



## MENSURAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE TÊNUE COBERTURA VEGETAL NO REGIME GEOTERMAL RASO<sup>1</sup>

Roberto Matias da Silva<sup>2</sup>; Rutenio Luiz Castro de Araujo<sup>3</sup>; Ierecê dos Santos Barbosa<sup>4</sup>, Jaime Luís Bezerra Araújo<sup>5</sup>

### Resumo

Dando continuidade ao macro estudo que tem como escopo principal gerar contribuições da geotermia rasa aos estudos ambientais na região Amazônica, foi realizado um programa de monitoramento geotermal raso em dois locais contíguos na cidade de Rio Branco (AC). Com o uso de sensores de termistor foram realizadas medidas diárias de temperatura, às profundidades de 0,0 m e 1,0 m, às 13 h, durante os anos de 2009 a 2012. Os resultados permitiram mensurar a significativa contribuição de uma tênue cobertura vegetal no regime geotermal raso. Os resultados ratificam a mensurável variação térmica ocorrente à profundidade de 1,0 m, a qual não pode ser considerada como desprezível.

**Palavras chave:** monitoramento geotérmico; geotermia rasa; variações termiais.

### Abstract

5

Continuing the macro study whose main scope is to generate contributions to data from the shallow geothermal environmental studies in the Amazon region, the shallow geothermal monitoring program developed in two contiguous locations in the city of Rio Branco, Acre in Brazil, was performed. Thermistor sensors were used to obtain daily temperature data at depths of 0.0 m and 1.0 m, at 1 PM, during the years 2009-2012. The results allowed us to measure the significant contribution of a thin vegetation in shallow geothermal system. The results confirm the measurable temperature variation occurring at a depth of 1.0 m which can not be considered negligible.

**Keywords:** geothermal monitoring; shallow geothermal, thermal variations.

---

<sup>1</sup> Trabalho de pesquisa

<sup>2</sup> Roberto Matias da Silva. Pesquisador da Fundação de Tecnologia do Estado do Acre. Avenida das Acácias, Lote I, Zona A - Distrito Industrial. Rio Branco (AC). E-mail: [roberto.matias@uol.com.br](mailto:roberto.matias@uol.com.br)

<sup>3</sup> Rutenio Luiz Castro de Araujo. Professor Titular da Universidade Federal do Amazonas. Departamento de Geociências. Campus Universitário da UFAM. Manaus (AM). E-mail: [rutenioa@bol.com.br](mailto:rutenioa@bol.com.br)

<sup>4</sup> Ierecê dos Santos Barbosa. Professora da Universidade do Estado do Amazonas. Normal Superior. Av. Djalma Batista, 2470. Manaus (AM). E-mail: [ierecebarbosa@yahoo.com.br](mailto:ierecebarbosa@yahoo.com.br)

<sup>5</sup> Juiz do Trabalho – TRT 7ª Região. E-mail: [jaimelba@trt7.jus.br](mailto:jaimelba@trt7.jus.br)

## 1. Introdução

O índice de precipitação pluviométrica média na região Amazônica é de cerca de 2.300 mm.ano<sup>-1</sup> (FISCH et al., 1992). Nesta região, quase 50% da água precipitada pelas chuvas é proveniente do Oceano Atlântico e os outros cerca de 50% são oriundos da própria região Amazônica, cuja água ascende à atmosfera predominantemente através do processo de evapotranspiração (SALATI et al., 1979).

A biomassa da região Amazônica influencia de maneira fundamental na caracterização e mudanças significativas do clima em nosso planeta (OLIVEIRA et al., 2008). Isto, em virtude da constante emissão e/ou retenção de gases pela floresta, principalmente, oxigênio e gás carbônico, já que durante o dia a floresta absorve gás carbônico e expõe oxigênio, enquanto que à noite ocorre o processo inverso. A resultante desta operação, ou seja, se a floresta liberou mais ou menos oxigênio do que absorveu de gás carbônico, depende de vários fatores, tais como as atividades de queimada e reflorestamento. Na atividade de queimada há liberação de gás carbônico, enquanto que na atividade de reflorestamento há absorção deste gás, tão necessário para o próprio desenvolvimento do reflorestamento.

Todas as características supramencionadas são direta e fundamentalmente influenciadas pelo parâmetro temperatura, pois durante o estágio de formação e sustentabilidade da floresta, a temperatura influencia, dentre outros, nos processos de evaporação, evapotranspiração (FISH, 1990) e desenvolvimento do diâmetro e porte das árvores (KANIESKI et al., 2013; KANIESKI et al., 2012).

