



EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM PRÉDIO PÚBLICO – ESTUDO DE CASO DE AUTOMAÇÃO DO SISTEMA DE AR CONDICIONADO

Iamanda de Moraes Carneiro¹
Fernando Nunes Belchior²
John Edward Neira Villena³
Evaristo Rodrigues de Carvalho Junior⁴
Denys Fernandes Mesquita⁵
Cleudson Ramos Martins⁶
Cleusmar Correia Laureano⁷
Tiago dos Santos Almeida⁸

RESUMO

Objetivo: O objetivo deste estudo é mostrar ações de eficiência energética que permitem um controle efetivo do funcionamento dos aparelhos de ar condicionado no prédio da Faculdade de Ciências e Tecnologia/UFG (FCT).

Referencial Teórico: Foram exploradas as possibilidades de otimização de consumo de energia de um sistema VRF (*Variable Refrigerant Flow*) e uma central de controle CCM09, que é capaz de gerenciar vários aparelhos de ar condicionado.

Método: Apesar da central de controle CCM09 estar instalada no prédio da FCT, esta central não estava funcionando. Para viabilizar o funcionamento desta central, a primeira etapa foi catalogar todos os aparelhos de ar instalados. A seguir foi feita a conexão da central ao sistema VRF, e por último foi utilizado o *software* que permite o controle remoto (via internet).

Resultados e Discussão: As ações realizadas neste trabalho permitiram a programação mais eficiente dos horários de funcionamento e possibilitou a implementação de um sistema de monitoramento remoto do sistema de ar condicionado da FCT.

Implicações da Pesquisa: Os resultados desta pesquisa implicam na redução do consumo de energia do sistema de ar condicionado da FCT, tal fato está alinhado às ações para melhoria da eficiência energética.

Originalidade/Valor: Este estudo apresenta-se como pioneiro nos prédios da Universidade Federal de Goiás (UFG), atualmente existe outro prédio com a mesma tecnologia aproveitada neste estudo, porém encontra-se desconectada. Os resultados obtidos permitirão o aproveitamento dessa tecnologia no referido prédio e em novas instalações da UFG.

Palavras-chave: Eficiência Energética, Tecnologias digitais, Monitoramento, Ar Condicionado.

¹ Universidade Estadual de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil. E-mail: iamanda_morais@discente.ufg.br
Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-3988-8903>

² Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. E-mail: fnbelchior@ufg.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1385-3374>

³ Universidad Católica de Santa Maria, Arequipa, Arequipa, Perú. E-mail: johnneirav@ufg.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2281-6505>

⁴ Escola Técnica Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil. E-mail: evaristo.rc@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0008-0019-2280>

⁵ Universidade Federal de Goiás, Aparecida de Goiânia, Goiás, Brasil. E-mail: denys.mesquita@ufg.br
Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-7496-0463>

⁶ Faculdade Focus, Goiânia, Goiás, Brasil. E-mail: cleudson.ramosmartins@gmail.com
Orcid: <https://orcid.org/0009-0004-6380-4433>

⁷ Universidade Cruzeiro do Sul, Aparecida de Goiânia, Goiás, Brasil. E-mail: cleusmar.correia@ufg.br

⁸ Pontifícia Universidade Católica De Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil. E-mail: tiagoalmeida@ufg.br
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2797-5268>



ENERGY EFFICIENCY IN PUBLIC BUILDINGS – CASE STUDY OF AUTOMATION OF THE AIR CONDITIONING SYSTEM

ABSTRACT

Objective: This study aims to demonstrate energy efficiency measures that enable effective control over the operation of air conditioning units in the Faculty of Science and Technology/UFG (FCT) building.

Theoretical Framework: This study explores the potential for optimizing energy consumption in a VRF (Variable Refrigerant Flow) system and a CCM09 control center, which is capable of managing multiple air conditioning units.

Method: Although the CCM09 control center had been installed in the FCT building, it was not operational. To activate it, the first step was to catalog all installed air conditioning units. Next, the control center was connected to the VRF system, and finally, software enabling remote control (via the internet) was implemented. This software allows for effective system management, including monitoring and shutting down units during non-essential periods, such as nighttime, weekends, and holidays.

Results and Discussion: The actions taken in this study enabled a more efficient scheduling of operating hours and facilitated the implementation of a remote monitoring system for the FCT air conditioning system.

