

ANÁLISE DA TEMPERATURA EM SUPERFÍCIE DE ARGAMASSA ARMADA COM USO DE SENSORES DE TEMPERATURA E UM MICROCONTROLADOR

Everton D. Oliveira (1); Desiree B. Damame (2); Lia T. M. Mota (3); Alexandre A. Mota (4); Regina M. Longo (5)

(1) Engenheiro Eletricista, Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, everton_deoliveira20@hotmail.com

(2) Engenheira Ambiental e Sanitarista, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, desireedamame@yahoo.com.br

(3) Profª Drª, docente permanente do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e do Programa de Pós-graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, lia.mota@puc-campinas.edu.br

(4) Profº Drº, docente permanente do Programa de Pós-graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, e do Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, amota@puc-campinas.edu.br

(5) Profª Drª, docente permanente do Programa de Pós-graduação em Sistemas de Infraestrutura Urbana, regina.longo@puc-campinas.edu.br

Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Rodovia Dom Pedro I, km 136 Parque das Universidades, CEP 13086-900 – Campinas - SP, Tel: (19) 3343-7239

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma análise estatística básica, realizada sobre dados de medição de temperatura de superfície de um bloco de argamassa. Este trabalho tem como motivação, analisar o comportamento da temperatura de uma tipologia construtiva, presente no meio urbano e a partir disto trabalhar em soluções que possam contribuir com a eficiência energética das edificações. Para isto, foi montada uma bancada de testes composta por dois sensores de temperatura modelo TTC3A103_34D, um micro -controlador do tipo Arduino Uno, uma resistência doméstica de aquecimento, um micro – computador e um bloco de argamassa armada. Os sensores foram posicionados cada um em uma das faces, do bloco de argamassa armada; em uma das faces foi posicionada a resistência de aquecimento para aquecer o bloco de argamassa armada; os sensores de temperatura foram configurados para aquisitar os dados de temperatura a cada cinco segundos por um período de duas horas. Após o término do ensaio, os dados coletados foram utilizados para realizar uma análise estatística básica, e também foram construídos gráficos para analisar os dados e o comportamento das duas temperaturas.

Palavras - chave: Análise estatística básica, Sensores de temperatura, Argamassa armada.

ABSTRACT

This paper presents a basic statistical analysis performed on surface temperature measurement data from a mortar block. This work has the motivation, analyzing the temperature behavior of a building typology, present in urban areas and from this work on solutions that can contribute to energy efficiency of buildings, for this a test bench consists of two temperature sensors was mounted TTC3A103_34D model, a micro-controller type Arduino Uno, a domestic resistance heating, a micro - computer and a block of reinforced mortar. The sensors were placed each on one side of the reinforced mortar block on one side was positioned the heating element to heat the reinforced mortar block, temperature sensors were configured to aquisition temperature data every five seconds by a period of two hours. After the test, the data collected where it was held a basic statistical analysis and graphics were also built to analyze the data and the behavior of the two temperatures.

Key - words: Basic statistic analysis, Temperature sensors, Armed mortar.

1. INTRODUÇÃO

O consumo de energia no Brasil e no mundo é um assunto cada vez mais abordado na atualidade, com destaque para os períodos de seca e de verão onde o uso dos recursos hídricos para a geração de energia elétrica se torna mais vulnerável. Porém, o Brasil conta com o Sistema Interligado Nacional (SIN), que consiste de um sistema hidrotérmico de grande porte composto, de instalações de geração e transmissão de energia elétrica interligadas, com capacidade para atender 98% do mercado nacional de energia elétrica. A capacidade total brasileira, em sua matriz de energia elétrica é de 122,9 mil MW (megawatts) atingidos em março de 2003, com potência 64,3% maior que os 74,8 mil MW instalados em dezembro de 2011. (PORTAL BRASIL, 2013).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), desde 2008 vem sinalizando à população sobre o aumento do consumo de energia elétrica nas residências nos últimos anos, apresentando que o crescente consumo de energia elétrica está diretamente associado ao porte de desenvolvimento econômico de cada região. O aumento do consumo de energia elétrica se torna ainda maior no período do verão principalmente nas regiões metropolitanas, onde o uso do sistema de ar-condicionado se torna mais frequente nas empresas e residências (ANEEL, 2008).

Existe também uma crescente demanda do mercado por edificações construídas de maneira sustentável, onde todos os processos, sendo eles desde a captação dos recursos naturais para a construção da edificação como um todo, como a maneira correta de efetuar o descarte adequado do resíduo produzido. Essas edificações também devem contemplar alguns quesitos de eficiência energética, como por exemplo: o baixo consumo de energia, dessa forma isso implica em uma elevada necessidade de novos estudos visando o conforto térmico de edificações associado a eficiência energética das edificações, juntos estes quesitos proporcionam melhoria na qualidade de vida, e reduzem também a quantidade de energia consumida pelas edificações (SIMAS e SANTANA, 2009).

