

MONITORAMENTO DA TEMPERATURA DO SUBSOLO DE OURO VERDE - SP PARA EMBASAR A UTILIZAÇÃO DA ENERGIA GEOTÉRMICA SUPERFICIAL NA CLIMATIZAÇÃO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO.

Agleison Ramos Omido (*), Christian Souza Barboza, Vinicius Prates Agostinho

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

RESUMO

O panorama vigente da matriz energética mundial ainda é fundamentado no uso de combustíveis fósseis para obtenção de energia elétrica e tal situação traz consigo preocupações de caráter econômico e principalmente, ambiental, considerando-se os grandes impactos causados ao meio ambiente decorrentes do alto nível de emissão de gases poluentes na atmosfera, em especial, o dióxido de carbono (CO₂). Conseqüentemente, é preciso investir em fontes limpas de modo a se aperfeiçoar a matriz energética. Uma dessas fontes é a Energia Geotérmica Superficial, armazenada no interior da terra sob forma de calor. Nesse sentido, o presente trabalho, tem como objetivo avaliar o potencial da Energia Geotérmica Superficial do subsolo de Ouro Verde - SP mediante o monitoramento de temperaturas para cinco sensores em diferentes profundidades: 0,0m (temperatura a nível ambiente), 1,5m, 3,0m, 4,5m e 6,0m. A metodologia utilizada fundamentou-se na elaboração de um sistema de detecção e armazenamento de dados geotérmicos através da plataforma Arduino, passível de configuração e programação em linguagem similar ao C/C++. A implantação do sistema eletrônico em conjunto com a instalação de 5 sensores, para cada profundidade do solo local, tornou possível aferir as temperaturas do subsolo e ambiente (0,0m). Com isso, dada a vigência de monitoramento de um ano, o estudo resultou em uma análise de estabilidade térmica favorável às profundidades mais distantes do nível ambiente, em especial a profundidade de 6,0m, com temperatura média de 26,63°C, muito próxima à média anual da cidade em estudo (26,50°C). A nível de amplitude térmica, os valores obtidos para o sensor menos e mais profundo foram de 38,13°C e 1,75°C, respectivamente. Portanto, a Energia Geotérmica Superficial apresentou alto potencial de uso, a fim de aperfeiçoar a climatização do ambiente construído, seja para arrefecê-lo ou aquecê-lo, de forma híbrida com os sistemas de climatização já existentes.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Geotérmica, Climatização do Ambiente, Energia Limpa.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, as mudanças climáticas se intensificaram em decorrência da emissão de gases do efeito estufa (GEE) resultantes do uso de fontes não renováveis (PEREIRA; HORN; DOS SANTOS, 2010). A significativa dependência, ainda vigente, por fontes de energia não renováveis para suprir a alta demanda energética resulta em um cenário preocupante quanto aos impactos ambientais causados, por exemplo, pelo uso de combustíveis fósseis. Nesse sentido, de acordo com Omido, Barboza e Júnior (2017), a preocupação, neste contexto, gira em torno da disponibilidade das fontes não renováveis, visto que são finitas e causam prejuízos ambientais devido, principalmente, à alta emissão de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera ao se produzir energia através da queima de carvão, petróleo e gás natural.

Conforme o Ministério de Minas e Energia - Resenha Energética (2021), a Oferta Interna de Energia (OIE) do Brasil, referente ao ano de 2020, apresentou 48,4% de sua matriz energética oriunda de fontes renováveis. A Figura 1, a seguir, ilustra todos os detalhes acerca da atual matriz energética brasileira, comparando em nível global, o percentual de fontes renováveis.

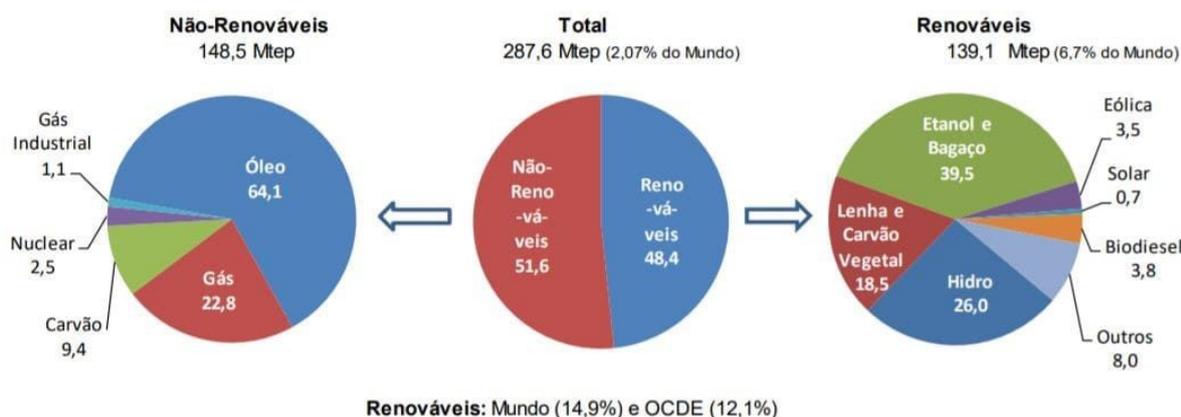


Figura 1: Oferta Interna de Energia no Brasil - 2020 (%). Fonte: Ministério de Minas e Energia.