Research Implications: The findings of this research contribute to reducing the energy consumption of the FCT air conditioning system, aligning with broader efforts to enhance energy efficiency.

Originality/Value: This study is pioneering in the buildings of the Federal University of Goiás (UFG). Currently, another building with the same technology exists, but it remains disconnected. The results obtained will support the adoption of this technology in the mentioned building and future UFG facilities.

Keywords: Energy Efficiency, Digital Technologies, Monitoring, Air Conditioning.

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS PÚBLICOS – ESTUDIO DE CASO DE AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO

RESUMEN

Objetivo: El objetivo de este estudio es mostrar acciones de eficiencia energética que permiten un control efectivo del funcionamiento de los aparatos de aire acondicionado en el edificio de la Faculdade de Ciências e Tecnologia/UFG (FCT).

Marco Teórico: Fueron aprovechadas las posibilidades de optimización del consumo de energía de un sistema VRF (Variable Refrigerant Flow) y una central de control CCM09, que es capaz de gerenciar varios aparatos de aire acondicionado.

Método: A pesar de la central de control CCM09 estar instalada en el edificio de la FCT, esta central no estaba funcionando. Para viabilizar el funcionamiento de esta central, la primera etapa fue catalogar todos los aparatos de aire instalados. A continuación central fue conectada al sistema VRF, y por último fue utilizado un software que permite el control remoto (vía internet).

Resultados y Discusión: Las acciones realizadas en este trabajo permitieron la programación más eficiente de los horarios de funcionamiento y posibilitó la implementación de un sistema de monitoreo remoto del sistema de aire acondicionado de la FCT.

Implicaciones de la investigación: Los resultados de esta investigación implican en la reducción del consumo de energía del sistema de aire acondicionado de la FCT, tal hecho está alineado a las acciones para mejorar la eficiencia energética.

Originalidad/Valor: Este estudio se presenta como pionero en los edificios de la Universidade Federal de Goiás (UFG), actualmente existe otro edificio con la misma tecnología aprovechada en este estudio, pero se encuentra desconectada. Los resultados obtenidos permitirán aprovechar esa tecnología en el edificio en cuestión y en nuevas instalaciones de la UFG.



Palabras clave: Eficiencia Energética, Tecnologías Digitales, Monitoreo, Aire Acondicionado.

RGSA adota a Licença de Atribuição CC BY do Creative Commons (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



1 INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial, marco inicial da produção em larga escala, foi um período em que a única preocupação era produzir em quantidade, abandonando a preocupação com o consumo de recursos naturais, o que causou prejuízos sociais e ambientais (MOREIRA & NASCIMENTO, 2018). Para tratar os males provocados por esse descontrole, surgiu, de forma mais evidente, a sustentabilidade, que somente é alcançada se existir um equilíbrio entre alguns campos: “ecologicamente correto, economicamente viável, socialmente justo e culturalmente aceito” (Schmitz, 2015).

A energia elétrica representa para os prédios públicos, um recurso indispensável, uma vez que esse que alimenta a climatização, iluminação, aparelhos eletrônicos entre outros. Entretanto, esse bem é responsável por grande parte dos gastos desembolsados por essas instituições, podendo isso ser um problema, uma vez que nos dias atuais alguns órgãos públicos sofrem com a falta de repasses financeiros (Wu et al., 2023; Zhao et al., 2023). Nesse sentido, algumas atitudes que visam a redução desse consumo podem ser úteis. Para (Magalhães, 2001), o bom gerenciamento das instalações, a escolha por equipamentos mais eficientes e a mudança de hábito dos usuários representam algumas ações que podem resultar em uma economia no consumo de energia elétrica dentro dos prédios públicos.

Conforme apresentado anteriormente, tem-se notado uma crescente no olhar para pautas sustentáveis e uma valorização na necessidade de reduzir o consumo de energia em edifícios para reduzir impactos ambientais e econômicos. Tais preocupações são percebidas nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, estabelecidos pela Organização das Nações Unidas: Energia Limpa e Acessível, que visa garantir o acesso pleno à energia limpa; Cidades e Comunidades Sustentáveis, que foca na sustentabilidade, inclusão e segurança (Nações Unidas, 2024). Para ambos os objetivos, a eficiência energética representa uma ótima oportunidade de melhoria e promoção a tais benefícios, uma vez que a redução do consumo de energia impacta não somente na mitigação de impactos ambientais, mas também na qualidade de vida das pessoas.