O presente trabalho apresenta resultados do monitoramento geotermal raso realizado durante cerca de quatro anos, em que foram medidas e analisadas as variações da temperatura em dois locais contíguos, um sem e outro com tênue cobertura vegetal, às profundidades de 0,0 e 1,0 m, quantificando a influência desta cobertura vegetal. Tais informações são de real importância para o melhor entendimento como, também, para o desenvolvimento dos diferentes modelos e processos pertinentes à floresta Amazônica como, ainda, para o conhecimento e planejamento do conforto térmico populacional.

## 2. Material e Método

Durante o período compreendido dos meses de maio de 2009 a dezembro de 2012 foi realizado programa de monitoramento geotérmico diário nas dependências da Fundação de Tecnologia do Acre, na cidade de Rio Branco (AC), no horário das 13 h, às profundidades de 0,0 e 1,0 m, em dois locais contíguos, sendo um com (c/c) e o outro sem (s/c) cobertura vegetal. O local c/c tem coordenadas 09°56'46,7'' S e 67°52'06,1'' W, enquanto que o s/c tem coordenadas 09°56'47,0'' S e 67°52'06,6'' W. A decisão imprescindível de que os locais estudados fossem contíguos foi feita com o escopo de que ambos estivessem continuamente sob mesmas condições ambientais, climáticas e litológicas, a fim de permitir a comparação ótima das variações termais registradas em cada local específico. A Foto 1 mostra a disposição dos dois locais estudados. Na Foto 1, o local s/c compreende o pequeno canteiro desnudo circundado por grama. O local c/c compreende, apenas, uma árvore de médio porte, situada a seis metros à frente do local s/c.



**Foto 1: Locais com e sem cobertura vegetal**

O monitoramento diário da temperatura às profundidades de 0,0 e 1,0 m foi realizado da seguinte maneira: àquelas profundidades foram instalados e fixados na borda de fios condutores específicos os sensores de termistor, enquanto que a outra extremidade de cada fio foi transportada à sala vizinha aos locais monitorados. Termistor é um semiconductor cuja resistência elétrica varia de maneira inversamente proporcional às variações

da temperatura. As medidas de resistência elétrica dos termistores foram realizadas com o uso de um multiteste digital com precisão de  $\pm 2,0 \Omega$ . Os sensores de termistor foram previamente calibrados com um termômetro padrão de platina de precisão de  $\pm 0,001 \text{ }^\circ\text{C}$ , o que permitiu a elaboração de uma tabela de conversão dos valores medidos de resistência elétrica dos termistores em valores precisos de temperatura. Desta maneira, foi possível obter temperaturas com precisão de  $\pm 0,01 \text{ }^\circ\text{C}$  (PIMENTEL et al., 2011; ARAUJO, 1999; OLIVEIRA et al., 2008; SOUZA et al., 1989).

### 3. Resultados e Discussão

O planejamento e desenvolvimento deste trabalho fazem parte de um projeto maior que vem sendo desenvolvido há mais de duas décadas a fim de gerar contribuições da geotermia rasa aos estudos ambientais na Amazônia.

As Figuras de 1 a 4 mostram os valores médios mensais da temperatura registrados às profundidades de 0,0 e 1,0 m, as 13 h, nos locais com e sem cobertura vegetal de 2009 a 2012. A configuração dos perfis geotermiais apresentados nas Figuras de 1 a 4 ratifica, de maneira inequívoca, os períodos locais caracterizados pelos maiores e menores valores médios mensais da temperatura superficial, períodos estes peculiares na região Amazônica.

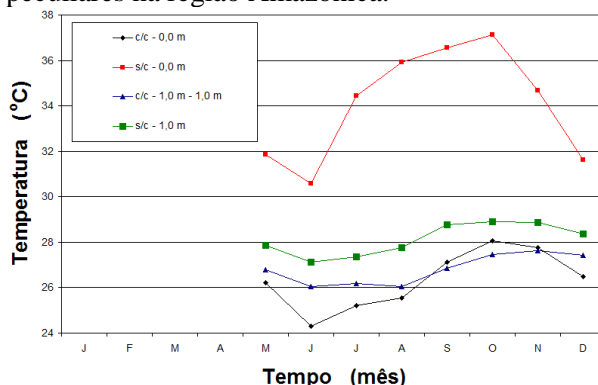


Figura 1: Valores médios mensais da temperatura às profundidades de 0,0 m e 1,0 m, às 13 h, nos locais com e sem cobertura vegetal, durante o ano de 2009.