Inúmeros estudos mostraram que o meio atmosférico urbano, vem sofrendo alterações em relação ao meio atmosférico rural, o principal deles é a elevação da temperatura, provocando as chamadas “ilhas de calor”, o surgimento dessas ilhas se dá pelo conjunto denso e compactado de edificações no centro das cidades. Modificar um elemento climático causa grande impacto ecológico, pois causa desconforto aos habitantes e aumenta a concentração de poluentes, esse aumento da temperatura em contra partida se reflete nas diferentes tipologias de edificações, disseminadas no meio urbano como concreto puro, concreto armado, argamassa, argamassa armada, blocos de concreto, blocos de concreto (BIAS, BAPTISTA e LOMBARDO, 2003).

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar uma análise estatística básica do comportamento da temperatura de superfície de um bloco de argamassa armada quando o mesmo está exposto a um processo de aquecimento, monitorando a temperatura com o uso de sensores do modelo TTC3A103_34D e um micro – controlador do tipo Arduino Uno. Este estudo tem como finalidade contribuir para futuras ações de eficiência energética, focando na diminuição do consumo de energia elétrica das edificações de modo geral.

3. MÉTODO

A metodologia deste trabalho está dividida em três partes, a primeira parte é composta pela descrição dos sensores de temperatura utilizados neste trabalho, a segunda parte da metodologia descreve o micro – controlador utilizado para efetuar a gerência dos sensores de temperatura e a terceira e última parte que descreve o processo definido para a coleta de dados.

3.1. Sensores de temperatura

O Transdutor utilizado para aquisição de dados foi um sensor de temperatura TTC3A103_34D, este sensor opera com tensão de alimentação em 5VCC, junto com o sensor de temperatura também é utilizado um amplificador operacional se tensão para que este amplificador operacional, forneça os dados aferidos pelo sensor de temperatura para o micro - controlador. A figura 1 apresenta o diagrama elétrico do módulo sensor de temperatura.

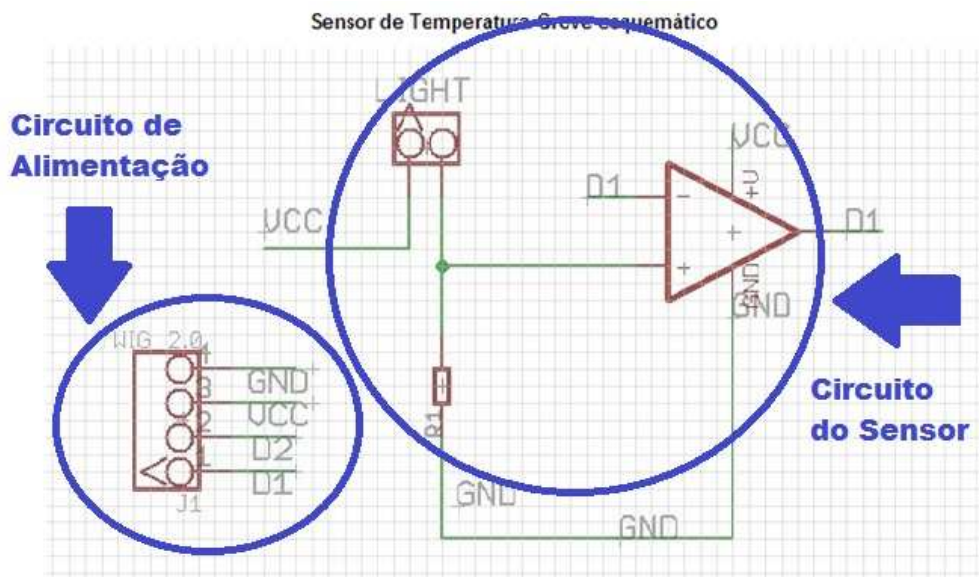


Figura 1 - Diagrama Elétrico Sensor de Temperatura TTC3A103_34D.

Já a figura 2 apresenta o módulo sensor de temperatura TTC3A103_34D em sua forma comercial.