Nesse sentido, encontrar oportunidades de reduzir o consumo de energia ou mesmo melhorar o desempenho dos equipamentos é uma proposta válida e de interesse comunitário para o público em questão (Randazzo et al., 2020; Sholahudin et al., 2024). Tudo isso soma-se ao fato dos usuários do novo prédio da Faculdade de Ciências e Tecnologia ainda não possuírem uma cultura formalizada de práticas que visam a eficiência energética no prédio, justificando, portanto, a importância desse trabalho. Por fim, diante do apresentado, tem-se o seguinte questionamento: Quais as medidas e ações que objetivam a eficiência energética, são viáveis para aplicação no prédio da Faculdade de Ciências e Tecnologia?

O objetivo geral deste artigo é mostrar as ações de eficiência energética realizadas no prédio da Faculdade de Ciências e Tecnologia da UFG, campus Aparecida de Goiânia-GO, relativo à identificação e monitoramento do sistema de ar condicionado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A metodologia utilizada no projeto envolve várias etapas de implementação. O primeiro passo foi a identificação de todas as unidades de ar condicionado do tipo VRF no campus.

O sistema VRF é um modelo de sistema de refrigeração para grandes espaços, distribuindo maquinário específico à refrigeração em diversos cômodos do ambiente, conhecido internacionalmente como “*variable refrigerant flow*”, que significa Vazão de Refrigerante Variável em tradução simples, levando no Brasil também a sigla VRV (Northech Engenharia Instalação, 2025).

Segundo (Northech Engenharia Instalação, 2025), o VRF é um sistema de ar condicionado do tipo multi split conhecido como vazão de refrigerante variável, que tem a capacidade de chegar até 64 máquinas interligadas a uma unidade externa, que transferem as propriedades técnicas do sistema de climatização de ar para as unidades internas, separadas individualmente em cada ambiente. Ele é um tipo de sistema de climatização considerado bastante versátil, flexível e moderno, possuindo a capacidade de expansão modular e ainda apresentando uma grande facilidade de adaptação em estruturas já existentes.

Por meio do VRF, é possível climatizar o ambiente sem a necessidade de modificar demais o espaço, como acontece nos demais casos em que torna necessária a instalação de equipamentos de climatização de grande porte e com muitas unidades espalhadas. Mesmo atendendo a vários pontos, ele pode ser facilmente adaptado e consegue o máximo de produtividade nos ambientes aplicados (Northech Engenharia Instalação, 2025).

O sistema VRF instalado na FCT é um sistema da marca Midea modelo V5X,



caracterizado como um sistema de ar condicionado central, formado por uma ou mais unidades centrais (Midea, 2020), conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1

Condensadoras Midea modelo V5X instaladas no prédio da FCT



Uma das características deste sistema é a comunicação entre as unidades terminais. Essa comunicação é feita através de linguagem exclusiva da Midea e o sistema é controlado através de algoritmos P.I. (Proporcional Integral). Para o gerenciamento de todos os sensores, transdutores, válvulas e circuitos de um ou mais sistemas, a Midea disponibiliza um software de gerenciamento a ser instalado no local (IHM), ou em estação computacional remota (rede ou nuvem), com capacidade para conexão de até 1.024 unidades terminais, independentemente do número de sistemas.

Este *software* permite a extração de relatórios de uso de cada unidade e também o rateio proporcional do consumo de energia, e também permite a integração com sistemas de automação predial (iluminação, detecção e combate a incêndios, gerenciamento de elevadores, etc) através dos protocolos de comunicação BACNET™, MOD-BUS™, LONWORKS™ e KNX™.

Na FCT, os aparelhos foram catalogados utilizando um código específico, no formato "Sistema XX UE YY", em que "Sistema" refere-se à central a que o aparelho está conectado e "UE" à unidade evaporadora instalada em cada sala.

A central utilizada no CAP (Campus Aparecida de Goiânia) é o driver CCM09, que é capaz de gerenciar vários aparelhos de ar condicionado conectados a ela. Para a identificação dos aparelhos, uma equipe foi designada para realizar a conexão entre os equipamentos e o



sistema de controle, de forma a permitir que todos os aparelhos fossem renomeados e classificados conforme a sala onde estavam instalados. Os aparelhos foram separados em três grupos, compreendendo: SISTEMAS UFG NET, SISTEMAS ALA “A”, SISTEMAS ALA “B”.

