

# Engenharia de Construção Civil e Urbana

Franciele Braga Machado Tullio  
(Organizadora)



# Engenharia de Construção Civil e Urbana

Franciele Braga Machado Tullio  
(Organizadora)



**Atena**  
Editora

Ano 2019

2019 by Atena Editora  
Copyright © Atena Editora  
Copyright do Texto © 2019 Os Autores  
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora  
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira  
Diagramação: Lorena Prestes  
Edição de Arte: Lorena Prestes  
Revisão: Os Autores



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

### **Conselho Editorial**

#### **Ciências Humanas e Sociais Aplicadas**

Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins  
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas  
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais  
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília  
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa  
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia  
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Faria – Universidade Estácio de Sá  
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima  
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões  
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice  
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense  
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso  
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão  
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará  
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia  
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador  
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande  
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

#### **Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano  
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás  
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná  
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia  
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa  
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

### **Ciências Biológicas e da Saúde**

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás  
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina  
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria  
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará  
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa  
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

### **Ciências Exatas e da Terra e Engenharias**

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto  
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí  
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná  
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará  
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande  
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba  
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte  
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

<b>Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)</b>	
E57	<p>Engenharia de construção civil e urbana [recurso eletrônico] / Organizadora Franciele Braga Machado Tullio. – Ponta Grossa, PR: Atena Editora, 2019.</p> <p>Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-852-6 DOI 10.22533/at.ed.526191912</p> <p>1. Construção civil – Brasil. 2. Engenharia civil. I. Tullio, Franciele Braga Machado.</p> <p style="text-align: right;">CDD 624</p>
<b>Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422</b>	

Atena Editora  
Ponta Grossa – Paraná - Brasil  
[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)  
contato@atenaeditora.com.br

## APRESENTAÇÃO

A obra “Engenharia de Construção Civil e Urbana” contempla dezoito capítulos com abordagens sobre as mais recentes pesquisas relacionadas a construção civil e modificação do ambiente urbano. A utilização de novas tecnologias, desenvolvimento de novos materiais promovem um avanço na construção civil, permitindo a execução de novas construções, promovendo a reutilização de diversos materiais que antes eram descartados. O uso de ferramentas computacionais permite um maior controle e gerenciamento de obras, proporcionando uma melhor compatibilização de projetos, e evitando diversos problemas na sua execução. Existem aplicativos que permitem realizar o dimensionamento de diversos elementos, contribuindo para a agilidade na execução de projetos. O estudo sobre o comportamento de materiais utilizados na construção civil permite o desenvolvimento de novas soluções, bem como o aprimoramento de sistemas construtivos existentes, proporcionando maior qualidade, eficiência e segurança às obras. A utilização de resíduos de construção e desenvolvimento de materiais, têm sido amplamente utilizados e além de gerar novas soluções, resulta em benefícios ao meio ambiente. Da mesma forma, o uso da eficiência energética também tem sido utilizado em busca de soluções sustentáveis. Ante ao exposto, esperamos que esta obra proporcione ao leitor uma leitura agradável e traga conhecimento técnico, contribuindo para uma reflexão sobre os impactos que as pesquisas geram na engenharia de construção civil e urbana, e que seu uso possa trazer benefícios a sociedade.

Franciele Braga Machado Tullio

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
DESENVOLVIMENTO DE UM ALGORITMO EM LINGUAGEM PYTHON PARA ANÁLISE DE ESTRUTURAS UTILIZANDO O MÉTODO DOS DESLOCAMENTOS	
Amanda Isabela de Campos	
DOI 10.22533/at.ed.5261919121	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>16</b>
IMPLANTAÇÃO DO BIM EM UMA EMPRESA DE PEQUENO PORTE – ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA JÚNIOR	
Rafael Braida Ribeiro	
Maurício Leonardo Aguilar. Molina	
DOI 10.22533/at.ed.5261919122	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>28</b>
VARIAÇÃO DE CALOR EM UMA PLACA: ANÁLISE EXPERIMENTAL E SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS	
Fábio Gaspar Santos Júnior	
Ana Carolina Carius	
Mariana Anastácia de Oliveira	
DOI 10.22533/at.ed.5261919123	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>40</b>
UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA BIM PARA ELABORAÇÃO E EXECUÇÃO DE PROJETOS NA CIDADE DE ALFENAS-MG	
Leonardo Avelar Pereira	
Laísa Cristina Carvalho	
Iago Bernardes dos Santos	
DOI 10.22533/at.ed.5261919124	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>56</b>
APLICATIVOS DE SMARTPHONE COMO FERRAMENTA PARA O GERENCIAMENTO DE OBRAS	
Francisco Diego Bezerra Soares	
Guilherme Álvaro Rodrigues Maia Esmeraldo	
DOI 10.22533/at.ed.5261919125	
<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>69</b>
A ABORDAGEM <i>DESIGN THINKING</i> NO CURSO DE ENGENHARIA: UMA EXPERIÊNCIA NO DESAFIO DE CRIAR E INOVAR NA COMPLEXIDADE DO ENSINO E APRENDIZAGEM DA DISCIPLINA DE CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL	
Gilselene Garcia Guimarães	
DOI 10.22533/at.ed.5261919126	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>86</b>
INFLUÊNCIA DA COLAGEM DE LAMINADOS DE POLÍMERO REFORÇADO COM FIBRA DE VIDRO (PRFV) NO REFORÇO DE LIGAÇÕES VIGA-PILAR DE ESTRUTURAS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO	
Juliana Penélope Caldeira Soares	
Nara Villanova Menon	
DOI 10.22533/at.ed.5261919127	

<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>101</b>
MÓDULO DE ELASTICIDADE DO CONCRETO: UM ESTUDO SEMI PROBABILÍSTICO E SEUS DESDOBRAMENTOS	
Ana Carolina Carius	
Leonardo de Souza Corrêa	
Vinícius Costa Furtado da Rosa	
Alex Justen Teixeira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5261919128</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>115</b>
STUDY OF THE DURABILITY OF COMPOSITES OF EUCALYPTUS CELLULOSE FIBER STERIFIED FOR CEMENT MATRIX REINFORCEMENT	
Laís Fernanda dos Santos Marques	
Leila Aparecida de Castro Motta	
Rondinele Alberto dos Reis Ferreira	
<b>DOI 10.22533/at.ed.5261919129</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>121</b>
CONTROLE TECNOLÓGICO DA ARGAMASSA POR MEIO DE ENSAIOS DESTRUTIVOS E NÃO DESTRUTIVOS: UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	
Amanda Regina de Souza Macedo	
David Edson Macedo Palhares	
Ariadne de Souza e Silva	
Rafael Alexandre Raimundo	
Cleber da Silva Lourenço	
Ruan da Silva Landolfo	
Uilame Umbelino Gomes	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52619191210</b>	
<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>132</b>
A IMPORTÂNCIA DO EMPREGO DE MATERIAIS RETARDANTES AO FOGO NAS GALERIAS COMERCIAIS DA CIDADE DE JUIZ DE FORA	
Jenifer Pungirum Quaglio	
Maria Teresa Barbosa	
Wendell Albuquerque	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52619191211</b>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>149</b>
CONTRIBUIÇÕES PARA A UTILIZAÇÃO DE ENERGIA GEOTÉRMICA NO BRASIL	
Adriana Coelho Vieira	
Brunno Daibert Andrès	
Luis M. Ferreira Gomes	
Peter Kallberg	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52619191212</b>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>166</b>
ANÁLISE DA RESISTÊNCIA DO CONCRETO SIMPLES COM ADIÇÃO DE CINZA DE CANA-DE-AÇÚCAR	
Ítalo Diego e silva morais	
Ariele Rebeca Martins ribeiro	
Francisco Willian Policarpo de Albuquerque	
Walber Alves Freitas	
Francisca Lucivania policarpo de Albuquerque	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52619191213</b>	

<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>177</b>
ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE USINA RECICLADORA DE RESÍDUOS DE CONCRETO NA INDÚSTRIA DE PRÉ-MOLDADOS: UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE MOSSORÓ/RN	
Adeirton Gois de Lima	
Francisco Herikleptom Mariano da Costa	
Lucas Allan Saldanha dos Santos	
Hannah Lerissa Hydaradaya Moura Santos de Farias	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52619191214</b>	
<b>CAPÍTULO 15</b> .....	<b>188</b>
COMPORTAMENTO DE BLOCOS DE TRANSIÇÃO COM PERFIL METÁLICO <i>Behavior of steel pile cap</i>	
Rodrigo Gustavo Delalibera	
Marcell Godoi Sivelli	
José Samuel Giongo	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52619191215</b>	
<b>CAPÍTULO 16</b> .....	<b>206</b>
ESTUDO COMPARATIVO DA ASSOCIAÇÃO DE MEMBROS DE TRELIÇAS ISOSTÁTICAS	
Francisca Ires Vieira de Melo	
Leonardo Henrique Borges de Oliveira	
Layane Silva de Amorim	
Lourena Barbosa Cavalcante Paiva	
Sara Fernandes Rocha	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52619191216</b>	
<b>CAPÍTULO 17</b> .....	<b>225</b>
FORÇAS DEVIDAS AO VENTO EM ESTRUTURAS DE EDIFÍCIOS ALTOS SEGUNDO DUAS VERSÕES: A SUGERIDA PELA NBR 6123/1988 E OUTRA SIMPLIFICADA	
Marcus Vinicius Paula de Lima	
Nara Villanova Menon	
Maicon de Freitas Arcine	
Juliana Penélope Caldeira Soares	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52619191217</b>	
<b>CAPÍTULO 18</b> .....	<b>240</b>
COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO DE PERFIS DE AÇO FORMADOS A FRIO SUBMETIDOS À COMPRESSÃO DE ACORDO COM A NBR 14762:2010	
Amanda Isabela de Campos	
<b>DOI 10.22533/at.ed.52619191218</b>	
<b>SOBRE A ORGANIZADORA</b> .....	<b>260</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>261</b>

