Uma Breve Análise Comparativa de Condições Térmicas Internas e Externas na UFVJM

Thales Francisco Mota Carvalho[1], Maxwell Pereira Oliveira[2], Luana Alves de Lima[3], Vívian Ludimila Aguiar Santos [4]

[1]Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, professor, thales.mota@ufvjm.edu.br
[2]Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, graduação, maxwell.oliveira@ufvjm.edu.br
[3]Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, professora, luana.lima@ufvjm.edu.br
[4]Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, professora, vivian.santos@ifnmg.edu.br

Resumo: Este estudo investiga as condições térmicas no ambiente interno de um gabinete na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), comparando-as com o ambiente externo monitorado pela estação meteorológica do INMET em Janaúba, durante os meses de abril e maio de 2024. A análise aborda as variações de temperatura ao longo de quatro períodos diários (madrugada, manhã, tarde e noite) e destaca a estabilidade térmica e as temperaturas elevadas dentro do edifício da UFVJM. Os resultados indicam que, apesar do isolamento térmico das construções, o ambiente interno sofre de retenção de calor, resultando em temperaturas consistentemente altas, mesmo durante a noite. Com base nestes achados, o estudo conclui que há uma necessidade de um projeto de climatização adequado para os espaços internos da UFVJM.

Palavras-chave: Controle de temperatura, Variação térmica, Retenção de calor, UFVJM.

INTRODUÇÃO

A análise de ambientes internos e externos em termos de temperatura e umidade relativa é crucial para entender as condições climáticas locais e suas implicações para o conforto térmico e a preservação de equipamentos. Em instituições de ensino como a Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), a importância de um ambiente controlado é ainda maior devido à necessidade de garantir um ambiente adequado tanto para estudantes quanto para o corpo docente. A climatização inadequada pode impactar diretamente nas atividades e no comportamento de seus ocupantes (TUBELO, 2011), especialmente em regiões com climas extremos, como é o caso de Janaúba, onde a UFVJM possui um campus.

O presente estudo se propõe a realizar uma comparação simples das condições de temperatura entre um ambiente interno (gabinete de um professor na UFVJM) e o ambiente externo (estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizada no bairro Nova Porteirinha, Janaúba). Essa comparação visa identificar padrões de variação térmica e discutir a necessidade de um projeto de climatização adequado para os espaços internos da UFVJM, que atualmente apresenta desafios como falta de ar-condicionado, poucas janelas e circulação de ar insuficiente.

MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados utilizados neste estudo foram coletados entre 08/04/2024 e 04/06/2024, e compreendem leituras de temperatura e umidade máximas de cada hora relativa tanto no ambiente interno (UFVJM) quanto no externo (INMET). Os dados na UFVJM foram coletados por um sistema desenvolvido utilizando um NodeMCU V3 Esp8266 e um sensor DHT11 de temperatura e umidade, alocado em um dos gabinetes de docentes no segundo andar do prédio da biblioteca na UFVJM (Campus Janaúba). Os dados públicos disponibilizados pela INMET são gerados a partir de dados meteorológicos observados em diversas estações meteorológicas automáticas distribuídas no território nacional (INMET, 2024), sendo que neste trabalho foi utilizado as informações da estação localizada no bairro Nova Porteirinha em Janaúba (aproximadamente 7 km de distância em linha reta do campus da UFVJM). Para garantir a integridade da análise, foram removidos os horários em que os dados estavam faltando para qualquer um dos locais. As Figuras 1 a 6 apresentam a variação da temperatura máxima em cada hora dentro do intervalo obtido.

