

ESTUDOS INICIAIS PARA UTILIZAÇÃO DA ENERGIA GEOTÉRMICA NA CLIMATIZAÇÃO DE EDIFÍCIOS.

Agleison Ramos Omido (*), Christian Souza Barboza, Édipo Sabião Sanches, Ítalo Sabião Sanches, Thiago Rafael Pretto.

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

RESUMO

A busca pela eficiência energética se fez necessária a partir da constatação do crescimento acelerado da população mundial, com consequente aumento no consumo de energia, prioritariamente oriunda de fontes não renováveis. A dependência criada pelo uso dessas fontes gera altos níveis de emissão de gases poluentes à atmosfera, principalmente o dióxido de carbono (CO₂) que contribui para o aquecimento global e é liberado essencialmente através da queima de combustíveis fósseis. Neste trabalho abordamos a utilização de uma fonte limpa e renovável de energia que encontra-se armazenada abaixo da superfície da terra na forma de calor: a Energia Geotérmica superficial. Também os resultados iniciais de pesquisas realizadas na cidade de Dourados, MS no sentido de difundir a aplicação dessa energia na climatização de edificações são exibidos. O objetivo do projeto é avaliar o potencial geotérmico da região de Dourados iniciando com obtenção de dados de temperaturas capturadas do subsolo até a profundidade de 6 metros. Primeiramente foi desenvolvido um protótipo constituído por um pequeno vaso preenchido com solo e 5 sensores de temperatura modelo DS18B20 enterrados ligados a um sistema de detecção e armazenamento de dados utilizando a plataforma arduino para verificação da eficiência e estabilidade dos sensores. Como forma de validar a eficiência dos sensores e simular as variações de temperatura que os mesmos estarão sujeitos, o protótipo foi saturado ora com água quente, ora com água fria. A análise dos dados de temperatura obtidos demonstraram que o sistema é bastante estável e pode ser utilizado com confiabilidade. Na sequência, após a validação da eficiência do arranjo, o sistema foi implantado na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) nas profundidades definidas para o estudo (0.00 m, 1.50 m, 3.00 m, 4.50 m e 6.00 m).

PALAVRAS-CHAVE: Energia Geotérmica, Fonte Limpa de Energia, Climatização de Edifícios.

INTRODUÇÃO

A busca pela eficiência energética se fez necessária uma vez que o crescimento acelerado da população mundial acarreta maior consumo de energia que hodiernamente é oriunda, principalmente, de fontes não renováveis, provocando a emissão de altos níveis de gases poluentes na atmosfera. Dentre eles, o dióxido de carbono (CO₂), é o gás que mais contribui para o aquecimento global e é libertado essencialmente através da queima de combustíveis fósseis, para a produção de calor e de eletricidade e até mesmo pelos transportes [1].

A grande preocupação é com a disponibilidade finita dos recursos não renováveis, ou seja, a produção de energia por meio da queima do carvão, gás natural e petróleo, além de prejudicar o meio ambiente com a emissão de dióxido de carbono, tem prazo determinado para se esgotar [2].

A alta demanda provocada pelo crescimento da população refletiu na 1ª crise do petróleo na década 1970, período em que se percebeu a real necessidade de pensar em fontes renováveis de energia com o intuito de racionalizar o seu consumo [3]. Outro acontecimento importante foi a crise energética nacional em 2001, comprovando que a geração e o consumo de energia elétrica se encontra, há muito, em estado de desequilíbrio.

Segundo o Manual Prático PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica [4], os sistemas de aquecimento e arrefecimento de uma edificação são responsáveis por 25% do consumo de energia elétrica da mesma, demonstrando mais uma vez a necessidade de fontes alternativas na busca pela eficiência energética. A preocupação com a eficiência energética ocorre não apenas a nível nacional. Na Europa, por exemplo, a soma total do consumo dos edifícios representam cerca de 40% dos consumos globais de energia [1], sendo a climatização parcela relevante desse consumo e lá, assim como em outras regiões, alternativas sustentáveis são procuradas.

Nesse contexto a Energia Geotérmica entra como importante fonte renovável de energia, mostrando-se viável e ambientalmente sustentável, fatores esses que permitem abrir caminho para maiores investimentos nessas linhas de pesquisas, para futuras implementações desse sistema.

