

# Replicação de Kindaichi et al. 2017

Vinícius Soares<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande (UFCG)  
Campina Grande – PB – Brasil

`viniciussoares@copin.ufcg.edu.br`

## 1. Estudo Original

Muito do consumo de energia no setor de edificações é relacionado ao uso de condicionadores de ar. O desempenho desses aparelhos é fortemente influenciado pela carga de uso dos usuários, e pela eficiência mecânica. Esse artigo analisa dados de consumo de 87 unidades de condicionadores de ar em situações de cargas leves e severas, de acordo com a temperatura externa, e de temporadas de aquecimento e resfriamento, que foram definidas entre os períodos do inverno e do verão, respectivamente. Condições de cargas leves tenderam a períodos mais curtos de uso dos aparelhos em relação às condições de cargas severas. Com uma redução média de tempo de operação de 20%, foi possível observar redução no consumo de energia de 40%. Foi observado que o efeito do tempo de uso dos aparelhos foi mais forte que o efeito da eficiência física, no consumo de energia, quando a redução da duração das operações foi maior que 20% e maior que 26% durante as temporadas de aquecimento e resfriamento, respectivamente. O estudo mostrou que considerar condições de carga relacionadas à temperatura podem direcionar modelos de comportamento dos usuários, implicando em uma maior precisão da previsão do consumo de energia por aparelhos de ar-condicionado.

Esta reprodução foca na questão do consumo de energia relacionado a carga de uso dos aparelhos considerando as temperaturas externas do ambiente.

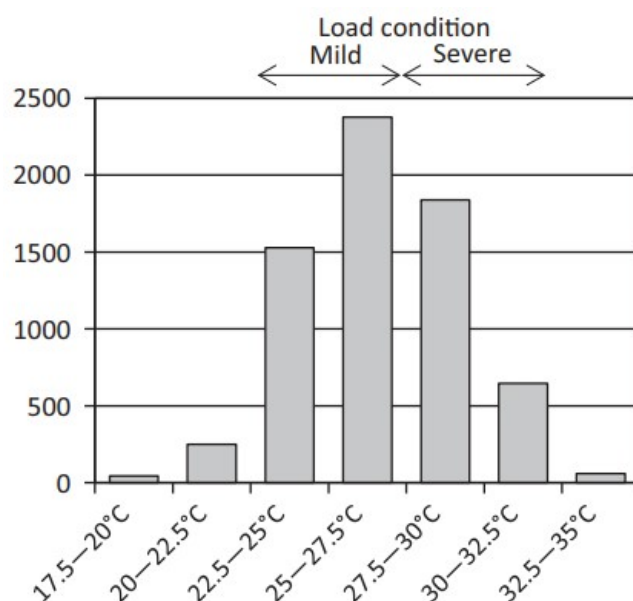
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359431116321743>

## 2. Objeto da Reprodução

A parte do estudo que será reproduzida corresponde à comparação entre a temperatura externa do ambiente e o tempo de uso dos aparelhos de ar-condicionado, consequentemente o consumo desses aparelhos (que depende de quanto tempo o aparelho esteve ligado). A comparação foi feita considerando principalmente dois grupos de temperatura. Foi definido que no intervalo de 10°C das temperaturas medidas, os 5°C mais baixos correspondem a “condições amenas”, e os 5°C mais altos do intervalo correspondem a “condições severas”. O estudo buscou descobrir se os usuários costumam pôr cargas de uso (tempo que os aparelhos estiverem ligados) diferentes em condições de temperatura diferentes.

Os autores concluíram que com temperaturas externas mais amenas, os aparelhos ficaram ligados 20% a menos do tempo, o que resultou numa redução de 40% do consumo de energia.

A visualização na figura 2 é o principal alvo desta reprodução. Ela representa a variação nos tempos de uso dos aparelhos de ar-condicionado, considerando condições amenas e severas.