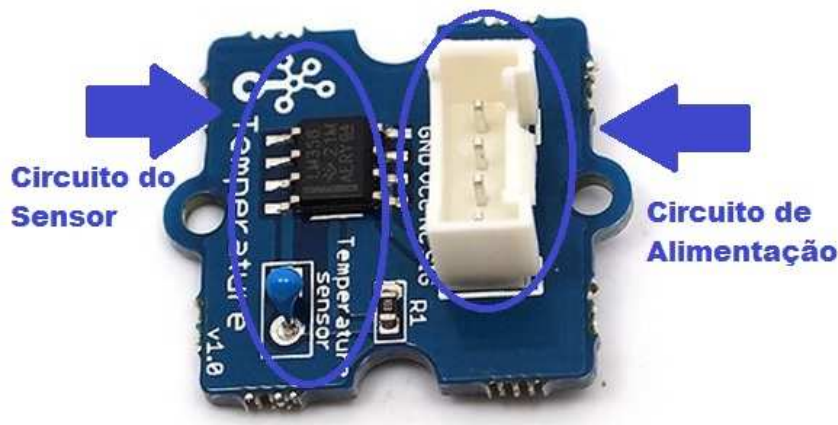


Figura 2 - Módulo Sensor de Temperatura TTC3A103_34D. (Data-sheet TTC3A103,).

Como dito anteriormente, o sensor de temperatura funciona como um transdutor de dados, pois o mesmo, quando em contato com alguma superfície onde existe uma variação de temperatura em graus Celsius, tem seu valor de resistência elétrica alterado, o qual é então usado para alterar o valor da tensão no pino da saída analógica do amplificador operacional. Assim, conforme a temperatura aumenta, o valor da resistência do sensor diminui. A transdução do sinal de tensão presente na saída analógica do sensor é feita através da expressão embutida na programação em linguagem de programação C do sensor, configurada no micro – controlador Arduino Uno, nesta equação a transdução do valor de tensão acontece quando o valor 1 é dividido pelo logaritmo da variação da resistência dividido por 1000, que novamente é dividido pelo valor de B (Beta que equivale a 3975, valor presente no *datasheet* do sensor) + 1, dividido pelo valor fixo de 298, 15 valor este definido também pelo *datasheet* do sensor, onde tudo isso é finalmente subtraído por - 273,15(valor definido pelo fabricante do sensor), a faixa de operação deste sensor é de -40 à 125 graus Celsius, com uma precisão de $\pm 1,5^{\circ}\text{C}$, esta precisão afirma que o sensor garante que a sua resolução está entre $1,5^{\circ}\text{C}$ para cima ou para baixo . A figura 3 ilustra a equação presente dentro do micro – controlador para a transdução do valor da variação da tensão provocada no sensor em graus Celsius.

$$Temperatura = 1/(\log(resistencia / 10000) / B + 1 / 298,15) - 273,15$$

Figura 3-Fórmula para transdução do sinal de tensão (V) em temperatura (°C).

3.2. Micro controlador

Foi utilizada uma placa do modelo Arduino Uno com alimentação em 5VCC, contendo: um microcontrolador do tipo Atmega 168, seis pinos de entrada analógica, uma memória SRAM 1KB, uma memória EEPROM 512 bytes operando em velocidade de *clock* em 16 MHz, dentre outras funcionalidades. Quando este micro – controlador é comparado com os demais existentes no mercado, este modelo sai a frente perante aos demais por ter um custo acessível, possuir uma vasta gama de sensores compatíveis com os requisitos de funcionamento, possui conteúdo livre como bibliotecas de programação em linguagem C disponíveis em sua página na internet, é extremamente difundido no meio acadêmico em atividades de laboratório e aplicação em trabalhos científicos.

3.3. Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada em um dos laboratórios da universidade, contendo em seu interior 4 computadores em modo de operação, sistema de ar-condicionado ar - condicionado operando em 21°C, a duração do ensaio foi de duas horas, onde os dados de temperatura foram coletados a cada 5 segundos.

O objeto de estudo foi uma placa de argamassa armada (traço 1:2) com espessura de 5 cm, com armadura de fio de aço com espessura de 1 cm espaçados a 5 cm cada na vertical e na horizontal, a dimensão total da placa é de 20cm X 20cm X 5cm. Esta placa de argamassa armada foi escolhida por suas características serem extremamente semelhantes as características construtivas utilizadas no meio urbano, especificamente em paredes de vedação.

A placa de argamassa armada foi aquecida por uma resistência doméstica operando a uma temperatura de 120°C em regime constante. As figuras 4 e 5 respectivamente ilustram o ensaio realizado.