ENERGIA GEOTÉRMICA

A Energia Geotérmica é a energia que se encontra armazenada na forma de calor de baixo da superfície da terra, proveniente da absorção de radiação solar pelo solo, fluxo de águas subterrâneas e energia térmica armazenada no terreno [3], podendo ser utilizada para aquecimento e arrefecimento dos edifícios. Esta energia é inesgotável uma vez que sofre a renovação constante da Terra exercida pelos efeitos do Sol, da chuva e do próprio calor interno da crosta terrestre [5].

A temperatura do solo até 6 metros de profundidade permanece constante em um intervalo próximo da média anual característica da região, possuindo pequenas variações durante todo o ano, independente das estações. A partir de 6 metros a temperatura aumenta de 2° a 3° Celsius a cada 100 metros [5]. O Quadro 1 mostra a classificação da Energia Geotérmica de acordo com a temperatura de utilização.

Quadro 1 - Classificação da Energia Geotérmica - adaptado de [6].

Temperatura de utilização	Classificação
$T > 150^{\circ}\text{C}$	Energia Geotérmica de Alta entalpia
$90^{\circ}\text{C} < T < 150^{\circ}\text{C}$	Energia Geotérmica de Média Entalpia
$30^{\circ}\text{C} < T < 90^{\circ}\text{C}$	Energia Geotérmica de Baixa Entalpia
$T < 30^{\circ}\text{C}$	Energia Geotérmica de Muita Baixa Entalpia

Nosso projeto desenvolve estudos relacionados a geotermia superficial, aquela Energia Geotérmica de Muito Baixa Entalpia, uma vez que o subsolo, a baixas profundidades, apresenta sua temperatura estável que pode ser aproveitada para o conforto térmico do ser humano [6], utilizando-se bombas geotérmicas para as trocas de calor. É importante ressaltar que não utilizaremos a energia térmica para a geração de energia elétrica, uma vez que tal função compete as Energias Geotérmicas de Alta e Média Entalpia, disponíveis em grandes profundidades.

OBJETIVOS

O atual trabalho surge da necessidade de maiores investimentos em fontes renováveis de energia, uma vez que a utilização de fontes não renováveis, que além de evidentemente finitas, contribuem para a degradação do meio ambiente. O intuito é mostrar que a Energia Geotérmica, localizada abaixo da superfície do solo, é capaz de contribuir para a eficiência energética dos edifícios reduzindo o consumo energético dos mesmos.

O propósito não é substituir os sistemas convencionais de climatização existente, mas sim utilizar um sistema híbrido, afim de obter uma redução no consumo de energia elétrica e, conseqüentemente, uma redução das emissões de gases prejudiciais ao meio ambiente e um conforto térmico interno dos edifícios que garanta o bem estar dos usuários.

METODOLOGIA

A realização dos estudos iniciou-se com a implantação de um layout responsável pela coleta e armazenamento de dados da temperatura do solo para posterior verificação da estabilidade e eficiência dos sensores de temperatura definidos para utilização (Figura 1). Esse protótipo era constituído por um pequeno vaso preenchido com solo, no qual foram enterrados 3 sensores, responsáveis por detectarem a temperatura do interior do mesmo.



Figura 1 - Protótipo para verificação da precisão dos sensores.
Fonte: Própria.

Para promover variações de temperatura no solo e validar a eficiência dos sensores, o mesmo foi saturado ora com água quente, ora com água fria. Tais ações contribuíram também para simular as variações de temperatura a que o sistema estaria sujeito após a instalação. A coleta e armazenamento dessas temperaturas se deu com a utilização do Arduino, uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única.

Na memória interna do Arduino é possível armazenar instruções programadas em uma linguagem específica da placa, similar ao C/C++ que permite organizar de forma lógica o procedimento de captura e armazenamento dos dados. Um Ambiente de Desenvolvimento Integrado permite que as instruções programáveis sejam carregadas na placa através de uma conexão USB. No presente trabalho utilizou-se o Arduino Mega 2560 R3 (Figura 2), já que o mesmo apresenta 54 entradas/saídas digitais além de 16 analógicas devido a presença de seu micro controlador Atmega 2560 16-AU, o que viabilizou a execução dos trabalhos.