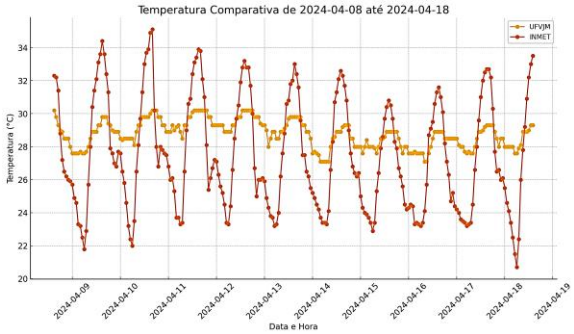


Figura 1. Temperaturas registradas entre 08/04/2024 e 18/04/2024

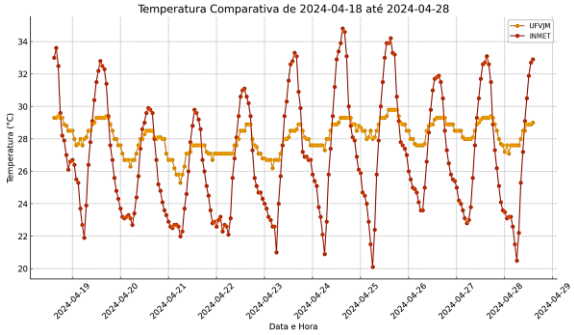


Figura 2. Temperaturas registradas entre 19/04/2024 e 28/04/2024

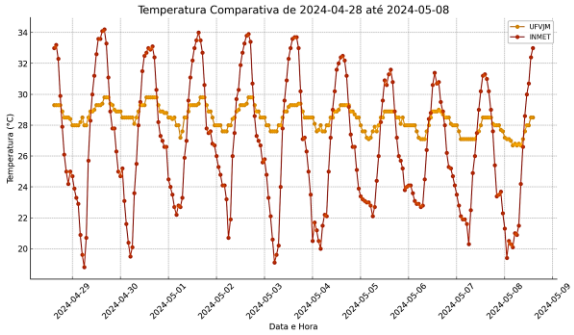


Figura 3. Temperaturas registradas entre 29/04/2024 e 08/05/2024

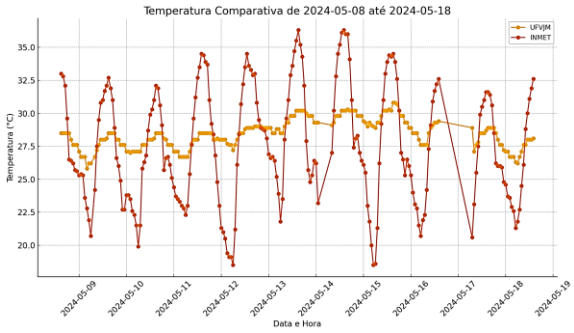


Figura 4. Temperaturas registradas entre 09/05/2024 e 18/05/2024

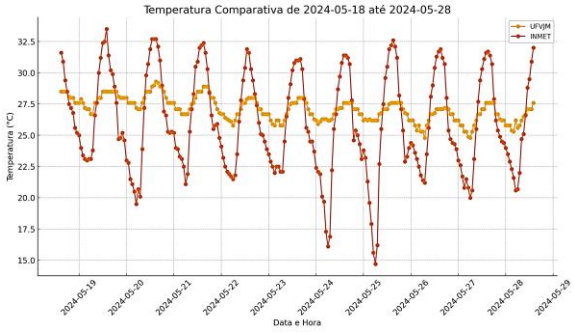


Figura 5. Temperaturas registradas entre 19/05/2024 e 28/05/2024

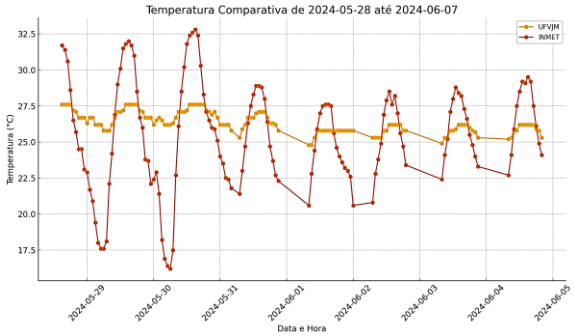


Figura 6. Temperaturas registradas entre 29/05/2024 e 04/06/2024

A fim de detalhar melhor o comportamento da variação de temperatura, os dados foram analisados separadamente para quatro períodos distintos do dia: madrugada (0h-6h), manhã (6h-12h), tarde (12h-18h) e noite (18h-24h). Esta separação permitiu uma análise mais detalhada das variações térmicas ao longo do dia, comparando como o ambiente interno e externo respondem a diferentes condições climáticas. As análises estatísticas foram realizadas para cada período e mês, com cálculos de média e desvio padrão.