Observa-se, através do gráfico central da Figura 1, as vantagens comparativas da participação de 48,4% das fontes renováveis na matriz energética brasileira, contra apenas 12,1% nos países da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE), e de 14,9%, na média mundial. Ainda sobre a OIE brasileira pautada em fontes renováveis, nota-se a significativa participação do Etanol e Bagaço, seguido pela oferta Hidráulica (mesmo que afetada pelo regime de chuvas) e a Lenha e Carvão Vegetal. Ou seja, nota-se o quão incipiente ainda é o uso das demais fontes renováveis, e até mesmo, a falta de uso de outros recursos, pouco ou quase nada explorados.

O uso de fontes de energia alternativas tem estado na pauta dos projetos de edificações, com o intuito de reduzir o consumo de energia elétrica. Uma fonte de energia ainda a ser explorada aqui no Brasil é a energia que pode ser gerada por meio de transferência de calor com o solo ou água denominada Energia Geotérmica Superficial.

Energia Geotérmica é a energia que se encontra armazenada na forma de calor abaixo da superfície terrestre (GALIANO, 2014). A ela atribui-se o caráter de energia limpa e renovável, estando disponível para uso independente da estação do ano (RABELO *et al.*, 2002).

A Energia Geotérmica pode ser dividida em quatro grupos quanto ao seu nível de entalpia, conforme apresentado no Quadro 1.

Quadro 1: Classificação da Energia Geotérmica. Fonte: Adaptado de Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), (2012)

| Grupos da Energia Geotérmica | Temperaturas (°C) |
|------------------------------|-------------------|
| Alta Entalpia | $T > 150$ |
| Média Entalpia | $90 < T < 150$ |
| Baixa Entalpia | $30 < T < 90$ |
| Muita Baixa Entalpia | $T < 30$ |

Para temperaturas acima de 150°C, a Energia Geotérmica de alta entalpia é utilizada para geração de energia elétrica. Para temperaturas inferiores a 30°C, a Energia Geotérmica de muito baixa entalpia, também chamada de Energia Geotérmica Superficial, tem sua aplicação voltada para o aquecimento e arrefecimento de ambientes (IDAE, 2012). Ainda segundo o Instituto, tal aplicação ocorre por meio de bombas de calor geotérmicas, conhecidas originalmente pelo termo inglês Ground Source Heat Pump (GSHP).

De acordo com Rio (2011), o solo, a pequenas profundidades, apresenta um regime térmico estacionário, com valores de temperatura praticamente constantes, transformando-o em uma importante fonte de troca de calor, pois sua temperatura permanece constante numa profundidade da ordem de 6 metros, cuja estabilidade ocorre num intervalo próximo da média anual característica da região, possuindo pequenas variações durante todo o ano, independente das estações. Nesse sentido, nas épocas de intenso calor, a temperatura do subsolo, a pequenas profundidades, tende a ser mais baixa que a ambiente, enquanto nas épocas de intenso frio essa temperatura tende a ser mais alta. Tal fenômeno torna possível climatizar o interior das edificações através do uso de bombas GSHP.

O sistema de bombas de calor geotérmicas é um método composto por um trocador de calor (circuito de tubos enterrados no subsolo), também chamado de circuito primário, outro circuito de tubos (secundário), porém localizado no interior do ambiente construído e a bomba GSHP cuja função é interligar os dois circuitos e potencializar as trocas térmicas (LOPES, 2014). A Figura 2, a seguir, ilustra o modo de funcionamento da bomba GSHP.

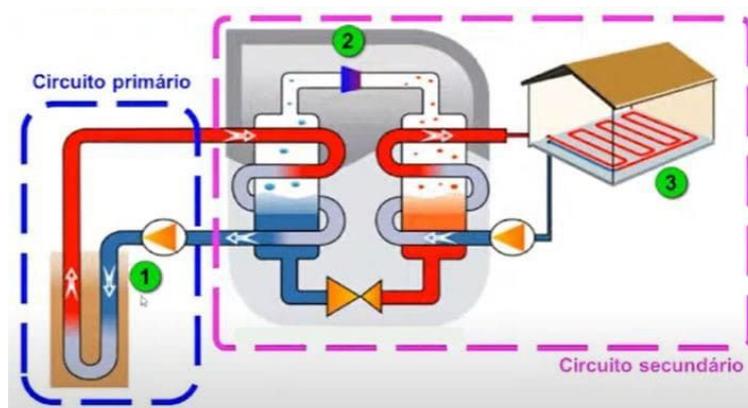


Figura 2: Representação esquemática do funcionamento da bomba de calor GSHP. Fonte: Escola de Engenharia da USP de São Carlos, 2021.

Na Figura 2, o conjunto de número 1 é o circuito primário, ou seja, os tubos trocadores de calor (tubos de Polietileno de Alta Densidade - PEAD), em contato com o subsolo. Já o conjunto de número 2 representa a bomba, responsável por potencializar as trocas de calor e o conjunto de número 3 representa o sistema de distribuição na edificação, podendo ser paredes e/ou pisos reflexivos ou equipamentos de climatização adaptados. Desse modo, a troca térmica é repetitiva até ser alcançada a temperatura desejada para ambiente.

