



XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído

XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído

JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

COMPORTAMENTO TÉRMICO DO TIJOLODO EM PERÍODO DE PRIMAVERA/VERÃO NA CIDADE DE PALMAS (TO)

**Leandro Pereira Pinheiro (1); Liliane Flávia Guimarães da Silva (2);
Mariana Brito de Lima (3)**

(1) Graduando, Engenharia Civil, leandropereiraifto@gmail.com, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – IFTO, Campus Palmas, AE 310 Sul, av. LO-05, s/n, Plano Diretor Sul, Palmas, TO, 77021-090, (63) 3636-4000

(2) Doutora, Professora do curso de Engenharia Civil, lilianeg@ifto.edu.br, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins – IFTO, Campus Palmas, AE 310 Sul, av. LO-05, s/n, Plano Diretor Sul, Palmas, TO, 77021-090, (63) 3636-4000

(3) Mestre, Professora do curso de Engenharia Ambiental, lima.mariana@ifce.edu.br, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – Campus Juazeiro do Norte, Av. Plácido Aderaldo Castelo, 1646 - Planalto, Juazeiro do Norte - CE, 63040-540, (88) 2101-5300

RESUMO

O estudo do comportamento térmico é uma etapa fundamental para validação de um novo material construtivo. Para tanto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento térmico do bloco de solo-cimento com lodo incorporado (Tijolodo) em locais de clima quente, em comparação com alvenarias tradicionalmente utilizadas na região de estudo, no município de Palmas (TO), considerando dois meses do ano, em período de primavera e verão. A avaliação se deu por meio da comparação das temperaturas coletadas no interior das cinco células-teste, cada uma de um material diferente, sendo eles, adobe, bloco cerâmico, bloco de concreto, bloco de solo-cimento convencional e o bloco de solo-cimento com lodo incorporado (Tijolodo). Dentre os materiais estudados, o adobe e o tijolodo se destacaram por seu comportamento térmico, apresentando menor amplitude térmica. Além disso, também apresentaram temperaturas mais amenas quando a temperatura externa estava elevada. Verificou-se que tijolodo apresenta comportamento térmico adequado à área de estudo, o que, juntamente com a maior resistência a intempéries, indica validação do material.

Palavras-chave: bloco de solo-cimento com lodo incorporado, comportamento térmico, sustentabilidade.

ABSTRACT

The study of the thermal performance is a fundamental step for the validation of a new constructive material. The aim of this study was to evaluate the thermal behavior of the soil-cement block with embedded sludge (Tijolodo) in hot climate locations, in comparison to masonry traditionally used in the study region, in the city of Palmas, state of Tocantins, Brazil, considering two months of the year, in spring and summer. The evaluation was done by comparing the temperatures collected inside the five test cells, each of a different material, being, adobe, ceramic block, concrete block, conventional soil-cement block and the soil-cement block with embedded sludge (Tijolodo). Among the studied materials, the adobe and the tijolodo were distinguished by their thermal performance, presenting lower thermal amplitude. In addition, they presented milder temperatures, where the outdoor temperature was elevated. It was verified that tijolodo presents adequate thermal performance to the study area, which, along with the greater resistance to weather, indicates validation of the material.

Keywords: soil-cement block with embedded sludge, thermal performance, sustainability.

1. INTRODUÇÃO

O ser humano está sujeito aos efeitos diretos do ambiente, podendo atuar tanto de maneira positiva, como negativa em sua saúde e disposição. As pessoas possuem melhores condições de vida e de saúde quando seu organismo não está submetido à fadiga ou ao estresse, inclusive relacionado à temperatura (OLGYAY, 1963). Sabendo disso, o conforto ambiental térmico tem sido cada vez mais procurado e encarado como necessidade nas construções.

Segundo Maragno (2002), a Arquitetura Bioclimática tem como princípio a aplicação de elementos arquitetônicos e tecnologias construtivas correlacionadas às características climáticas, de forma que o nível de conforto ambiental dos ocupantes aumente e que seja gerada uma economia de energia. Sob este conceito, são desenvolvidas as pesquisas do grupo TEMAS – Tecnologia e Materiais Sustentáveis, do IFTO – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins.

As pesquisas mais recentes realizadas pelo grupo buscam a caracterização de materiais com aproveitamento de resíduos. O material estudado pelo grupo de pesquisa, denominado tijolodo, é obtido a partir da incorporação de lodo na composição de blocos de solo-cimento em uma proporção de até 20% em substituição ao solo saibroso. O lodo utilizado é proveniente de uma Estação de Tratamento de Água (ETA). O material é gerado ao se adicionar sulfato de alumínio à água não tratada. Após os sedimentos em suspensão reagirem com o sulfato, flocos são formados e armazenados no fundo, produzindo o lodo de ETA. Ao ser coletado por um sistema de filtração, o lodo é armazenado em bag's de geotêxtil (bolsas filtrantes de resíduos sólidos utilizadas na desidratação e descarte do lodo) e são postos para secar (Figura 1). Tal material, produzido diariamente, torna-se um grande gerador de resíduo sólido, sendo um crescente problema na gestão de resíduos para as empresas que trabalham com Estações de Tratamento de Água (ANDREOLI, 2001).



Figura 1 - Bag semipreenchido de lodo. Fonte: Gontijo Neto, 2018.