Figura 2 - Arduino Mega 2560 R3.

Fonte: Própria.

Para aferição da temperatura no solo foi utilizado um conjunto de sensores do modelo DS18B20 (Figura 3) que são capazes de registrar temperatura com uma precisão de $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ quando operados em temperaturas entre -10°C e $+85^{\circ}\text{C}$. A escolha desse sensor se dá pelo fato dele poder operar em solos saturados ou submerso. O sensor é composto por uma ponteira metálica que entra em contato com o solo e afere sua temperatura. A ponteira é conectada ao Arduino por três fios de cobre isolados e envoltos em um único tubo de plástico de 1 metro de comprimento. Os três fios que são conectados ao Arduino são responsáveis pela alimentação elétrica e pela transmissão de dados. Por utilizar o protocolo OneWire do Arduino, é possível conectar múltiplos sensores DS18B20 em um único circuito lógico de entrada de dados e alimentação, já que cada sensor possui um número de série e podem ser distinguidos através de instruções programáveis.



Figura 3 - Sensor DS18B20.

Fonte: Própria.

Também foi utilizado um sensor DHT22 que foi responsável por coletar a temperatura e umidade junto à protoboard, onde o sistema de armazenamento foi instalado, de forma que essa pudesse ser comparada com as temperaturas ambiente interna, externa e do solo. Esse sensor possui uma precisão de $\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ quando utilizado em temperaturas entre -40°C e $+80^{\circ}\text{C}$ e ficava conectado diretamente ao protótipo. O módulo de relógio digital DS1307 foi responsável por fornecer informações referentes a data e hora para cada uma das leituras realizadas. Todas as informações referentes as temperaturas coletadas por cada um dos sensores a cada cinco minutos foram armazenadas em um cartão micro SD através de um módulo específico do Arduino. As conexões foram realizadas na placa protoboard de 830 furos com utilização de jumpers e um resistor de $4,7\text{k}\Omega$. A figura 4 mostra os módulos citados.

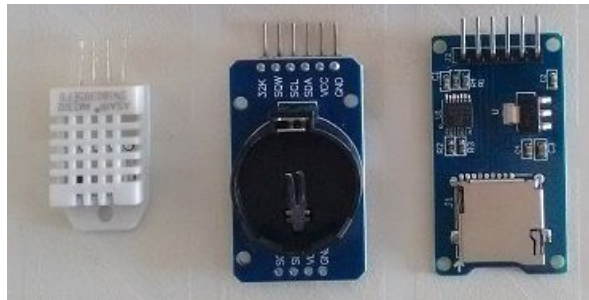


Figura 4 - Módulos DHT22, RTC DS1307 e Micro SD Card, respectivamente.
Fonte: Própria.

À medida em que esses registros das temperaturas já estavam sendo realizados sem nenhum problema de interferência e nenhuma perda de dados, houve a preocupação de se prolongar os fios que ligavam um sensor de temperatura de dentro do vaso até a placa de arduino, afim de observar o comportamento das leituras de dados com o aumento da resistência elétrica entre o sensor e a placa de arduino. A alteração se fez de 1,20m para 20m de comprimento de fio, permanecendo sob análise por mais uma semana.

Após todos os testes realizados com o protótipo deu-se início aos trabalhos de instalação do sistema no solo de Dourados-MS, localizado na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). A princípio foi necessário organizar o preparo das ponteiros dos sensores para sua maior proteção e estabilidade no manuseio e instalação. Foram utilizados caps soldáveis de PVC de 3/4", luvas soldáveis de PVC de 3/4", tubos de PVC de 3/4" com aproximadamente 20 centímetros de comprimento, adesivo plástico para PVC, silicone, lixa folha P220, lima de 8" e cabo de rede Cat6.

Inicialmente foi realizada uma abertura na borda do cap com diâmetro suficiente para inserção dos sensores de temperatura, de modo que estes já ficassem previamente fixos. Na sequência, os caps foram fixados em tubos de PVC de aproximadamente 20 cm de comprimento e o conjunto foi vedado com silicone afim de evitar a penetração e acúmulo de água (Figura 5).