## CONTRIBUIÇÕES PARA A UTILIZAÇÃO DE ENERGIA GEOTÉRMICA NO BRASIL

### **Adriana Coelho Vieira**

Universidade Federal de Juiz de Fora – Universidade Beira do Interior, Juiz de Fora  
MG-Brasil

### **Brunno Daibert Andrès**

Universidade Federal de Juiz de Fora – Universidade Beira do Interior, Juiz de Fora, MG-Brasil

### **Luis M. Ferreira Gomes**

Universidade da Beira Interior, Covilhã, Portugal

### **Peter Kallberg**

Sylvander Trading Lda, Estocolmo, Suécia

**RESUMO:** Existe um cenário estabelecido em que a necessidade de se aumentar a participação das fontes de energia renováveis na composição da matriz energética mundial para fomentar um desenvolvimento económico e social sustentável, em estrito respeito ao meio ambiente, bem como de elemento atenuante para as alterações climáticas, confronta-se com a pressão da demanda pelos usos de recursos naturais gerada pelo inerente crescimento da população mundial. Nesse âmbito e no intuito de melhor satisfazer o binómio do desenvolvimento económico social e proteção do meio ambiente, resta enaltecida aquela fonte de energia devida ao calor proveniente do interior da terra, a geotermia. Para além de ser renovável, limpa

e possuir restritos impactos ambientais, a energia geotérmica apresenta uma taxa de disponibilidade ao dispor durante 24 horas por dia (ininterruptamente) ao longo de todo o ano. Nessa essência, o presente trabalho depois de uma breve referência sobre a necessidade de energias renováveis, apresenta alguns aspetos básicos concetuais e técnicos sobre a energia geotérmica, para numa fase seguinte se dedicar ao potencial geotérmico do Brasil, com apresentação sintética das principais utilizações. No fim, tecem-se algumas considerações finais no sentido de se incentivar e incrementar a exploração e utilização da energia geotérmica no Brasil.

**PALAVRAS-CHAVE:** energia renovável, geotermia, eletricidade, usos geotérmicos diretos, Brasil

### THE GEOTHERMAL ENERGY IN BRAZIL CONTRIBUTIONS FOR THE USE

**ABSTRACT:** Into the perspective to increase the renewable energy sources in the composition of the global energy matrix for sustainable economic and social development, in strict respect for the environment, as well as a mitigating element for climate change, is confronted with the pressure of demand by resources generated by the growth of the world population. In this context and in order to improve the economic and social

in balance with the environment, come to light the source of energy due to the heat coming from the interior of the earth, geothermic energy. In addition, beyond the fact to being renewable, clean and with restricted environmental impacts, it has a maximum energy availability rate of up to 24 hours a day (uninterrupted) throughout the year. In this essay, the present work, after a brief reference on the need for renewable energies, presents some basic conceptual and technical aspects about geothermal energy, in a next phase to focus on the geothermal potential of Brazil, with a synthetic presentation of the main uses. In the end, some final considerations are made in order to encourage and increase the exploration and utilization of geothermal energy in Brazil.

**KEYWORDS:** renewable energy, geothermal energy, electricity, direct geothermal uses, Brazil.

## 1 | INTRODUÇÃO

Mesmo em um cenário de baixa fertilidade, a presente taxa de crescimento da população mundial (Tabela 1) permite estimar que no ano de 2050 existirão 9,8 mil milhões de pessoas (UNITED NATIONS), o que orienta para não haver qualquer tendência de diminuição ou manutenção na atual demanda por energia para atender a todas as necessidades dessas pessoas.

Região	População (Milhões)			
	2017	2030	2050	2100
Mundo	7 550	8 551	9 772	11 184
África	1 256	1 704	2 528	4 468
Ásia	4 504	4 947	5 257	4 780
Europa	742	739	716	653
América Latina e Caraíbas	646	718	780	712
América do Norte	361	395	435	499
Oceania	41	48	57	72

Tabela 1 - Perspetiva da evolução da população nas várias regiões do mundo ao longo do tempo (UNITED NATIONS).

Em adição, de forma conjunta à necessidade crescente por energia para atender à população mundial, existe também importante questão da necessidade de redução da emissão de gases que causam o chamado “efeito estufa”. Os temas têm sido alvo de discussão nos meios acadêmico e científico há várias décadas, mas ganharam repercussão mundial e contorno de cooperação entre as diversas nações a partir da Cimeira do Verão de 1992, também chamada “Eco-92” ou “Rio 92”, realizada na cidade

do Rio de Janeiro, Brasil. A cimeira produziu como resultado o documento intitulado de “Agenda 21” no qual cada país participante se comprometeu a refletir e envolver todos os setores de sua sociedade no estudo de soluções para os problemas resultantes das alterações climáticas e socioambientais nele expressos. Nesse âmbito houve consenso no que tange à necessidade da diminuição na emissão de gases com efeito estufa e, para tal efeito, não se poderia ter um desenvolvimento sustentável sem o uso de fontes de energia renováveis. Nesse sentido, ficou estabelecido o objetivo de cada país formular programas nacionais para o desenvolvimento de energias renováveis em vários setores: solar, hídrico, eólico, geotérmico e de biomassa (UNITED NATIONS).

De qualquer modo se enfatiza que mesmo as fontes de energia renováveis sendo em sua maioria consideradas limpas ou que não causam poluição ambiental, é facto que não se pode dizer que deixem de causar quaisquer impactos ao meio ambiente. Por exemplo, uma central hidroelétrica quando de sua implementação e operação, por vezes demanda a constituição de grande reservatório e extenso troço de rio com caudal reduzido afetando os ecossistemas existentes em nível de macro e micro-habitat. Uma segunda observação deve ser colocada no sentido de que quanto mais fiável e constante é a disponibilização da energia, maior é a segurança de uma sociedade na sua utilização para fomento de seu desenvolvimento e menor é a dependência de fontes complementares. Essa segunda consideração é devida em virtude de a maioria das fontes possuir “gargalos” que afetam sua pronta disponibilidade e que podem ser, por exemplo, devido a fatores hidrológicos sazonais no caso de aproveitamentos hidráulicos ou intermitência dos ventos no caso de eólicas.

Das fontes de energia anteriormente mencionadas, a geotérmica é uma das que mais se destaca por conseguir colidir com os interesses da proteção ao meio ambiente (limpa e renovável) e prover fiabilidade no sentido da disponibilidade da energia necessária a servir como alicerce para o desenvolvimento económico e social, pois podem funcionar 24 horas por dia sem problemas de intermitência.

## 2 | ASPETOS CONCRETUAI E TÉCNICOS

Preliminarmente e de maneira sucinta pode-se indicar que a energia geotérmica é aquela extraída a partir da energia térmica do interior do planeta. Para aquela energia ser extraída tem que estar presente num fluido, e por isso há vantagem em explorar sistemas aquíferos com águas subterrâneas naturalmente quentes, que por vezes, tem grandes temperaturas.

Segundo HAMZA, o calor interno da Terra é uma das principais fontes de energia ao alcance da sociedade moderna. As estimativas atuais indicam que o fluxo de calor geotérmico equivale a cerca de cem vezes o consumo energético global anual. Salienta-se que cerca de 99% da massa da Terra tem temperatura superior a 1000°C e menos que 0,1% está mais fria que 100°C. O centro da Terra terá temperaturas entre 7300 e 8000°C, e a fronteira núcleo-manto terá 4000°C, ou mais (BROWN). Verifica-

se, em termos médios, na crosta continental a temperatura aumenta em profundidade, cerca  $0,033^{\circ}\text{C}/\text{m}$  (IGM – INSTITUTO GEOLÓGICO E MINEIRO). Se aquele gradiente se verificar num local onde se esteja a efectuar uma sondagem, serão de esperar, por exemplo, aos 100m um acréscimo de  $3^{\circ}\text{C}$ , aos 1000m um acréscimo de  $33^{\circ}\text{C}$  e aos 5000m um acréscimo de  $165^{\circ}\text{C}$ . De qualquer modo, salienta-se que há muitos lugares onde o gradiente geotérmico é superior àquele valor (FERREIRA GOMES Et al.). Portanto, à partida há muita energia disponível; será mesmo uma questão de efectuar perfurações, para a conseguir ir buscar. De qualquer modo salienta-se que há ainda muitos lugares, como acontece no Brasil, que mesmo à superfície ocorrem nascentes de água quente com grande caudal.