Estudos em relação à resistência mecânica e à absorção de água já demonstraram um desempenho adequado para a utilização do tijolodo na construção civil (GONTIJO NETO, 2018). Acredita-se que sua utilização como material de construção pode proporcionar praticidade no processo construtivo, acarretando diminuição de custos diretos, como também, proporcionando características térmicas que se traduzam em ambientes mais confortáveis, principalmente em climas com altas temperaturas, como o de Palmas (TO). Entre os anos de 1997 e 2018, foram registradas pelo INMET temperaturas de até 41,4°C, e umidade relativa muito baixa, sendo a menor registrada de 13%. No entanto, há períodos do ano com alta umidade relativa, acima de 80% ou até 90%, mantendo altas temperaturas, acima de 30°C. Em estudos anteriores, o grupo de pesquisa realizou experimentos para estimar o comportamento térmico do tijolodo em período quente e seco na cidade de Palmas (LIMA *et al.*, 2017), no inverno, sendo o presente artigo uma continuação de tais estudos, com a avaliação do comportamento térmico do tijolodo em período quente e úmido (verão) e em período transitório do ano (primavera).

Além disso, a utilização de um resíduo sólido na composição do tijolodo, proporciona características sustentáveis ao produto, o que se torna um diferencial positivo, se comparado aos blocos de solo-cimento convencionais já comercializados. Desta forma, o estudo do comportamento térmico do tijolodo visa auxiliar na validação da nova tecnologia desenvolvida pelo grupo de pesquisa, a fim de agregar mais esta caracterização ao material.

2. OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento térmico do bloco de solo-cimento com lodo incorporado, denominado tijolodo, em locais de clima quente, em comparação com alvenarias tradicionalmente utilizadas na região de estudo, no município de Palmas (TO), em episódio de período de primavera/verão.

3. MÉTODO

Inicialmente foram selecionados os materiais a serem aplicados na comparação com o tijolodo, a partir de pesquisa de mercado, tendo em vista também as características climáticas da cidade. O clima de Palmas foi identificado por dois períodos marcados pelo regime pluviométrico, sendo um deles chuvoso, na primavera-verão, e outro seco, no outono-inverno, mas ambos com altas temperaturas (SILVA, 2018).

Foram selecionados os materiais: bloco de adobe, bloco de solo-cimento convencional, bloco cerâmico de oito furos e bloco de concreto de vedação. Os blocos possuíam as seguintes dimensões (largura x altura x comprimento):

- Bloco de solo-cimento com lodo incorporado (Tijolodo) – 12,5 x 7 x 25cm;
- Bloco de adobe – 15 x 9 x 25 cm;
- Bloco de solo-cimento convencional – 12,5 x 7 x 25cm;
- Bloco cerâmico de oito furos – 9 x 19 x 29cm;
- Bloco de concreto de vedação – 9 x 19 x 39cm.

Para comparação com o material proposto, foram realizadas medições de temperatura *in loco* em células-teste, conforme descrição a seguir.

3.1. Células-teste

A construção das células-teste utilizou dimensões idênticas entre os materiais, com planta quadrada de 1,50x1,50m na face externa, altura no ponto mais baixo de 1,50m, e telhado em fibrocimento com inclinação de 15%. As paredes das células foram executadas sobre baldrame impermeabilizado, e o piso interno em blocos intertravados. Além disso, a construção considerou uma abertura com vedação fixa (janela) em vidro de 0,28 x 0,50m (largura e altura), correspondendo a 9% do piso (ver Figura 2).

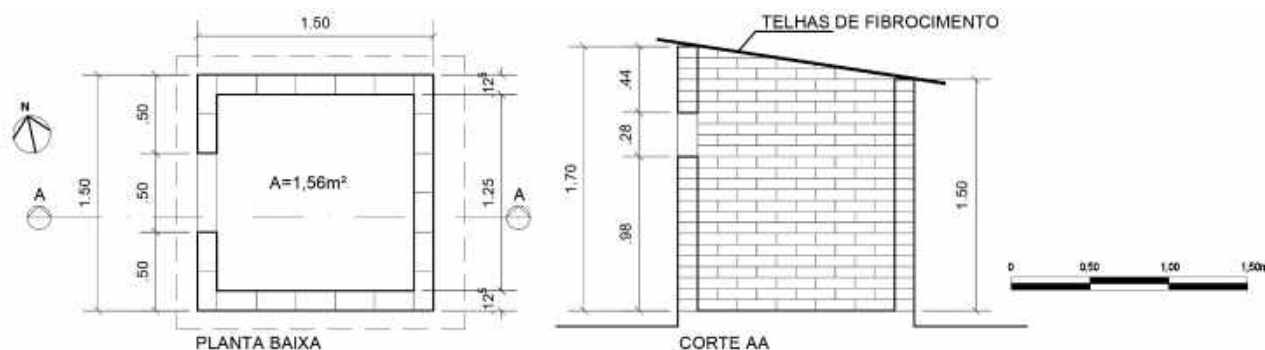


Figura 2 - Planta Baixa e Corte das Células-teste.

As células-teste foram construídas no Campus Palmas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), distante de suas edificações mais altas (como o ginásio e a biblioteca) e de áreas destinadas a futuras expansões do Campus. As células-teste foram locadas em área descampada próxima ao Bloco Administrativo I, com distância suficiente para realizar a leitura dos sensores de temperatura a partir dos *dataloggers* instalados neste bloco (ver Figura 3).

Além das características construtivas destacadas, foram realizados estudos de insolação para maior exposição ao sol (para simular situações mais desfavoráveis ao conforto ambiental térmico), utilizando cartas solares, a fim de evitar o sombreamento de elementos do entorno (edifícios, árvores) e entre as próprias células-teste. Por este motivo, entre uma célula-teste e outra, foi preservada uma distância mínima de 2,00m no sentido norte-sul, e 3,70m no sentido leste-oeste. Tal afastamento garantiu insolação direta entre as 8h e 16h durante todo o ano (Figura 4).



