

Received:  
October 16, 2020

Accepted:  
October 31, 2020

Published:  
April 30, 2021

## Analysis of thermal comfort in multifamily dwellings in the municipality of Teófilo Otoni / MG under the aspect of solar orientation and area of openings

Thais Mayara Rodrigues Gomes<sup>1</sup> , Milena Celestino de Oliveira<sup>1</sup> , Lavínia Fernandes Lima<sup>1</sup> , Iara Ferreira de Rezende Costa<sup>1</sup> , Alcino de Oliveira Costa Neto<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Teófilo Otoni, Brasil.

### Email address

tmthaismayara@hotmail.com (Thais M.R. Gomes) – Corresponding author.

milla\_1206@hotmail.com (Milena C. Oliveira)

lala\_limaf@hotmail.com (Lavínia F. Lima)

iara.ferreira@ufvjm.edu.br (Iara F.R. Costa)

alcino.neto@ufvjm.edu.br (Alcino O.C. Neto)

### Abstract

The well-being of users of a residence is directly linked to the thermal conditions of the place, since, when these are favorable, they contribute significantly to the environment being functional and comfortable. Otherwise, the quality of life and health of users is impaired. The solar orientation and the area of the openings in the rooms of a building must be studied even in the design stage, as it is known that these elements have a relevant influence on the thermal gain in the residence. Therefore, this work exposes an analysis of thermal comfort for two multifamily dwellings in the municipality of Teófilo Otoni/MG, a region marked by hostile climatic conditions. The methodology used involves the analysis of the solar orientation and the area of the openings of the housing compartments. The results revealed that the first residence evaluated does not present satisfactory conditions of thermal comfort, as 50% of its compartments have inadequate solar orientation, 20% do not have openings and another 20% have openings with inappropriate dimensions. The second residence has efficient thermal comfort, since more than 70% of its rooms have excellent solar orientation and more than half of them have openings with adequate dimensions.

**Keywords:** Thermal comfort, Multifamily housing, Solar orientation, Teófilo Otoni.

## 1. Introdução

Lamberts et al. (2005) estabelece o conforto térmico como um estado mental ligado ao contentamento do indivíduo com o ambiente térmico à sua volta. Conforme expressa Rocha (2016), um local considerado termicamente confortável e adequado para a realização de atividades ou mesmo para descanso dos usuários, e que proporcione menor gasto energético, afeta diretamente na saúde destes, bem como auxilia num melhor desempenho em atividades.

A maior parte do ganho térmico em uma edificação se dá através das aberturas, a partir das quais o calor adentra suas dependências, o que influencia na sensação térmica no ambiente e nas

trocas de calor do corpo com o meio (NEGREIROS, 2010).

A incidência solar e a ventilação natural são indispensáveis para a obtenção de um conforto térmico na edificação. Segundo Crespilho et al. (2016), tais fatores afetam termicamente o ambiente e as condições de salubridade.

A iluminação natural contribui de forma positiva para a saúde dos moradores de uma residência, pois, conforme Medeiros (2017), a mesma aumenta a vitamina D no organismo, auxilia na produção de melatonina e diminui a fadiga. Ademais, o uso constante de iluminação artificial causa ao ser humano danos como visão cansada e estresse. Entretanto, Medeiros (2017) ainda afirma que a insolação excessiva leva ao desconforto

térmico, ou seja, deve haver iluminação natural na proporção adequada.

A ventilação natural auxilia no resfriamento dos ambientes, de forma que é um ótimo recurso na aquisição do conforto térmico, devendo sempre ser favorecida. Sabe-se que quando os elementos arquitetônicos são situados de forma eficaz em relação aos ventos, obtém-se a ventilação cruzada. Para isso, as aberturas devem ser posicionadas em paredes opostas ou adjacentes, permitindo uma maior movimentação do ar no ambiente, pois o mesmo entra por uma abertura e sai por outra. Tal movimentação proporciona melhor qualidade do ar e cria locais confortáveis termicamente (Arantes, 2013).

É importante o emprego de aberturas em faces específicas de uma residência, considerando os períodos de insolação, a direção dos ventos e a funcionalidade do ambiente.

Mascarello (2005) afirma que é necessário estudar a trajetória solar, de modo a identificar a melhor posição para inserir um edifício num lote, dispondo seus cômodos de maneira a melhorar o nível de conforto térmico dos usuários.