Figura 5 - Preparação das ponteiros dos sensores.
Fonte: Própria.

A seguir, realizou-se o prolongamento dos fios dos sensores utilizando cabo de rede cat6, um cabo que proporciona melhor velocidade de transmissão e proteção à interferência externa. As conexões foram feitas por uma emenda de prolongamento, sendo esta vedada com fita adesiva isolante e o acabamento feito por uma fita de alta fusão. Dessa forma, executou-se o complemento dos tubos de PVC, cada qual com seu respectivo comprimento (1.5m; 3.0m; 4,5m e 6.0m), deixando o sistema pronto para ser instalado no solo de Dourados-MS (Figura 6).



Figura 6 - Sensores prontos para instalação.
Fonte: Própria.

Por fim o sistema foi implantado no solo de Dourados-MS (Figura 7), nas dependências da Unidade 2 da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD).



Figura 7 - Sensores implantados no solo de Dourados-MS.
Fonte: Própria.

Os sensores captam a temperatura em intervalos de tempo de 5 minutos e esses valores são armazenados no micro cartão SD conectado ao arduino (Figura 8).



Figura 8 - Conexão final dos sensores ao arduino.
Fonte: Própria.

RESULTADOS

Os resultados das temperaturas obtidas por três sensores instalados no protótipo, em um período de 15 dias, são apresentados na Figura 9.

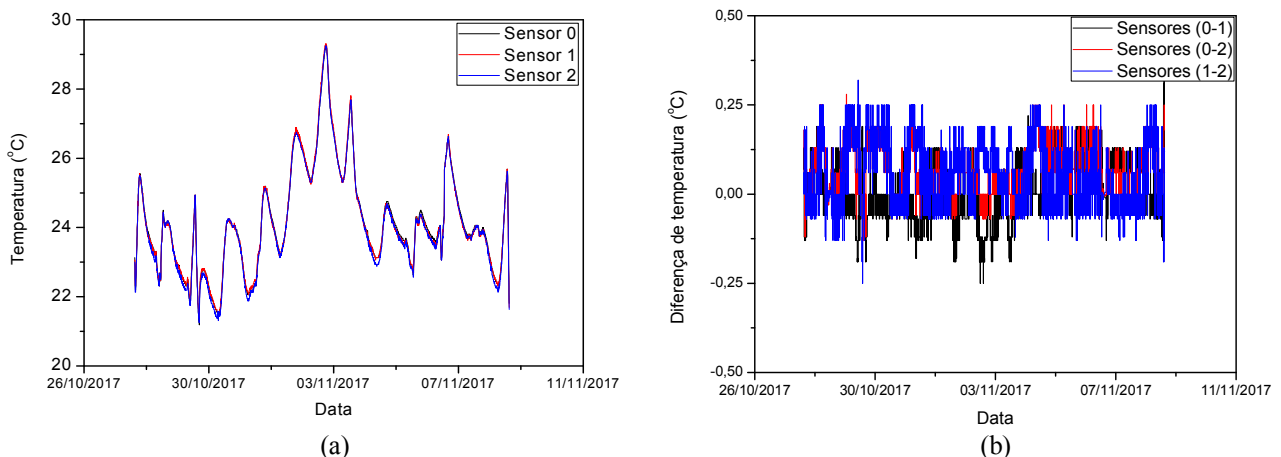


Figura 9 - (a) Temperaturas registradas por 3 sensores. (b) Diferença entre as leituras (dois a dois sensores).
Fonte: Própria.

Nessa figura, em (a) verifica-se variação conjunta das temperatura detectadas pelos três sensores, apresentando uma variação mínima entre eles. O gráfico (b) mostra a diferença, obtidas para cada par de sensores, entre as temperaturas detectadas, apontando a eficiência dos mesmos, uma vez que apresentaram uma variação de detecção de $\pm 0,25^{\circ}\text{C}$, abaixo da sensibilidade especificada de fábrica, que é de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, no intervalo de temperatura analisado.

A alteração realizada no comprimento do fio de um dos sensores, para averiguar se a mudança na resistência elétrica do circuito utilizado afetaria a estabilidade das medidas não apresentou consequências sobre os resultados. Os dados continuaram sendo registrados com uma variação desprezível nas leituras dos sensores, atestando a confiabilidade do sistema de aquisição e armazenamento de dados.