Cada sistema faz o monitoramento de uma quantidade de aparelhos de ar condicionado, tal como mostrado na tabela 1:

Tabela 1

Alocação de aparelhos de ar condicionado nos sistemas de monitoramento

<i>Sistemas de monitoramento</i>	<i>Quantidade de aparelhos monitorados</i>
<i>SISTEMAS UFG NET</i>	<i>15</i>
<i>SISTEMAS ALA “A”</i>	<i>58</i>
<i>SISTEMAS ALA “B”</i>	<i>60</i>
<i>Total de Aparelhos</i>	<i>133</i>

A título de exemplo, a Figura 2 apresenta uma imagem da central CCM09, que monitora o SISTEMAS ALA “A”.

Figura 2

Monitoramento local dos Sistemas ALA “A”



Durante o processo de identificação da localização dos aparelhos e respectivo sistema de monitoramento, uma pessoa ficava na central de monitoramento local, identificando a localização dos aparelhos no sistema, enquanto outra equipe se deslocava pelas salas, ligando os aparelhos de ar condicionado (vaporizadores). Como as informações dos vaporizadores, em um primeiro momento, passam pelas condensadoras antes de serem enviadas para a central, o processo foi demorado e exigiu muita cautela para evitar erros de localização. A identificação de todos os aparelhos e seu cadastro correto foi organizado em uma planilha, feita por andar, número de sala ou laboratório, tendo levado alguns dias para ser concluída. A Figura 3



representa um print da planilha, mostrando o nome do aparelho, qual sala está instalado e a identificação no sistema de monitoramento da UFG NET, o qual está com o menor número de equipamentos alocados.

Figura 3

Imagem da planilha organizada com a identificação dos aparelhos de ar condicionado do prédio – Sistemas UFG NET

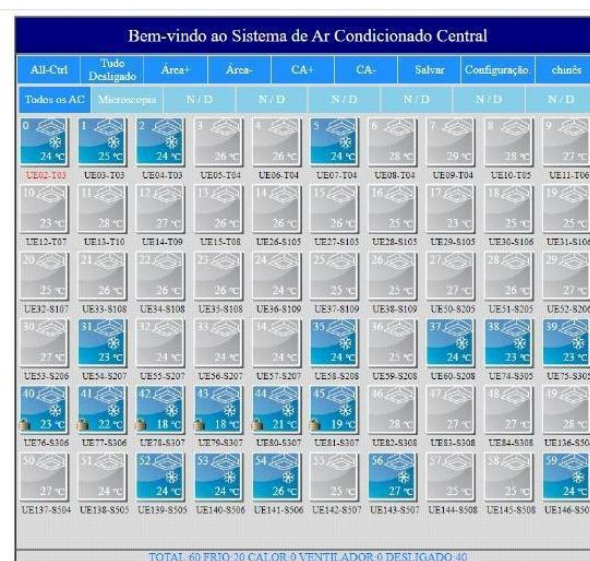
	A	B	C	D	E	F	G	H
1		Nome no aparelho	Qual sala está instalado?	ID quadro elétrico	ID central monitoramento AC			
2		SISTEMA 02 UE 16	MINI AUDITÓRIO TÉRREO		00	SISTEMAS TÉRREO ALA "A"		
3		SISTEMA 02 UE 17	MINI AUDITÓRIO TÉRREO		01	SISTEMAS TÉRREO ALA "A"		
4		SISTEMA 02 UE 18	MINI AUDITÓRIO TÉRREO		02	SISTEMAS TÉRREO ALA "A"		
5		SISTEMA 02 UE 19	MINI AUDITÓRIO TÉRREO		03	SISTEMAS TÉRREO ALA "A"		
6		SISTEMA 02 UE 20	LETT		04	SISTEMAS TÉRREO ALA "A"		
7		SISTEMA 02 UE 21	LETT		05	SISTEMAS TÉRREO ALA "A"		
8		SISTEMA 02 UE 22	LETT		06	SISTEMAS TÉRREO ALA "A"		
9		SISTEMA 02 UE 23	LETT		07	SISTEMAS TÉRREO ALA "A"		
10		SISTEMA 02 UE 24	LETT		08	SISTEMAS TÉRREO ALA "A"		
11		SISTEMA 13 UE 01	UFG NET TÉRREO		09	SISTEMAS UFG NET		
12		SISTEMA 13 UE 25	UFG NET 1º ANDAR		10	SISTEMAS UFG NET		
13		SISTEMA 13 UE 49	UFG NET 2º ANDAR		11	SISTEMAS UFG NET		
14		SISTEMA 13 UE 73	UFG NET 3º ANDAR		12	SISTEMAS UFG NET		
15		SISTEMA 13 UE 97	UFG NET 4º ANDAR		13	SISTEMAS UFG NET		
16		SISTEMA 13 UE 135	UFG NET 5º ANDAR		14	SISTEMAS UFG NET		
17								
18								