O trocador de calor transfere energia térmica entre o solo e o ar na superfície por meio de um fluido (água ou uma combinação de água e anticongelante, como o etileno glicol, por exemplo) que circula pelos tubos. Durante o verão, o calor do ar quente é transferido para o trocador de calor e para o fluido e, à medida que se move pelos canos, o calor é disperso nas rochas, no solo e nas águas subterrâneas. No inverno, a bomba é revertida, ou seja, a energia térmica armazenada no solo relativamente quente aumenta a temperatura do fluido. O fluido então transfere essa energia para a bomba de calor, que aquece o ar dentro do edifício (RAFFERTY; LUND, 2011). Em suma, o sistema com bomba de calor geotérmico funciona comprimindo e expandindo o líquido refrigerante presente em seus dutos, ou seja, a energia térmica a ser transportada passará por processos alternados de expansão e compressão.

De acordo com Lopes (2014), os sistemas GSHP promovem a captação da Energia Geotérmica Superficial e sua instalação pode ser realizada de diversas formas, cuja escolha varia em função das necessidades energéticas das estruturas e infraestruturas a climatizar, bem como as condições do terreno disponível. Tais sistemas operam com energia de baixa entalpia e englobam dois grandes grupos, os sistemas abertos (open loop systems) e os sistemas fechados (closed loop systems).

Os sistemas GSHP tipo abertos (Figura 3-a) são apropriados onde há um suprimento adequado de água relativamente limpa e todos os códigos e regulamentos locais relativos ao descarte de água são atendidos. Durante o inverno, a água é retirada do fundo do poço, onde está aquecida, e injetada para maior elevação. No verão, a água fria retorna para a formação geológica.

Os sistemas GSHP tipo fechados apresentam tubos coletores e sondas, por meio do qual passa um líquido refrigerante, normalmente água glicolada (anticongelante), o qual funcionará como o transportador de calor do terreno para a bomba e vice-versa (RIO, 2011). Tais sistemas podem ser do tipo vertical (Figura 3-b) ou horizontal (Figura 3-c), no que diz respeito à instalação dos trocadores de calor. O primeiro é mais caro quando comparado ao horizontal, haja vista a problemática de uma perfuração no subsolo na faixa de 20 a 200 metros de profundidade, porém, faz uso de um espaço bem inferior em relação aos sistemas horizontais. Já o segundo é o sistema de captação fechado mais utilizado, por ser mais barato, desde que haja disponibilidade de área para instalação, uma vez que é necessária uma área de captação da Energia Geotérmica Superficial que seja equivalente 1,5 a 2 vezes a área do ambiente climatizado (RIO, 2011).

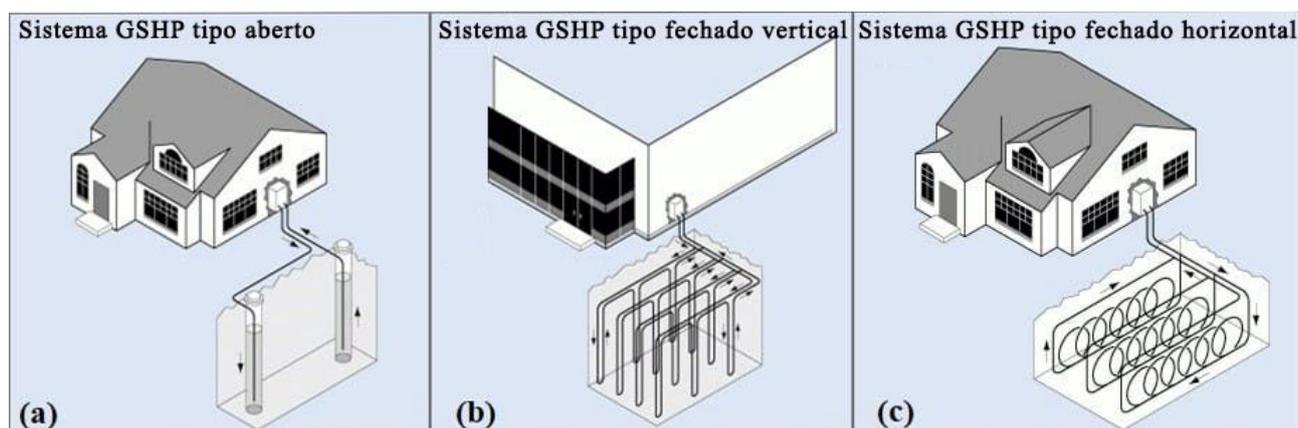


Figura 3: Sistemas GSHP tipo aberto (a), Sistema GSHP tipo fechado, vertical (b) e Sistema GSHP tipo fechado, horizontal (c). Fonte: Adaptado do Departamento de Energia dos Estados Unidos.

OBJETIVOS

O trabalho tem como objetivo o levantamento de dados geotérmicos do subsolo do município de Ouro Verde - SP, por meio de uma análise comportamental da temperatura do mesmo às seguintes profundidades: 0,0m, 1,5m, 3,0m, 4,5m e 6,0m, para assim obter subsídios que auxiliarão na elaboração de projetos de climatização de edificações com a utilização da Energia Geotérmica Superficial.

