

ANÁLISE DA GEOTERMIA SUPERFICIAL DE OURO VERDE – SP PARA CLIMATIZAÇÃO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO MEDIANTE O POTENCIAL ENERGÉTICO DO SOLO LOCAL

Agleison Ramos Omido (*), 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. Conseqüentemente, ainda são gerados grandes impactos ambientais decorrentes do alto nível de emissão de gases poluentes à atmosfera, em especial, o dióxido de carbono (CO₂). Em contrapartida, a necessidade de aprimorar essa matriz já é uma tendência global em razão da busca de eficiência energética mediante utilização de fontes limpas e renováveis de energia. Uma dessas fontes é a energia geotérmica, armazenada no interior da terra sob forma de calor. Estudos mostram que, em profundidades ainda superficiais, a temperatura do subsolo tende à estabilização, com média inferior a 30°C (taxa de temperatura conhecida como energia de muito baixa entalpia). Neste trabalho foi possível abordarmos a comprovação dos dados teóricos referentes à energia geotérmica superficial. O objetivo do mesmo foi avaliar o potencial geotérmico do solo de Ouro Verde – SP por meio de uma análise comportamental da temperatura, sob as profundidades de 0,0 m, 1,5 m, 3,0 m, 4,5 m e 6,0 m. 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 cota do solo local, tornou possível aferir as temperaturas do subsolo e ambiente (0,0 m). Com isso, dada a vigência do monitoramento, foi possível interpretar através de um gráfico o comportamento geotérmico do solo local, que demonstrou a estabilidade térmica à medida que a profundidade aumenta. Além disso, observamos que a amplitude térmica para o sensor menos e mais profundo foi de 38,88°C e 1,00°C, respectivamente. Portanto, diante dos dados e juntamente com a temperatura média obtida para o sensor de 6,00 m (27,38°C), os mesmos evidenciaram a abordagem da literatura além de comprovar o quão promissora essa fonte de energia limpa pode se tornar na área de climatização do ambiente construído, podendo atuar de forma híbrida com sistemas já existentes.

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

INTRODUÇÃO

A necessidade de aprimoramento de uma matriz energética fundamentada em fontes renováveis de energia é uma tendência global, pois o cenário atual é preocupante quanto aos problemas ambientais gerados pelo uso de combustíveis fósseis.

A preocupação neste contexto gira em torno da disponibilidade dos recursos não renováveis, visto que são finitos e causam prejuízo devido à alta emissão de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera ao se produzir energia através da queima de carvão, petróleo e gás natural (OMIDO; BARBOZA; JÚNIOR, 2017).

A construção civil é caracterizada por edifícios que apresentam todo tipo de instalações, tais como aquecimento, eletricidade, ar-condicionado, sistemas de águas quentes sanitárias (AQS), entre outros, que permitem qualidade de vida mediante o uso de recursos energéticos. Para esse tipo de conforto é necessária uma grande quantidade de energia, a maioria dela proveniente de fontes não renováveis, ou seja, combustíveis fósseis ou energia nuclear, que promovem grandes emissões de CO₂, causando, entre outros casos, o temido efeito estufa (BARRERO, 2003).

Segundo o Guia Prático de Eficiência Energética (2014), historicamente, a alta demanda provocada pelo crescimento da população já refletiu na 1ª crise do petróleo, na década de 1970, mostrando quão desequilibrada estava a relação produção/consumo de energia. Nesse período, percebeu-se a real necessidade de se pensar em fontes renováveis de energia com o objetivo de racionalizar o seu consumo.

Neste contexto, a matriz energética pautada predominantemente no uso de combustíveis fósseis aos poucos se tornará menos presente em razão da gradual escassez deles. Esse fato, juntamente com a crescente preocupação quanto aos problemas ambientais vinculados à essa fonte de matéria prima compactuam para um panorama inicial acerca do uso de recursos energéticos renováveis e o quanto isso pode aumentar e diversificar. Diante disso, a energia geotérmica pode ser capaz de solucionar alguns desses problemas atuais de matriz energética e meio ambiente, se tornando um recurso fundamental para tornar a sociedade mais sustentável (OZGENER; HEPBASLI; DINCER, 2007).

De acordo com o Guia Prático de Eficiência Energética (2014), energia geotérmica é a energia presente no interior da terra, armazenada na forma de calor, oriunda da absorção de radiação solar pelo solo e fluxo de águas subterrâneas, cujo uso pode ser adaptado aos modelos convencionais, seja para aquecimento ou resfriamento do ambiente construído.