RESULTADOS

Os resultados deste estudo oferecem uma visão detalhada das variações de temperatura e umidade entre o ambiente interno da UFVJM e o ambiente externo monitorado pela estação meteorológica do INMET. A análise foi realizada separando os dados por períodos específicos do dia para cada mês, permitindo uma compreensão mais clara de como essas variáveis se comportam ao longo do tempo, como ilustrado na Tabela 1 e detalhado a seguir:

Abril:

- **Período de 0h-6h:** Durante as madrugadas de abril, a temperatura média no gabinete da UFVJM foi de aproximadamente 27,87°C, com uma variação mínima, indicando uma retenção de calor significativa. O ambiente externo, monitorado pelo INMET, apresentou uma

temperatura média de 23,84°C, variando entre 19,5°C e 27,6°C. Essa diferença demonstra que o ambiente interno se mantém mais quente durante a madrugada. A umidade relativa no ambiente interno variou pouco, mantendo-se em torno de 61%, enquanto no ambiente externo a umidade média foi de 80%, com maior variação. Isso sugere que o ambiente interno não só retém calor, mas também apresenta uma umidade relativamente baixa, o que pode contribuir para uma sensação de ar mais seco.

- **Período de 6h-12h:** Nas manhãs de abril, a temperatura interna manteve-se estável em 28,21°C, enquanto o ambiente externo apresentou maior variabilidade, com uma média de 26,15°C e picos de até 31,5°C. Isso indica que o gabinete não responde rapidamente ao aquecimento matinal, mantendo-se consistentemente quente. A umidade interna nesse período variou em torno de 60%, enquanto a externa foi de 75%, com uma maior oscilação. A menor variação interna reforça a ideia de um ambiente pouco ventilado e com umidade relativamente controlada, mas que pode ser desconfortável.
- **Período de 12h-18h:** À tarde, as temperaturas no ambiente interno da UFVJM foram em média de 29,24°C, enquanto no INMET, a média externa alcançou 32,03°C, chegando até 35,1°C. Embora o ambiente interno seja mais fresco em relação ao externo, ainda apresenta temperaturas altas. A umidade relativa interna permaneceu em torno de 55%, enquanto a externa variou mais amplamente, atingindo até 51%. O ambiente interno, embora mais controlado, apresenta uma umidade que pode contribuir para uma sensação maior de calor.
- **Período de 18h-24h:** Durante as noites de abril, a temperatura interna permaneceu elevada, com uma média de 28,67°C, enquanto a externa foi de 26,76°C, mostrando que o ambiente externo resfria mais rapidamente após o pôr do sol. A umidade interna à noite variou em torno de 58%, um pouco mais alta que durante o dia, mas ainda significativamente mais baixa que a umidade externa, que foi de 68%. Isso sugere uma retenção de calor e uma menor umidade interna, mesmo à noite.

Maio:

- **Período de 0h-6h:** Em maio, as madrugadas registraram uma temperatura média de 27,16°C no gabinete, com variação mínima, enquanto o INMET registrou uma média de 22,45°C, com temperaturas caindo até 15,6°C. Isso indica que, mesmo em condições externas mais frias, o ambiente interno da UFVJM retém calor. A umidade interna foi de 55%, mais estável em comparação com a externa, que apresentou uma média de 77% e variabilidade maior.
- **Período de 6h-12h:** As manhãs de maio mostraram uma temperatura interna de 27,44°C, com pouca variação, enquanto externamente, a média foi de 25,41°C, com variações mais significativas. O ambiente interno continua a ser menos reativo às condições externas. A umidade interna se manteve em torno de 55%, enquanto a externa foi para 72%. Essa diferença mostra que o ambiente interno é menos úmido e retém menos umidade, o que pode ser um indicativo de má circulação de ar.
- **Período de 12h-18h:** Durante a tarde, a temperatura interna foi de 28,49°C, comparada à externa de 31,88°C. Apesar de ser mais fresco internamente, a UFVJM ainda apresenta condições desconfortáveis para atividades prolongadas. A umidade no interior da UFVJM foi de 48%, enquanto no exterior foi de 43%, sugerindo que o ambiente externo se torna mais seco, mas o interno continua a manter uma umidade relativamente constante.
- **Período de 18h-24h:** À noite, a UFVJM registrou uma temperatura média de 27,94°C, enquanto o ambiente externo resfriou-se para uma média de 26,17°C. A temperatura interna novamente mostrou uma menor variabilidade. A umidade interna foi de 51%, contrastando com 61% no ambiente externo.