Figura 3 – Local selecionado para locação das Células-teste.

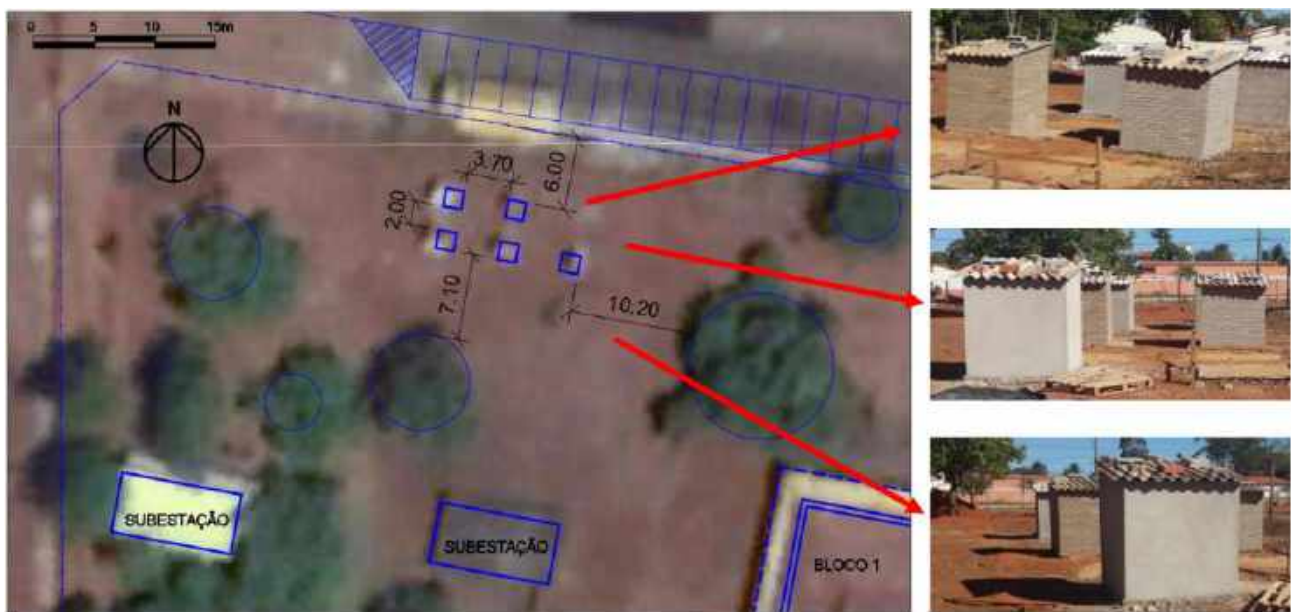


Figura 4 – Locação das Células-teste.

3.2. Período do levantamento de dados

Foram realizadas medições *in loco* nas células-teste durante um ano de forma contínua, de julho de 2016 a junho de 2017. Neste artigo, são apresentados os dados coletados em período quente e úmido, no mês de fevereiro (verão), e em período de transição, no mês de novembro (primavera), tendo em vista artigo anterior com avaliação do período quente e seco, no mês de agosto (inverno) (LIMA *et al.*, 2017). Após análise mensal com dados horários brutos da temperatura e umidade relativa de uma série de anos, de 1997 a 2018, foram identificados os meses de dezembro a março como os mais úmidos, com umidade relativa alta, acima de 70%, em mais de 75% dos horários registrados, sendo selecionado o mês de fevereiro para análise, por ter registrado temperaturas um pouco mais altas que os demais meses. Como meses de transição entre a estação seca e a úmida, foram identificados os meses de abril, maio, outubro e novembro, sendo selecionado o mês de novembro, por apresentar umidade relativa média, entre 50 e 70%, na maior parte dos horários

registrados. Os demais meses foram identificados como quentes e secos, mas foram objeto de artigo anterior (LIMA *et al.*, 2017).

3.3. Instrumentos utilizados e procedimento de medição

Para a realização desta análise, foi coletada a temperatura do ar (°C) a cada 15 (quinze) minutos, por meio de sensores de temperatura instalados no centro geométrico da célula-teste, todos ligados a um mesmo *datalogger* wireless, da marca KlimaLogg Pro. Os equipamentos foram adquiridos já aferidos de fábrica, mas foram também aferidos nos laboratórios do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO), comparados a um *datalogger* Hobo U12-013, apresentando correlação entre 0,9965 e 0,9979. O posicionamento dos sensores de temperatura no interior das células-teste foi determinado de forma a ficar o mais distante possível dos fechamentos (paredes e cobertura) para diminuir as interferências por radiação térmica nas medições, como recomendado na ISO 7726 (1998). Desta forma, foi possível relacionar o comportamento da temperatura interna do ar das células-teste e comparar o comportamento térmico dos materiais com a finalidade de indicar qual material apresenta menores temperaturas internas e maior atraso térmico. A metodologia seguiu parâmetro análogo à NBR 15575 (ABNT, 2013), tendo em vista que as temperaturas foram comparadas entre si considerando as temperaturas diárias máximas em cada célula-teste, no entanto, complementando a norma, foram consideradas também as temperaturas mínimas. Também foram utilizadas as temperaturas registradas no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2017) no mesmo período, apenas como parâmetro comparativo com a variação da temperatura das células-teste, pois estas foram comparadas entre si, e não com a temperatura externa. Este entendimento partiu do pressuposto de que não é possível comparar a temperatura de células-teste com a temperatura externa, como previsto pela norma, pois as células-teste possuem um volume de ar muito inferior a uma edificação de dimensões reais, ficando bem mais aquecido se comparado a estas.