Após a catalogação das unidades, foi realizada uma renomeação no sistema, de modo a identificar corretamente a localização de cada aparelho.

Após algumas pesquisas da equipe de eficiência energética do prédio da FCT, foi identificada a possibilidade de monitoramento remoto dos sistemas de ar condicionado. A organização previamente mostrada neste resumo expandido permitiu a programação mais eficiente dos horários de funcionamento e possibilitou a criação de um sistema de monitoramento remoto.

A Figura 4 apresenta o sistema de monitoramento remoto do SISTEMAS ALA “B”, com os 60 aparelhos conectados.

A Figura 4 mostra que, no momento do print da tela, havia 20 aparelhos ligados (fundo azul) e 40 desligados (fundo cinza). É possível verificar, também, as temperaturas dos aparelhos que estão ligados. O cadeado alocado nos aparelhos identificados do 40 até 45 indicam que estes aparelhos não podem ser desligados, em função da localização dos mesmos serem em laboratórios específicos do prédio, cujas temperaturas têm que ser controladas e constantes ao longo do tempo.

**Figura 4***Monitoramento remoto dos Sistemas ALA “B”*

O monitoramento mostrado na Figura 4 permite ligar o aparelho, desligar, ajustar a temperatura e ventilação, tal como mostrado na Figura 5.

A partir de mais busca de conhecimentos, foi pensado na possibilidade de automação do processo de desligamento dos aparelhos, em horários e dias em que não tem expediente na FCT. Para tanto, foi desenvolvido um código na linguagem de programação *Python*, que acessa cada sistema de monitoramento remoto e faz a varredura, aparelho por aparelho, desligando-o.

A programação desliga automaticamente os aparelhos a partir das 17h30 e 18h00 (horário de Brasília), em todos os dias, excetuando-se os laboratórios onde o funcionamento dos aparelhos deve ser mantido, conforme relatado anteriormente. Essa solução evita que os aparelhos permaneçam ligados por engano, contribuindo, assim, para a redução do consumo de energia.

A Figura 6 mostra uma tela da programação utilizada em *Python*, tal como mencionado anteriormente.

Outra ação que vem de encontro à eficiência no funcionamento de aparelhos de ar condicionado, se relaciona com manter as portas fechadas nos ambientes climatizados. Para tanto, foram instaladas molas hidráulicas nas portas das salas, garantindo que elas permaneçam fechadas constantemente. A Figura 7 mostra um exemplo de uma das 25 molas aéreas instaladas em portas da FCT. Essa medida contribui significativamente para a eficiência energética, pois minimiza a troca de ar entre os ambientes interno e externo, otimizando o desempenho dos sistemas de ar condicionado e reduzindo o consumo de energia.



Figura 5

Monitoramento remoto dos Sistemas ALA “B” – tela de ajustes de temperatura, de ventilação ou ligar e desligar cada o aparelho de ar condicionado nomeado como UE02-T03