A Tabela 1 apresenta as maiores diferenças dos valores médios mensais da temperatura, atinentes ao mesmo mês em referência, registradas nos locais sem e com cobertura vegetal, durante os anos de 2009 a 2012.

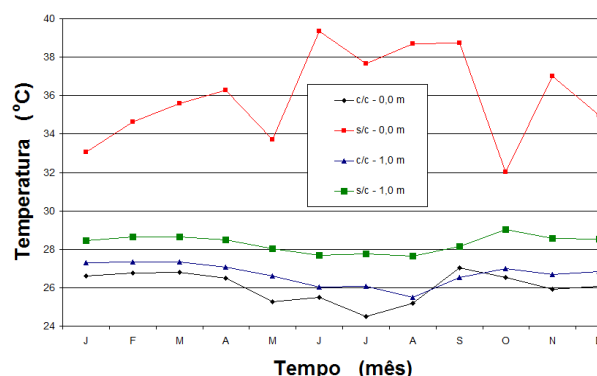


Figura 2: Valores médios mensais da temperatura às profundidades de 0,0 m e 1,0 m, às 13 h, nos locais com e sem cobertura vegetal, durante o ano de 2010.

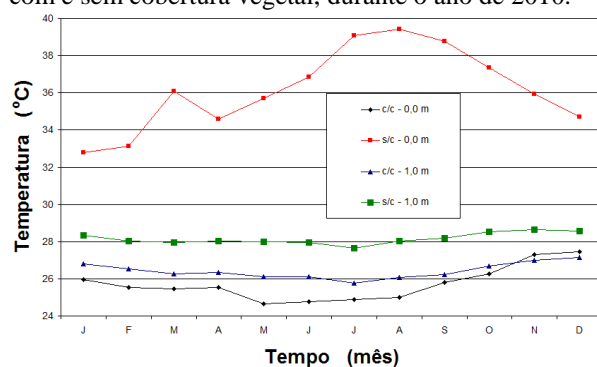


Figura 3: Valores médios mensais da temperatura às profundidades de 0,0 m e 1,0 m, às 13 h, nos locais com e sem cobertura vegetal, durante o ano de 2011.

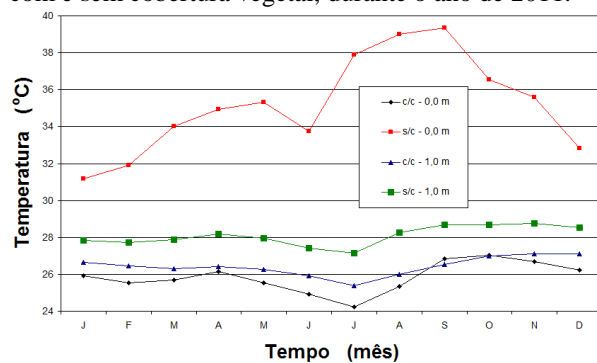


Figura 4: Valores médios mensais da temperatura às profundidades de 0,0 m e 1,0 m, às 13 h, nos locais com e sem cobertura vegetal, durante o ano de 2012.

Na Tabela 1 os valores médios mensais são apresentados juntamente com o mês no qual se obteve tais maiores diferenças. Para melhor visualização e análise é apresentada a Figura 5, a qual mostra os perfis geotermiais dos valores constantes na Tabela 1. Na Figura 5 e Tabela 1 observa-se a ratificação da superioridade dos valores médios mensais da temperatura do local

s/c em relação ao local c/c, tanto à profundidade de 0,0 m quanto à 1,0 m. À profundidade de 0,0 m, a maior diferença dos valores médios mensais da temperatura durante o período estudado, referente ao mesmo mês, foi de 14,5 °C, registrada no mês de agosto do ano de 2011, enquanto que a menor diferença foi de 10,3 °C, registrada no mês de agosto do ano de 2009. À profundidade de 1,0 m, a maior diferença dos valores médios mensais da temperatura durante o período estudado, atinente ao mesmo mês, foi de 2,3 °C, registrada no mês de agosto do ano de 2012, enquanto que a

menor diferença foi de 1,4 °C, registrada no mês de outubro do ano de 2009. É essencial ratificar o fato de que tais elevadas diferenças dos valores médios mensais da temperatura atinentes aos dois locais estudados ocorrem pela simples influência decorrente de que o local c/c estar parcialmente protegido do fluxo direto da radiação solar por, apenas, uma árvore de pequeno porte, enquanto que o local s/c estar sem esta tênue proteção à incidência direta da radiação solar.