4. RESULTADOS

Ao observar os valores das temperaturas levantadas nos meses selecionados para análise e na estação automática do INMET (2017), mostrados na Tabela 1, percebe-se que a cidade é caracterizada por altas temperaturas, chegando a 39,8°C em novembro (INMET). Mesmo no mês mais úmido, fevereiro, a temperatura máxima na estação do INMET supera os 30°C, alcançando 33,4°C. As temperaturas mínimas também são altas, 21,2°C, tanto em novembro como em fevereiro. A Tabela 1 apresenta também a temperatura externa registrada no INMET no mesmo dia e no horário mais próximo do registro das máximas e mínimas no interior da célula-teste (Temperatura externa simultânea – $T_{ext\ sim}$).

Tabela 1 - Descrição estatística das temperaturas levantadas nos meses selecionados para análise.

Temperatura	Novembro 2016 (Primavera)					Fevereiro 2017 (Verão)				
	Nº obs.	Máx.	Mín.	Méd.	D.P.	Nº obs.	Máx.	Mín.	Méd.	D.P.
Bloco Solo-Cimento	2655	45,00	22,80	29,82	±4,54	2688	44,40	22,10	26,45	±3,10
Data:	-	3/11	19/11	-	-	-	27/02	16/02	-	-
Hora:	-	16h15	06h00	-	-	-	16h15	06h00	-	-
$T_{ext\ sim}$:	-	36,63	21,80	-	-	-	33,10	21,70	-	-
Bloco Concreto	2649	43,60	22,90	30,16	±4,84	2688	37,40	22,30	27,14	±3,28
Data:	-	5/11	19/11	-	-	-	27/02	21/02	-	-
Hora:	-	15h	6h	-	-	-	16h	6h	-	-
$T_{ext\ sim}$:	-	39,50	21,80	-	-	-	33,40	21,20	-	-
Bloco Cerâmico	2722	44,10	22,70	30,16	±4,97	2688	46,50	22,30	27,34	±3,68
Data:	-	5/11	19/11	-	-	-	27/02	21/02	-	-
Hora:	-	15h	6h	-	-	-	16h15	6h	-	-
$T_{ext\ sim}$:	-	39,50	21,80	-	-	-	31,1	21,2	-	-
Bloco Adobe	2715	39,80	23,10	29,17	±3,77	2688	40,50	22,40	25,94	±2,18
Data:	-	5/11	19/11	-	-	-	27/02	16/02	-	-
Hora:	-	16h30	6h	-	-	-	15h30	6h15	-	-
$T_{ext\ sim}$:	-	37,80	21,80	-	-	-	32,00	21,78	-	-
Bloco Tijolado	2722	42,20	23,20	29,89	±4,35	2688	45,00	22,40	26,48	±2,66
Data:	-	5/11	19/11	-	-	-	27/02	16/02	-	-
Hora:	-	15h	5h45	-	-	-	15h15	6h30	-	-
$T_{ext\ sim}$:	-	39,50	21,80	-	-	-	31,30	21,85	-	-
INMET	720	39,80	21,20	28,00	±4,18	672	33,40	21,20	25,46	±2,73
Data:	-	5/11	18/11	-	-	-	27/02	21/02	-	-
Hora:	-	14h	7h	-	-	-	16h	5h	-	-

Nas células-teste, as temperaturas foram superiores ao registrado pelo INMET (2017), o que já era previsto, pois, como comentado anteriormente, a célula-teste possui um pequeno volume de ar que pode ser aquecido de forma mais rápida e intensa que uma edificação de dimensões reais. O número de observações foi bem superior ao INMET (2017), pois foi registrado a cada 15 minutos, enquanto o INMET (2017) foi registrado de hora em hora. A temperatura mais elevada no mês de novembro foi registrada no bloco de solo-cimento convencional, com 45°C, e em fevereiro no bloco cerâmico, com 46,5°C. Tanto no mês de novembro como no mês de fevereiro, as maiores médias de temperatura foram registradas nos blocos cerâmico e de concreto, e as menores no bloco de adobe, que também apresentou menores desvios-padrão. De forma geral, no mês de fevereiro, os desvios-padrão apresentaram valores inferiores ao mês de novembro, o que demonstra menor variação da temperatura ao longo do mês.

Tal comportamento é comprovado no gráfico mensal de temperaturas (Figura 5), onde estão dispostos todos os dados coletados. Em novembro de 2016 verificou-se a ocorrência de elevadas temperaturas, principalmente nos primeiros dias. Neste mês, em 80% dos dias as temperaturas ultrapassaram 35°C no interior de alguma célula-teste e em 33,33%, chegaram a superar os 40°C. Já em fevereiro de 2017 as temperaturas se mostraram mais baixas com picos isolados, onde 42,86% dos dias apresentaram temperaturas superiores a 35°C e apenas em 10,71% foram maiores que 40°C.