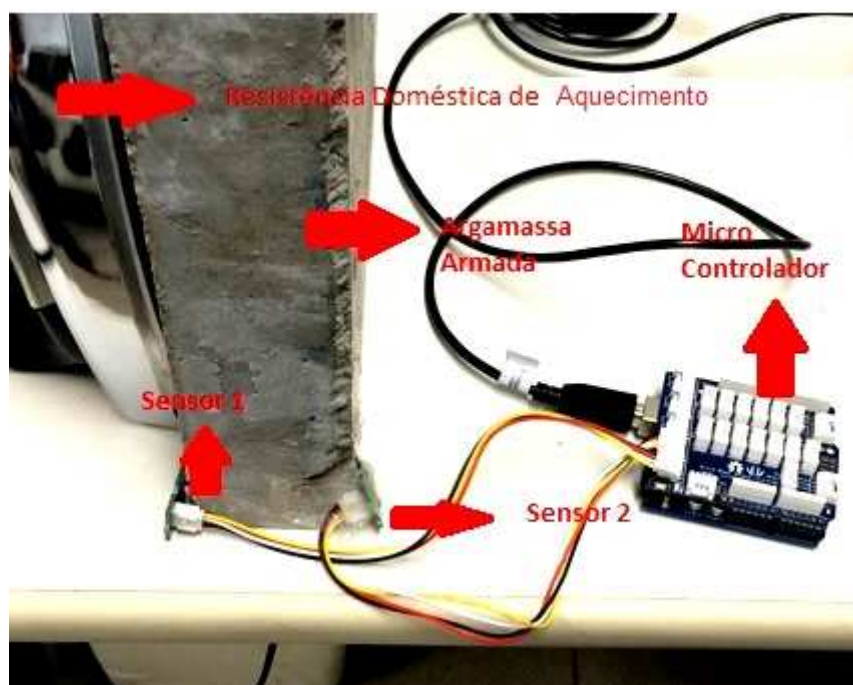


Figura 4 - Vista lateral do *set-up*.

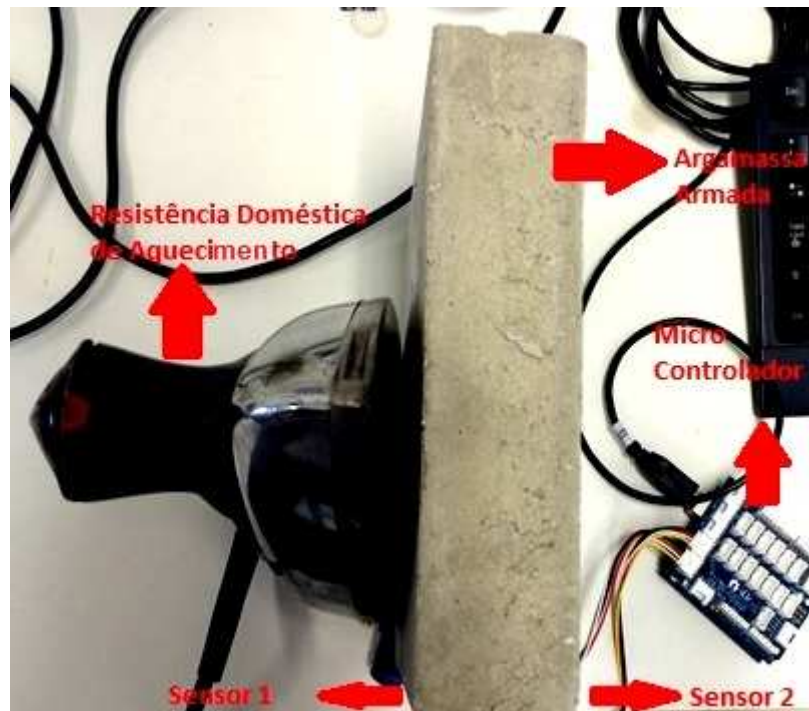


Figura 5 - Vista superior do set-up.

4. RESULTADOS

Os resultados deste trabalho foram divididos em duas partes sendo elas: análise de dados e análise estatística dos dados.

4.1. Análise dos dados

Após coletar os valores de temperaturas medidas através dos Sensores 1 e 2, gerou-se um gráfico com o comportamento da temperatura durante o ensaio. A figura 6 ilustra o gráfico com o comportamento das temperaturas 1 e 2.