A geotermia pode ser analisada sob vários pontos de vista: energético, natural (geológico), terapêutico (termalismo), turístico, cultural, económico e ainda ambiental. É sob o ponto de vista energético que interessa ao presente trabalho.

A geotermia sob o ponto de vista energético pode ser organizada em três grandes grupos, dependendo da temperatura,  $T$ , do fluido de base que transporta o calor, de acordo com o seguinte: i) a Alta Entalpia ( $T > 100^{\circ}\text{C}$ ), com a possibilidade de produção de energia eléctrica; ii) a Baixa Entalpia ( $20^{\circ}\text{C} < T < 100^{\circ}\text{C}$ ), com a possibilidade de aproveitamentos vários, normalmente em cascata, com o uso direto do calor da água; e a Muito Baixa Entalpia ( $T < 20^{\circ}\text{C}$ ), com o uso da “bomba de calor” em especial na climatização de edifícios, quer em aquecimento quer em arrefecimento do interior de edifícios.

O limite de temperatura entre a Baixa e a Alta Entalpia, ainda há poucos anos era considerado na temperatura de  $150^{\circ}\text{C}$ , no entanto registou-se aquela fronteira, pois já está consolidada a tecnologia com turbinas do tipo Organic-Rankine-Cycle (ORC), que permite produzir electricidade por volta de  $100^{\circ}\text{C}$ . A situação mais corrente para produzir electricidade usa o fluido a partir de captações instaladas em reservatórios de água muito quente ou vapor de água. Aspectos clássicos sobre a produção de electricidade a partir de fontes geotérmicas poderão observar-se na vasta bibliografia sobre o assunto, nomeadamente nos artigos do tópico “Power Generation” do último congresso mundial de geotermia que ocorreu em 2015 na Austrália, merecendo referencia por exemplo os trabalhos de (BERTANI), (HUANG) e (LI Et al.).

Entretanto com uma tecnologia avançada em que usa uma solução “*plug and play*” que inclui permutadores de calor, bombas, turbinas e conversores/inversores, entende-se ser promissora pois segundo os elementos disponíveis é possível produzir electricidade a partir de água quente desde  $70^{\circ}\text{C}$  (CLIMEON). A Figura 1 apresenta as componentes principais e esquemas de princípio, daquele sistema, sendo de salientar que se necessita no essencial de apenas três conexões: uma fonte de calor (pode ser um furo de água subterrânea com água disponível a temperaturas superiores a  $70^{\circ}\text{C}$ ), uma fonte de refrigeração (por exemplo, uma torre de resfriamento ou água de um rio, lago ou mar) e um cabo de alimentação para a sua placa principal. É uma solução compacta, e opera a baixa pressão (2,5 bar). O design modular faz com

que seja facilmente escalável a partir de 150 kW de potência e até vários megawatts para instalações maiores. O sistema pode ser adaptado para capacidade máxima enquanto o design modular garante eficiência ideal, mesmo com carga parcial. Os módulos são automaticamente ligados ou desligados para combinar a energia térmica de entrada quando houver flutuação na fonte de calor. Podem desta maneira ser implementadas centrais geotérmicas compactas e modulares. Esta tecnologia é já usada comercialmente com sucesso em por exemplo América do Norte, Japão, Suécia e na Islândia (o país mais avançado de energia geotermia).

Ainda no âmbito da produção de eletricidade, há as situações de quando os maciços rochosos sendo secos, mas tendo gradientes geotérmicos favoráveis, pode usar-se a tecnologia do tipo HDR (Hot Dry Rock). Estes são aproveitamentos geotérmicos em “reservatórios de rocha quente e seca”, onde inicialmente não havendo água, mas sendo injetada por um furo a profundidades elevadas (4 a 5km) e recuperada por outro, pode levar a aproveitamentos interessantes no domínio da alta entalpia. Um importante exemplo em curso, desde 1987, ocorre em Soultz-sous-Forêts na Alsácia, no ‘graben’ do Reno (Figura 2). Em 2001, começou a ser construída uma estação piloto com três furos de cerca de 5000m, sendo um de injeção e dois de produção (AFONSO DE ALBUQUERQUE).

Em relação ao uso direto de energia geotérmica, com temperaturas entre 20 e 100°C, é um dos mais antigos, mais versáteis e também a forma mais comum de utilização de energia geotérmica. Elementos históricos sobre aplicações geotérmicas em uso directo estão bem documentados para mais de duas dezenas de países em “*Stories from a Heat Earth – Our Geothermal Heritage* (CATALDI Et al.), com referências sobre utilizações geotérmica desde há mais de 2000 anos. Elementos recentes sobre o ponto de situação em termos mundiais foram apresentados por (LUND e BOYD); na Figura 3 apresenta-se os diferentes usos diretos e sua distribuição em termos percentuais, sendo de referir que são as aplicações em banhos e natação (Termas, Balneoterapia, Espaços aqualúdicos, Piscinas) que ocorrem em maior percentagem. Neste tipo de usos diretos, ocorrem os designados aproveitamentos em cascata, ou seja, retira-se o calor da água inicial, para ser transferido em várias fases e em diferentes aplicações. Um exemplo, é o que se passa nas Termas de São Pedro do Sul (Portugal), cujo esquema de princípio é apresentado na Figura 4, em que a água termal inicialmente a 67°C, perde energia em permutador água termal x água normal, e vai ser usada no termalismo; entretanto aquela energia transferida para um fluido (água normal) em circuito fechado, fica a cerca de 60°C, aquece o ambiente do interior de edifícios, e no seguimento, já menos quente (cerca de 50°C) aquece as águas sanitárias desses mesmos edifícios, para ficar com cerca de 40°C e regressar à origem, iniciando novo ciclo.

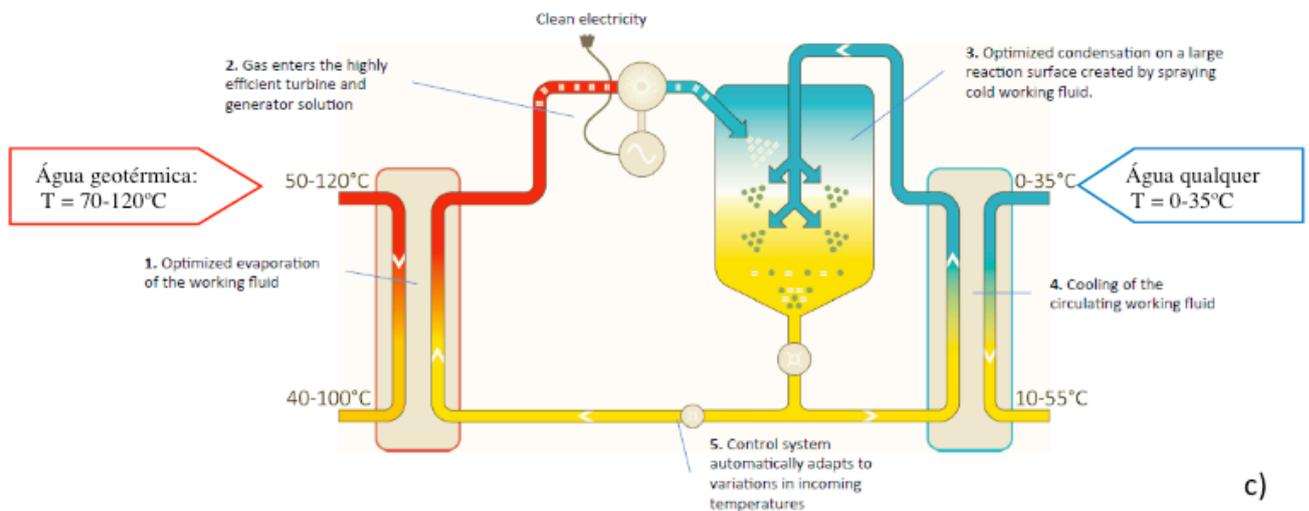
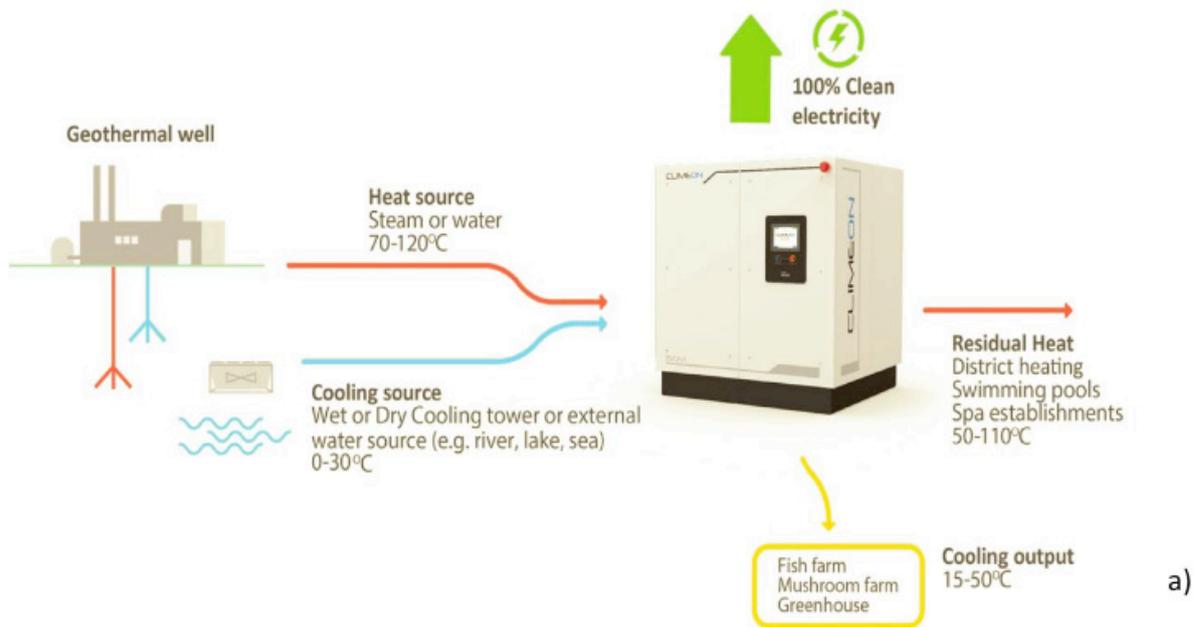