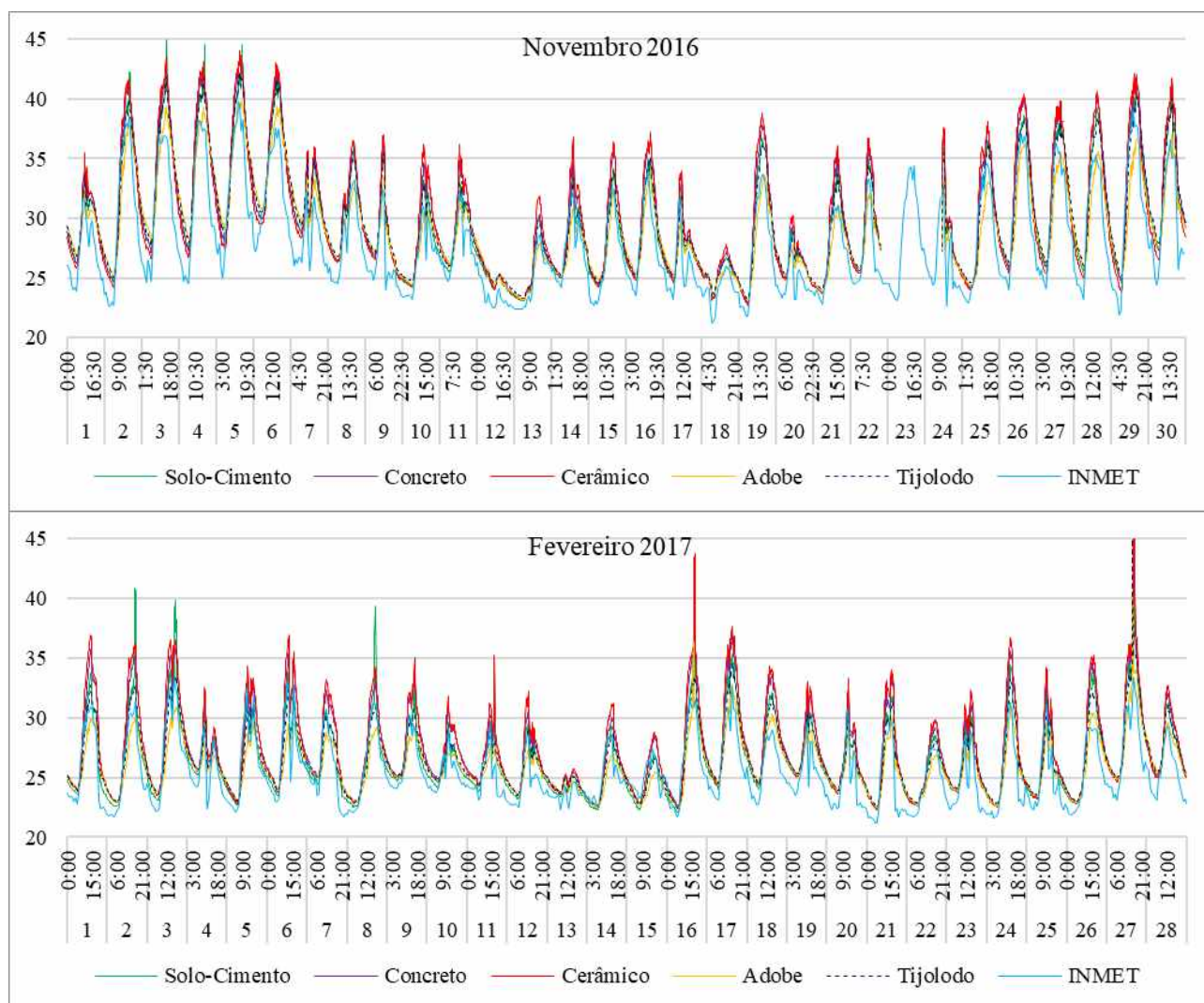


Figura 5 – Registro das temperaturas ao longo dos meses de Novembro de 2016 (a) e Fevereiro de 2017 (b).

Considerando as temperaturas à noite (mais baixas), em novembro, em 36,67% dos dias ocorreu temperaturas inferiores a 25°C no interior das células-teste e somente em 3,33% apresentou temperatura menor que 23°C. Contudo, em fevereiro, 89,28% dos dias registraram temperaturas inferiores a 25°C e em 35,71% abaixo de 23°C.

Deve-se ressaltar, para a validação das temperaturas coletadas, que há coerência dos dados obtidos nas células-teste em relação aos dados do INMET, que dista apenas duas quadras do IFTO, local da pesquisa. A partir do gráfico mensal de temperaturas (Figura 5) é possível observar a mesma tendência das linhas que

representam tanto os materiais avaliados quanto a do INMET, apresentando temperaturas elevadas no mesmo período, assim como as baixas.

No mês de novembro é perceptível uma série de características que contrastam em relação a fevereiro. Dentre elas, as altas temperaturas constantes e a elevada amplitude térmica presentes em novembro destacam a diferença nos ritmos dos dados coletados em fevereiro, onde as altas temperaturas são isoladas e em geral mais amenas, com menor amplitude térmica.

A partir de uma análise mais detalhada dos gráficos, pode-se constatar que os picos de temperatura ocorreram geralmente entre as 10h e 16h no interior das células-teste, e um atraso térmico médio em torno de 45min. Ademais, percebe-se que fevereiro apresenta temperaturas mais amenas, com menor ocorrência de temperaturas muito elevadas.

Tendo em vista a grande quantidade de dados, foram avaliadas de forma isolada as temperaturas máximas e as mínimas diárias de cada mês, resultando nas Figuras 6 e 7. Dessa forma, foi possível observar mais claramente a diferença do comportamento da temperatura nos dois meses.

A partir da Figura 6, pode-se observar que o terceiro dia de novembro (primavera) apresentou as temperaturas máximas diárias mais elevadas do mês, sendo 45°C para a célula-teste de blocos de solo-cimento convencional, 43,6°C para a de blocos cerâmicos, 43,2°C para a de blocos de concreto, 41,8°C para a de tijolado e 39,3°C para a de blocos de adobe. A célula-teste de bloco de tijolado apresentou durante grande parte do mês temperaturas inferiores aos demais materiais, com exceção do adobe, chegando a ser 3,4°C mais fria que a composta de blocos cerâmicos no dia 14.