METODOLOGIA

O presente trabalho foi realizado na cidade de Outo Verde, no oeste do estado de São Paulo, na microrregião de Dracena, conhecida como nova alta paulista. Seu clima classifica-se como tropical, com temperatura média anual de 26,50°C (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2020).

Dados os objetivos fundamentados em um monitoramento de uma base de dados geotérmicos do solo local, foi definido que os estudos seriam realizados para 5 profundidades, igualmente espaçadas de 1,5 metros. Portanto, definiu-se a profundidade de 0,0m (temperatura ambiente, na superfície), 1,5m, 3,0m, 4,5m e 6,0m

Para tornar possível a verificação das temperaturas nas cinco profundidades do subsolo analisado, foi preciso utilizar uma metodologia já realizada por Sanches, É. (2019), Sanches, Í. (2019) e Sanches *et al.*, (2020). Tal metodologia diz respeito à montagem e programação de um equipamento eletrônico, capaz de armazenar os dados de temperatura do subsolo. O equipamento utilizado foi o Arduino Mega 2560 R3 (Figura 4), configurado em linguagem C/C++, o que permitiu estabelecer os comandos necessários para uma organização lógica e prática das informações.



Figura 4: Arduino Mega 2560 R3. Fonte: Autor do Trabalho.

O sistema também foi composto por uma Protoboard de 830 furos (Figura 5-a), acoplada ao Arduino, na qual foram posicionados três dispositivos: o Módulo DHT22 (Figura 5-b), o Módulo RTC DS3231 (Figura 5-c) e o Módulo Micro SD Card (Figura 5-d). O primeiro teve como função registrar a temperatura e a umidade do ambiente em que o conjunto Arduino e Protoboard ficou posicionado. O segundo foi responsável por obter a data e a hora em que ocorria a coleta dos dados, projetada para intervalos de 5 minutos, enquanto o terceiro dispositivo armazenou os dados, adquiridos em formato de arquivo tipo texto, em um cartão micro SD.

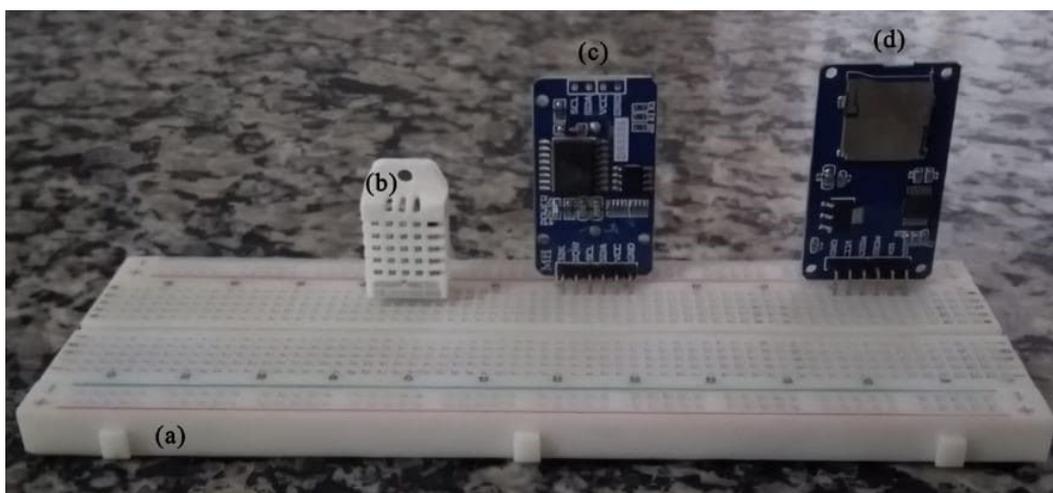


Figura 5: Protoboard de 830 furos (a), Módulo DHT22 (b), Módulo RTC DS3231 (c) e Módulo Micro SD Card (d), respectivamente. Fonte: Autor do Trabalho.

A Protoboard e os Módulos supracitados foram conectados ao Arduino por meio de jumpers macho-macho, compondo assim, o sistema de aquisição de temperaturas no subsolo (Figura 6), restando apenas a conexão dos sensores responsáveis pela aferição das temperaturas do subsolo, nos devidos furos da Protoboard.

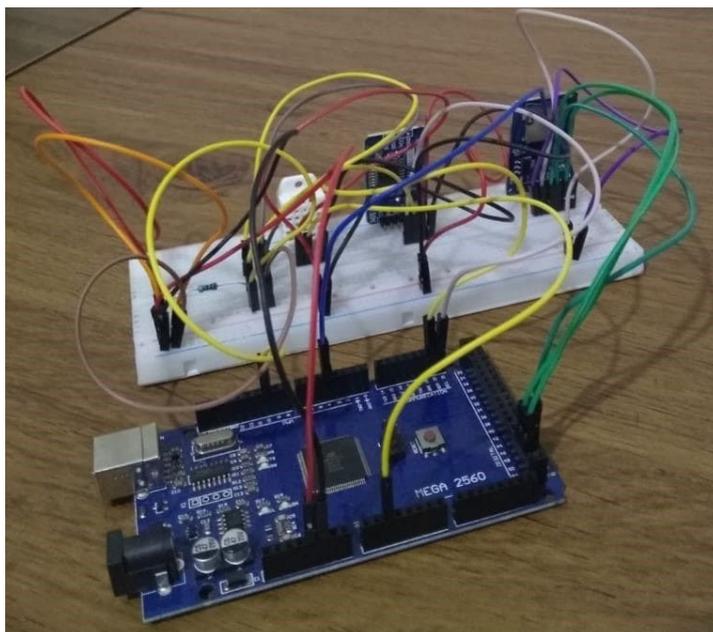


Figura 6: Sistema de aquisição de temperaturas do subsolo. Fonte: Autor do Trabalho.