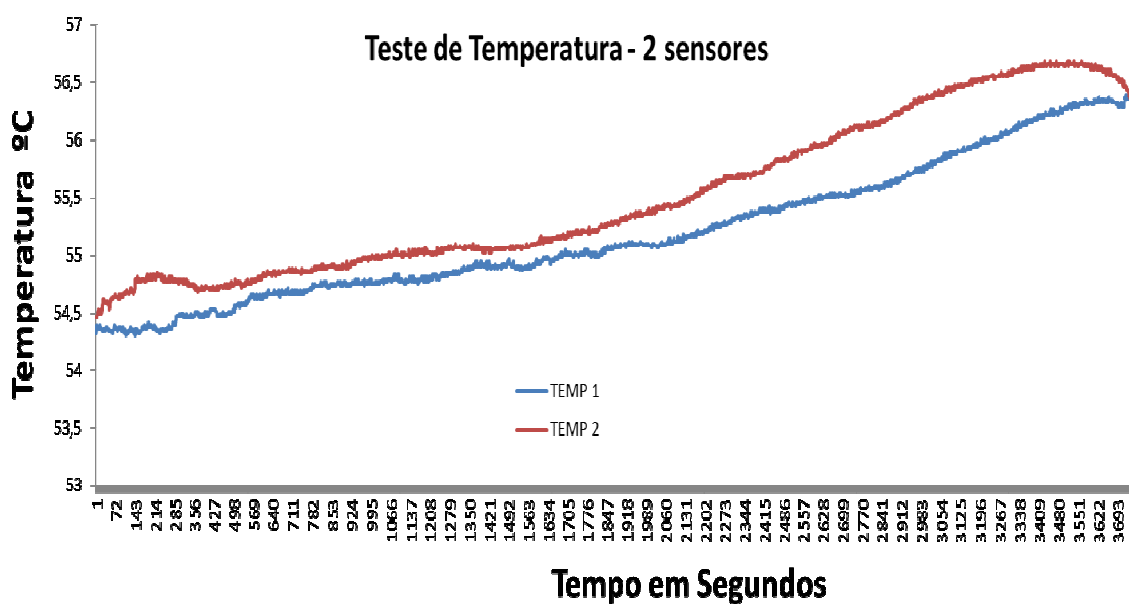


Figura 6 – Gráfico com o comportamento das temperaturas 1 e 2.

Após coletados os dados, realizou-se a subtração dos dois valores, a fim de se calcular a diferença de temperatura entre o sensor 1 e o sensor 2. Assim foi gerado o gráfico da diferença de temperatura ilustrado na figura 7.

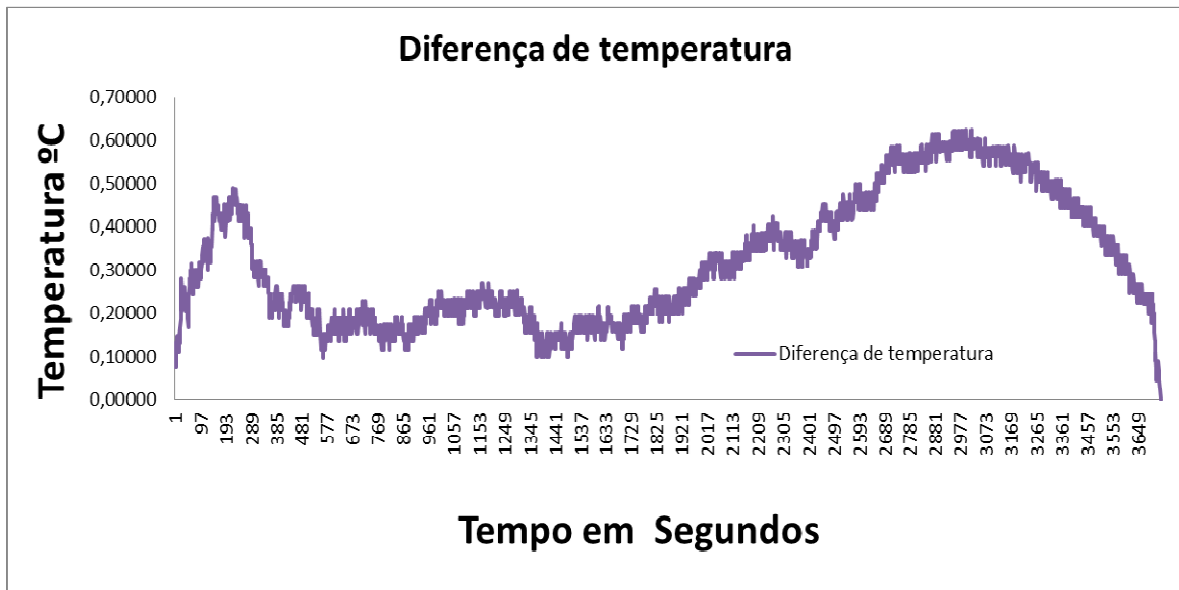


Figura 7 - Diferença de temperatura entre os sensores 1 e 2.

A partir do cálculo da média dos valores referente a diferença de temperatura entre o sensor 1 e o sensor 2 constatou-se que a diferença de temperatura é de aproximadamente 0,32 °C. Assim a temperatura entre os sensores pode-se se dizer que é aproximadamente a mesma durante a realização do ensaio, com variação de apenas 0,32 °C entre uma temperatura e outra.