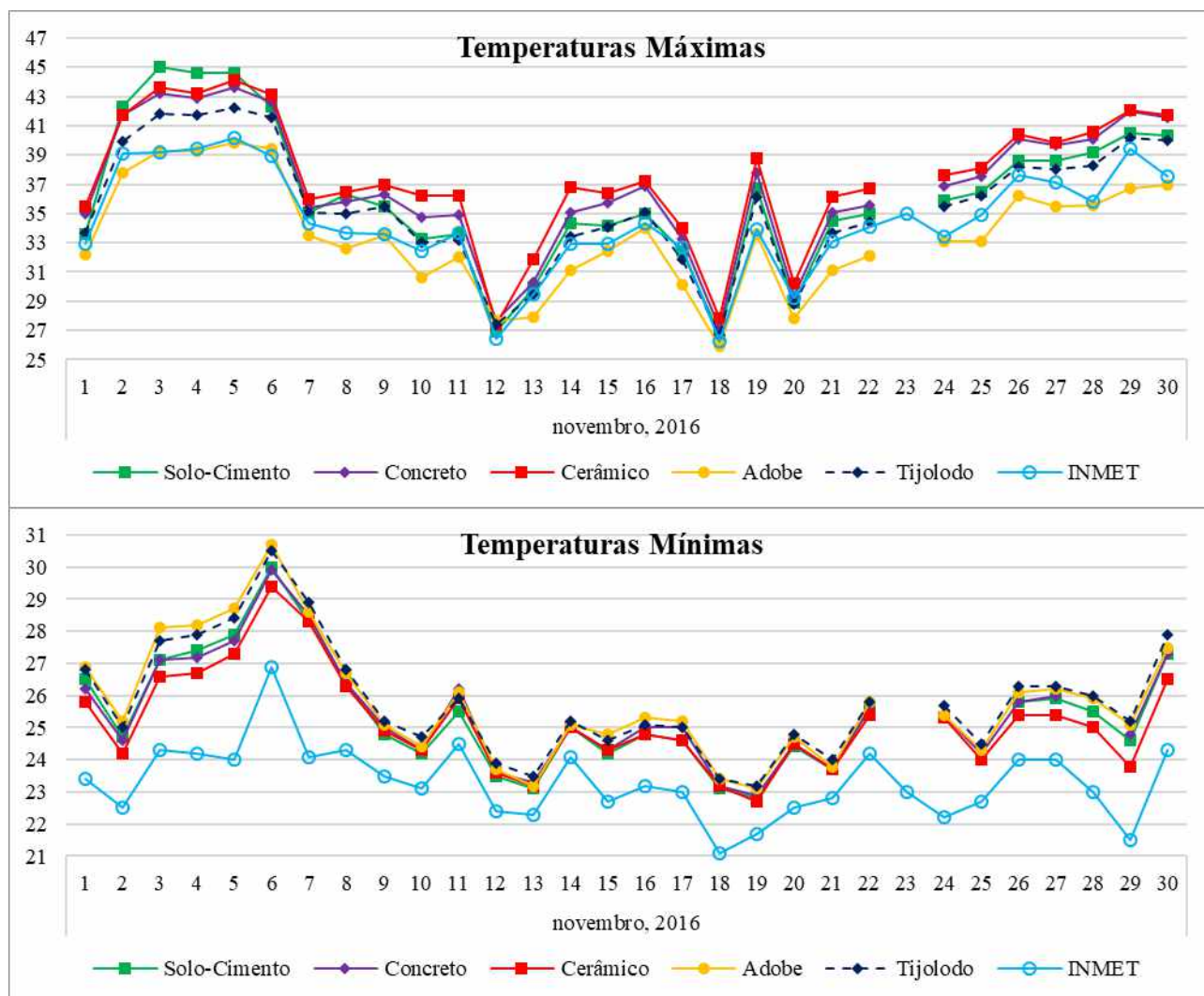


Figura 6 – Temperaturas máximas e mínimas diárias do mês de Novembro de 2016.

Na Figura 6, percebe-se ainda nas temperaturas mínimas diárias, a semelhança nos valores apresentados durante a maior parte do mês de novembro de 2016. O dia 19 apresentou as menores temperaturas de novembro, variando de 22,7°C à 23,2°C, com uma diferença de apenas 0,5°C entre os materiais tijolodo e bloco cerâmico.

Ao calcular as amplitudes térmicas diárias em novembro, obteve-se a média de 12,33°C na célula-teste de bloco cerâmico, 11,28°C para a de blocos de concreto, 10,77°C para a célula-teste de bloco de solo-cimento convencional, 9,76°C para a de tijolado e 7,76°C para a de blocos de adobe. Contudo, observa-se maior inércia térmica no adobe, tendo menores temperaturas máximas diárias e temperaturas mínimas diárias mais elevadas.

Observando ainda as temperaturas máximas e mínimas diárias de novembro de 2016, é perceptível a tendência ao aumento das diferenças entre as células-teste e entre estas e o INMET, com a elevação das temperaturas, e a tendência à redução das diferenças em temperaturas mais baixas. Isso ocorreu tanto nas temperaturas máximas como nas mínimas diárias, como observado nas máximas diárias dos dias 12, 18 e 20 de novembro, em que a temperatura reduziu e reduziram as diferenças, e nas mínimas diárias entre os dias 3 e 6 de novembro, com aumento das diferenças quando ocorreu elevação das temperaturas.