Uma vez definida a energia geotérmica, é possível classificá-la de duas maneiras, de acordo com as tecnologias utilizadas para sua extração ou dependendo da temperatura do solo em que ela é encontrada, a sua entalpia. O termo pode ser entendido como “a quantidade de energia térmica que um fluido, ou objeto, pode permutar com a sua envolvente, expressa-se por kJ/kg ou kcal/kg” (TRILLO; ÂNGULO, 2008). A classificação mediante a temperatura (entalpia) do solo em que a energia geotérmica é encontrada está apresentada abaixo. Tal classificação varia de acordo com o autor.

Tabela 1: Classificação da energia geotérmica. Fonte: Adaptado do Instituto Geológico da Catalunha (IGC).

FAIXA DE TEMPERATURA	CLASSIFICAÇÃO
5 °C < T < 30 °C	Energia geotérmica de muito baixa entalpia
30 °C < T < 100 °C	Energia geotérmica de baixa entalpia
100 °C < T < 150 °C	Energia geotérmica de média entalpia
T > 150 °C	Energia geotérmica de alta entalpia

Segundo Rafferty (2011) o uso da energia geotérmica pode ser dividido em três categorias: aplicações de uso direto, geração de energia elétrica e bombas de calor geotérmicas.

O uso direto remete à utilização da água aquecida do solo sem a necessidade de nenhum equipamento especializado. Todas as aplicações de uso direto fazem uso de recursos geotérmicos de baixa temperatura, geralmente entre 50 e 150°C. Essa água e vapor têm sido usados para aquecer edifícios individuais.

O uso para geração de energia elétrica ocorre conforme a temperatura e o fluxo de vapor. As usinas geotérmicas podem produzir eletricidade de modo a controlar o vapor e usá-lo para acionar geradores elétricos. Como o vapor d'água excedente ao final de cada processo é condensado e devolvido ao solo, onde é reaquecido para uso posterior, a energia geotérmica é considerada uma fonte de energia renovável.

O sistema de bombas de calor geotérmicas é composto por um trocador de calor (circuito de tubos enterrados no solo) e uma bomba. 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) que circula pelos tubos. Durante os meses mais quentes, o calor do ar quente é transferido para o trocador de calor e para o fluido. À medida que se move pelos canos, o calor é disperso nas rochas, no solo e nas águas subterrâneas. A bomba é revertida durante os meses mais frios. 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.

Os sistemas de bombas geotérmicas apresentam vantagens sobre sistemas de aquecimento e ar-condicionado convencionais. Eles são muito eficientes, usando de 25 a 50 % menos eletricidade do que sistemas convencionais de aquecimento e resfriamento comparáveis e eles produzem menos poluição. Além disso, quando comparados com sistemas de aquecimento por resistência elétrica (que convertem eletricidade em calor) juntamente com sistemas de ar-condicionado padrão, as bombas geotérmicas podem produzir até 72% menos emissões de gases do efeito estufa. (RAFFERTY; LUND, 2011).

Segundo Powrie e Preene (2009), os sistemas que utilizam a energia geotérmica proveniente da subsuperfície devem ser designados como Ground Energy Systems (GES). Em português, são designados como de baixa entalpia e englobam dois grandes grupos, os sistemas abertos (open loop systems) e os sistemas fechados (closed loop systems).

Nos sistemas GES, o solo e a água subterrânea são a fonte de calor, tomando-se partido do potencial térmico como capacidade natural de armazenamento de energia térmica. As zonas mais superficiais da crosta sofrem oscilações de temperatura em virtude das variações de radiação térmica provenientes do sol, no entanto a partir de certas profundidades, da ordem de 10 metros, as variações sazonais de temperatura à superfície deixam de influenciar na temperatura em profundidade que permanece constante, conforme descrito por Johnston (2011). Já de acordo com Rio (2011), a temperatura do solo 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. “Esta temperatura aproximadamente constante próxima da superfície tenderá em cada local para a temperatura média anual, sendo que as oscilações diárias ocorrem a menos de 1 m da superfície” (VIEIRA; MARANHA, 2009).