Figura 1 - Componentes principais e esquemas de princípio de sistemas "plug and play" que permitem produzir eletricidade a partir de água quente disponível a temperaturas desde 70°C (BERTANI).

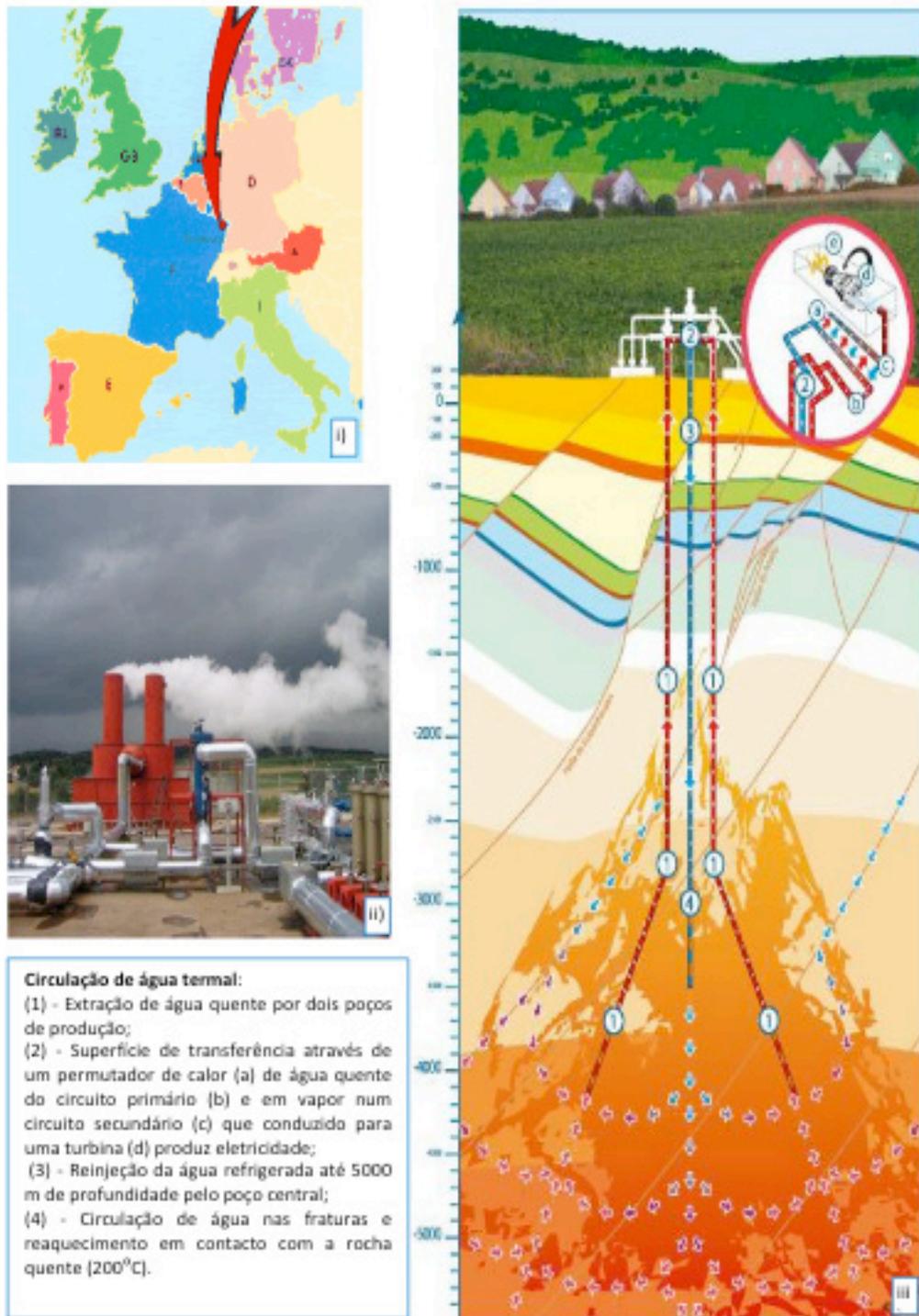


Figura 2 - Central Geotérmica de Soultz-sous-Forêts na Alsácia, do tipo HDR (Hot Dry Rock): i) sua localização; ii) imagem real da Central Geotérmica; iii) esquema de princípio da estação piloto da central geotérmica (AFONSO DE ALBUQUERQUE).

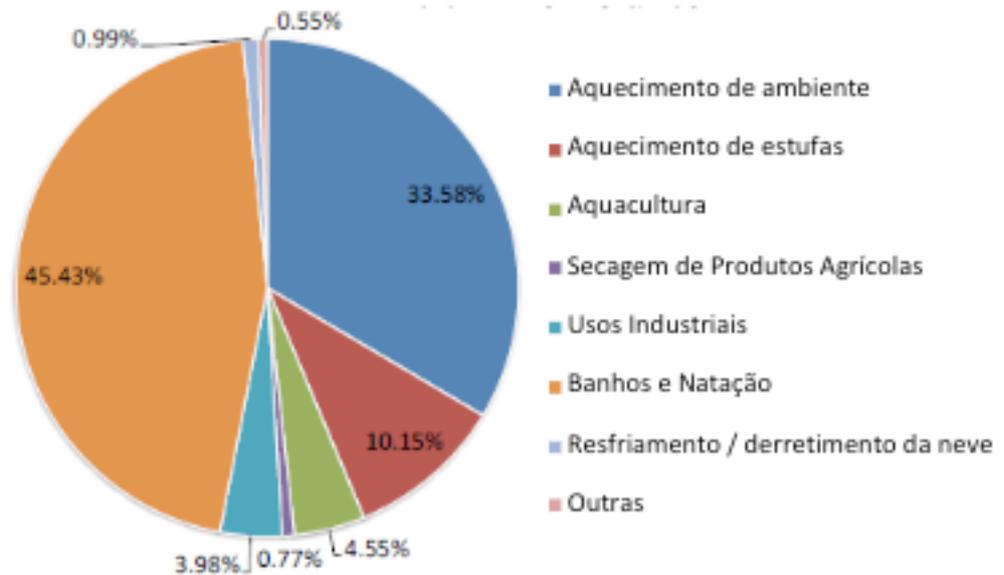


Figura 3 - Diferentes usos diretos em aproveitamentos geotérmicos no mundo em 2015 (sem bombas de calor geotérmicas) (LUND e BOYD).

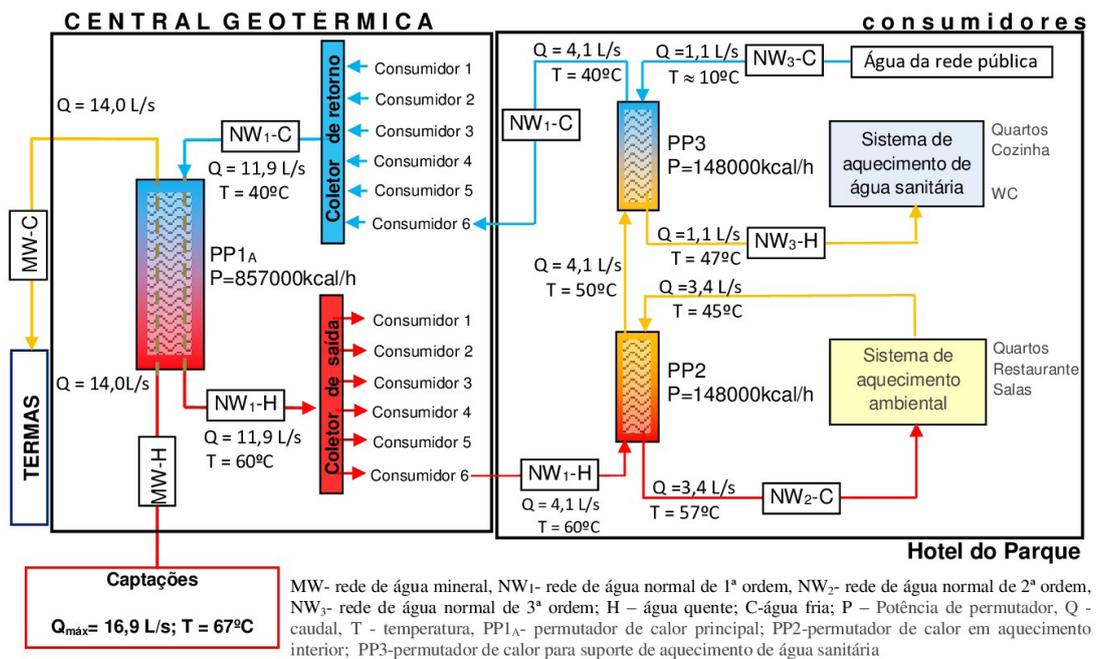


Figura 4 - Esquema de princípio dos sistemas exploração/produção de energia geotérmica no Polo das Termas de São Pedro do Sul (Portugal) e em particular no Hotel do Parque (FERREIRA GOMES).

