

## **SISTEMA DE CONDICIONAMENTO TÉRMICO POR TUBOS ENTERRADOS EM GOIÁS - *EARTH TUBES***

PONTES, Gilbert Roriz

*Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis  
(gilbertroriz@hotmail.com)*

RIBEIRO, Vinícius Gonçalves

*Discente, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis  
(vinicius\_gr18@outlook.com)*

FONSECA, Filipe Garcia

*Professor Especialista, Bacharelado em Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA - Centro Universitário de Anápolis (filipefgarcia@hotmail.com)*

### **RESUMO**

O emprego da temperatura do solo como condicionante térmico é uma atividade antiga, mas a utilização de tubos enterrados é uma prática consideravelmente nova. No Brasil, poucos estudos relatam a utilização da inércia do solo para conforto térmico, o estudo e o sistema de tubos enterrado mais considerável e mais próximo encontrado para a análise, comparação e posterior confecção do projeto no estado de Goiás, foi o protótipo de Ventura, feito na cidade de Viamão – RS, onde o sistema consiste em enterrar os tubos a certa profundidade, com dimensões e tamanhos variáveis, em que o ar irá circular em seu interior, fazendo trocas diretas por condução e convecção para lançar na edificação com uma temperatura mais baixa, a fim de gerar mais conforto térmico no ambiente. O projeto desenvolvido na cidade de Alexânia - Goiás foi executado da seguinte forma e usando os seguintes parâmetros, a fim de determinar a profundidade ideal fazendo relação com a temperatura do solo, foi aferida em cinco diferentes profundidades e em determinado horário do dia, a hora mais crítica possível, sendo elas respectivamente: 0,5m, 1,0m, 1,5m, 2,0m e 2,5m de profundidade e o horário crítico - às 14 horas, que é onde a temperatura diária se encontrava geralmente mais elevada. Após a verificação da profundidade ideal, foi dispostos uma série de tubos, enterrados de forma linear e fazendo adentrar a edificação, assim criando o protótipo.

### **PALAVRAS-CHAVE**

Temperatura do Solo. Conforto Térmico. Tubos. Condicionamento Térmico *Earth Tubes*.

## 1 INTRODUÇÃO

No intuito de vislumbrar as necessidades de bem-estar e sustentabilidade que se deu a proposta de confeccionar este projeto. Com um objetivo fundamental, este trabalho busca fazer um estudo de caso de uma nova forma de energia sustentável, que surgiu na Europa e já foi testada na região Sul do Brasil, para o Estado de Goiás, o sistema *Earth Tubes* ou como conhecido tubos enterrados, sendo ele de baixo custo, aonde seu conceito vem utilizar a temperatura natural do solo para um resfriamento de ambientes se mostra como uma forma simples de resolução de alguns tipos de problemas relacionados à temperatura ambiente como, por exemplo, em dias de elevada temperatura. Isso se dá devido ao fato de que a temperatura do solo se mantém praticamente constante todo ano com poucas variações, se tornando um sistema eficiente de troca de temperatura ar-solo, com uma relação custo-benefício muito viável.

## 2 METODOLOGIA

As metodologias aplicadas para o desenvolvimento desse trabalho foram estabelecidas da seguinte forma:

- Realização de cinco diferentes furos no solo realizado em Alexânia – Goiás;
- Aferição da temperatura do solo em diferentes profundidades;
- Determinação ideal da profundidade a se instalar o protótipo;
- Execução da vala para instalar a tubulação a ser enterrada;
- Realização e funcionamento do sistema Earth Tubes;
- Análise e apresentação dos resultados obtidos

### 2.1 FATORES QUE INFLUENCIAM O SISTEMA EARTH TUBES

#### 2.1.1 Tipos de Solos

Os solos são resultados de modificações de rochas que compõem a superfície terrestre, devido a efeitos de agentes do intemperismo, tanto físico quanto químico e da decomposição da matéria orgânica (BUENO & COSTA, 2012). Pinto (2012) define os solos como um conjunto de partículas com água e ar nos espaços intermediários.

De forma primária, o solo se diferencia pelo tamanho de suas partículas,

geralmente constituído de partículas de tamanhos variados e na maioria das vezes, não sendo fácil identificar e fazer a separação de suas classes, principalmente - em se tratando de partículas menores.