Os sistemas GES variam em função das necessidades energéticas das estruturas e infraestruturas a climatizar. Se as temperaturas de operação são adequadas para o aquecimento direto, o calor é introduzido diretamente no sistema de climatização. Porém se as temperaturas de operação são mais reduzidas, é necessário o uso de bombas de calor (GSHP) para obter temperaturas de operação adequadas à climatização. As bombas de calor integram um evaporador, um compressor e um condensador. No interior do edifício existe o circuito secundário, composto por pisos ou tetos radiantes, onde o calor é adicionado ou retirado.

Segundo Hall (2010), os sistemas GES tipo abertos são apropriados quando se tem um grande volume de água de qualidade razoável. 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, conforme ilustrado na figura 1.

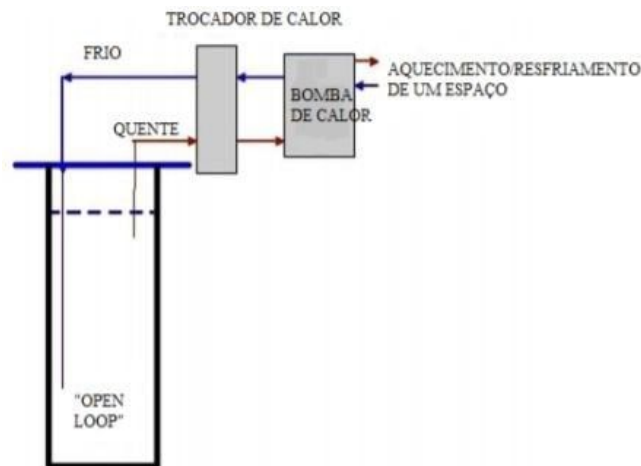


Figura 1: Representação do sistema aberto. Fonte: Hall (2010).

De acordo com Rafferty (2003), nos sistemas GES tipo fechado convencional não há troca de matéria. Neles, não existe contato entre o fluido de transporte de energia térmica e o solo. Seus custos de implantação são maiores que os custos de um sistema aberto, porém, possuem maior aplicabilidade visto que não dependem da quantidade de água subterrânea disponível. Com isso, teoricamente esse sistema torna-se aplicável a nível global.

Os sistemas convencionais fechados de muito baixa entalpia diferem na configuração quanto à instalação dos permutadores de calor (GHE). Estes podem ser inseridos em furos verticais ou em valas (horizontais), conforme ilustrado na figura 2.

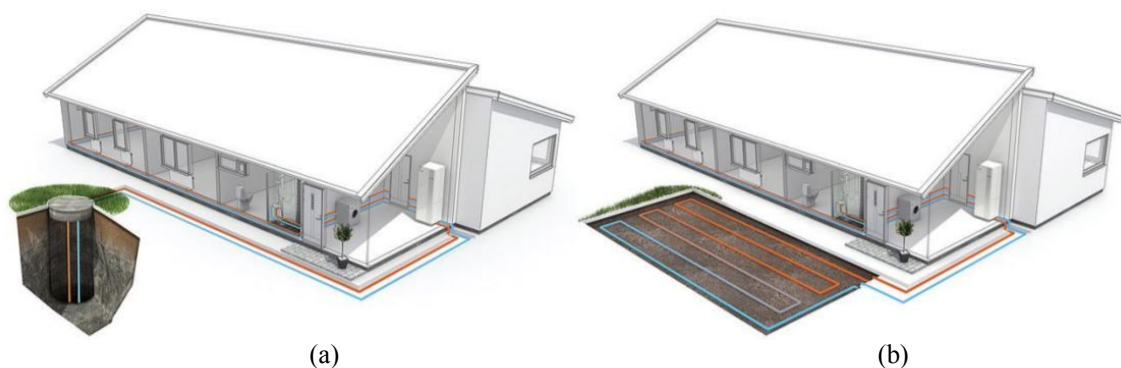


Figura 2: Representação do sistema fechado: Captação vertical (a) e captação horizontal (b). Fonte: Nibe Energy Systems (2009).

Os sistemas que utilizam extração horizontal apresentam maior facilidade de instalação que os sistemas de captação vertical, necessitando, porém, de maiores áreas para sua implementação (SELF, 2013). A disposição dos tubos permutadores de calor em série (Figura 2-b) resulta na diminuição da área necessária de instalação.