Nesta fase é de referir os sistemas de trigeração, que a partir de fontes de água quente natural, com temperaturas muito inferiores a  $100^\circ\text{C}$ , consegue-se climatizar em frio, usando refrigeradores de adsorção, que são ativados termicamente e, portanto, têm um consumo de eletricidade insignificante. A refrigeração por adsorção é uma alternativa de climatização muito económica e ecológica. Sobre a situação de usar máquinas de refrigeração termicamente ativadas com energia geotérmica, para fins de climatização em frio pode ser consultada em ANASTASIOUA et al (ANASTASIOUA et al).

O uso da geotermia de muito baixa temperatura ( $T < 20^{\circ}\text{C}$ ), é conhecido tradicionalmente pelo uso de bombas de calor geotérmicas (BCG) e mais recentemente também por Geotermia Superficial (GS). A utilização de GS, como tecnologia, baseia-se no facto da temperatura do solo ser constante (cerca de  $13^{\circ}\text{C}$  a  $17^{\circ}\text{C}$  dependendo da região e da profundidade). Captando-se essa temperatura constante do solo, para um fluido a circular numa conduta, que evolui até à bomba de calor (Figura 5). A bomba de calor tem como missão receber aquela temperatura e função do objetivo aumenta-a ou diminui-a, para que um outro fluido evolua até ao local de consumo, em aquecimento ou arrefecimento. Pode considerar-se que estes sistemas são constituídos, basicamente, por três principais componentes: a captação (solo), a bomba de calor, e a emissão (aproveitamento). A captação pode ser de várias maneiras, como se mostra na Figura 5; podem usar-se sistemas de tubos geralmente de polietileno colocados na horizontal, na vertical, ou até em fundações de edifícios quer em estacas, quer até associadas a sapatas contínuas de grandes muros de suporte, usando um fluido que pode ser água glicolada ou um fluido frigorígeno que circula continuamente em circuito fechado; a captação pode ainda ser de água subterrânea, e esta ser usada diretamente a circular no tubos até à bomba de calor e depois de transferir o seu calor, ser reinjetada no sistema aquífero.

A terceira componente, a emissão, permite a produção de águas quentes sanitárias, e no caso de climatização em aquecimento pode ser assegurado através da instalação de piso radiante, radiadores, e ventilo-convectores; no caso de climatização em arrefecimento devem-se usar os ventiloconvectores devido a eventuais condensações.

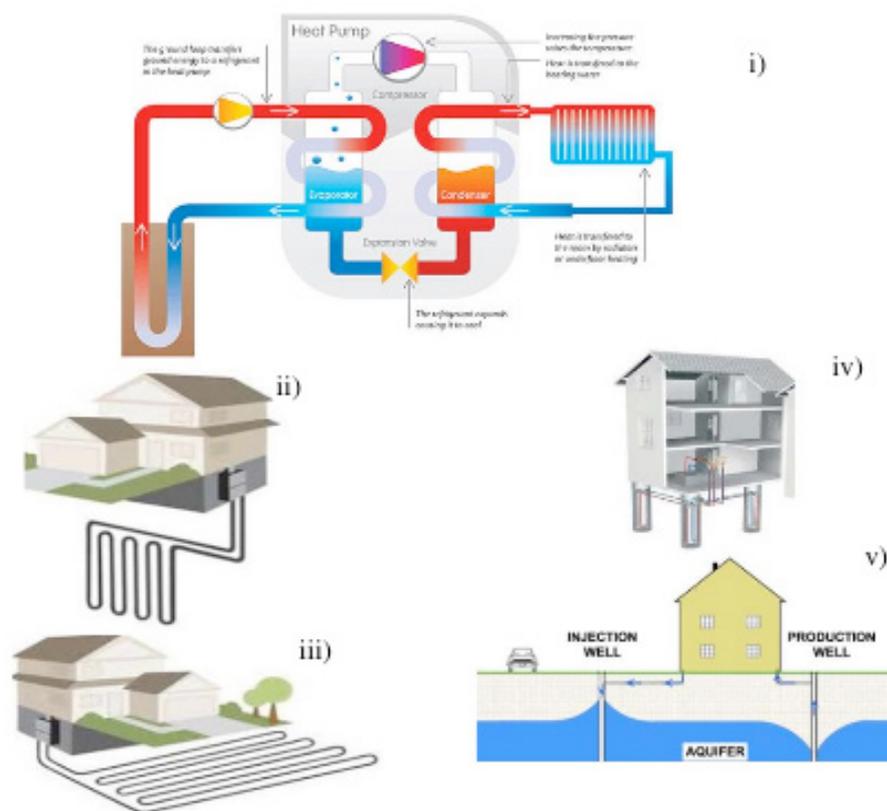


Figura 5 - Esquemas de princípio dos sistemas exploração/produção de energia geotérmica no âmbito da Geotermia Superficial (com  $T < 20^{\circ}\text{C}$ ) para climatizar edifícios (aquecer e/ou arrefecer) e aquecimento de águas sanitárias: i) esquema de princípio geral, evidenciando a bomba de calor ao centro, o sistema de captação de calor do solo à esquerda e o sistema de transferência de energia para o local de consumo à direita; ii) a v) sistemas de captação de calor do solo (MADUREIRA).

### 3 | ENERGIA GEOTÉRMICA NO BRASIL

#### 3.1 Elementos sobre o Potencial Geotérmico

O histórico de investigações geotérmicas no Brasil iniciou-se com a descoberta da lagoa de Pirapetinga, no Município de Caldas Novas (Goiás), por Sebastião Marinho, em 1545. O ribeirão das Caldas Velhas, hoje no Município de Rio Quente, também em Goiás, foi descoberto em 1722 por outro bandeirante, Bartolomeu Bueno da Silha. No entanto, as investigações sistemáticas sobre a natureza científica dessas e de outras fontes geotérmicas no País foram iniciadas somente após a década de 1960, mas grande parte dos dados geotérmicos foram obtidos nas últimas três décadas como parte de projetos de pesquisas geofísicas e de exploração de recursos minerais realizados por empresas estatais, universidades e institutos de pesquisa. Podem-se citar os dados coletados, por exemplo, pela Petrobras, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Universidade de São Paulo (USP), Universidade da Bahia, pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e Observatório Nacional (HAMZA).

No Brasil as águas quentes são encontradas em vários estados, mas as mais divulgadas atualmente são as de Goiás localizadas no município de Caldas Nova e as que estão na “Pousada do Rio Quente”. Segundo a pesquisa do médico Ruy Carmargo é a região Centro-Oeste a que mais possui Nascentes de temperatura superior a 38°C; em Goiás três localidades possuem várias fontes, sendo que só na da Lagoa de Pirapitinga, Caldas Nova, há 9 fontes de 40 a 57°C; já em Mato Grosso o referido autor aponta 5 localidades; outros estados como Bahia, Minas Gerais, Pará, Paraná, Pernambuco e Santa Catarina possuem águas com temperaturas superiores a 38°C (DORO).

Segundo DORO, o Código de Águas Minerais Brasileiro (Dec.-Lei 7.841 de 8 de agosto de 1945) apresenta a classificação das águas minerais, quanto à temperatura (T), de acordo com o seguinte: I) Fontes Frias se  $T < 25^{\circ}\text{C}$ ; II - Fontes Hipotermiais, se  $25 < T < 33^{\circ}\text{C}$ ; III - Fontes Mesotermiais, se  $33 < T < 36^{\circ}\text{C}$ ; IV - Fontes Isotermiais, se  $36 < T < 38^{\circ}\text{C}$  (temperatura do corpo humano); V – Fontes Hipertermiais, se  $T > 38^{\circ}\text{C}$ . Estes elementos de nascentes com temperaturas modestas, ligadas à partida mais ao termalismo, têm muito interesse pois não só podem permitir as várias aplicações geotérmicas diretas, na indústria em vários setores, como a produção de águas quentes sanitárias e a trigeração em zonas turísticas, mas também porque nesses locais onde ocorrem, essas águas podem ser captadas a grandes profundidades e aumentar a temperatura das mesmas, viabilizando até a produção de eletricidade.