O mês de novembro apresentou elevada radiação e baixa nebulosidade, o que colaborou para as constantes temperaturas elevadas. Porém, nos dias 7, 9, 12, 13, 18 e 20 ocorreram baixas nas temperaturas ocasionadas por chuvas mais intensas, ao contrário dos demais dias, nos quais a nebulosidade foi baixa e as chuvas pontuais, segundo dados meteorológicos registrados no INMET.

A Figura 7 apresenta o comportamento das temperaturas máximas e mínimas diárias das células-teste em fevereiro de 2017 (verão). O dia 27 de fevereiro apresentou as temperaturas máximas mais elevadas do mês, sendo 46,5°C para a célula-teste de blocos cerâmicos, 45°C para o tijolado, 44,4°C para a de blocos de solo-cimento convencional, 40,5°C para a célula-teste de blocos de adobe e 37,4°C para a de blocos de concreto. Apesar disso, percebe-se que tal dia apresentou dados incomuns principalmente ao adobe e tijolado, cujas temperaturas máximas foram inferiores aos demais na maior parte do mês, assim como no dia 16.

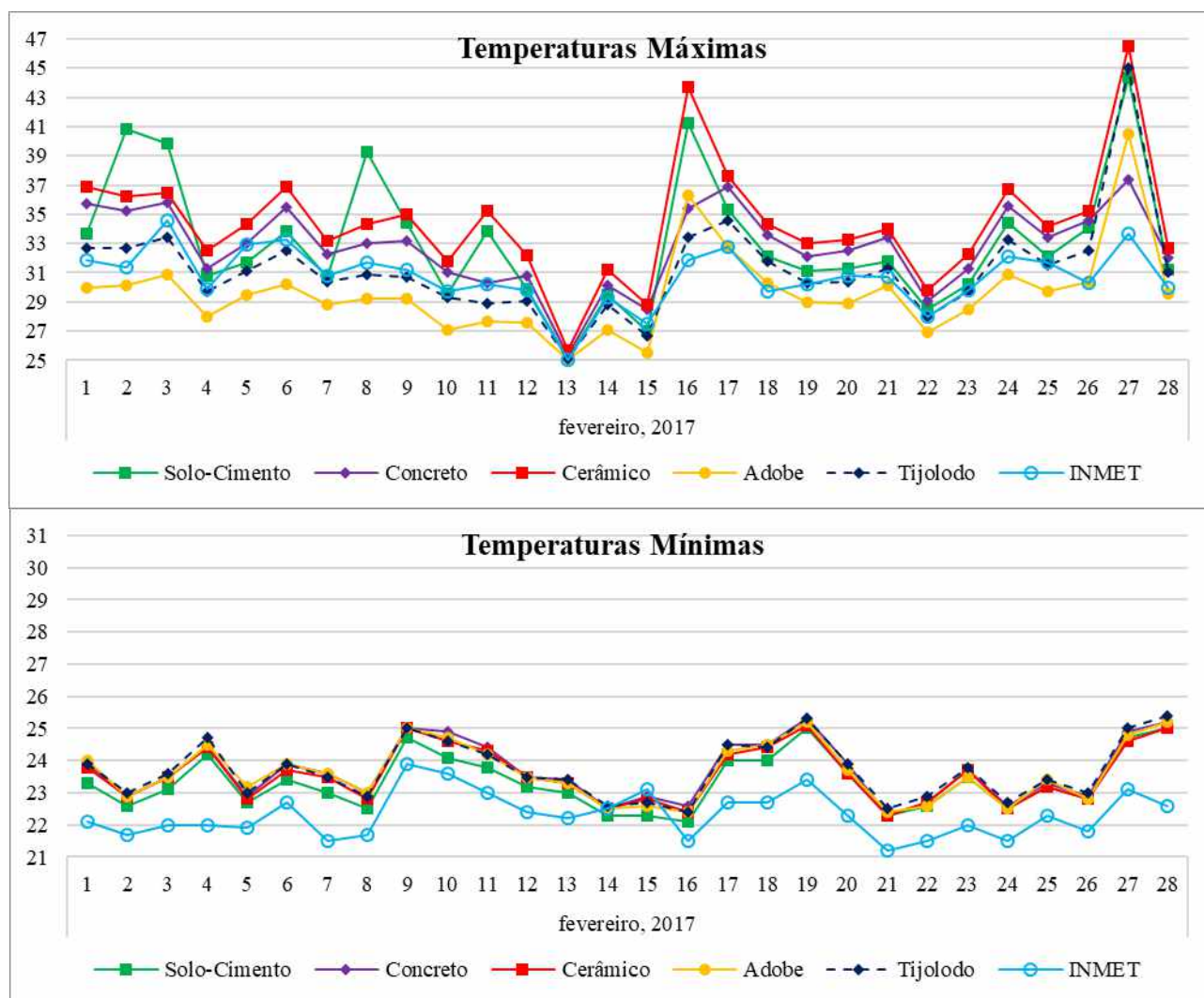


Figura 7 – Temperaturas máximas e mínimas diárias do mês de Fevereiro de 2017.

Analisando as temperaturas mínimas diárias registradas em fevereiro, é reforçado o caráter de semelhança já apresentado em novembro. O dia 16 apresentou as menores temperaturas, variando de 22,1°C

à 22,6°C, com uma diferença de apenas 0,5°C entre os materiais bloco de concreto e bloco solo-cimento convencional. As demais células-teste tiveram temperaturas mínimas de 22,4°C neste dia.