Diante dessas questões, este trabalho se propõe a definir, analisar e avaliar a orientação solar e área das aberturas das dependências de duas habitações multifamiliares localizadas na cidade de Teófilo Otoni/MG.

## 2. Metodologia

Inicialmente, foram escolhidas as residências multifamiliares onde foi feita a análise do conforto térmico. As habitações foram denominadas como residência 1 e 2, para fins de caracterização. Ambas pertencem à cidade de Teófilo Otoni/MG e localizam-se, respectivamente, na Rua Epaminondas Otoni e na Rua José Luiz Tanure.

O município de Teófilo Otoni está situado no Vale do Mucuri, no nordeste do estado de Minas Gerais, como mostra a Figura (1), e possui latitude  $17^{\circ}51'32''$  Sul e longitude  $41^{\circ}30'32''$  Oeste, a 347 metros de altitude, apresentando um clima tropical quente semiúmido (IBGE, 2018).

As moradias escolhidas refletem edificações típicas do município, com relação à área e à quantidade de compartimentos. Além disso, são locais de fácil acesso para os autores, fatores que motivaram a escolha.

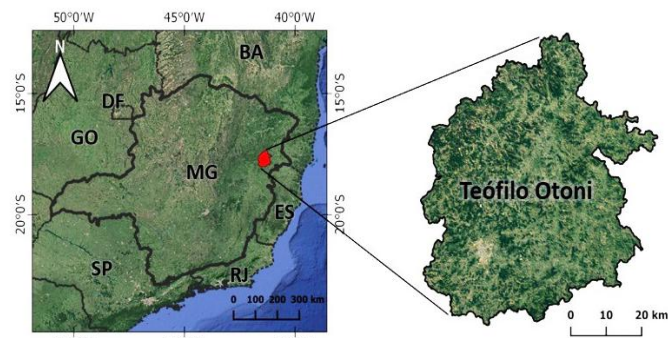


Figura 1 – Localização do município de Teófilo Otoni (Silva e Gomes, 2020).

### 2.1. Orientação das aberturas dos cômodos em relação à trajetória solar

A partir da análise da carta solar da cidade de Teófilo Otoni, a qual foi obtida através do software Analysis SOL-AR 6.2 e da latitude local ( $17,86^{\circ}$ ), mostrada na Figura (2), determinou-se critérios para a avaliação da orientação das aberturas dos cômodos das residências.

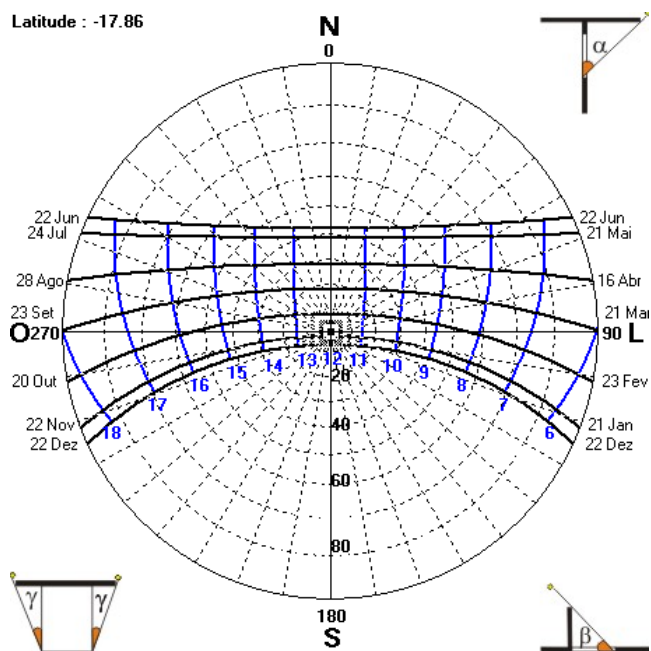


Figura 2 – Carta solar de Teófilo Otoni (Analysis Sol-Ar 6.2, 2020).

Para a avaliação, tomou-se a direção para a qual a abertura de cada cômodo estivesse orientada, visto que o posicionamento destas na edificação, quanto ao movimento aparente do Sol, influencia no seu desempenho térmico e na qualidade de vida dos moradores, impactando a saúde e eficiência dos mesmos. Também interfere em fatores econômicos e socioambientais, já que o uso de energia elétrica pode ser reduzido ao se adotar a melhor orientação

para as aberturas. As direções (Norte, Sul, Leste e Oeste) foram classificadas como ótima (O), boa (B) e ruim (R), de acordo com o tipo de uso e permanência no compartimento.