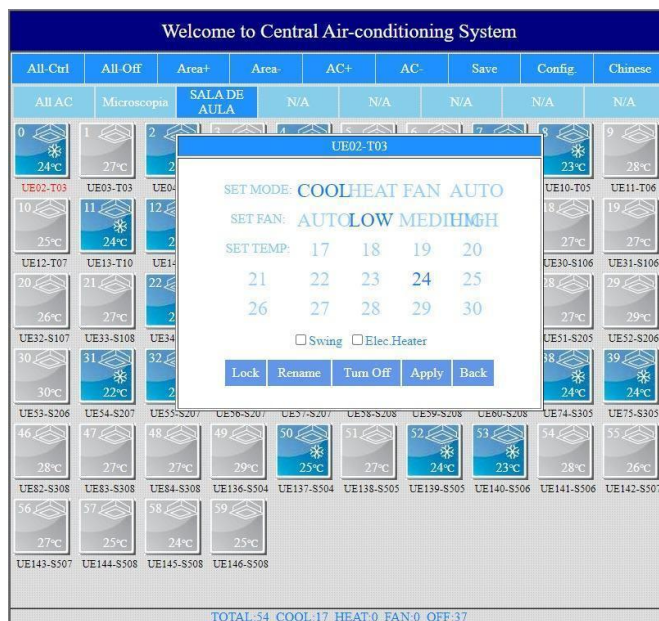


Figura 6

Programação na linguagem Python utilizada para o desligamento automático dos aparelhos de ar condicionado no horário desejado

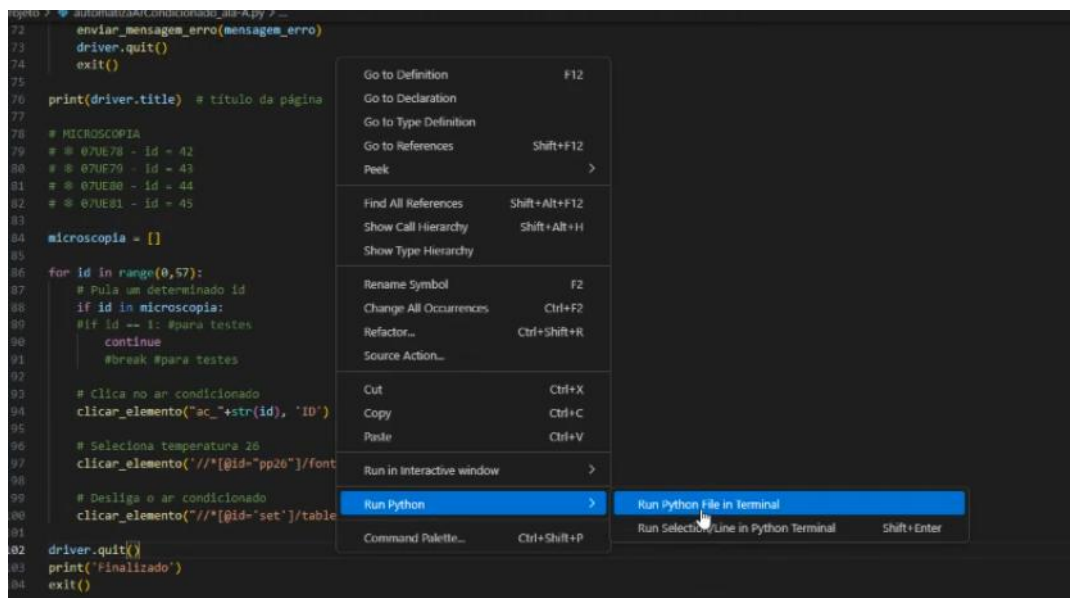




Figura 7

Foto de uma das 25 molas aéreas instaladas nas portas da FCT



3 RESULTADOS OBTIDOS

Diante dos métodos mostrados anteriormente, uma maneira de verificar a eficácia das estratégias adotadas, é a análise das faturas de energia elétrica da FCT, que se enquadra no grupo A, ou seja, é um grande consumidor de energia.

As análises compreenderão os principais dados oriundos das faturas entre os meses de dezembro de 2023 a setembro de 2024. Observa-se, para os três tipos de consumo, que o mês de dezembro de 2023 foi o que apresentou um maior número, ao passo que setembro de 2024 foi o mês que apresentou o menor valor. No consumo fora ponta (Figura 8), no consumo horário reservado (Figura 9) e no consumo ponta (Figura 10), a linha de tendência entre os dados plotados apontam uma redução ao longo do tempo.

Quanto à demanda, observa-se que em nenhum dos meses analisados, a demanda medida extrapola a demanda contratada, conforme a Figura 11.

Por fim, em relação ao valor da fatura propriamente dita, observa-se que houve uma queda ao longo do tempo, como aponta a linha de tendência, novembro foi o mês com a maior fatura e abril foi o mês que apresentou a menor fatura, conforme a Figura 12.