4.2 Análise estatística dos dados.

A análise estatística dos dados ocorre em cima dos valores da diferença de temperatura entre as duas superfícies analisadas. Os cálculos realizados fora: cálculo da média, cálculo da variância amostral, cálculo do desvio padrão amostral, plotagem do histograma e plotagem da curva de distribuição normal. Estes métodos de tratativas estatísticas básicas foram escolhidos, por permitir visualizar o comportamento em grupo de uma grande quantidade de dados, a curva normal foi escolhida para identificar a faixa em que se ocorre o desvio padrão entre as medidas analisadas.

4.2.1 Cálculo da média

A média foi calculada pela equação 1:

$$\bar{x} = 1/N * \sum xi$$

$$\bar{x} = 1/(3738 * 1197,69730)$$

$$\bar{x} = 0,32041^{\circ}\text{C}$$

Onde: \bar{x} : corresponde a média; N: corresponde ao número de amostras; i: corresponde a amostra.

4.2.2 Cálculo da variância amostral

Para calcular a variância tem se a equação 2:

$$V(x) = S^2 = 1/N - 1 * \sum di^2$$

$$S^2 = 1/N - 1 * \sum (xi - \bar{x})^2$$

$$S^2 = 1/3738 - 1 * 81,3532$$

$$S^2 = 0,02177^{\circ}\text{C}^2$$

Onde: S^2 : corresponde a variância; \bar{x} : corresponde a média; N: corresponde ao número de amostras; i:

corresponde a amostra.

4.2.3 Cálculo do desvio padrão amostral

Foi utilizado a seguinte equação para o cálculo do desvio padrão amostral, equação 4:

$$S = \sqrt{S^2} = \sqrt{0,02177}$$

$$S = 0,147545 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Onde: S: corresponde ao desvio padrão; S²: corresponde a variância; \bar{x} : corresponde a média; N: corresponde ao número de amostras; i: corresponde a amostra.

4.2.4 Plotagem o histograma

O histograma da série de dados foi plotado afim de identificar a frequência dos dados coletados em relação a diferença das duas temperaturas como pode ser visualizado na figura 8.

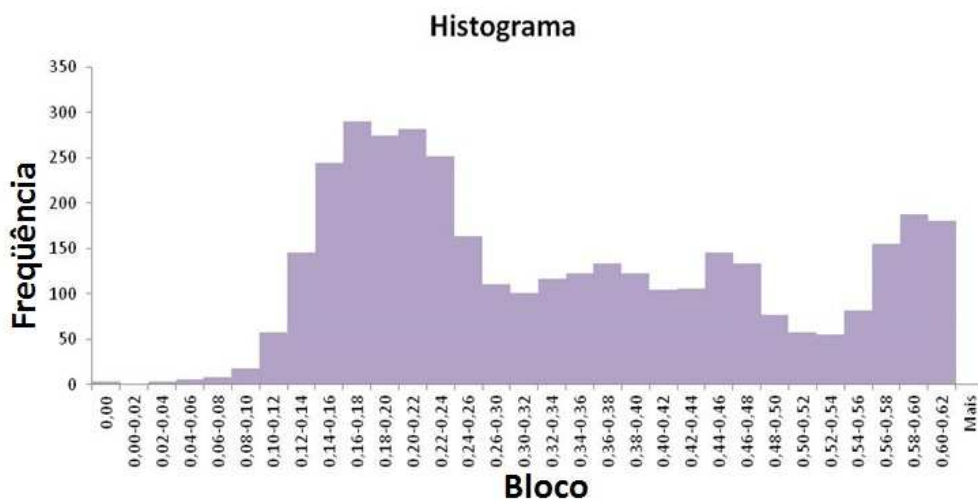


Figura 8 - Histograma

4.2.5 Plotar uma distribuição normal

A plotagem da distribuição da distribuição normal foi plotada, para melhor visualização da curva da distribuição normal a mesma foi sobreposta sobre o histograma do gráfico da figura 10 no intervalo correspondente como pode ser visto na figura 9.