Recentes trabalhos que merecem referência sobre aspetos de geotermia no Brasil, foram apresentados no Congresso Mundial de Geotermia, que decorreu em 2015 na Austrália, por HAMZA e VIEIRA e VIEIRA, Et al.. Segundo HAMZA e VIEIRA há trabalhos de autores anteriores a identificar nascentes termiais em cerca de 400 locais no Brasil, com temperaturas na faixa de 30 a 50°C. Em muitos casos, a análise química das águas daquelas nascentes indicam que partes de fluidos nas nascentes são uma mistura de água com origem em reservatórios profundos com outras águas mais superficiais.

Na Figura 6 apresenta-se a localização dos principais sistemas de nascentes termiais do Brasil e relação com as suas principais unidades geológicas e aplicações. Na Tabela 2 apresentam-se as características fundamentais em termos de sensibilidade energética como o caudal, temperatura e ainda a potência térmica dos principais casos do Brasil, segundo HAMZA e VIEIRA. Evidenciam-se as singularidades de ocorrerem casos com caudais espetaculares pelos seus elevados valores.

Nesta fase, sobre o potencial geotérmico do Brasil, merecem referência os estudos muito avançados que têm vindo a ser desenvolvidos há alguns anos e que levaram à publicação dos mapas apresentados na Figura 7, que apresentam as *temperaturas excessivas* estimadas de recursos geotérmicos a profundidades de 3 km e 6 km, mostrando que há locais com muito potencial para a exploração de energia geotérmica em produção de eletricidade. Em relação à produção de eletricidade é de mencionar ainda que as ilhas Brasileiras atlânticas de Fernando de Noronha e Trindade apresen-

tam elevado potencial para produção de eletricidade.

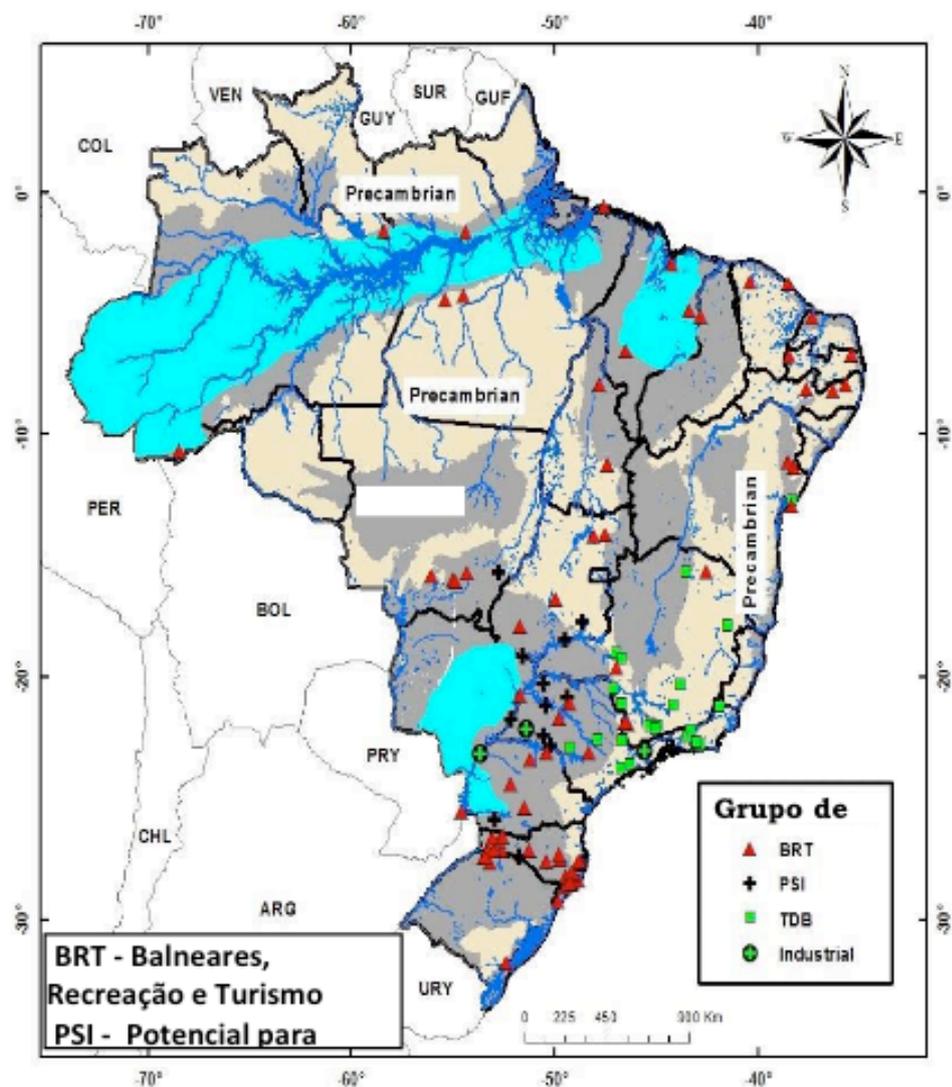


Figura 6 - Localizações dos principais sistemas de nascentes termais no Brasil e relação com as suas principais unidades geológicas e aplicações [18]

Localidade	Coordenadas		Caudal (L/s)	Temperatura (°C)	Potência (MWt)
	Latitude	Longitude			
Cachoeira Dourada	18.4920	49.4750	139	40	6
Caldas Novas	17.7478	48.6258	333	57	35
Itajá	19.1333	51.6000	400	38	15
Rio Quente	17.7478	48.6258	1667	42	70
General Carneiro	15.7000	52.7667	152	46	10
Águas do Veré	25.8833	52.9167	694	38	23
Piratuba	27.4200	51.7720	194	38	7
Cornélio Procópio	23.1747	53.6469	14	39	2
Araçatuba	21.2090	50.4330	417	48	31
Fernandópolis	22.8400	50.2460	14	48	2
Jales	20.2667	50.5500	14	59	2
Paraguaçu Paulista	22.4130	50.5760	14	61	2
Presidente Epitácio	21.7630	52.1160	28	78	6
Presidente Prudente	22.1260	51.3890	56	63	8
São José do Rio Preto	20.8156	49.3858	28	45	2
Taubaté	23.0250	45.5586	28	48	2
Total					223

Tabela 2 - Características dos principais sistemas de Nascentes Termais do Brasil (HAMZA e VIEIRA).

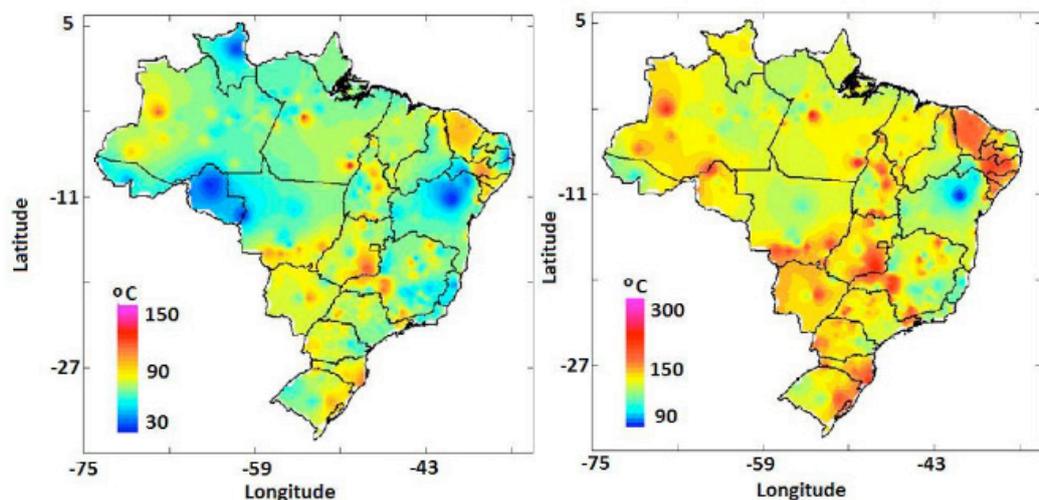


Figura 7 - Distribuições de *temperaturas excessivas* de recursos geotérmicos a profundidades de 3 km (painel esquerdo) e 6 km (painel direito) (HAMZA e VIEIRA).

### 3.2 Utilizações de Energia Geotérmica no Brasil

Sobre a utilização de energia geotérmica na produção de eletricidade é uma situação que atualmente não acontece no Brasil, no entanto com o avanço da tecnologia e os estudos minuciosos já bastante avançados disponíveis, entende-se que será para muito breve essa realidade. Será uma questão do governo brasileiro em especial criar

incentivos financeiros, com apoio até, eventualmente de fundos internacionais, devido há necessidade de minorar os problemas globais ambientais pela necessidade do planeta mudar de paradigma em relação ao uso excessivo de combustíveis fósseis. Esses apoios financeiros, devem ser numa fase inicial canalizados para prospeções mecânicas de grande profundidade associadas a estudos sobre modelos geohidráulicos concetuais, em especial nas zonas onde já há nascentes termais.