**Figura 1. Temperaturas medidas**

### 3. Metodologia Original

#### 3.1. Coleta de Dados

O artigo usa dados de 87 aparelhos de ar-condicionado, monitorados por um período de 4 meses (com temperaturas baixas), o que é chamado de “temporada de aquecimento”. E, um período de 3 meses, correspondendo à estação de verão no japão, o que é chamado de “temporada de resfriamento”. Esses dados correspondem ao consumo de energia desses aparelhos, considerando uma medição a cada 30 minutos do nível de consumo. Além disso, o estudo utilizou dados de clima da cidade, a fim de saber a temperatura externa dos ambientes nos momentos das medições de consumo de energia.

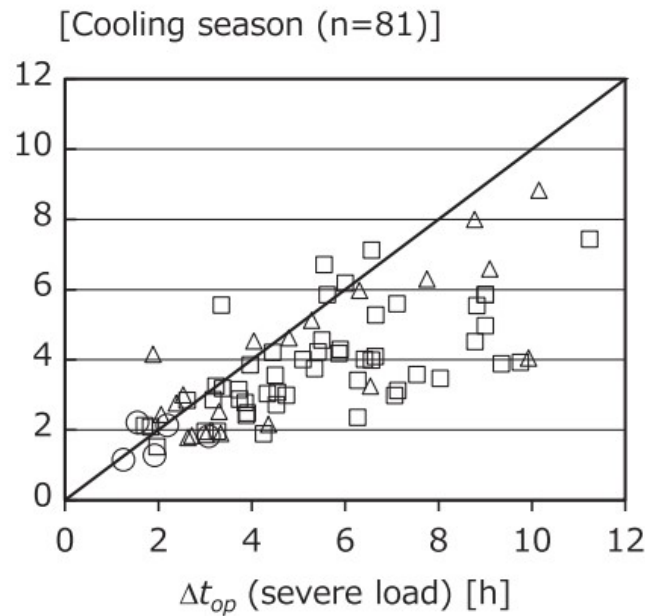
#### 3.2. Dados Gerados

**Tabela 1. Colunas geradas**

Sala	Data	Hora	Consumo (kwh)	Temp. Ext. °C
“sala A”	01/04/2021	08:00	2	25
“sala B”	01/04/2021	08:00	1.1	25
“sala C”	01/04/2021	08:00	1.2	25
“sala A”	01/04/2021	08:30	2.7	25.6

#### 3.3. Análise de Dados

Os dados são analisados considerando inicialmente quanto tempo os aparelhos permaneceram ligados, ou seja, por quanto tempo o consumo de energia foi maior que 0. Esse dado



**Figura 2. Comparação da carga de uso nas condições amena e severa**

foi usado para comparar duas condições de cargas diferentes, quando as temperaturas externas fossem “amenas” ou “severas”, considerando uma distribuição das temperaturas num intervalo de 10°C (22,5 - 32,5°C), sendo as condições amenas no intervalo de 22,5 - 27,5°C e as condições severas no intervalo de 27,5 - 32,5°C. A partir disso, foi calculado a diferença (em porcentagem) de tempo de uso dos aparelhos nas duas condições, e consequentemente a variação do consumo de energia.

#### **4. Diferenças Metodológicas com o Estudo Original**

O artigo usa dados de 87 aparelhos de ar condicionado, monitorados por períodos de 3 meses, correspondendo a estação de verão no japão. No caso desta reprodução, foram utilizados dados de 3 aparelhos, monitorados na UFCG, pelos meses de abril a junho (3 meses). Os dados que serão utilizados foram medidos por hora, sendo que no estudo original as medições ocorreram a cada 30 minutos.

O estudo original separou os dados em 3 períodos diferentes do dia, simplificando, manhã, tarde e noite. Na reprodução os dados foram obtidas de salas na UFCG utilizadas em horário regular de trabalho, então foram selecionados dois períodos: manhã (8h-12h) e tarde (14h-18h).

Já os dados gerados mantiveram as mesmas características principais, buscando responder a mesma pergunta de pesquisa. Os dados de temperatura foram adquiridos do mesmo formato, requisitando de uma API de clima.

O código precisou ser completamente reproduzido a partir do entendimento da metodologia do estudo original, visto que o código utilizado pelos autores não foi disponibilizado.