No presente trabalho será desenvolvido uma metodologia para monitorar e estudar o comportamento geotérmico do solo de Ouro Verde – SP, relacionado à energia geotérmica de muito baixa entalpia, de modo a comprovar, através de dados reais do solo local, a conformidade dos mesmos com a literatura apresentada, permitindo assim o aproveitamento do potencial geotérmico local para uso de bombas geotérmicas para troca de calor, já que o uso da energia térmica para

geração de energia elétrica depende de energias geotérmicas de média e alta entalpia, disponíveis em grandes profundidades.

OBJETIVOS

O trabalho consiste em monitorar e estudar uma base de dados geotérmicos do solo superficial de Ouro Verde – SP, com objetivo de avaliar o potencial geotérmico do local para climatização de uma edificação comum construída. Isso se dá por meio da análise comportamental da temperatura do subsolo sob as seguintes profundidades: 0,0 m, 1,5 m, 3,0 m, 4,5 m e 6,0 m. Com isso, o intuito do presente trabalho converge nessa abordagem prática a fim de verificar se as temperaturas obtidas permanecem estáveis e inferiores a 30°C.

METODOLOGIA

Para realizar o monitoramento das temperaturas das camadas do subsolo analisado, foi adotada uma metodologia composta de duas etapas. A primeira diz respeito à montagem e programação de um equipamento eletrônico, capaz de coletar e armazenar os dados de temperatura do subsolo e umidade ambiente. O equipamento utilizado foi o Arduino Mega 2560R3 (figura 3), uma placa única com plataforma de prototipagem eletrônica que dispõe de entradas/saídas digitais e analógicas. Essa placa foi conectada à uma protoboard de 830 furos por meio de jumpers, fios que conectam ambas as partes.

O Arduino pode ser conectado a um computador através de um cabo USB padrão A/B e programado por um sistema de desenvolvimento integrado, cuja linguagem de programação é similar ao C/C++. O programa utilizado para organização lógica dos comandos necessários foi o Arduino Genuíno versão 1.8.5.

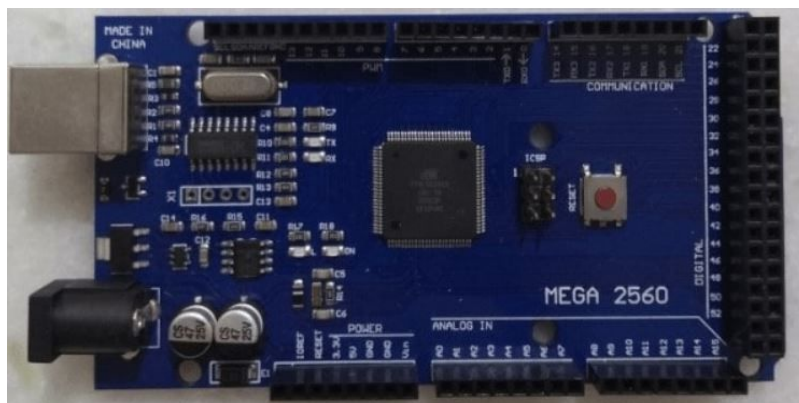


Figura 3: Arduino Mega 2560 R3. Fonte: Autor do Trabalho.

Para aferir as temperaturas a cada nível do subsolo foram utilizados 5 sensores do tipo DS18B20 (figura 4), a prova d'água, um para cada cota analisada. Sua precisão é de 0,5°C entre temperaturas de -10°C e +85°C. Todos eles possuem comprimento de fabricação de 1 metro, sendo uma das extremidades composta por uma ponteira metálica na qual entra em contato com o solo. A outra extremidade termina em um conjunto de três fios de cobre, que foram corretamente isolados e conectados por emendas de prolongamento à um cabo ethernet TZ6 azul. O número desses cabos equivale ao número de sensores DS18B20 e servem como extensão do comprimento para cada sensor, a ser enterrado no subsolo. Cada conjunto de sensor e cabo conectados foi inserido dentro de um tubo de PVC ¾ de polegada (”), cujo comprimento varia em função da cota do subsolo.

No Arduino é possível conectar vários sensores DS18B20 em um único circuito lógico, o que permite aos mesmos serem distinguidos por meio da programação. Assim, cada sensor possui um código, o que permite que todos possam ser conectados à protoboard, não necessariamente conforme a ordem de profundidade a ser enterrado no solo.



Figura 4: Sensor DS18B20. Fonte: Autor do Trabalho.