Para aferir as temperaturas de cada nível do subsolo foi utilizado o sensor DS18B20 (Figura 7-a), à prova d'água, um para cada profundidade. A extremidade do sensor composta por três fios de cobre foi devidamente isolada e conectada à um cabo ethernet TZ6 azul que serve como extensão do comprimento de cada sensor a ser enterrado no subsolo. Cada conjunto foi alocado dentro de um tubo PVC $\frac{3}{4}$ de polegada (”), cujo comprimento variou em função das profundidades analisadas, conforme a Figura 7-b.

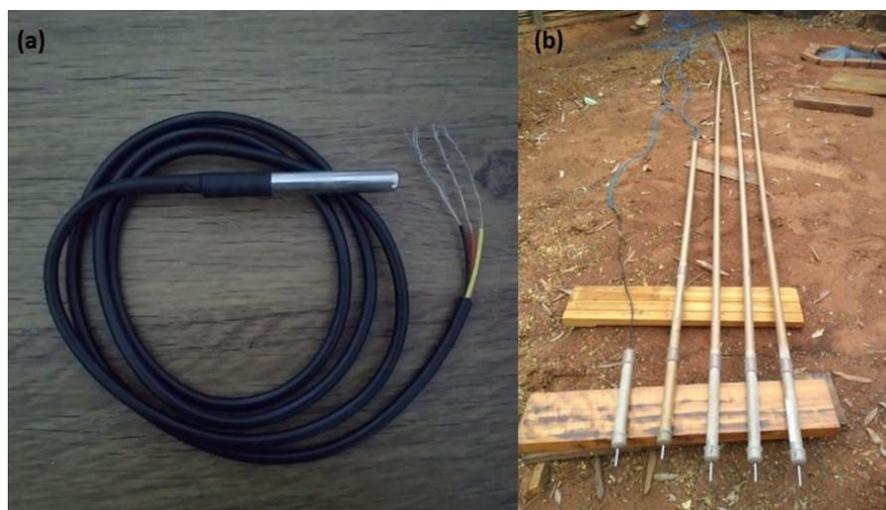


Figura 7: Sensor DS18B20 (a) e Tubulações de PVC $\frac{3}{4}$ ” guarnecendo as conexões entre o cabo DS18B20 e o cabo ethernet TZ6 (b). Fonte: Autor do Trabalho.

A fim de obter garantia de eficácia nas medições geotérmicas após a instalação do sistema (inclusive os sensores inseridos no subsolo), foi realizado uma série de testes durante a montagem do sistema eletrônico, com todos os sensores, já codificados, testados ora separadamente ora em conjunto. Todos foram conectados à protoboard, através dos jumpers, com o Arduino em funcionamento (antes das conexões com os tubos de PVC), a fim de detectar se todos os sensores estavam aferindo as temperaturas corretamente.

Por fim, foi necessário inserir as devidas tubulações no subsolo. Diante disso, com o auxílio de um trado manual de $\frac{3}{4}$ ”, foram realizados 4 furos no solo local para a inserção das tubulações em suas respectivas profundidades, com exceção da tubulação referente ao sensor de 0,0m. A Figura 8-a apresenta o procedimento descrito, já finalizado. Em seguida, os cabos ethernet TZ6 foram inseridos em um conduíte corrugado, cujo trajeto os levaram até o conjunto Arduino e Protoboard. Dessa forma, o sistema pôde ser vedado (Figura 8-b) e colocado em funcionamento, por meio de uma fonte de alimentação de 9 volts (V) e 2 amperes (A), conectada diretamente no Arduino.

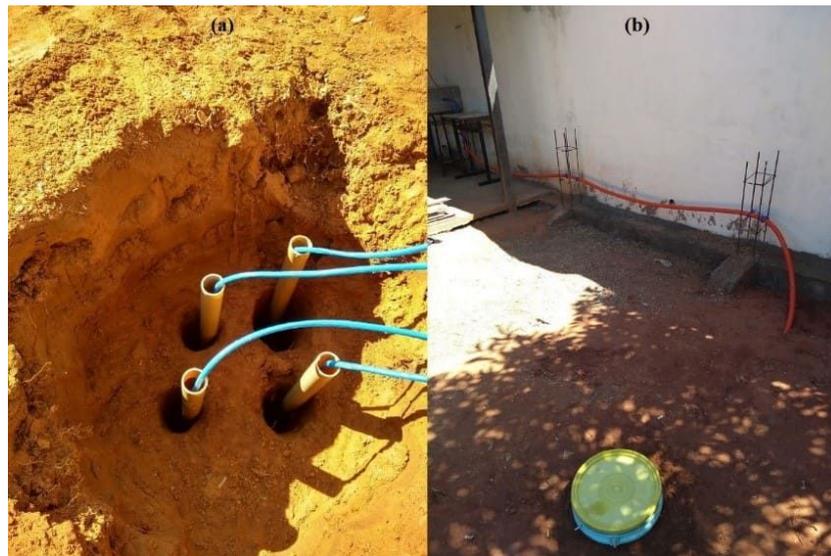


Figura 8: Tubulações com os devidos sensores inseridos no subsolo (a) e Conexão do conduíte corrugado, juntamente com a vedação final (b). Fonte: Autor do Trabalho.