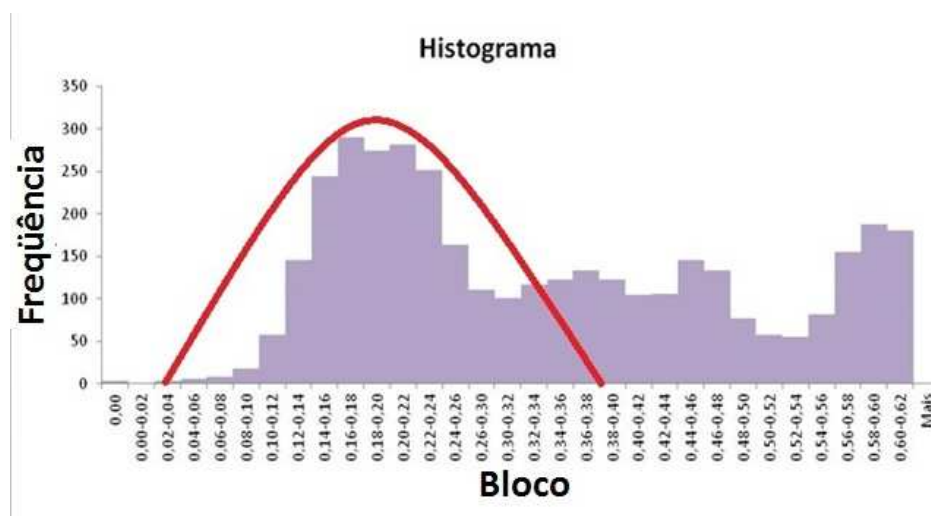


Figura 9 – Curva da Distribuição normal sobreposta no histograma da figura 8.

Após estas análises foi construído um histograma para o intervalo de dados onde ocorreu maior variação de temperatura sendo este intervalo composto pelos dados adquiridos entre as medidas de número 640 à

1847, totalizando 1207 medidas para este espaço amostral, este espaço amostral é referente ao período de maior variação no processo do aumento da temperatura entre a temperatura 1 e a temperatura 2 como apresentado na figura 10.

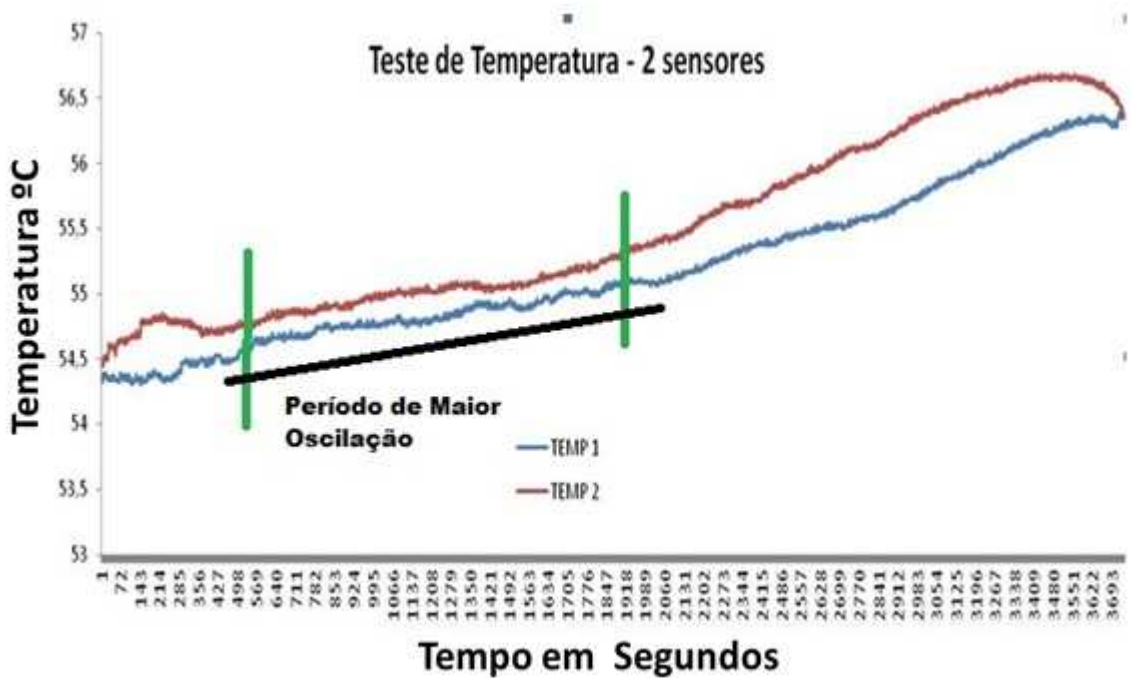


Figura 10 – Período de maior oscilação das temperaturas 1 e 2.

Para este espaço amostral foi construído um histograma pra registrar a frequência das aquisições entre a temperatura 1 e a temperatura 2 como pode ser visto no da figura 10. Também este mesmo intervalo foi calculado a curva normal, para o intervalo onde a mesma já foi sobreposta ao seu intervalo correspondente como pode ser visto no gráfico da figura 11.