O sistema montado também é composto por um sensor de umidade e temperatura, variáveis essas que serão acerca da protoboard, pois é nela que o sensor foi posicionado. Trata-se do sensor DHT22, cuja precisão é de 0,5°C, quando usado numa faixa de -40°C e +80°C. Desse modo, é possível analisar as temperaturas internas (sistema eletrônico), externa/ambiente (sensor de 0,00 m) e do subsolo. Outro sensor usado foi o RTC DS1307, no qual afere a data e o tempo de registro dos dados, tempo esse programado para 5 minutos, ou seja, a cada 5 minutos o sistema registrou as medidas de temperatura e umidade do sistema total.

O conjunto de informações é quantitativamente grande, dados o intervalo de tempo entre as coletas e o período de vigência do monitoramento. Por isso, foi utilizado um cartão micro SD, posicionado na protoboard através de um módulo de cartão micro SD card. O conjunto dos três dispositivos supracitados encontra-se na figura 5.

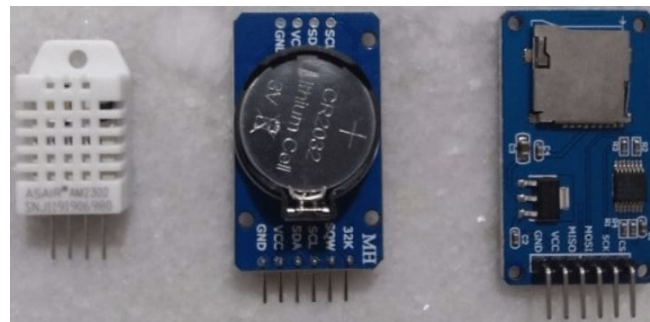


Figura 5: Módulos DHT22, RTC DS1307 e Micro SD card, respectivamente. Fonte: Autor do Trabalho.

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. Após a verificação da confiabilidade das leituras dos sensores, e robustez do aparato, foi iniciada a segunda etapa da metodologia.

Essa etapa consistiu na instalação dos sensores acoplados em canos de PVC. A princípio foram moldados os sensores, devidamente acoplados em ponteiros de PVC de 3/4". Essas ponteiros, de 25 cm de comprimento, são para guarnecer a ponteira metálica dos sensores DS18B20 e foram coladas em caps. soldáveis de 3/4". A seguir, dado o tempo de secagem, 4 das 5 ponteiros foram conectadas em luvas soldáveis e coladas nos respectivos tubos de PVC 3/4". A figura 6 ilustra a seqüência deste procedimento.



Figura 6: Etapas de preparo dos sensores, do início ao fim, para inserção no subsolo. Fonte: Autor do Trabalho.

Com exceção da ponteira de 0,0 m, as demais foram inseridas individualmente em 4 furos realizados no solo local por meio de um trado manual. Em seguida, os cabos ethernet foram inseridos em um conduíte corrugado, cujo trajeto os levam até o conjunto protoboard/Arduino. Por fim, o conjunto de sensores inseridos no solo, já envolto por um balde de material polímero, pôde enfim ser vedado para maior proteção. A figura 7 apresenta as etapas finais supracitadas sobre o preparo do sistema.



Figura 7: Etapas de inserção e vedação dos sensores no solo de Ouro Verde - SP. Fonte: Autor do Trabalho.

Por fim, com o sistema finalizado e pronto para uso, foi possível dar início às medições e armazenamento dos dados. A disposição final do sistema eletrônico é mostrada na figura 8.



Figura 8: Disposição final dos sensores no Arduino. Fonte: Autor do Trabalho.

RESULTADOS

O mapeamento geotérmico realizado no solo local permitiu uma análise detalhada acerca dos dados geotérmicos. As variáveis supracitadas foram avaliadas durante o período de três meses, entre os dias 01 de abril e 01 de julho de 2020.

Periodicamente, aproximadamente a cada duas semanas, foi necessário ir até o local onde o sistema foi implantado para coletar os dados mapeados. Ao fim, após juntar todas as partes da coleta, o arquivo total, em forma de bloco de notas (.txt) foi plotado em um único gráfico, elaborado através do Software Origin 8.5.1, o que permitiu uma análise estatística do comportamento geotérmico de cada uma das cotas avaliadas. (figura 9).

