>. Acesso: 07 de setembro de 2020.
9. Sanches, Í. S. **Avaliação do Potencial de Utilização da Energia Geotérmica Superficial de Tupi Paulista - SP para Climatização do Ambiente Construído**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados-MS. Repositório. Disponível em: <<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>>. Acesso: 07 de setembro de 2020.
10. Sanches, Í. S., Sanches, É. S., Omido, A. R., Barboza, C. S., Jordan, R. A. (2020). **Um Prelúdio para a Utilização da Energia Geotérmica de Superfície na Climatização do Ambiente Construído na Cidade de Naviraí, Estado do Mato Grosso do Sul, Brasil**. Research, Society and Development, v. 9, n 10, e4909108864. Disponível em: <<https://www.rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/8864/7840>>. Acesso: 15 de outubro de 2020.
11. Silveira, P. G. **Energia e mudanças climáticas: impactos socioambientais das hidrelétricas e diversificação da matriz energética brasileira**. Opinião Jurídica, Medellín, v.17, n.33, p.123-147, jan./jun.2018. Disponível em: <[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-25302018000100123&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-25302018000100123&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso: 20 de abril de 2020.
12. Trillo, G. L., Angulo, V. R. **Guía de la energía geotérmica**. Dirección general de la industria energía, y minas, consejería de economía y consumo: Madrid, Spain, 2008. Disponível em: <<https://www.fenercom.com/wp-content/uploads/2008/01/Guia-de-la-Energia-Geotermica-fenercom-2008.pdf>> Acesso: 03 de abril de 2020.
13. Webb, P. B., Freitas, T. M. B. **Considerações geotécnicas no dimensionamento e exploração de fundações com aproveitamento geotérmico**. In: XIII Congresso Nacional de Geotecnia, 2012, Lisboa, Portugal. Anais (On-line). Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/303340243\\_Consideracoes\\_geotecnicas\\_no\\_dimensionamento\\_e\\_exploracao\\_de\\_fundacoes\\_com\\_aproveitamento\\_geotermico\\_The\\_geotechnics\\_of\\_ground\\_source\\_energy\\_systems](https://www.researchgate.net/publication/303340243_Consideracoes_geotecnicas_no_dimensionamento_e_exploracao_de_fundacoes_com_aproveitamento_geotermico_The_geotechnics_of_ground_source_energy_systems)>. Acesso: 27 de março de 2020.