Sobre o uso direto, segundo VIEIRA, GUIMARÃES e HAMZA, em 2015, o Laboratório Geotérmico do Observatório Nacional Brasileiro compilou informações sobre os principais sistemas geotérmicos explorados comercialmente no Brasil. Os usos foram organizados nos seguintes grupos: BRT – Balneares, Recreação e Turismo; ii) PSI - Potencial para aquecimento ambiental e uso industrial; iii) TDB - Termas e águas de Engarrafamento. Os vários locais considerados são discriminados na Figura 6 e os principais são listados com suas características e potencial térmico na Tabela 2. Enfatiza-se que a concentração de nascentes termais é relativamente alta nas partes sul e central do Brasil, em comparação com as partes do norte. Na referida Figura 6, são também salientados os locais de uso industrial de água termal.

Os sistemas de nascentes termais pertencentes ao grupo BRT têm uma potência térmica total estimada em 16 MWt e um uso anual de energia de cerca de 189 TJ (VIEIRA Et al.); as localidades dessas nascentes termais tornaram-se atrações turísticas populares nas últimas décadas; atualmente essas zonas do Grupo BRT de pequena escala são visitadas por cerca de 1,5 milhão de turistas por ano. Isso, por sua vez, estimula considerável atividade econômica local. As aplicações nesses espaços aqualúdicos e centros turísticos é no entretenimento e na prática de programas para revitalizar o corpo em ambiente relaxante.

Sistemas do grupo PSI têm uma capacidade térmica total estimada de 343 MWt e um consumo anual de energia de cerca de 6.291 TJ [19]; atualmente os recursos térmicos nesses locais estão sendo usados quase exclusivamente para banhos e recreação, apesar de seu considerável potencial para aquecimento ambiental e uso industrial. Salienta-se que o uso industrial da água termal tem sido tentado apenas em algumas localidades. Na cidade de Taubaté, na água geotérmica do sudeste paulista a 48°C, foi utilizada, durante as décadas de 1970 e 1980, para processamento industrial de madeira (pré-aquecimento antes de descascar). Em Cornélio Procópio no Estado do Paraná, a água geotérmica a 50°C é bombeada de um furo com 950 metros e utilizada, desde 1980, como água pré-aquecida para caldeiras, na produção industrial de café solúvel.

Os sistemas do grupo TDB têm uma capacidade térmica total estimada de 3 MWt e um consumo anual de energia de cerca de 56 TJ (VIEIRA Et al.); a exploração de água mineral não térmica para fins terapêuticos é bastante difundida. Segundo estimativas recentes, receitas geradas pela indústria de água mineral constituem um componente significativo da economia em muitos municípios.

Sobre o uso de trigeriação, par afazer arrefecimento ambiental no interior de

edifícios, a partir de água geotérmica quentes, não há nenhuma informação que isso aconteça no Brasil, no entanto entende-se ser uma área de muito interesse a explorar no futuro, em especial nas zonas onde ocorrem muitos hotéis e centros termais e aqualúdicos, desde que se disponibilize água termal quente a temperaturas superiores a 70°C; será uma questão uma vez mais de se investir em prospeção mecânica de modo a captar água a profundidades adequadas.

Sobre o uso de Geotermia Superficial ou de Bombas de Calor, esta tecnologia apresenta-se ainda incipiente no Brasil (ARBOIT Et al.). Há expectativas para que nos próximos anos a utilização deste tipo de tecnologia se torne comum em condomínios brasileiros (CAMPOS Et al.). Entende-se que deva ser dada particular atenção ao uso da mesma no domínio do resfriamento do interior de edifícios.

#### 4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para atender à crescente demanda energética pressionada pelo aumento da população mundial e na busca do desenvolvimento socioeconómico em estrito e concomitante respeito ao meio ambiente, a energia geotérmica é uma das que mais se destaca frente as demais energias renováveis por conseguir colidir com os interesses da proteção ao meio ambiente (limpa e renovável) e prover fiabilidade no sentido da disponibilidade da energia necessária a servir como alicerce para o desenvolvimento económico social (pode funcionar 24 horas por dia sem problemas de intermitência).

Conforme identificado existem várias tecnologias já desenvolvidas que suportam a exploração dessa fonte energética em várias utilizações, desde a produção de eletricidade mesmo quando a temperatura do fluido geotérmico é inferior a 100°C, a aproveitamentos vários com usos diretos/indiretos em cascata, podendo numa primeira fase, por exemplo com temperaturas na ordem dos 70°C, climatizar edifícios, mesmo em refrigeração usando os sistemas de trigeração, a aquecimentos de águas sanitárias, já com temperaturas na ordem dos 50°C, e de seguida usos em balneoteria/termalismo e até outros mais a jusante com aquecimento em estufas (agrícolas, aquacultura, hidroponia entre outros); por fim, enfatiza-se a existencia de tecnologia de sistemas de geotermia de muito baixa temperatura (inferior a 20°C), também ditos de Geotermia Superficial ou sistemas de Bombas de Calor, que mesmo em terrenos secos, com circulação de fluidos em tubos no solo na horizontal, na vertical ou até associados a fundações de edifícios, permitem oferecer grandes contributos na poupança de energia para climatizar o interior de edifícios, mesmo em refrigeração usando termoventiloconvectores, e contribuindo ainda para aquecimento das águas sanitárias.

O Brasil tem imenso potencial, sendo a prova disso a particularidade de que as nascentes geotérmicas são as principais atrações do público no Brasil, pois contribuem para o turismo local e regional, como são o caso de Caldas Novas (Goiás), Rio Quente

(Goiás), Foz do Iguaçu (Paraná), Barra das Garças (Mato Grosso), Termas de Piratuba (Santa Catarina), Araxá (Minas Gerais), Olímpia, Águas de Lindóia (São Paulo), Águas de São Pedro (São Paulo), Nova Prata (Rio Grande do Sul), Águas Mornas (Santa Catarina) de entre outros. São locais que já atraem turismo de todo o mundo, e essa atração irá continuar a crescer sem nenhuma dúvida.

Naquelas áreas e em imensas outras pelo extenso Brasil, em especial há imenso potencial de aumentar a temperatura daqueles sistemas de nascentes termais, com captações profundas, potenciando os aproveitamentos em cascata, de modo a beneficiarem os vários setores em simultâneo, ou seja, não só os hotéis e edifícios urbanos próximos com a sua climatização, o aquecimento das suas águas sanitárias, a balneoterapia, e ainda várias eventuais indústrias que tirem partido dos níveis de temperaturas mais baixas. Será uma questão de haver apoios financeiros quer pelos próprios privados, governo do Brasil, ou até instituições internacionais, visto o interesse mundial de tais lugares e os contributos para o meio ambiente global na minimização do uso de energias fósseis.

Aqueles apoios devem ir no sentido não só de novas captações, com sondagens mecânicas profundas, como ainda na implementação das tecnologias de aproveitamentos geotérmicos no sentido de a sociedade criar contacto com estes sistemas que afinal a maioria deles já são de uso corrente em alguns países do mundo.

## REFERÊNCIAS

AFONSO DE ALBUQUERQUE, F.J.R. Energia geotérmica em edifícios – o caso do Hotel do Parque no Campo Geotérmico e Hidromineral de São Pedro do Sul. **Disst.de Mestrado**. Universidade da Beira Interior. 150p., 2011.

ANASTASIOUA, A. D.; BARKAOUIB, A.; ZARHLOULEB, Y.; GEORGIADISA, M.; PARASA, S.V. e MOUZAA, A.A. Absorption cooling utilizing geothermal water: the paradigm of Morocco. Jiří Jaromír Klemeš, Petar Sabev Varbanov and Peng Yen Liew (Editors), **Proceedings of the 24th European Symposium on Computer Aided Process Engineering – ESCAPE 24**, Budapest, Hungary.

ARBOIT, N. K. S.; DECEZARO, S.T.; MELLO DO AMARAL, G.; LIBERALESSO, T.; MAYER, V.M. e KMERICH, P.D.C. - Potencialidade de utilização da energia geotérmica no Brasil – uma revisão de literatura. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, Volume 26, p. 155-168, 2013

BERTANI, R. Geothermal Power Generation in the World 2010 – 2014 Update Report. **Proceedings World Geothermal Congress 2015**. Melbourne, Australia, 19 p., 2015.

BROWN, G.C. e MUSSETT, A.E. **The inaccessible earth**”, 2nd edition. Chapman & Hall, Oxford/ Great Britain, 276 p., 1993.

CAMPOS, A. F.; SCARPATI, C. B. L.; SANTOS, L.T. PAGEL, U.R.; e SOUZA, V.H.A. - Um Panorama sobre a Energia Geotérmica no Brasil e no Mundo : Aspectos Ambientais e Econômicos. **Revista Espacios**. Vol. 38 (Nº 01), 8p. 2017.

CATALDI, R.; HODGSON, S. F.; e LUND, J. W. **Stories from a Heated Earth – Our Geothermal Heritage**, Geothermal Resources Council and International Geothermal Association, Davis, California, 569 p., 1999.

CLIMEON. Heat power - Clean power generation from waste heat, from geothermal energy. CLIMEON

(<https://climeon.com/the-company/>), Business for a better world. 33p., 2015.