Tabela 1: Maiores diferenças dos valores médios mensais da temperatura, atinentes ao mesmo mês, registradas nos locais sem e com cobertura vegetal, durante os anos de 2009, 2010, 2011 e 2012

z (m)	Ano											
	2009			2010			2011			2012		
	s/c (°C)	c/c (°C)	≠ (°C)	s/c (°C)	c/c (°C)	≠ (°C)	s/c (°C)	c/c (°C)	≠ (°C)	s/c (°C)	c/c (°C)	≠ (°C)
0,0	35,9	25,6	10,3	39,3	25,5	13,8	39,5	25	14,5	39	25,3	13,7
	ago	ago		jun	jun		ago	ago		ago	ago	
1,0	28,9	27,5	1,4	27,7	25,5	2,2	28,2	26,2	2	28,3	26	2,3
	out	out		ago	ago		set	set		ago	ago	

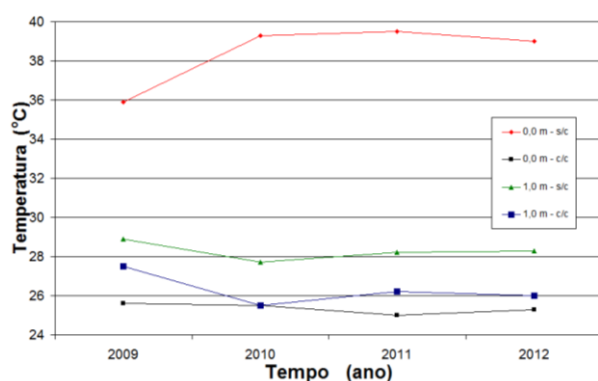


Figura 5: Maiores diferenças dos valores médios mensais da temperatura às profundidades de 0,0 m e 1,0 m, às 13 h, nos locais com e sem cobertura vegetal, nos anos de 2009, 2010, 2011 e 2012.

É importante recordar que os valores mostrados na Tabela 1 são atinentes às maiores diferenças dos valores médios mensais da temperatura registradas no mesmo mês em referência, no entanto, durante o período estudado houve registro de valores médios mensais da temperatura com maior magnitude, conforme é mostrado na tabela 2, a qual apresenta os maiores valores médios mensais da temperatura registrados nos locais s/c e c/c nos anos de 2009 a 2012. Na Tabela 2 observa-se que no período em estudo, no local s/c, à profundidade de 0,0 m, o maior valor da temperatura média mensal foi de 39,5 °C, registrado no mês de agosto de ano de 2011, enquanto que a 1,0 m foi de 29 °C; registrado no mês de outubro do ano de 2010; no local c/c, à profundidade de 0,0 m, o maior valor da temperatura média mensal foi de 28,1 °C, registrado no mês de outubro do ano de 2009, enquanto que a 1,0 m foi de 27,6 °C; registrado no mês de novembro do ano de 2009.

Tabela 2: Maiores valores médios mensais da temperatura registrados nos locais sem e com cobertura vegetal, nos anos de 2009, 2010, 2011 e 2012

z (m)	Ano							
	2009		2010		2011		2012	
	s/c (°C)	c/c (°C)	s/c (°C)	c/c (°C)	s/c (°C)	c/c (°C)	s/c (°C)	c/c (°C)
0,0	37,1	28,1	39,3	27	39,5	27,5	39,4	27
	out	out	jun	set	ago	dez	set	out
1,0	28,9	27,6	29	27	28,7	27,2	28,8	27,1
	out	nov	out	out	nov	dez	nov	nov/dez

A Tabela 3 mostra os menores valores médios mensais da temperatura registrados nos locais sem e com cobertura vegetal, nos anos de 2009 a 2012. Conforme mostra a Tabela 3, no período estudado, a 0,0 m de profundidade, no local sem cobertura vegetal, o menor valor médio mensal da temperatura foi de 30,6 °C, registrado no mês de junho do ano de 2009, enquanto que no local com cobertura vegetal o menor valor médio mensal da temperatura foi de 24,2 °C, registrado

no mês de julho do ano de 2012; a 1,0 m de profundidade, no local sem cobertura vegetal, o menor valor médio mensal da temperatura foi de 27,1 °C, registrado nos meses de junho do ano de 2009 e julho do ano de 2012, enquanto que no local com cobertura vegetal o menor valor médio mensal da temperatura foi de 25,4 °C, registrado no mês de julho do ano de 2012.