RESULTADOS

O monitoramento geotérmico, realizado no solo local durante um intervalo de 12 meses (01 de abril de 2020 a 01 de abril de 2021), deu origem à uma base de dados e através dela foi possível gerar, através do Software Origin Pro 8, o gráfico da Figura 9, que permitiu uma análise visual, bem como uma análise quantitativa (Tabela 1), quanto ao comportamento geotérmico do solo, em relação à profundidade, ao longo da vigência do monitoramento.

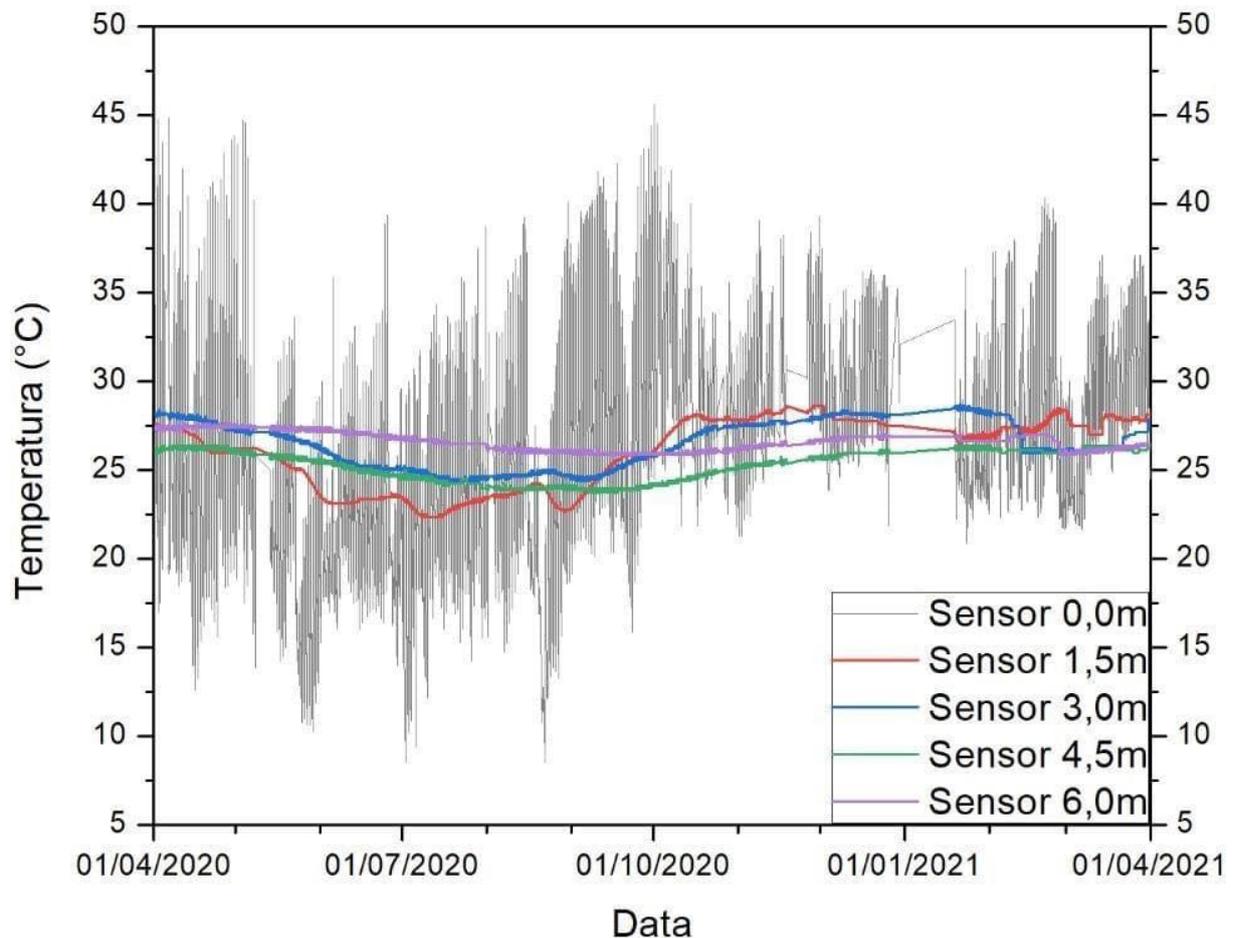


Figura 9: Temperaturas do solo de Ouro Verde - SP sob análise em diferentes profundidades. Fonte: Autor do Trabalho.