- Pedregulho: é um solo com diâmetro superior a dois milímetros, muito adequado e com boa característica de drenagem, além dessa característica, o solo tem uma grande resistência ao cisalhamento e uma baixa resistência à compressibilidade (BUENO, 2012).
- Areia: Assim como o pedregulho, a areia tem boa característica a drenagem, além disso, boa resistência ao cisalhamento e baixa compressibilidade, como expõe Bueno (2012).
- Silte: de acordo com Yazigi, Walid (2014), esse solo apresenta harmonia necessária para formar torrões em seu estado seco, facilmente desagregáveis.
- Argila: Bueno (2012) traz a definição de argila como um solo muito fino e de difícil drenagem. A argila tem um comportamento muito peculiar quando seu estado passa do seco para o úmido, ela tem uma retração em seu volume.

### 2.1.2 Temperatura

Segundo Bahradwaj e Bansal (1981, *apud* VAZ & SATTLER 2011), deve-se considerar nas análises várias combinações de condições de insolação e umidade, como a variação da temperatura no solo, para um dia de temperatura elevada, típico de verão, e para um dia de temperaturas baixas, típico de inverno, bem como a variação anual da temperatura do solo, para a região de Nova Deli em 1974, mostrou a temperatura variando de 0,15m até a profundidade de 4m.

Na busca de outros resultados e com a intenção de determinar a eficiência do sistema de dutos enterrados, Mihalakakou, Santamouris e Asimakopoulos (1992 *apud* VAZ & SATTLER, 2011) fizeram uma avaliação durante 74 anos, registrando diariamente a temperatura em quatro diferentes profundidades sendo 0,30 m, 0,60 m, 0,90 m e 1,20 m, em três diferentes horários: 8h, 14h e 20h.

A temperatura do solo varia de acordo com a profundidade, assim, melhorando seu potencial energético, tanto para aquecimento do ar quanto para resfriamento. Em muitos casos, essa diferença de temperatura é mínima, uma das mais importantes características em relação à temperatura do solo é que ela se mantém praticamente constante o ano inteiro.

### 2.1.3 Dutos

Os dutos enterrados, por sua vez representam um dos métodos mais baratos e seguros de transporte de fluido em geral, muitas vezes esse método é crucificado por uma má instalação em que pode ocasionar elevação dos dutos, abertura de juntas, perfurações e até rupturas totais, o que pode vir a acarretar uma perda de matérias primas.

Hoje em dia têm-se tubos praticamente de todos os diâmetros e modelos, estudos mostram que o diâmetro interfere decisivamente na eficácia do sistema. Vaz e Sattler (2011) diz que com o aumento do diâmetro do tubo e o aumento da velocidade, a capacidade de condicionamento do sistema também diminua. Lombardi (2005 apud MUSSKOPF, 2006) relata que em tubos de diâmetros menores, as diferenças entre trocas de calor com o solo são mais evidenciadas.

A capacidade de troca de calor aumenta com o aumento do comprimento do tubo, isso ocorre até certo ponto, conhecido como ponto de saturação, assim como a variação da temperatura e o volume de ar interno, esse ponto de saturação ocorre quando a temperatura do ar se iguala com a temperatura das paredes internas do sistema, afirma Boschetti (2006).

### 2.1.4 Clima

O estudo do clima é decisivo na resolução final da eficácia do sistema e, por isso, é o fator a ser considerado e estudado de forma criteriosa, seu estudo deve ser feito, preferencialmente, estação a estação isso antes de empenhar esforços para a confecção do sistema *Earth Tubes*. Tendo como base, se a temperatura do solo estiver igual ou ligeiramente próxima da temperatura ambiente, isso pode não vir a surtir o resultado esperado para o sistema de condicionamento térmico.

Quando se fala em clima na região Centro Oeste, de forma geral ela apresenta duas estações bem definidas, tem o verão quente e chuvoso e o inverno frio e seco. Segundo Cunha, (2006), a temperatura do Brasil em média fica em torno no 20°C, com amplitude de 7°C. A região Centro-Oeste, a segunda maior região do país, concentra médias de temperatura a cerca de 26°C para as regiões mais próximas ao norte e média de 22°C para as regiões mais ao sudeste e contém de temperaturas de até cerca de 40°C em determinadas localidades, o que, neste caso, oferece uma aceitação

considerável para a instalação dos *Earth Tubes* como meio de obtenção de conforto térmico.

### **2.1.5 Local**

O local está diretamente ligado ao clima, mas principalmente ao bioma presente da região. Ele influencia diretamente o sistema, pois o mesmo varia de região para região com o período de chuva, estiagem, solo, variação da temperatura, velocidade dos ventos e humidade.