Tabela 3: Menores valores médios mensais da temperatura registrados nos locais sem e com cobertura vegetal, nos anos de 2009, 2010, 2011 e 2012

z (m)	Ano							
	2009		2010		2011		2012	
	s/c (°C)	c/c (°C)	s/c (°C)	c/c (°C)	s/c (°C)	c/c (°C)	s/c (°C)	c/c (°C)
0,0	30,6	24,3	32	25,2	32,8	24,7	31,2	24,2
	jun	jun	out	ago	jan	mai	jan	jul
1,0	27,1	26,1	27,7	25,5	27,7	25,8	27,1	25,4
	jun	jun	ago	ago	jul	jul	jul	jul

Os perfis geotérmicos apresentados nas Figuras de 1 a 5 mostram de maneira indubitável que durante todo o período estudado há a nítida e mensurável superioridade dos valores médios mensais da temperatura do local s/c em relação ao local c/c. Em virtude do fato de que os dois locais em pauta serem contíguos e sujeitos às mesmas características litológicas, climáticas e ambientais, as variações termais registradas nestes locais são decorrentes, apenas, do fato de que um local estar

sem cobertura vegetal e no outro local haver cobertura vegetal. No entanto, conforme já mencionado em item anterior, a cobertura vegetal em apreço constitui-se de, apenas, uma árvore de médio porte (ver foto 1). Assim sendo, as diferenças médias registradas podem ser consideradas como a mensuração da influência de uma árvore de pequeno porte sobre o regime geotermal às profundidades estudadas. Tal mensuração é de real e significativa importância

para os estudos ambientais, climatológicos e agrônômicos, pois permite conhecer a contribuição térmica efetiva de, apenas, uma árvore.

As Figuras de 1 a 5 mostram também de maneira cristalina que, nos locais estudados, as variações térmicas ocorrentes à profundidade de 1,0 m não podem ser consideradas como desprezíveis. A análise dos dados constantes nestas figuras permite concluir que as variações geotérmicas à profundidade de 1,0 m podem ser perfeitamente explicadas como decorrentes das mudanças da temperatura superficial. Conforme mostrado nas Tabelas 2 e 3, no período estudado, a 1,0 m de profundidade, no local sem cobertura vegetal, o valor médio mensal da temperatura variou de 27,1 °C (junho/2009 e julho/2012) a 29 °C (outubro/2010), enquanto que no local com cobertura vegetal o valor médio mensal da temperatura variou de 25,4 °C (julho/2012) a 27,6 °C (novembro/2009). Comportamento similar foi também observado em vários locais distintos na região Amazônica (PIMENTEL et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2008; ARAUJO, 1999; SOUZA et al., 1989).

A ratificação neste trabalho da superioridade dos valores da temperatura do local sem cobertura vegetal em relação ao local com cobertura vegetal, obviamente, já era esperada, no entanto, o que se considera como contribuição científica é a mensuração desta superioridade termal citada resultante da presença de tênue proteção vegetal, ou seja, no período de cerca de quatro anos consecutivos, a maior diferença dos valores médios mensais da temperatura, referentes ao mesmo mês, registrados nos locais sem e com cobertura vegetal variou de 10,3 a 14,5 °C, à profundidade de 0,0 m e de 1,4 a 2,3 °C, à profundidade de 1,0 m. Vale destacar o fato de que estes valores são médias mensais, conseqüentemente, há valores de diferenças nas medidas diárias da temperatura de magnitudes superiores e isto, ratificamos, apenas pelo simples fato de um dos locais estar sob a proteção tênue de uma árvore de pequeno porte à ação direta do fluxo de radiação solar incidente.

As configurações dos perfis geotérmicos contendo os valores médios mensais da temperatura apresentadas nas figuras de 1 a 5 indicam que nos cerca dos quatro anos estudados não ocorreram mudanças termais de grande magnitude, portanto, as variações termais registradas neste trabalho podem ser consideradas

como variações normais características dos locais estudados.

#### 4. Conclusões

À profundidade de 0,0 m, a maior diferença dos valores médios mensais da temperatura durante o período estudado, referente ao mesmo mês, foi de 14,5 °C, registrada no mês de agosto do ano de 2011, enquanto que a menor diferença foi de 10,3 °C, registrada no mês de agosto do ano de 2009. À profundidade de 1,0 m, a maior diferença dos valores médios mensais da temperatura durante o período estudado, atinente ao mesmo mês, foi de 2,3 °C, registrada no mês de agosto do ano de 2012, enquanto que a menor diferença foi de 1,4 °C, registrada no mês de outubro do ano de 2009.