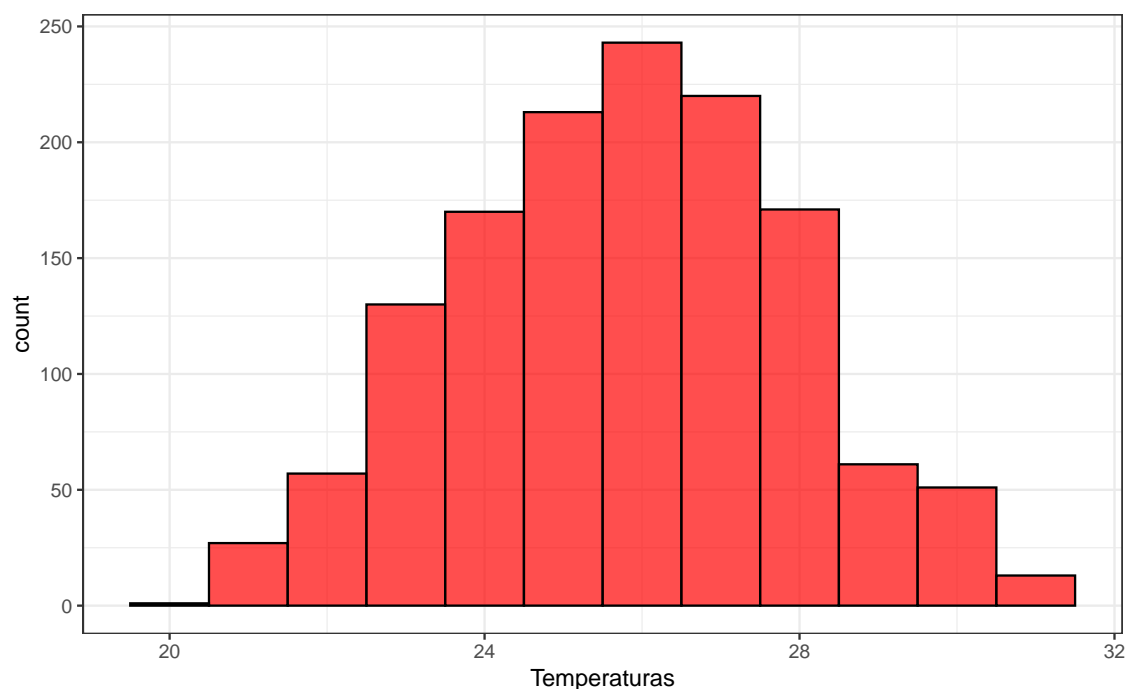
## 5. Resultado da Replicação

Quanto às temperaturas medidas no período, foi observado uma variação de 20,2 °C até 30,9°C. Seguindo a metodologia do estudo original, foram selecionados os valores entre 20,5°C e 30,5°C, um intervalo de 10°C que compreende 99% das amostras. As condições amenas foram definidas como sendo temperaturas de 20,5°C a 25,5°C, e as condições severas com temperaturas de 25,5°C a 30,5°C.