A escolha do local é um processo minucioso e deve ser analisado com cuidado. O sistema aplicado na região de Goiás se mostra vantajoso devido ao fator do solo apresentar temperaturas abaixo da temperatura ambiente e temperaturas elevadas em praticamente todo o ano.

### **2.1.6 Ventilação**

A ventilação, assim como o estudo climático e o estudo do solo, é um fator crucial no que tange ao conceito de sustentabilidade. A ventilação pode ser gerada de diversas formas, mas dividida em duas categorias, natural ou mecânica. A forma mecânica se tem um gerador que produz o ar que é diretamente lançado na serpentina. O gerador pode ser combinado com outra fonte sustentável como energia solar. A vantagem neste caso, é que se tem um sistema mais eficiente e que também pode vir a ter um controle de funcionamento. A forma natural não se tem um controle, o sistema funciona de acordo com os ventos naturais.

## **2.2 A CONFECÇÃO DO PROJETO**

### **2.2.1 A edificação escolhida**

O sistema foi desenvolvido em um lote de dimensões 15m x 30m, onde se tinha uma casa que não estava habitada, a casa feita de alvenaria convencional, com telhado de fibrocimento e sem forro ou laje. O protótipo foi desenvolvido para resfriar apenas um cômodo da casa. Foi tomado como cômodo de estudo um dos quartos com 9,82m<sup>2</sup> por um fator característico, de ser um cômodo fechado o que facilita a análise da eficácia do

sistema.

**Figura 1 - projeção da casa**



Fonte: AUTORES, 2018.

A casa em si, conta com dois quartos, sala, cozinha dispensa e um banheiro e fica localizada no centro da cidade de Alexânia Goiás. A cidade de Alexânia fica em uma das principais rotas do país, se localizando a 90,2 km da capital do país, Brasília e ficando a 119 km da capital do estado, Goiânia.

## **2.2.2 Estudos preliminares sobre a profundidade do solo**

Para identificar a profundidade ideal e até mesmo para ver a viabilidade e o sucesso do sistema, antes mesmo da execução, foi feito um estudo de solo-temperatura, que consistiu em fazer a leitura da temperatura em 15 dias consecutivos em diferentes profundidades. Tendo o conhecimento de que a temperatura do solo se mantém praticamente constante o ano todo e, segundo pesquisas realizadas sobre a média de temperatura da região, a intenção foi determinar a qual profundidade seria ideal para se enterrar os tubos.

Para medir a temperatura, foi utilizado um termômetro da incoterm. A temperatura foi aferida em horário mais desfavorável, entre 12h30min e 14h30min, horário em que a temperatura se apresenta mais elevada. Além das temperaturas dos furos, foi aferida a temperatura do quarto a ser estudado e a temperatura ambiente, para se comparar a diferença de temperatura e assim confirmar a viabilidade do projeto.

**Figura 2 - Furos para aferição de temperatura**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2018

O ponto principal desse levantamento foi a temperatura encontrada em cada um dos furos, isso porque a temperatura se mostrou praticamente constante em todas as profundidades e entre elas se mostrou uma variação quase que insignificante. Então, conclui-se que a temperatura no estado de Goiás, especificamente - em Alexânia, se mostrou com variação mínima entre 0,5m a 2,50m, o que caracteriza uma ótima viabilidade, pois, deste modo, concluiu – se que a trincheira não precisará ser mais profunda que 0,5m, o que acaba facilitando na execução e no orçamento do projeto.

**Quadro 1- Relação da temperatura em diferentes profundidades e dias**

Temperaturas Diárias								
	Dia	Quarto	Buraco 01	Buraco 02	Buraco 03	Buraco 04	Buraco 05	Temperatura Ambiente
1	06/nov	37,2	24,6	24,9	24,9	24,2	23,9	35,3
2	07/nov	32,40	24,80	24,90	25,00	24,90	24,90	27,10
3	08/nov	24,90	24,50	24,40	24,50	24,10	23,50	26,00
4	09/nov	27,30	24,40	24,40	24,40	24,00	23,80	24,10
5	10/nov	25,10	23,10	24,20	24,30	23,90	23,40	23,80
6	11/nov	27,30	24,20	24,40	24,10	23,90	24,40	26,50
7	12/nov	31,80	24,30	24,30	24,50	24,10	24,40	28,30
8	13/nov	41,70	24,30	24,30	24,20	23,80	22,80	34,80
9	14/nov	36,80	24,10	24,10	24,30	24,20	24,30	33,90
10	15/nov	38,70	24,30	24,40	24,40	24,30	24,30	34,60
11	16/nov	40,30	24,20	24,50	24,20	23,90	24,00	28,60
12	17/nov	38,60	23,90	23,90	24,10	24,30	24,20	31,50
13	18/nov	37,50	23,80	23,90	24,00	24,30	24,30	30,80
14	19/nov	38,40	24,00	23,80	24,20	24,20	24,40	32,20
15	20/nov	39,10	24,10	24,10	24,20	24,20	24,30	33,10

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2018.