Diante das Figuras 8 a 12, percebe-se uma tendência de queda ao longo do tempo, tanto em relação ao consumo quanto em relação ao valor da fatura. É importante destacar que várias outras ações têm sido feitas, tais como incentivar o uso de escadas ao invés do elevador. Analisando, especialmente os resultados da Figura 12, percebe-se uma diminuição do valor pago entre dezembro de 2023 e setembro de 2024 de R\$ 5.340,98, o que representa perto de 30% de economia de energia.



Figura 8

Consumo fora ponta, em kWh

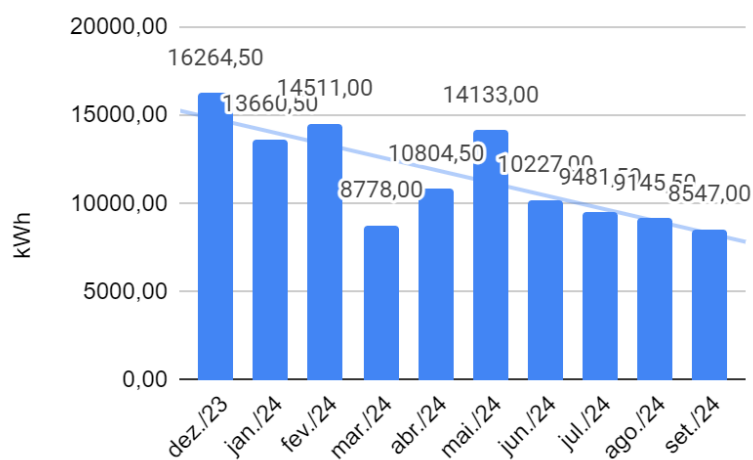


Figura 9

Consumo horário reservado

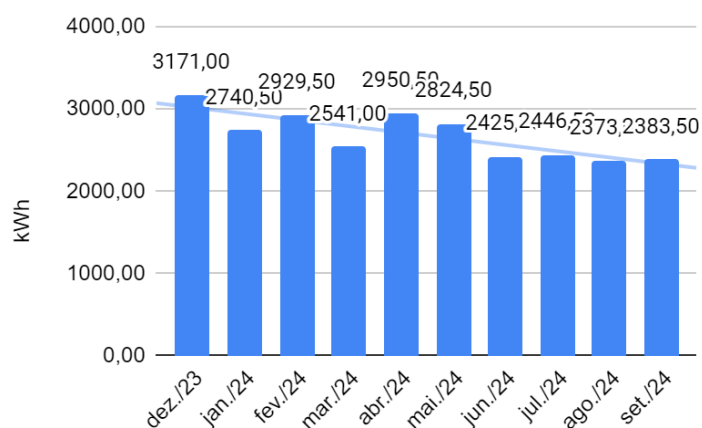


Figura 10

Consumo ponta

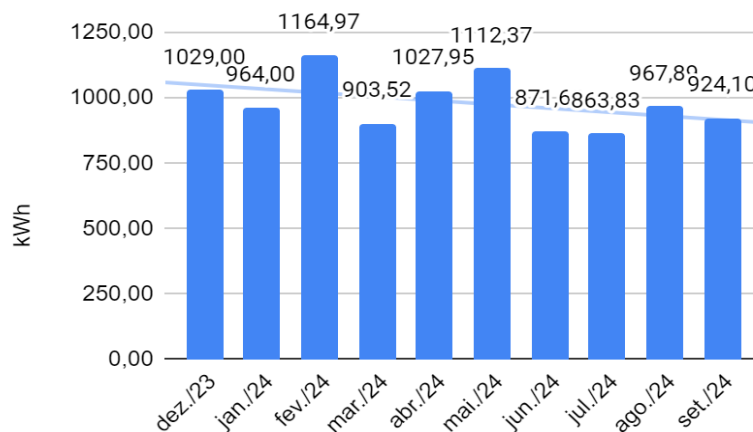




Figura 11

Demanda medida vs Demanda contratada

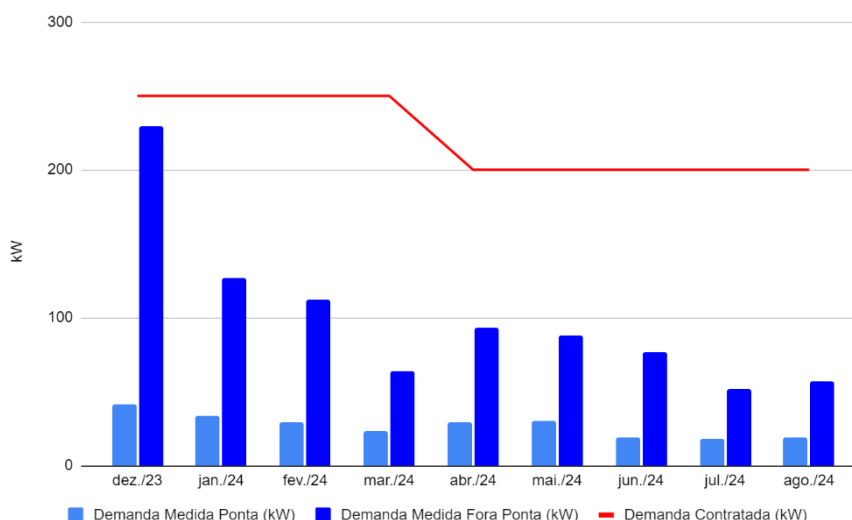
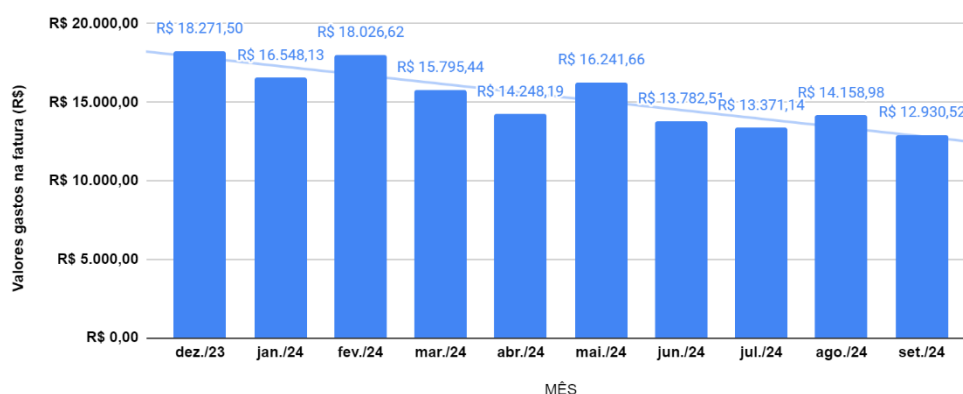


Figura 12

Valor das faturas de energia da FCT



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do projeto de extensão PJ534-2023 Estudos Relativos à Eficiência Energética em Prédios Públicos: Ações para Melhorias Contínuas, pôde-se vislumbrar várias ações de eficiência energética no prédio da FCT-UFG, dentre elas ações voltadas para a identificação e o entendimento do funcionamento dos aparelhos de ar condicionado. Através de ação conjunta entre todos os autores deste artigo, é possível, atualmente, fazer o