Após a implantação do sistema no solo de Dourados-MS, foram coletados os dados de uma semana de funcionamento (Figura 10), nas profundidades requisitadas pelo projeto. A Figura 05 mostra a forma como os dados são armazenados para posterior análise. Toda leitura é armazenada no cartão de memória micro sd na forma de bloco de notas, onde é possível verificar a data e hora de cada leitura realizada. O sensor de 7,5 metros faz referência a temperatura interna do laboratório onde está instalado todo equipamento. Além das temperaturas fornecidas pelos sensores, existe a temperatura e umidade local fornecida pelo sensor DHT22 instalada na placa protoboard e interligada ao arduino.

JUNHO 3 - Bloco de notas																	
Arquivo	Editar	Formatar	Exibir	Ajuda								notas					
02:30:11	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	14.50	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.63	Sensor[7.50 m]	21.00	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	22.00	Unidade:	63.90
02:35:14	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	14.38	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.75	Sensor[7.50 m]	21.00	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	22.00	Unidade:	64.00
02:40:16	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	14.25	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.75	Sensor[7.50 m]	21.00	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	22.00	Unidade:	64.00
02:45:19	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	14.50	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.63	Sensor[7.50 m]	20.98	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	22.00	Unidade:	63.90
02:50:22	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	14.63	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.63	Sensor[7.50 m]	20.75	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.90	Unidade:	63.90
02:55:24	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	14.50	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.75	Sensor[7.50 m]	20.63	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.90	Unidade:	64.10
03:00:27	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	14.25	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.63	Sensor[7.50 m]	20.50	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.80	Unidade:	64.10
03:05:29	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	14.13	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.63	Sensor[7.50 m]	20.38	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.80	Unidade:	64.10
03:10:32	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	14.00	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.75	Sensor[7.50 m]	20.38	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.70	Unidade:	64.20
03:15:34	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	13.88	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.63	Sensor[7.50 m]	20.25	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.70	Unidade:	64.30
03:20:37	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	13.75	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.75	Sensor[7.50 m]	20.13	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.60	Unidade:	64.20
03:25:40	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	13.50	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.63	Sensor[7.50 m]	20.13	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.60	Unidade:	64.30
03:30:42	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	13.39	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.63	Sensor[7.50 m]	20.00	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.50	Unidade:	64.20
03:35:45	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	13.75	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.63	Sensor[7.50 m]	20.00	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.50	Unidade:	64.30
03:40:47	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	13.63	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.75	Sensor[7.50 m]	20.00	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.40	Unidade:	64.30
03:45:50	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	13.50	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.63	Sensor[7.50 m]	19.88	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.40	Unidade:	64.40
03:50:52	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	13.38	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.63	Sensor[7.50 m]	19.88	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.40	Unidade:	64.40
03:55:55	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	13.25	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.75	Sensor[7.50 m]	19.88	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.30	Unidade:	64.30
04:00:58	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	13.00	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.75	Sensor[7.50 m]	19.75	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.30	Unidade:	64.40
04:06:00	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	13.00	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.75	Sensor[7.50 m]	19.75	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.30	Unidade:	64.40
04:11:03	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	13.00	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.63	Sensor[7.50 m]	19.75	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.20	Unidade:	64.40
04:16:05	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	13.00	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.63	Sensor[7.50 m]	19.75	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.20	Unidade:	64.40
04:21:08	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	13.00	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.63	Sensor[7.50 m]	19.75	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.20	Unidade:	64.40
04:26:11	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	12.88	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.75	Sensor[7.50 m]	19.63	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.10	Unidade:	64.40
04:31:13	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	12.75	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.63	Sensor[7.50 m]	19.63	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.10	Unidade:	64.40
04:36:16	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	12.75	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.75	Sensor[7.50 m]	19.63	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.10	Unidade:	64.40
04:41:18	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	12.75	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.75	Sensor[7.50 m]	19.63	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.00	Unidade:	64.40
04:46:21	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	12.75	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.63	Sensor[7.50 m]	19.50	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.00	Unidade:	64.30
04:51:23	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	12.75	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.75	Sensor[7.50 m]	19.50	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	21.00	Unidade:	64.40
04:56:26	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	12.75	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.75	Sensor[7.50 m]	19.50	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	20.90	Unidade:	64.30
05:01:29	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	12.75	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.63	Sensor[7.50 m]	19.50	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	20.90	Unidade:	64.40
05:06:31	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	12.63	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.63	Sensor[7.50 m]	19.50	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	20.90	Unidade:	64.40
05:11:34	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	12.63	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.63	Sensor[7.50 m]	19.50	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	20.80	Unidade:	64.30
05:16:36	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	12.63	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.75	Sensor[7.50 m]	19.50	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	20.80	Unidade:	64.40
05:21:39	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	12.75	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.75	Sensor[7.50 m]	19.50	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	20.80	Unidade:	64.40
05:26:41	- 22.06.18	Sensor[0.00 m]	12.88	Sensor[1.50 m]	22.63	Sensor[3.00 m]	24.00	Sensor[4.50 m]	24.00	Sensor[6.00 m]	23.63	Sensor[7.50 m]	19.50	Sensor[DHT22 -> Temperatura]	20.80	Unidade:	64.50