### 2.2.3 Descrição do sistema

Foi utilizado um sistema geotérmico indireto na edificação. Trata se uma sequência de tubos lineares enterrados, onde o ar exterior adentra aos tubos fazendo troca de calor, ou seja, ganhando ou perdendo temperatura, dependendo das características climáticas e assim entrando ao quarto com essa diferença de temperatura.

Também foi utilizada, como fonte de geração de ar, uma bomba de ar a combustão já que o local não dispunha de energia elétrica e um sistema de energia solar ficaria economicamente inviável aos realizadores desse projeto. Desse modo, a fim de facilitar a visualização da eficiência do sistema e para fazer o ar circular dentro do tubo e, assim, o tornar efetivo para o fim de resfriamento e, posterior conclusão desse projeto - esse meio foi o mais viável encontrado.

Levando em conta o terreno consideravelmente plano, o sistema só precisou se adaptar ao tamanho do lote para alcançar o tamanho desejado de tubos enterrado, o sistema precisou fazer uma curva de 90°.

Foram enterrados 30,00 metros de tubos de PVC de 100 milímetros a 0,50 metros de profundidade - onde 1 metro do tubo ficou exposto para fazer a ligação dos tubos enterrados com a bomba de ar. O sistema foi pensado para que na hora que estivesse com a temperatura mais elevada, a sombra projetada no muro ficasse sobrepondo onde os tubos foram enterrados, tornando mais eficiente o sistema.

**Figura 3 - Trincheira e tubulação**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2018.



Outro fator fundamental na hora de decidir em qual e como seriam dispostos os tubos enterrados, foi à presença de uma vegetação pequena. O lote conta com dois pés de jabuticaba, o que segundo estudos apresentados no decorrer do trabalho, mostra um fator positivo devido à sombra projetada pela vegetação e, assim - tendo em vista que a temperatura naquela região é mais amena, foi ponto crucial para a escolha do ponto de coleta de ar externo.

**Figura 4 - Processo construtivo do protótipo**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2018.

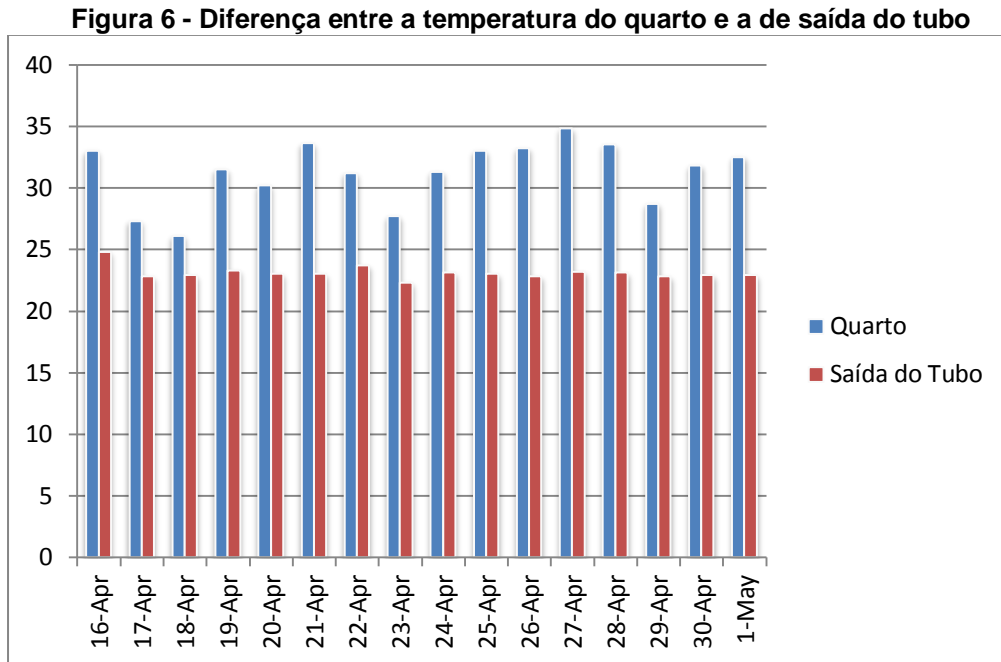
**Figura 5 - Processo construtivo do protótipo**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2018.