Tabela 1: Temperaturas mínimas, médias e máximas e amplitude térmica para cada sensor. Fonte: Autor do Trabalho.

| | Profundidade (m) | Temperatura (°C) | | | |
|------------------------|------------------|------------------|-------|--------|-------------------|
| | | Mínima | Média | Máxima | Amplitude térmica |
| Temperatura ambiente | 0,00 | 8,50 | 26,25 | 46,63 | 38,13 |
| Temperatura no subsolo | 1,50 | 22,50 | 26,38 | 28,63 | 6,13 |
| | 3,00 | 24,38 | 26,13 | 28,88 | 4,50 |
| | 4,50 | 23,88 | 25,38 | 26,38 | 2,50 |
| | 6,00 | 25,88 | 26,63 | 27,63 | 1,75 |

Através dos resultados apresentados acima, é possível observar o comportamento geotérmico das cinco profundidades analisadas, igualmente separadas por 1,5m. A partir do gráfico da Figura 9 é possível observar que o comportamento geotérmico do solo varia em função das oscilações sazonais ao longo do período. O sensor de 1,5m, por exemplo, a princípio aferiu temperaturas superiores às camadas de 4,5m e 6,0m, porém, a partir da segunda metade do mês de maio suas temperaturas começaram a diminuir em razão da transição entre o outono e o inverno (predominante até meados de agosto) e novamente aumentando a partir do mês de setembro (primavera) até as maiores temperaturas, em dezembro (verão). Em suma, o gráfico da Figura 9 mostrou como a temperatura do solo tende a se estabilizar à medida que a profundidade aumenta, haja vista a maior estabilidade térmica do último sensor, posicionado na maior profundidade, de 6m. Estudos realizados por Sanches, É. (2019), Sanches, Í. (2019) e Sanches *et al.*, (2020) apresentaram resultados no mesmo sentido.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 1, extraída do gráfico da Figura 9, foi possível analisar em termos quantitativos, os valores mínimos e máximos de cada uma das curvas do gráfico e, conseqüentemente, analisar as diferentes amplitudes térmicas de cada uma das profundidades. Em suma, dadas as amplitudes de 38,13°C e 1,75°C, respectivamente, para os sensores menos e mais profundo, somadas à temperatura média para o sensor de 6,0m, muito próxima à temperatura média anual de Ouro Verde (26,50°C), apresentadas na Tabela 1, pode-se notar o caráter de estabilidade térmica do solo, conforme abordado na literatura.

Analogamente ao estudo do período completo foi possível avaliar o comportamento geotérmico diário dos sensores DS18B20 em dois dias distintos, um de temperaturas elevadas (01/10/2020) e um de temperaturas baixas (02/07/2020), conforme apresentado na Figura 10, a seguir, na qual é possível analisar as temperaturas para cada sensor, em um único dia, em 5 horários diferentes.

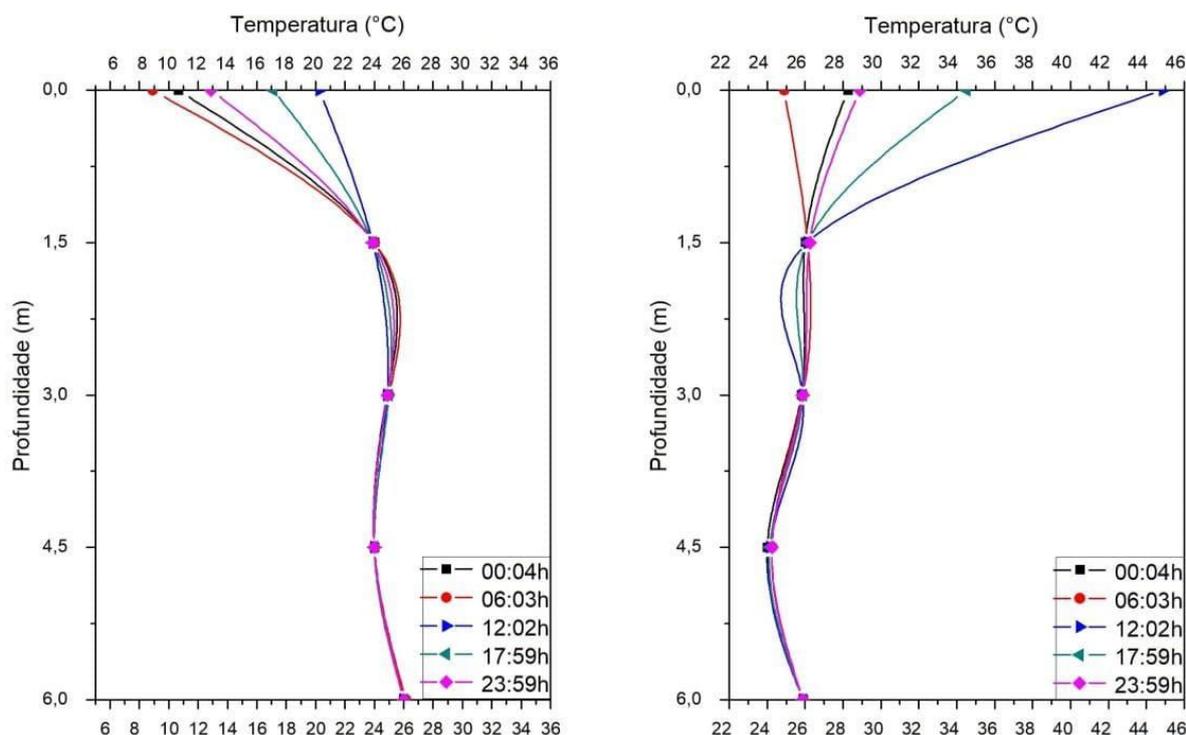


Figura 10: Análise da temperatura do solo de Ouro Verde – SP durante um dia com temperaturas baixas e elevadas, respectivamente. Fonte: Autor do Trabalho.