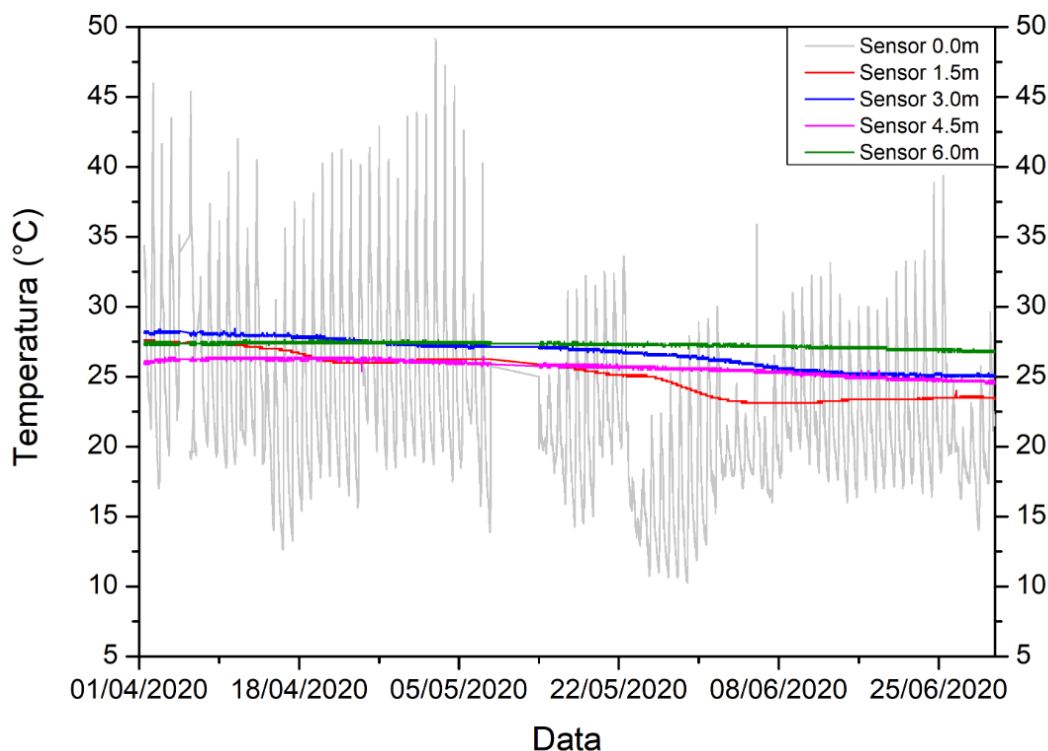


Figura 9: Disposição gráfica das temperaturas do solo local. Fonte: Autor do Trabalho.

A partir do gráfico acima observamos uma nítida estabilidade térmica destacada para os sensores mais profundos, em especial o sensor de 6,0 metros. Em contrapartida, os sensores referentes às camadas mais próximas da superfície (0,0 m e 1,5 m) apresentam pouca estabilidade térmica, mais sensíveis à variação de temperatura ambiente.

É possível notar que o comportamento geotérmico dos sensores mais próximos à superfície se deu em função das oscilações sazonais, típicas das estações do período vigente de monitoramento (outono e inverno). As camadas de 0,0 m e 1,5 m iniciaram com temperaturas maiores, decaindo ao longo do tempo. O sensor de 1,5 m, por exemplo, a princípio aferiu temperaturas superiores às camadas de 4,5 e 6,0 m, porém, a partir da segunda quinzena de abril, suas temperaturas diminuíram até serem menores que as temperaturas aferidas pelo sensor de 4,5 m, haja vista sua maior sensibilidade à variação térmica, por ser a camada do subsolo mais próxima à superfície.

Através do software foi possível analisar as diferentes amplitudes térmicas de cada sensor, cuja variação ocorre da maior para a menor amplitude, respectivamente, da camada menos para a mais profunda, conforme apresentado na tabela abaixo.

Tabela 2: Temperaturas mínimas, médias e máximas para cada sensor. Fonte: Autor do Trabalho.

Cotas (m)	Temperaturas (°C)			
	Mínima	Média	Máxima	Amplitude térmica
0,0	10,25	21,25	49,13	38,88
1,5	23,13	25,25	27,63	4,50
3,0	25,00	26,88	28,44	3,44
4,5	24,50	25,75	26,44	1,94
6,0	26,63	27,38	27,63	1,00

A tabela mostra, em termos quantitativos de amplitude térmica, que quanto mais profunda for a camada do subsolo, menor será sua amplitude, dada a sua mínima sensibilidade à variação térmica a nível ambiente. Já camadas inferiores a 1,5 m de profundidade apresentarão maiores amplitudes térmicas.