Tabela 1. Temperaturas médias calculadas

Mês	Local	Período	Temperatura Média	Umidade Média
Abril	INMET	0h-6h	23,84 (±1,40)	80,22 (±8,32)
		6h-12h	26,15 (±3,14)	75,64 (±13,1)
		12h-18h	32,03 (±1,53)	51,97 (±5,81)
		18h-24h	26,76 (±1,75)	68,27 (±7,76)
	UFVJM	0h-6h	27,87 (±0,76)	61,92 (±3,32)
		6h-12h	28,21 (±0,84)	60,57 (±4,06)
		12h-18h	29,24 (±0,61)	55,09 (±3,70)
		18h-24h	28,67 (±0,76)	58,67 (±4,43)
Maio	INMET	0h-6h	22,45 (±2,00)	77,6 (±11,24)
		6h-12h	25,41 (±3,97)	72,76 (±15,56)
		12h-18h	31,88 (±1,65)	43,73 (±6,32)
		18h-24h	26,17 (±1,94)	61,18 (±9,46)
	UFVJM	0h-6h	27,16 (±1,02)	55,33 (±5,11)
		6h-12h	27,44 (±1,10)	55,48 (±4,29)
		12h-18h	28,49 (±0,93)	48,84 (±4,16)
		18h-24h	27,94 (±1,06)	51,77 (±5,30)

Ao analisar os dados de temperatura de forma integrada, sem segmentação por mês, como ilustrado no Boxplot da Figura 7, observa-se que as temperaturas internas apresentam uma distribuição mais concentrada, com menor variação entre os valores mínimos e máximos. Essa concentração reflete a estabilidade térmica do ambiente interno, que, apesar de ser consistentemente mais quente, exibe menos flutuações ao longo do tempo. Em contraste, as

temperaturas externas mostram uma variação significativamente maior, com uma amplitude mais ampla entre os extremos. Isso é esperado, dado que o ambiente externo é diretamente influenciado pelas variações climáticas diárias e sazonais. A estabilidade térmica observada no ambiente interno pode ser um indicativo de retenção de calor, o que, na ausência de sistemas eficazes de climatização e ventilação, pode resultar em um ambiente desconfortável, especialmente em regiões de clima quente, como Janaúba.

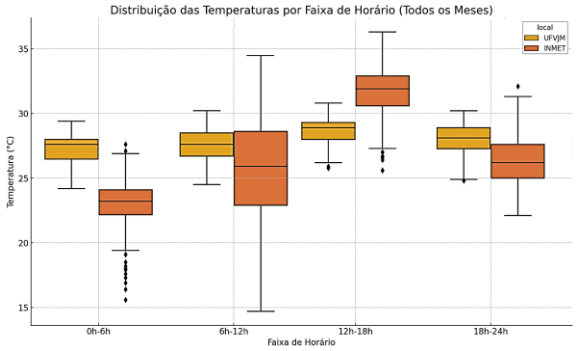


Figura 7. Boxplot gerado a partir das temperaturas obtidas.

DISCUSSÃO

A análise dos dados revela uma clara diferença na variação térmica entre o ambiente interno da UFVJM e o ambiente externo monitorado pelo INMET. Em geral, o ambiente interno mantém temperaturas mais altas e estáveis, o que pode ser problemático em uma região já caracterizada por altas temperaturas externas. Essa constatação levanta importantes questões sobre a adequação das condições térmicas nos espaços internos da UFVJM, especialmente, no que tange ao conforto dos ocupantes e à preservação de equipamentos.

A estabilidade térmica observada no ambiente interno, embora possa parecer positiva à primeira vista, na verdade, indica um problema subjacente de retenção de calor. A insuficiente circulação de ar no prédio contribui para a manutenção de temperaturas elevadas, mesmo durante a noite, quando seria esperado um resfriamento natural. Esse problema é agravado pela ausência de sistemas de climatização, que são essenciais para controlar as condições térmicas em regiões de clima quente.

Os gráficos gerados corroboram essa análise, mostrando que as temperaturas internas são consistentemente altas e apresentam menos variação ao longo do dia e dos meses. Isso sugere que o edifício da UFVJM, onde os dados foram coletados, atua como uma espécie de "ilha de calor", acumulando e retendo calor durante o dia e liberando-o muito lentamente durante a noite.

Por outro lado, o ambiente externo mostra uma maior capacidade de resfriamento durante a noite e maior variabilidade térmica ao longo do dia. Essas condições são típicas de ambientes abertos, onde o aquecimento e resfriamento são diretamente influenciados pelas condições climáticas diárias, como a radiação solar, a velocidade do vento e a umidade relativa.