Para as áreas molhadas das edificações (banheiro, cozinha e lavanderia) considerou se (O) a orientação Oeste, (B) as direções Norte e Sul e (R) a direção Leste, uma vez que, além de serem locais de permanência transitória, é indicado que estes ambientes sejam voltados para direções em que o Sol incida durante todo o ano, principalmente no período vespertino, o qual apresenta altos índices de radiação global incidente (I<sub>g</sub>), de forma que a manutenção e secagem destas dependências sejam favorecidas.

A sala e dormitórios são locais de permanência prolongada, e por isso, indica se que estejam voltados para uma direção em que haja

incidência do Sol ao longo de todo o ano no período matutino, já que neste os valores de I<sub>g</sub> são menores, de forma que a temperatura nestes compartimentos não seja tão modificada pelo ganho de calor da edificação. Com isso, para estas dependências, considerou se (O) a direção Leste, (B) a direção Norte e (R) as direções Sul e Oeste.

Para a copa considerou se (O) a orientação Norte, (B) a orientação Leste e (R) as orientações Oeste e Sul, uma vez que os usuários das residências passam apenas uma fração de seu tempo neste cômodo, geralmente no período noturno, e com isso pode haver incidência solar durante o dia, desde que o bem-estar dos usuários seja preservado durante a noite.

A Tabela (1) apresenta a classificação e direção indicadas para cada compartimento, com base nas informações supracitadas.

Tabela 1 – Orientação solar adequada por dependência.

Classificação	Sala de estar	Dormitórios	Cozinha	Copa	Banheiro	Lavanderia
O	Leste	Leste	Oeste	Norte	Oeste	Oeste
B	Norte	Norte	Norte / Sul	Leste	Norte / Sul	Norte / Sul
R	Oeste / Sul	Oeste / Sul	Leste	Oeste / Sul	Leste	Leste

## 2.2. Área das aberturas dos cômodos

A Lei Complementar nº 113 de 09 de agosto de 2016, que dispõe sobre o Código de Obras e Edificações (COE) do município de Teófilo Otoni determina parâmetros que devem ser adotados na execução de edificações, entre eles, o valor mínimo da área das aberturas em relação à área do piso para cada cômodo, de forma que seja garantido o mínimo de conforto para os moradores. Sendo assim, o Código de Obras foi utilizado como base técnica para estabelecimento das áreas das aberturas das dependências das residências, uma vez que essas áreas influenciam na ventilação natural do ambiente.

Na Tabela (2) estão apresentados os valores mínimos, em porcentagem, que as áreas das aberturas devem ter para atenderem ao Código de Obras.

Para a avaliação das habitações com relação a este parâmetro, foi empregado o termo “Atende” quando os valores encontrados estavam em conformidade com a Tabela (2) apresentada e “Não atende” quando os valores estavam abaixo.

Tabela 2 – Área das aberturas em relação à área do piso por dependência.

Compartimento	Área das aberturas em relação à área do piso (%)
Sala de estar	16,7
Dormitórios	16,7
Cozinha	16,7
Copa	16,7
Banheiro	12,5
Lavanderia	12,5

## 3. Resultados e discussão

Conforme a metodologia exposta, realizou-se a análise e avaliação do conforto térmico nas duas edificações, a partir da orientação solar das aberturas de cada cômodo e da área das mesmas em relação à área do piso. Nas Figuras (3) e (4) pode-se observar o croqui da residência 1 e da residência 2, respectivamente.

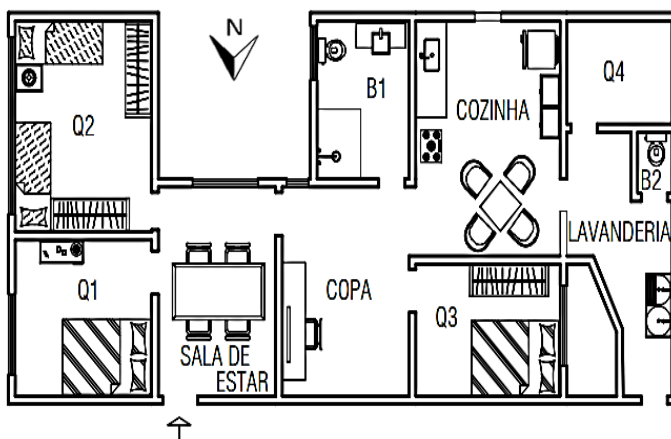


Figura 3 – Croqui da residência 1.