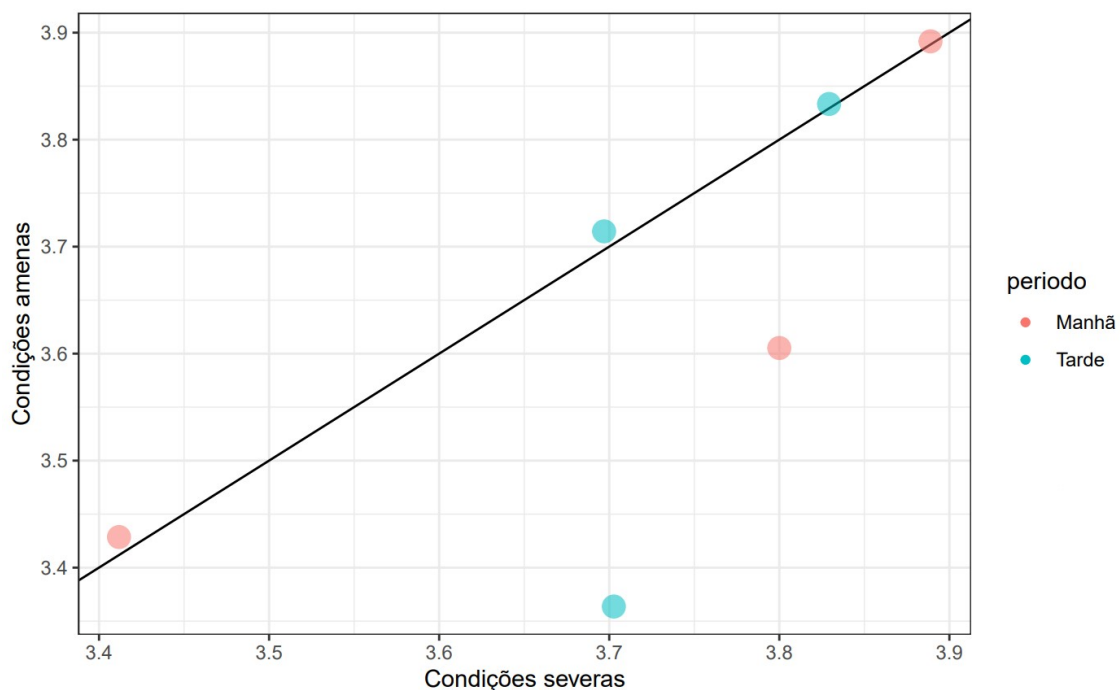
Na figura 4, cada ponto representa a média de horas de uso dos aparelhos de ar-condicionado em uma sala, durante um período (manhã ou tarde), tanto para condições amenas quanto severas. Por exemplo, em uma “sala A”, no período da manhã, para dias com condições amenas, o ar-condicionado foi usado por 3,36 horas em média. E, em dias de condições mais severas, o ar-condicionado foi usado por 3,7 horas em média.

Na reprodução do experimento comparando o tempo de uso dos aparelhos entre as condições amenas e severas, foi possível observar uma redução de aproximadamente 10% no consumo de energia, quando houve 9% de redução no tempo de uso dos aparelhos. Em outra situação houve uma redução de, aproximadamente, 18% no consumo de energia, para uma redução de 5% no tempo de uso. Em média, houve uma redução de apenas 2,2% no tempo de uso dos aparelhos, comparando as condições amenas com as severas, mas a redução média observada no consumo de energia foi de 17%.

Como no caso que houve a maior redução no tempo de uso dos aparelhos (9%), a redução do consumo de energia ainda foi abaixo da média observada, pode se afirmar que não necessariamente é a variação no tempo de uso dos aparelhos que causa a variação no consumo. Mas, foi possível observar uma boa diferença na média do consumo comparando as condições amenas e severas, com temperaturas externas mais baixas e mais altas, respectivamente.



**Figura 3. Temperaturas medidas na reprodução**



**Figura 4. Comparação da carga de uso nas condições amena e severa na reprodução**

**Tabela 2. Médias dos resultados finais**

	Média de tempo de uso dos AC (h)	Média do consumo dos AC (kWh)
<b>Condições Amenas</b>	3,64	4158,14
<b>Condições Severas</b>	3,72	5017,86

## 6. Replicação vs. Estudo Original

O estudo original aponta principalmente que a redução no tempo de uso dos aparelhos ocasiona uma redução no consumo de energia, atingindo 40% de redução do consumo quando o tempo de uso reduziu 20% das condições severas para amenas. Esta reprodução não conseguiu identificar uma situação similar na amostra analisada, apresentando resultados menos expressivos, mas não houve contradição.

O estudo original avalia que a condições mais amenas levam a uma redução no tempo de uso dos aparelhos, e consequentemente uma redução no consumo de energia. Já na reprodução, foi possível observar uma redução no consumo de energia nas condições mais amenas, mas a redução no tempo de uso dos aparelhos não foi significativa. É preciso considerar que o estudo original teve acesso a dados de mais aparelhos, e medidos por mais horas e períodos durante o dia. Seria necessário mais dados para poder dar mais força para a reprodução.

## **7. Material para Replicação**

<https://github.com/ViniciusMSoares/ProjetoFPCC2>