Os registros dos valores da temperatura obtidos durante o monitoramento geotermal diário com duração de cerca de quatro anos contínuos ratificaram o fato de que as variações da temperatura ocorrentes a 1,0 m de profundidade não podem ser desprezadas. No período estudado, a 1,0 m de profundidade, no local sem cobertura vegetal, o valor médio mensal da temperatura variou de 27,1 °C (junho/2009 e julho/2012) a 29 °C (outubro/2010), enquanto que no local com cobertura vegetal o valor médio mensal da temperatura variou de 25,4 °C (julho/2012) a 27,6 °C (novembro/2009).

Em face ao fato de que os locais com e sem cobertura vegetal estudados serem contíguos, portanto, sujeitos às mesmas condições litológicas, climáticas e ambientais, pode-se concluir que as variações da temperatura registradas neste trabalho caracterizam a quantificação da tênue cobertura vegetal de, apenas, uma árvore de médio porte local à incidência direta do fluxo de radiação solar.

#### Agradecimentos

Externamos nossos sinceros agradecimentos:

À Fundação de Tecnologia do Acre, à Universidade Federal do Amazonas e à Universidade do Estado do Amazonas pela disponibilidade de tempo necessário aos autores para realização deste trabalho.

Ao Fundo de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo financiamento desta pesquisa.



A todos que contribuíram de maneira direta e indireta.

### Divulgação

Este artigo é inédito e não está sendo considerado para qualquer outra publicação. Os autores e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, a revista *Scientia Amazonia* detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.

### Referências

ARAUJO, R.L.C. Contribuição da Geotermia Rasa aos Estudos Ambientais. Ed. Universidade do Amazonas. 86 p. 1999.

FISCH, G. Climatic Aspects of the Amazonian Tropical Forest. **Acta Amazônica**, v 20, pp. 39 - 48, 1990;

KANIESKI, M.R.; SANTOS, T.L.; MILANI, J.E.F.; MIRANDA, B.P.; GALVÃO, F.; BOTOSSO, P.C. E RODERJAN, C.V. Crescimento Diamétrico de *Blepharocalyx salicifolius* em Remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Paraná. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 2, pp. 197-206, 2013. Doi: [10.4322/floram.2013.007](https://doi.org/10.4322/floram.2013.007)

KANIESKI, M.R.; SANTOS, T.L.; NETO, J.G.; SOUZA, T.; GALVÃO, F., RODERJAN, C.V. Influência da Precipitação e da temperatura no incremento diamétrico de espécies florestais aluviais em araucária-PR. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 1, pp. 17-25, 2012. Doi: [10.4322/floram.2012.003](https://doi.org/10.4322/floram.2012.003)

OLIVEIRA, F.N.M.; ARAUJO, R.L.C.; CARVALHO, J.S. e COSTA, S.S. Determinação da variação no microclima de Manaus-AM, por atividades antropogênicas e modulações climáticas naturais. **Acta Amazônica**. v. 38, pp. 687-700. 2008. Doi: [10.1590/S0044-59672008000400012](https://doi.org/10.1590/S0044-59672008000400012)

PIMENTEL, E.T.; ARAUJO, R.L.C.; BARBOSA, I. e SILVA, R.M. Estudo de geotermia rasa na cidade de Humaitá-AM. **Revista Brasileira de Geofísica**, v. 28, n. 4, pp.563-578. 2011. Doi: [10.1590/S0102-261X2010000400003](https://doi.org/10.1590/S0102-261X2010000400003)

SALATI, E.; Dall'Olio, A.; Matsui, E.; Gat, J.R. Recycling of water in the Amazon basin: an isotopic study. **Water Resource Research**, n. 15, v. 5, pp 1250 - 1258, 1979. Doi: [10.1029/WR015i005p01250](https://doi.org/10.1029/WR015i005p01250)

SOUZA, J.R.S.; ARAUJO, R.L.C.; MAKINO, M. Heat transfer and thermal properties of the subsoil in Belém. **Revista Brasileira de Geofísica**, n. 7, pp. 19-28, 1989. Doi: [10.1590/S0102-261X2004000100003](https://doi.org/10.1590/S0102-261X2004000100003)