A análise dos diferentes períodos do dia também revela como o ambiente interno responde de maneira inadequada às variações externas. Durante as manhãs e tardes, quando as temperaturas externas estão em transição, o ambiente interno da UFVJM permanece em uma faixa de temperatura que pode ser desconfortável para os ocupantes. Esse fenômeno é particularmente preocupante durante a tarde, quando a temperatura externa atinge seu pico, e o ambiente interno, embora mais frio que o externo, ainda se mantém em níveis elevados de calor.

Uma das principais limitações deste estudo reside na precisão dos sensores utilizados para coleta de dados. O sensor DHT11, empregado no ambiente interno da UFVJM, mede temperaturas entre 0 e 50°C com uma precisão de ±2°C e umidade entre 20 e 90% com uma precisão de ±5% (INSTITUTO DIGITAL, 2024). Essas margens de erro podem introduzir pequenas variações nos resultados. Além disso, os dados de precisão dos sensores utilizados pelo INMET não foram disponibilizados, o que dificulta a comparação direta e precisa entre as duas fontes de dados. Em complemento, a distância entre a estação de Nova Porteirinha e o campus também podem gerar variações na precisão das análises realizadas. E por fim, outra limitação encontrada foi que apenas um único ponto no prédio foi monitorado a temperatura. Apesar dessas limitações, o estudo oferece uma análise consistente e confiável das condições térmicas e de umidade, destacando padrões relevantes que evidenciam a necessidade de melhorias na climatização dos ambientes internos da UFVJM.

CONCLUSÃO

Conforme os dados coletados no gabinete de um professor e com base nos resultados apresentados, é evidente que o ambiente interno da UFVJM apresenta condições térmicas inadequadas para um ambiente de trabalho e estudo confortável. As temperaturas elevadas e a estabilidade térmica, mesmo durante a noite, indicam uma necessidade de intervenção para melhorar a climatização dos espaços internos. Ainda que apenas a temperatura de um gabinete no prédio foi monitorada, esse padrão com certeza se repete em outros pontos da edificação.

Um projeto de climatização é essencial para a UFVJM, especialmente em regiões de clima quente como Janaúba. Tal projeto pode considerar a instalação de sistemas de ar-condicionado ou climatizadores para controlar efetivamente as condições térmicas. Além disso, poderia ser necessário melhorar a ventilação natural através de ajuste estruturais que permitem a circulação de ar para uma troca eficiente de ar interno e externo, reduzindo, assim, a retenção de calor durante o dia e facilitando o resfriamento noturno.

Locais com alto índices te temperatura não só compromete o conforto dos ocupantes, mas também pode ter consequências a longo prazo, como a deterioração de equipamentos eletrônicos sensíveis ao calor e um impacto negativo no desempenho acadêmico e na saúde dos estudantes e professores. Portanto, a implementação de um projeto de climatização eficiente deve ser considerada uma prioridade para garantir a qualidade do ambiente acadêmico na UFVJM / Campus Janaúba.

Por fim, vale ressaltar que esses dados foram coletados durante meses considerados frios para a região; portanto, é preocupante ao considerar as condições térmicas durante os meses mais quentes. Como trabalho futuro, planeja-se uma análise abrangente dos meses de verão (verificando também as normas de insalubridade e exposição ao calor), juntamente com o desenvolvimento de estratégias para mitigar as limitações atuais, incluindo a utilização de sensores mais precisos e a obtenção de dados mais detalhados do INMET, para melhorar a compreensão das condições climáticas e suas implicações para o ambiente interno da UFVJM.

REFERÊNCIAS

INSTITUTO DIGITAL. Módulo DHT11 - Temperatura e Umidade. Disponível em: https://www.institutodigital.com.br/produto/modulo-dht11-temperatura-e-umidade/. Acesso em: 22 ago. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). *Estações Automáticas*. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/servicos/esta%C3%A7%C3%B5es-autom%C3%A1ticas. Acesso em: 22 ago. 2024.

TUBELO, Renata Camboim Salatino. Análise do desempenho térmico de edificações escolares: estudo de caso do Centro de Educação Profissional do Vale do Caí e da Escola de Ensino Fundamental Frei Pacífico. 2011.