Ao verificar a média das amplitudes térmicas diárias em fevereiro, obteve-se 9,79°C nas células-teste de bloco solo-cimento convencional e de concreto, 9,12°C para a de bloco cerâmico, 7,54°C para a de tijolado e 6°C para a de blocos de adobe, ou seja, amplitudes médias sempre inferiores ao mês de novembro de 2016.

O mês de fevereiro tem como uma de suas características a elevada radiação na cidade Palmas, contudo, devido à precipitação contínua e à alta nebulosidade registrada no período, a radiação ficou reduzida, ocasionando dias com temperaturas mais baixas. Tal fato foi observado em grande parte do mês, exceto nos dias 16 e 27, quando a precipitação foi baixa.

É perceptível nas mínimas diárias de fevereiro o comportamento mais uniforme entre as células-teste. Já em novembro, as diferenças entre as menores temperaturas foram mais claras, principalmente se considerado os dados externos, fato que ocorre devido à inércia térmica dos materiais, dois quais o adobe e o tijolado se destacaram.

5. CONCLUSÕES

Esta pesquisa tornou-se relevante, pois demonstrou a princípio a necessidade de caracterizar e validar o desempenho térmico deste novo produto – o tijolado, desenvolvido pelo grupo de pesquisa, e de uma maneira geral enfatiza a necessidade de aplicar ações que visem à sustentabilidade e à adequação ambiental, criando uma cidade saudável, ecologicamente equilibrada e, principalmente, adaptada ao meio ambiente em que se insere.

De uma forma geral, as células-teste de materiais sustentáveis proporcionaram melhores resultados no conforto ambiental térmico se comparadas aos materiais convencionais. Os blocos de solo-cimento convencional, o adobe e o tijolado apresentaram menores ganhos de temperatura em relação à temperatura externa registrada pelo INMET, enquanto os blocos de concreto e cerâmico apresentaram os maiores valores de temperaturas máximas.

O bloco de alvenaria de solo-cimento desenvolvido pelo grupo TEMAS apresentou comportamento satisfatório nos dois meses estudados, destacando-se a maior diferença de temperatura em dias mais quentes, sendo adequado para cidades com estas características climáticas, como Palmas (TO). Comparado aos demais materiais estudados, o tijolado foi um dos mais eficientes, apresentando maior amortecimento térmico que os demais materiais, com exceção apenas do adobe. O tijolado apresentou média das máximas nos dois períodos de 33,38°C, o adobe 31,56°C, enquanto o bloco cerâmico apresentou média de 35,95°C. Quanto à amplitude térmica diária, que indica uma maior inércia térmica por retenção de calor entre o dia e a noite, foram observados menores valores no adobe e no tijolado, e os maiores no bloco cerâmico. A média da amplitude térmica nos dois períodos foi de 11,58°C no bloco cerâmico, 8,63°C no caso do tijolado, e 6,86°C para o adobe. Tais resultados indicam temperaturas mais amenas que os demais blocos construtivos, demonstrando assim resultados satisfatórios e a viabilidade para o emprego do bloco desenvolvido para a construção civil.

O estudo comparativo do comportamento térmico entre os diferentes materiais de construção aponta os materiais adobe e tijolado como mais vantajosos. Contudo, o fato do adobe ser um material sensível a intempéries e menos resistente a solicitações estruturais, corrobora para consideração do uso do tijolado ao invés do adobe. Tal ponto, juntamente como os já citados, indica para a validação construtiva da tecnologia em estudo. Sugere-se ainda, mais estudos que possam determinar a condutividade térmica e calor específico do tijolado, possibilitando assim calcular a sua transmitância e capacidade térmica, entre outras variáveis, de acordo com o recomendado na ABNT NBR 15220 (2005) e ABNT NBR 15575 (2013).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575**: Edificações Habitacionais - Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.
- ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. **Lodo de esgotos**: tratamento e disposição final. In: Lodo de esgotos: tratamento e disposição final. 2001.
- GONTIJO NETO, T. M. **Alvenaria eco eficiente**: estudo da resistência mecânica de Blocos de alvenaria com resíduos inorgânicos em sua Constituição. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Palmas, 2018.

- INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMEP)**. 2017. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 30 set. 2017.
- ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726**: ergonomics of the thermal environments – instruments for measuring physical quantities. Genebra, Suíça, 1998.
- LIMA, M. B. de; PINHEIRO, L. P.; SANTOS, K. H. de J.; SILVA, L. F. G. da; BATISTA, P. dos S.; CARVALHO, A. dos G. de. Comparação *in loco* do desempenho térmico entre bloco de alvenaria de solo-cimento com lodo incorporado e materiais convencionais. In: ENCONTRO NACIONAL, 14., e ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., set. 2017, Balneário Camboriu, SC. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2017. p. 1066-1073.
- MARAGNO, G. V. Adequação bioclimática da arquitetura de Mato Grosso do Sul. **Ensaios e Ciências**, Campo Grande, v. 6, n. 003, p. 13-37. 2002.
- OLGYAY, V. **Design with climate**: bioclimatic approach to architectural regionalism. Princeton, N.J.: Princeton University Press. 1963.
- SILVA, L. F. G. da. **Percepção climática e conforto térmico**: contribuição ao estudo interdisciplinar dos aspectos objetivos e subjetivos do clima em Palmas, TO. Tese (Doutorado em Ciências do Ambiente) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2018.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao IFTO pelos recursos financeiros aplicados à pesquisa, tanto para aquisição dos instrumentos, como para bolsas de iniciação científica.