Por fim, é possível comprovar o encontrado na literatura, ao passo que a temperatura média anual de um determinado local ou região equivale à temperatura média registrada no subsolo, em torno dos 6 metros de profundidade. Conforme disponibilizado pelo site da prefeitura de Ouro Verde – SP, a temperatura média anual da região é de 26,50°C. Visto que a temperatura média do sensor mais profundo obtida até então foi de 27,38°C, é possível validar na prática, a abordagem teórica da literatura.

CONCLUSÕES

O sistema mostrou-se eficiente acerca da estabilidade das leituras indicadas em relação aos sensores mais profundos. Ou seja, os dados atestaram para uma tendência de maior estabilidade térmica à medida que a profundidade aumenta em torno de 6 metros, cuja energia armazenada em forma de calor classifica-se como de muito baixa entalpia. Com isso, a energia geotérmica apresenta-se como uma alternativa real de energia limpa e renovável, um dado essencial diante de um panorama vigente cuja predominância dos métodos de obtenção de energia ainda é pautada em fontes poluentes e não renováveis.

O resultado conclusivo deste trabalho converge para um cenário, no mínimo, favorável às questões energéticas de uso geotérmico de uma edificação. A geotermia superficial, disponível ao longo do ano para uso direto, mostrou-se como uma promissora fonte de energia limpa e renovável. Sua adaptação para usos como fonte de calor no inverno ou um dissipador de calor no verão, ainda que possua alto custo de implantação, torna-se viável se analisado o custo-benefício dessa utilização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Barrero, F. A. **Energias renováveis para todos: Energia Geotérmica e do Mar**. Edição da Fundação Energética de Madrid (FENERCOM), 2010.
2. Guia Prático de Eficiência Energética. **Reunindo a experiência prática do projeto de etiquetagem**: Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Cultura. 1 ed. Brasília. 2014.
3. Hall, A. Geothermal energy recovery from underground mines. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Canadá, v. 15, p. 916-924, fev. 2011.
4. **Instituto Geológico da Catalunha (IGC)**, 2014. Disponível em: <http://www.igc.cat/web/ca/index.php>.
5. Johnston, I., Narsilio, G., Colls, S. **Emerging geothermal energy technologies**. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 15(4), 643-653, 2011.
6. Nibe Energy Systems. (2009). **A new generation of heat pumps** (pp. 6-7). Disponível em: <https://www.soloheatinginstallations.co.uk/brochures/>.
7. Omido, A. R., Barboza, C. S., Júnior, O. M. **Energia Geotérmica: Uma Aliada na Busca da Eficiência Energética**. VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental – CONGEA, 2017, Campo Grande, MS. Anais (online). Disponível em: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/X-005.pdf>
8. Ozgener, L., Hepbasli, A., Dincer, I. **Parametric study of the effect of dead state on energy and exergy efficiencies of geothermal district heating systems**. *Heat Transfer Engineering*. 2007. Disponível em: <http://www.ingentaconnect.com/content/tandf/uhte/2007/00000028/00000004/art00010>.
9. Powrie, W., Preene, M. (2009). **Ground energy systems: from analysis to geotechnical design**. *Géotechnique*, 59(3), 261-271.
10. Rafferty, K. (2003). **Ground Water Issues in Geothermal Heat Pump Systems**. *Ground Water*, 41(4), 408-410.
11. Rafferty, J. P., Lund, J. W. *Britannica Academic. Geothermal Energy*. 2011. Disponível em: <https://academic-eb-britannica.ez.50.periodicos.capes.gov.br/levels/collegiate/article/geothermal-energy/36528>
12. Rio, J. P. T. E. **Geotermia e implicações nas tecnologias da construção: estudo de casos**. 2011.
13. Self, S., Reddy, B., Rosen, M. (2013). **Geothermal heat pump systems: Status review and comparison with other heating options**. *Applied energy*, 101, 341-348.
14. Trillo, L., Ángulo, V. R. **Guía de la Energía Geotérmica**. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid. 2008.
15. Vieira, A., Maranhã, J. (2009). **Estudo de Modelação Numérica do Comportamento de Estruturas Termoactivas**. In: Actas do 12º Congresso Nacional de Geotecnia, Lisboa.