DORO, M. P.M. - A Onomástica no discurso publicitário turístico das Estâncias Hidrominerais: Águas de São Pedro, Um Estudo. **Tese de Doutorado**. Universidade de São Paulo. São Paulo, 261p., 2010.

FERREIRA GOMES, L. M. e ALBUQUERQUE, F. Aproveitamentos geotérmicos no Campo Hidromineral e Geotérmico de S. Pedro do Sul – Elementos Globais. **Newsletter Nº2. Plataforma Portuguesa de Geotermia Superficial**. PPGS, pp.4-5., 2015

FERREIRA GOMES, L. M.; FERREIRA GUEDES, J.; GOMES DA COSTA, T. C.; COELHO FERREIRA, P. J.; NEVES TROTA, A.P. Geothermal potential of Portuguese granitic rock masses: lessons learned from deep boreholes. **Environmental Earth Sciences**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Vol. 73, Number 6, pp.2963-2979, 2015.

HAMZA, V. M. Em busca do calor da Terra. **Revista 175 anos do Observatório Nacional - Geofísica**, p.54 -59, 2002.

HAMZA, V.M. e VIEIRA, F.P. - Obliteration of Thermal Springs by Lateral flow of Groundwater: Implications for Resource Assessments. **Proceedings World Geothermal Congress 2015**. Melbourne, Australia, 11 p., 2015.

HUANG, L. The Case Studies of Mid-low Temperature Geothermal Power Plant in China,” Lichang. **Proceedings World Geothermal Congress 2015**. Melbourne, Australia, 7p., 2015.

IGM – INSTITUTO GEOLÓGICO E MINEIRO. **Recursos Geotérmicos em Portugal Continental – Baixa Entalpia**. Instituto Geológico Mineiro – Ministério da Economia. 24p., 1998.

LI, T.; WANG, Q.; ZHU, J.; FU, W.; HU, K. Performance Enhancement by Series Double Cascade-evaporation Organic Rankine Cycle (SDCORC) for Geothermal Power Generation. **Proceedings World Geothermal Congress 2015**. Melbourne, Australia, 13p., 2015.

LUND, J.W. e BOYD, T. Direct Utilization of Geothermal Energy 2015 Worldwide Review. **Proceedings World Geothermal Congress 2015**. Melbourne, Austrália, 31p., 2015.

MADUREIRA, P.R. – Apresentação da Plataforma Portuguesa de Geotermia Superficial. **1º Seminário da Plataforma Portuguesa de Geotermia Superficial – PPGS**. Organização: LNEG, DGEG, APG e ADENE. Auditório do LNEG, Alfragide, 8 de julho; 13p., 2013.

UNITED NATIONS. World Population Prospects. **The 2017 Revision Key Findings and Advance Tables**. ISSN 10187081. doi: 10.1017/CBO9781107415324.004, p.1-46, 2017.

UNITED NATIONS. United Nations Conference on Environment & Development Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June 1992, **AGENDA 21**, Site: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>, consultado 2019.01.21, 351p., 1992.

VIEIRA, F.P., GUIMARÃES, S.N.P. e HAMZA, V.M. - **Updated Assessment of Geothermal Resources in Brazil**. Proceedings World Geothermal Congress 2015. Melbourne, Austrália, 12 p., 2015.

## **SOBRE O ORGANIZADORA**

**FRANCIELE BRAGA MACHADO TULLIO** Engenheira Civil (Universidade Estadual de Ponta Grossa - UEPG/2006), Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho (Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/2009, Mestre em Ensino de Ciências e Tecnologia (Universidade Tecnológica federal do Paraná – UTFPR/2016). Trabalha como Engenheira Civil na administração pública, atuando na fiscalização e orçamento de obras públicas. Atua também como Perita Judicial em perícias de engenharia. E-mail para contato: francielebmachado@gmail.com

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Ação do vento 225, 226, 228, 229, 230, 235  
Algoritmo 1, 3, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 240, 251, 254, 258  
Análise estrutural 1, 2, 4, 9, 14, 15, 90, 91, 93, 94, 95, 96, 98, 198, 224  
Aplicativo 28, 56, 60, 61, 62, 63, 66  
Aprendizagem 69, 70, 71, 72, 73, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 84  
Argamassa 107, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 130, 131  
Armaduras 93, 95, 192, 196, 197, 199, 200, 202

### B

BIM 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 40, 41, 42, 43, 53, 54, 55, 58  
Blocos de concreto 190

### C

Cálculo 1, 4, 10, 14, 15, 33, 38, 63, 66, 69, 75, 80, 84, 86, 90, 93, 98, 101, 104, 105, 106, 109, 112, 172, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 188, 195, 205, 210, 211, 226, 227, 230, 233, 238, 240, 245, 247, 248, 249, 251, 254, 257  
Compatibilização 23, 24, 25, 40, 41, 44, 46, 49, 53, 55  
Concreto 45, 52, 54, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 93, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 112, 113, 123, 130, 131, 166, 167, 168, 169, 170, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 195, 198, 205, 230, 231, 238, 239  
Controle tecnológico 121, 122, 127, 130

### D

Desenvolvimento 1, 16, 34, 41, 42, 43, 53, 56, 57, 58, 59, 63, 65, 66, 69, 70, 71, 74, 77, 84, 90, 131, 149, 151, 163, 167, 209, 230, 259  
Dimensionamento 2, 3, 26, 46, 50, 88, 142, 188, 189, 190, 191, 192, 193, 197, 199, 204, 208, 212, 223, 238, 240, 241, 242, 246, 247, 249, 258, 259

### E

Edificações 17, 41, 44, 54, 67, 87, 90, 99, 121, 122, 124, 130, 133, 135, 137, 140, 141, 142, 147, 148, 226, 229, 230, 233, 237, 238  
Elementos finitos 15, 28, 33, 34, 38, 198, 199, 246  
Eletricidade 149, 152, 153, 154, 156, 159, 160, 161, 163  
Energia 5, 6, 15, 46, 59, 126, 149, 150, 151, 152, 153, 156, 158, 159, 161, 162, 163, 164, 166, 168, 170, 179, 183, 184, 186  
Energia renovável 149  
Ensaio 28, 101, 104, 108, 109, 110, 111, 112, 121, 122, 128, 129, 130, 169, 170, 191, 197, 205  
Estabilidade 86, 87, 88, 92, 93, 98, 99, 115, 226, 238, 246, 249, 258  
Estacas 157, 188, 189, 190, 205  
Estruturas 1, 2, 3, 9, 14, 15, 28, 38, 41, 45, 54, 86, 87, 88, 89, 90, 92, 99, 100, 105, 113, 119, 167, 168, 169, 171, 176, 178, 179, 186, 205, 207, 208, 223, 224, 225, 238, 239, 241, 259

## G

Gerenciamento de obras 56, 58, 60, 61, 66

Gerenciamento de projetos 16, 19, 27, 67

## I

Inovação 41, 69, 70, 72, 73, 74, 85, 179

## M

Materiais 2, 28, 30, 31, 35, 38, 44, 53, 60, 62, 63, 88, 99, 102, 103, 105, 109, 111, 113, 119, 120, 121, 122, 123, 126, 127, 129, 130, 131, 132, 133, 140, 143, 147, 148, 167, 168, 169, 172, 198, 199, 223, 228

Método dos deslocamentos 1, 3, 9, 14, 15

Modelagem estrutural 225

Módulo de elasticidade 4, 10, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 111, 112, 113, 115, 121, 122, 127, 128, 130, 131, 198, 199, 209, 231, 244

## P

Perfis de aço 240, 241, 249, 258, 259

Pré-moldados 90, 177, 178, 179, 180, 181, 186, 187

Projeto 1, 2, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 68, 70, 72, 74, 82, 87, 88, 89, 90, 99, 104, 109, 112, 124, 132, 134, 135, 142, 147, 168, 178, 181, 184, 186, 205, 224, 235, 238, 259

Projeto arquitetônico 26, 44, 54

Propriedades geométricas 3, 209, 222, 242, 243, 245, 249, 251

## R

Reciclagem 120, 177, 180, 181, 182, 186, 187

Reforço estrutural 86

Resíduos sólidos 167, 177, 179, 180, 186

Resistência 23, 26, 35, 45, 88, 89, 90, 101, 103, 104, 105, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 115, 121, 122, 124, 126, 127, 128, 129, 131, 142, 166, 168, 169, 170, 171, 173, 174, 175, 176, 177, 189, 195, 198, 199, 200, 231, 240, 242, 249, 251, 257, 258

## S

Segurança 53, 132, 134, 135, 139, 140, 142, 143, 151, 179, 212, 226, 230, 233, 238, 260

Simulações 28, 30, 31, 33, 35, 98, 190, 225

Sustentabilidade 19, 20, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 186

## T

Tecnologia 27, 40, 41, 42, 53, 54, 57, 58, 59, 61, 67, 68, 121, 131, 152, 153, 157, 161, 163, 166, 260

Treliças 9, 14, 15, 206, 207, 208, 209, 211, 212, 213, 220, 223, 224

## V

Viga 50, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 98, 99, 100, 102, 103, 112, 206, 209, 212, 221, 222, 223, 237, 246