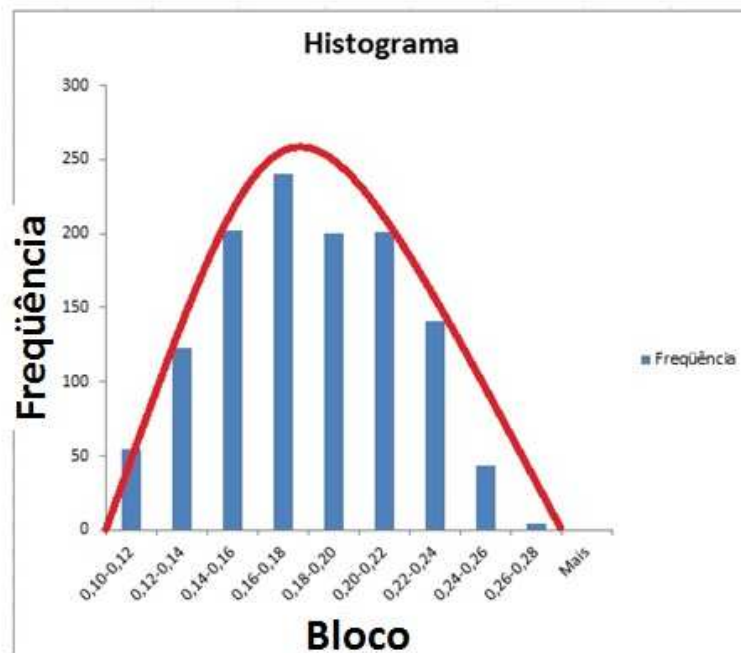


Figura 11 – Histograma para o intervalo com maior ocorrência de variação de temperatura, com a Curva Normal para o intervalo.

Uma grande aplicação para este experimento seria analisar a temperatura da argamassa em uma edificação real e observar a variação entre a temperatura interna e a externa da edificação a fim de determinar a temperatura média da edificação, uma vez que cada ambiente pode ter uma temperatura diferente da temperatura do outro ambiente pois podem ter eventos distintos ocorrendo no mesmo intervalo de tempo como: incidência solar, áreas de sombra, vegetação no entorno da superfície, sistemas de ar-condicionado dentre outros. Posteriormente realizar este ensaio em outras tipologias construtivas presentes no meio urbano, reproduzindo nas diferentes estações do ano, também variar a intensidade do sistema de ar – condicionado e ir caracterizando os resultados obtidos.

5. CONCLUSÕES

Com a análise de resultados conclui-se que os sensores e o micro controlador, empregado no experimento atenderam as necessidades para a análise do comportamento, da temperatura em uma superfície de argamassa armada, a análise estatística realizada serviu para efetivar o comportamento e o uso dos sensores para esta aplicação. Os resultados provenientes deste trabalho foram de suma importância para a caracterização do modo do comportamento da temperatura, de um bloco de argamassa armada quando o mesmo está exposto a um processo de aquecimento em uma de suas faces, entender o comportamento da temperatura neste bloco possibilita que novos estudos possam ser realizados no que se diz respeito ao conforto térmico das edificações associado as ações de eficiência energética, uma vez que estes dois parâmetros devem trabalhar juntos, para prover maior ergonomia e funcionalidade para a edificação.

Este trabalho se difere dos demais existentes, por este tratou do aquecimento da temperatura de uma edificação com uma aplicação prática ou seja aquecendo diretamente o bloco de argamassa armada com uma resistência de aquecimento e através de sensores coletou-se os dados de temperatura, diferentemente de alguns casos em que este tipo análise é efetuada apenas através de simulação computacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília, 2008;

BIAS E. S., BAPTISTA G. M., LOMBARDO M. A. **Análise do Fenômeno de Ilhas de Calor Urbanas, por Meio da Combinação de Dados Landsat e Ikonos**. Anais XI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Abril, 2003

SIMAS L. S. L., SANTANA L. C. **Uma Nova Modalidade Para Administrar Recursos Naturais Para a Construção de Uma Casa Ecológica**. Fundação Visconde de Cairu. Salvador – BA, 2009;

Região Metropolitana de São Paulo. Disponível em

<http://www.nepo.unicamp.br/textos/publicacoes/livros/megacidades/megacidades_RMSP.pdf> Acesso em: 30 de maio de 2014;

Placa Arduino Uno. Disponível em: <<http://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardDiecimila>> Acesso em 16 de abril de 2015;

Componentes do Arduino Uno. Disponível em: <<http://www.arduino.cc/>> Acesso em 16 de abril de 2015;

Sistema Interligado Nacional. Disponível em: < <http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2015/03/angra-e-religada-ao-sistema-interligado-nacional-sin>> Acesso em 16 de abril de 2015;

Data Sheet Transdutor TTC3A103_34D. Disponível em: <http://www.seeedstudio.com/depot/category_products?themes_id=1417> Acesso em 16 de abril de 2015;