Legenda: Q1-Quarto 1; Q2-Quarto 2; Q3-Quarto 3; Q4-Quarto 4; B1-Banheiro 1; B2-Banheiro 2.

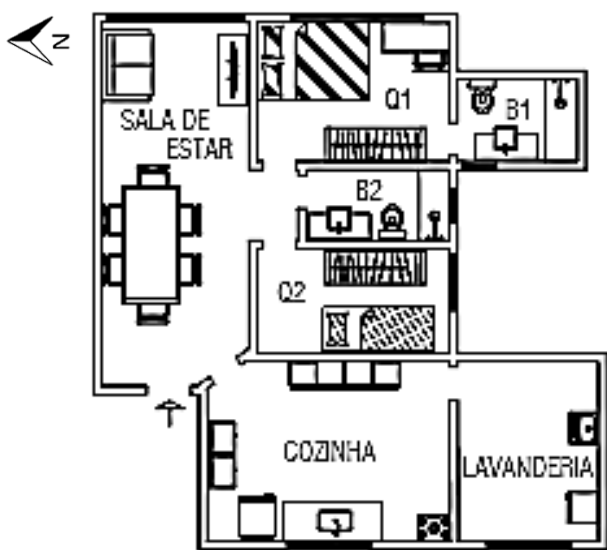


Figura 4 – Croqui da residência 2.

Legenda: Q1-Quarto 1; Q2-Quarto 2; Q3-Quarto 3; Q4-Quarto 4; B1-Banheiro 1; B2-Banheiro 2.

### 3.1. Avaliação da orientação solar das aberturas

Na Tabela (3) há a avaliação da residência 1 quanto à orientação solar adequada para cada dependência, o mesmo se observa na Tabela (4) para a moradia 2. Ressaltando-se que a orientação refere-se à direção para a qual está voltada a abertura da dependência.

Distingue-se, para a residência 1, que o Q4 e o B2 não possuem janelas. De forma que, para a avaliação destes, foi considerada a direção para a qual está voltada sua maior fachada. Ademais, a abertura da cozinha, embora esteja orientada para uma direção avaliada como boa (B), apresenta uma dimensão reduzida e é vedada com tijolos de vidro, o que não permite a ventilação no ambiente, colaborando apenas com a iluminação.

Tabela 3 – Orientação solar e avaliação da residência 1.

Compartmento	Orientação	Avaliação
Sala de estar	Sul	R
Q1	Leste	O
Q2	Leste	O
Q3	Oeste	R
Q4	Oeste	R
Cozinha	Sul	B
Copa	Sul	R
B1	Leste	R
B2	Oeste	O
Lavanderia	Oeste	O

Tabela 4 – Orientação solar e avaliação da residência 2.

Compartmento	Orientação	Avaliação
Sala de estar	Leste	O
Q1	Leste	O
Q2	Sul	R
Cozinha	Oeste	O
B1	Oeste	O
B2	Sul	B
Lavanderia	Oeste	O

A partir da análise da Tabela (3) conclui-se que a residência 1 se encontra numa situação crítica quanto ao conforto térmico, em decorrência da implantação equivocada das aberturas em relação à orientação solar, tendo em vista que somente quatro (40%) dos dez compartimentos da habitação possuem avaliação ótima (O), destes apenas dois (02) quartos (ambientes de permanência prolongada dos indivíduos), de um total de quatro (04), se encaixam nessa classificação.

Ainda observando a Tabela (3), nota-se que um (01) único cômodo da casa possui orientação solar boa (B), mas o mesmo não dispõe de ventilação e proporciona iluminação precária, devido à dimensão reduzida de sua abertura.

Os outros cinco (50%) ambientes da residência apresentam uma orientação solar avaliada como ruim (R), entre eles a sala de estar, local onde os usuários passam bastante tempo, o que afeta consideravelmente o bem-estar dos moradores.

Explorando as avaliações contidas na Tabela (4), vê-se que, ao contrário do que ocorre na residência 1, na moradia 2 a maioria dos compartimentos (mais de 70%) tem orientação solar ótima (O), sendo que dos três (03) ambientes de permanência prolongada (Sala de estar, Q1 e Q2)

que a habitação contém, dois (02) apresentam esta classificação.