Figura 10 - Primeiras leituras do sistema de detecção e armazenamento desenvolvido.
Fonte: Própria.

CONCLUSÃO

O sistema mostrou-se bastante estável e eficiente, uma vez que os sensores de temperatura DS18B20 apresentaram uma estabilidade nas leituras, estando estas de acordo com a sensibilidade especificada de fábrica. Além disso, não houve perda de dados ou qualquer forma de instabilidade na leituras das temperaturas à medida que se prolongou o comprimento do fio do sensor, o que propicia a instalação de sensores em locais afastados da placa de armazenamento.

Dados iniciais do sistema instalado no solo de Dourados, sugerem a tendência de estabilidade da temperatura a profundidades em torno de 6 metros, atestando o encontrado na literatura, que aponta o subsolo como grande fonte de energia para ser utilizada na climatização de edifícios.

Assim sendo, a Energia Geotérmica se apresenta como uma alternativa promissora atendendo aos requisitos de energia limpa e renovável. Reduzindo a dependência por recursos não renováveis, os problemas como alteração climática, delapidação dos recursos naturais e degradação do meio ambiente estarão sendo atenuados.

O futuro é incerto, mas sabe-se que a escassez das fontes não renováveis está cada vez mais próxima. Em meio a esse cenário, a busca pela eficiência energética nas edificações aliada a zero emissão de poluentes na atmosfera se faz necessária.

Divulgar essa fonte de energia disponível e disseminar um ideal de que o país precisa aumentar seus estudos e pesquisas em novas fontes renováveis de energia é fundamental para traçar um caminho onde a eficiência energética se faça presente. Nesse intuito, o projeto realizado em Dourados-MS, na Universidade Federal da Grande Dourados ganhou forças e pretende estimular ainda mais estudos na área, no sentido de utilizar a Energia Geotérmica para auxiliar na climatização do ambiente construído.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANDRADE, Pedro Brogueira et al. **Eficiência energética em edifícios: oportunidades e desafios**. 2012.
2. OMIDO, Agleison Ramos; BARBOZA, Christian Souza; JÚNIOR, Orlando Moreira. **Energia Geotérmica: Uma Aliada Na Busca Da Eficiência Energética**. VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental – CONGEA, 2017, Campo Grande, MS. Anais (on-line). Disponível: <http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/X-005.pdf>
3. GUIA PRÁTICO EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **Reunindo a experiência prática do projeto de etiquetagem**: Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Cultura. 1ed. Brasília. 2014.
4. MANUAL PRÁTICO PROCEL EPP **Eficiência Energética em Prédios Públicos**. Ministério das Minas e Energia. Sistemas de ar condicionado. Agosto 2011.
5. RIO, José Pedro Teixeira Espinheira et al. **Geotermia e implicações nas tecnologias da construção: estudo de casos**. 2011.
6. CRUZ, Ricardo Jorge Lucas Vaz. **Utilização da energia térmica do solo para climatização de edifícios**. 2013. Dissertação de Mestrado. Universidade de Aveiro.