Através dos gráficos da Figura 10, é possível visualizar que, em um ciclo diário, a variação de temperatura do subsolo é quase imperceptível, mesmo submetido a longas e intensas ações dos raios solares. Os sensores mais profundos oscilam durante períodos anuais, diferentemente do sensor responsável pela aferição da temperatura ambiente, submetido a diferentes condições térmicas em um intervalo de 24 horas, possuindo, conseqüentemente, uma maior oscilação diária, independentemente de as condições climáticas serem de um dia frio ou um dia quente.

CONCLUSÕES

A avaliação do potencial geotérmico no solo de Ouro Verde – SP permitiu, através dos resultados, concluir que o solo local possui, de fato, alta capacidade de armazenar energia na forma de calor em razão da característica estabilidade térmica, capacidade de renovação e operabilidade, independente das condições meteorológicas.

Portanto, o resultado desse monitoramento geotérmico se mostrou capaz de validar o regime térmico estacionário do solo local, visto que as temperaturas, para as profundidades de 1,5m a 6,0m apresentaram-se na faixa de 22,50°C a 28,88°C (Tabela 1), com médias em torno dos 26°C, valores estes compreendidos dentro do intervalo equivalente à Energia Geotérmica de Muito Baixa Entalpia, o que torna o solo local uma importante fonte de troca de calor, capaz de otimizar a climatização do ambiente construído, seja para aquecê-lo, seja para arrefecê-lo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DEPARTAMENTO DE ENERGIA DOS ESTADOS UNIDOS. **Geothermal Heat Pumps - Energy Saver**. Disponível em: <https://www.energy.gov/energysaver/geothermal-heat-pumps>. Acesso em 22 set. 2021.
2. ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS – SP, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP. **Energia Geotérmica Superficial – Alternativa para a Climatização de Edifícios**. Departamento de Geotecnia da Escola de Engenharia de São Carlos – USP.
3. GALIANO, J. R. (2014). **Estudio de la Energía Geotérmica en la Eficiencia Energética de las Viviendas Unifamiliares (Trabalho de Conclusão de Curso)**. Universidad de Alicante, Escuela Politécnica Superior, Espanha. Disponível em: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/39809/1/Estudio_de_la_energia_geotermica_en_la_eficiencia_ener_RIER_A_GALIANO_JORGE.pdf. Acesso em 21 set. 2021.
4. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Ouro Verde – SP: Censo Demográfico**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/ouroverde/panorama>. Acesso em: 11 jun. 2021.
5. INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE) - ESPANHA (2012). **Área Tecnológica: Geotermia. Mapa Tecnológico: Calor y Frio Renovables**. Observatorio tecnológico de la energia. Disponível em: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Calor_y_Frio_Renovables_Geotermia_30012012_global_196afed7.pdf. Acesso em 21 set. 2021.
6. LOPES, H. S. **Sistemas Geotérmicos de Baixa Entalpia Estudos de Caracterização Térmica**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geológica- Geotecnia) - Universidade Nova de Lisboa, faculdade de ciências e tecnologia, Lisboa, 2014.
7. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Resenha Energética Brasileira: Resultados 2020**. Edição 9 de Julho de 2021, 31p. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/ResenhaEnergéticaExercício2020final.pdf>. Acesso em 20 set. 2021.
8. OMIDO, A. R.; BARBOZA, C. S.; MOREIRA JÚNIOR, O. **Energia Geotérmica: Uma Aliada Na Busca Da Eficiência Energética**. In: VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental - CONGEA, 2017, Campo Grande, MS. Anais (on-line). Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/X-005.pdf>. Acesso em: 8 set. 2021.
9. PEREIRA, A. O. K.; HORN, L. F. R.; DOS SANTOS, D. M. **Relações de consumo: globalização**. Caxias do Sul, RS: Educus, 2010. 268 p. Disponível em: https://www.uces.br/site/midia/arquivos/RC_GLOBALIZACAO_EBOOK.pdf. Acesso em: 8 set. 2021.
10. RABELO, J. L., De Oliveira, J. N., De Rezende, R. J. & Wendland, E. (2002). **Aproveitamento da Energia Geotérmica do Sistema Aquífero Guarani - Estudo de Caso**. In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas - ABAS, Florianópolis, Santa Catarina. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22057>. Acesso em 21 set. 2021.
11. RAFFERTY, J. P.; LUND, J. W. *Britannica Academic*. **Geothermal Energy**. 2011. Disponível em: <https://Academic-ebbritannica.ez.50.periodicos.capes.gov.br/levels/collegiate/article/geothermalenergy/36528>. Acesso em: 22 set. 2021.
12. RIO, J. P. T. E. **Geotermia e Implicações nas Tecnologias da Construção: Estudo de Caso**. 2011. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2011.



13. 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: <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/2325>. Acesso em: 28 jun. 2021.
14. 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: <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/2335>. Acesso em: 28 jun. 2021.
15. 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 em: 11 jun. 2021.