Na edificação 2, um (01) cômodo apresenta orientação solar boa (B), sendo que não há ressalvas a serem feitas sobre a dimensão da abertura do mesmo, e apenas um (01) compartimento possui orientação solar considerada ruim (R).

### 3.2. Avaliação das áreas das aberturas

A área das aberturas em relação à área do piso está relacionada, no que diz respeito ao conforto

térmico, à ventilação dos ambientes de uma residência.

Conforme descrito na metodologia, para a avaliação das moradias foi utilizado o termo “Atende” para os parâmetros que estavam de acordo com as medidas mínimas estabelecidas pelo COE do município, e “Não atende” para os que não estavam.

As Tabelas (5) e (6) apresentam a avaliação referente à área das aberturas em relação à área do piso de cada cômodo da residência 1 e 2, respectivamente.

Tabela 5 – Avaliação da área das aberturas em relação à área do piso para a residência 1.

Compartimento	Área do piso (m <sup>2</sup> )	Área das aberturas (m <sup>2</sup> )	Área das aberturas em relação à área do piso (%)	Avaliação
Sala de estar	10,43	3,00	28,76	Atende
Q1	9,05	3,00	33,15	Atende
Q2	12,30	4,99	40,57	Atende
Q3	8,15	2,06	25,28	Atende
Q4	4,97	-	-	-
Cozinha	9,40	0,24	2,55	Não atende
Copa	11,37	1,50	13,19	Não atende
B1	4,68	0,98	20,94	Atende
B2	1,28	-	-	-
Lavanderia	2,88	-	-	-

Tabela 6 – Avaliação da área das aberturas em relação à área do piso para a residência 2.

Compartimento	Área do piso (m <sup>2</sup> )	Área das aberturas (m <sup>2</sup> )	Área das aberturas em relação à área do piso (%)	Avaliação
Sala de estar	17,40	3,78	21,72	Atende
Q1	10,56	2,07	19,60	Atende
Q2	10,48	1,66	15,84	Não atende
Cozinha	12,02	1,83	15,23	Não atende
B1	3,43	0,21	6,12	Não atende
B2	3,47	0,47	13,55	Atende
Lavanderia	4,74	2,15	45,36	Atende

Analisando a Tabela (5) tem-se que a copa e a cozinha não atendem ao mínimo exigido no COE da cidade para este parâmetro, prejudicando a ventilação nestes locais, tendo em vista que os vãos não apresentam dimensões suficientes para promover uma renovação de ar adequada para o bem-estar térmico nestes ambientes. No caso da cozinha, mesmo que o vão atendesse à norma o mesmo é vedado e não favorece a troca de ar com o exterior. Na Figura (5) percebe-se o quão reduzido é o vão existente na cozinha.

Ressalta-se que a lavanderia é um espaço mais aberto, como mostra a Figura (6), e que, apesar de não possuir janela, apresenta uma claraboia que auxilia na ventilação do espaço.

Como dito anteriormente, o Q4 e o B2 não possuem janelas, de modo que não há ventilação natural nestes cômodos, afetando o conforto dos indivíduos.

Na Tabela (6) pode-se notar que o percentual das áreas das aberturas em relação à área do piso não é atendido no quarto 2, cozinha e banheiro 1, o que

representa cerca de 43% dos ambientes da moradia, levando a uma ventilação deficitária nestes compartimentos.



Figura 5 – Vão da cozinha da residência 1.



Figura 6 – Lavanderia da residência 1.

#### 4. Conclusão

Diante dos resultados obtidos, infere-se que a residência 1 não apresenta condições satisfatórias quanto ao conforto térmico, considerando os parâmetros analisados neste trabalho. Metade das dependências desta habitação apresenta orientação solar ruim (R), 20% não apresentam aberturas e outras 20% possuem aberturas que não atendem às normas do COE do município, de forma que quase metade dos compartimentos da residência apresentam ventilação deficiente.

Na moradia 1 é perceptível que o Q4 é o cômodo onde o conforto térmico tem maior deficiência, pois não possui abertura e ainda apresenta orientação solar ruim. Outro compartimento onde o conforto térmico também é prejudicado é a cozinha, pois possui uma abertura que apenas auxilia na iluminação e mesmo assim de forma precária, pois a abertura é muito pequena e a

mesma é vedada, de forma que não ocorre ventilação natural no ambiente.