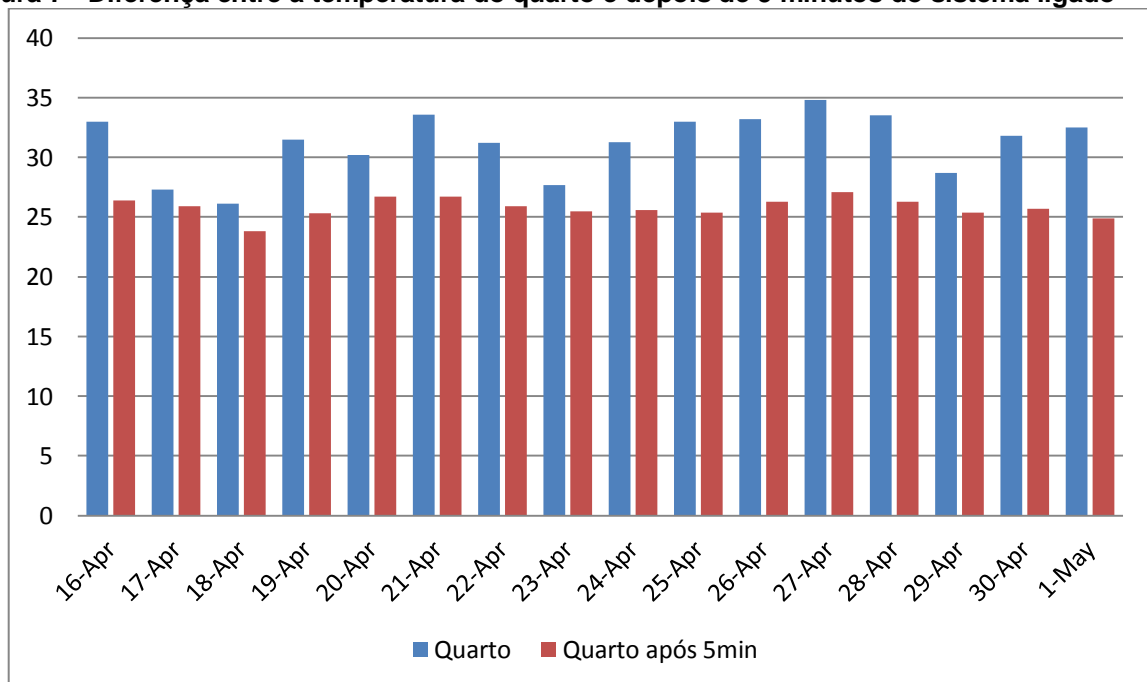
### 1.1.1 Comparativo

Para elucidar a dimensão dos efeitos e da diferença trazida pelo sistema *Earth Tubes*, se torna indispensável algumas comparações. Os próximos gráficos trazem algumas comparações e, assim, asseguram a eficiência do sistema para o estado de Goiás.



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2018.

**Figura 7 - Diferença entre a temperatura do quarto e depois de 5 minutos do sistema ligado**



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES, 2018.

Quando comparada a temperatura do quarto com a temperatura que sai da tubulação e com o sistema em funcionamento, a diferença chega a ser - de certa forma, discrepante, chegando a apresentar diferenças de mais de 10°C entre a entrada do tubo (ambiente externo) e a temperatura do cômodo (ambiente interno). Em dias com temperatura mais elevadas, essa diferença pode alcançar números ainda maiores.

### 3 CONCLUSÃO

Ao se colocar em prova a eficiência do sistema *Earth Tubes* aplicada para região de Goiás, foram analisados um conjunto de fatores antes de decidir desenvolver o protótipo. Esses fatores que culminaram diretamente para o sucesso do sistema estão ligados ao clima, à diferença de temperatura, à temperatura do solo e, principalmente, a necessidade de criar um sistema eficaz e que seja de real necessidade para as futuras gerações.

Como um dos principais objetivos desse projeto era verificar a possibilidade de aplicação desse sistema na região goiana e ver o comportamento higrotérmico no quarto, no qual foi instalada a saída do tubo, portanto ao se analisar as diferenças de temperatura e ver o desempenho higrotérmico proporcionado pelo protótipo, afirma-se que o sistema caberia de forma sustentável e viável para o município de Alexânia e para a grande parte do estado de Goiás.

### REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

BRASIL GERADOR DE PREÇOS. INSTALAÇÕES. DRENAGEM DE ÁGUAS. CONDUTAS DE ADMISSÃO E EXTRAÇÃO. **Duto Geotérmico permutador de calor.** Disponível

em: [http://www.brasil.geradordeprecos.info/obra\\_nova/Instalacoes/Drenagem\\_de\\_aguas/ISV\\_Conduas\\_de\\_admissao\\_e\\_extracao/ISV500\\_Duto\\_geotermico\\_permutador\\_de\\_calor.html](http://www.brasil.geradordeprecos.info/obra_nova/Instalacoes/Drenagem_de_aguas/ISV_Conduas_de_admissao_e_extracao/ISV500_Duto_geotermico_permutador_de_calor.html).> Acesso em 10 de novembro de 2017.

BUENO, B; COSTA, Y. Dutos enterrados: Aspectos Geotécnicos. 2.ed. São Paulo: Oficina de textos. 2012.

CORBELLA, O; YANNAS, S. Em busca de uma Arquitetura sustentável para os trópicos: Conforto ambiental. 2.ed. Rio de Janeiro: Editora Revan. 2009.

CUNHA, E. G. et al. Elementos de arquitetura de climatização natural. 2.ed. Porto Alegre: Editora masquatro, 2006.

ENGENHARIA E ARQUITETURA. Resfriamento e aquecimento geotérmico, 2013. Disponível em: <<http://www.engenhariae arquitetura.com.br/noticias/883/Resfriamento-e-aquecimento-geotermico.aspx>> Acesso em 10 de Novembro de 2017.

FRANÇA, S. R. P. Simulação Visando a Ventilação de Residências Através de Tubos Enterrados. Monografia (Bacharel em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2011.

GRITTI, G. C. M.; LANDINI, M. C. Construção Sustentável: Uma opção racional. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade São Francisco. Itatiba, 2010.

HORBACH, C. S. Estudo de Sistemas de Ventilação por Tubos Enterrados. Monografia (Bacharel em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2010.

MUSSKOPF, D. B. Estudos Exploratórios sobre Ventilação Natural por Tubos Enterrados. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

MÜLLER, D. G. Arquitetura ecológica. 8.ed. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2010. PESQUISA UNIFICADA. Energia geotérmica. Disponível em: < <http://www.pesquisa-unificada.com/pesquisas/energia-geotermica/historia-da-energia-geotermica/> > Acessado em 15 de Novembro de 2014.

PINTO, C. S. et al. Fundações: Teoria e prática. 2.ed. São Paulo: Editora Pini Ltda, 2012.

PORTAL GAGEL. Earth Tubes. Disponível em: < <http://www.gagel.com/assets/geothermalimages/ELTLoops.jpg> > Acesso em 30 de outubro de 2017.

PORTAL SÃO FRANCISCO. Tipos de solo. Disponível em: <Fonte: <http://www.portalsaofrancisco.com.br/meio-meio-ambiente/tipos-de-solo> > Acesso em 10 de novembro de 2017.

RESERACHGATE. Resfriamento com tubos. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/308740876\\_ESTUDO\\_DO\\_DESEMPENHO\\_D\\_E\\_SISTEMA\\_DE\\_RESFRIAMENTO\\_COM\\_TUBOS\\_ENTERRADOS\\_EM\\_AMBIENTE\\_NA\\_ZONA\\_BIOCLIMATICA\\_21](https://www.researchgate.net/publication/308740876_ESTUDO_DO_DESEMPENHO_D_E_SISTEMA_DE_RESFRIAMENTO_COM_TUBOS_ENTERRADOS_EM_AMBIENTE_NA_ZONA_BIOCLIMATICA_21) > Acessado em 15 de Novembro de 2017.

SIMPLESOLARHOME. Earth Tubes. Disponível em: <<http://www.simplesolarhomes.com/passive-cooling-and-heating-earth-tubes.html> > Acessado em 15 de novembro de 2017.

YAZIGI, W. A técnica de edificar. 14.ed. São Paulo: Pini: Sinduscon, 2014.

VAZ, Joaquim. 2011. Estudo experimental e numérico sobre o uso do solo como reservatório de energia para o aquecimento e resfriamento de ambientes edificados.

Joaquim,2011. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. [Orientador:Prof.PHD. Miguel Aloysio Sattler].