Locais de permanência prolongada como a sala de estar e três (03) dos quatro (04) quartos não são posicionados corretamente quanto à trajetória solar, o que pode tornar a estadia nestes ambientes desconfortável em dias de temperaturas mais altas ou horários em que os índices de radiação são maiores.

De forma geral, estas inadequações afetam o conforto térmico em toda a residência e influencia na qualidade de vida dos moradores, que acabam por utilizar de meios de ventilação artificial e por consequência sofrem um impacto econômico e produzem um impacto ambiental.

Na moradia 2, mais de 70% dos cômodos apresentaram orientação solar ótima (O) e apenas um (01) foi avaliado com orientação solar ruim, no entanto o mesmo carece de atenção, uma vez que se trata de um ambiente de permanência prolongada.

Mais da metade dos compartimentos da residência 2 atendem aos valores mínimos estabelecidos para a área das aberturas em relação à área do piso e três (03) deles não atendem. Entretanto, é válido ressaltar que o quarto 2 e a cozinha, mesmo não atendendo à porcentagem estabelecida no COE da cidade, apresentam valores próximos dos valores da legislação.

Nota-se que o Q2 é o único ambiente na moradia que está em uma situação crítica, pois além de sua orientação solar ser inadequada, apresenta abertura com dimensões insuficientes para atendimento do COE.

Sendo assim, é possível concluir que na residência 2 o cenário se mostra bem diferente do ocorrido na primeira, nesta residência a análise aponta para um conforto térmico muito bom, proporcionando um espaço agradável aos indivíduos.

Em virtude do exposto, fica evidente que a residência 1 necessita de readequações para que se atinja o conforto térmico e não prejudique o dia a dia e até mesmo a saúde dos moradores, já a residência 2 necessita das readequações como forma de melhorar o conforto.

#### 5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao NEIEMUC (Núcleo Estratégico e Interdisciplinar de Engenharia do Mucuri) e à UFVJM pelo apoio acadêmico.

## Referências

Analysis SOL-AR, 2020. *Laboratory of Energy Efficiency in Buildings*. Available at: <[http://www.labeee.ufsc.br/downloads/software/a\\_nalysis\\_sol\\_ar](http://www.labeee.ufsc.br/downloads/software/a_nalysis_sol_ar)>. [Accessed 5 August 2020].

Arantes, B., 2013. *Thermal comfort in buildings of social interest - A case study*. Mestrado. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Faculdade de Engenharia.

*Code of Works and Buildings of the Municipality of Teófilo Otoni*, Complementary Law N°. 113 of August 9, 2016.

Crespilho, F.E., Bormio, M.F. and Strabeli, G.I., 2016. *Affordable housing, accessibility and environmental comfort: an ergonomic approach to the way projects are being thought out*. In: Anais do VI Encontro Nacional de Ergonomia do Ambiente Construído. São Paulo: Blucher.

IBGE, 2020. *Brazilian Institute of Geography and Statistics*. Available at: <[http://www.ibge.gov.br/cidade\\_sat/topwindow.htm?1](http://www.ibge.gov.br/cidade_sat/topwindow.htm?1)> [Accessed 5 August 2020].

Lamberts, R.; Ghisi, E.; Papst, A.L. and Carlo, J.C., 2005. *Thermal Performance of Buildings*. Universidade Federal de Santa Catarina.

Mascarello, V.L., 2005. *Bioclimatic principles and principles of modern architecture - evidence in the hospital building*. Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Medeiros, L.D.; Shapiro, F.C. and Vianna, P.L.A., 2017. *Ergonomics of spaces and lighting: sensory experiences*. Rev. Belas Artes, 25. Centro Universitário Belas Artes de São Paulo – FEBASP – São Paulo.

Negreiros, B.A., 2010. *Analysis of Methods for Predicting Thermal Comfort of Housing in Hot Humid Climate with Passive Conditioning*. Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Rocha, V.P.T., 2016. *Analysis of the thermal comfort of an eco-residence built in the semi-arid*

*region of Paraíba*. Mestrado. Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande.

Silva, B.A. and Gomes, J.L.S., 2020. *The influences of geological formations on water flow in wells in the municipality of Teófilo Otoni*. International Journal of Geoscience, Engineering and Technology, 1(1), pp.27–42. <https://doi.org/10.70597/ijget.v1i1.365>