monitoramento dos aparelhos que estão ligados e desligados, de forma local e de forma remota, podendo, desta forma, atuar com o desligamento e ligação dos mesmos, além de ajustes de temperatura e nível de ventilação.



Como passos futuros, pretende-se colocar multimedidores capazes de monitorar as grandezas elétricas envolvidas, a fim de verificar os gastos de consumos em pontos específicos dentro da instalação elétrica da FCT.

REFERÊNCIAS

- Magalhães, L. C. (2001). *Orientações gerais para conservação de energia elétrica em prédios públicos* (1a ed.). Procel.
- Midea. (2020). *Manual de projeto - unidades centrais V5X*.
- MOREIRA, B. B., & NASCIMENTO, N. F. (2018). *Engenharia da sustentabilidade: aplicação da ferramenta FMEA com ênfase no gerenciamento de resíduos industriais na construção civil* [Trabalho de Conclusão de Curso]. Universidade Tecnológica Federal Do Paraná.
- Nações Unidas. (2024). *Objetivos de desenvolvimento sustentável*. <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>
- Northec Engenharia Instalação. (2025). *VRF: O que é? Como funciona?* <https://northec.com.br/vrf-o-que-e-como-funciona/>
- Randazzo, T., De Cian, E., & Mistry, M. N. (2020). Air conditioning and electricity expenditure: The role of climate in temperate countries. *Economic Modelling*, 90, 273–287. <https://doi.org/10.1016/J.ECONMOD.2020.05.001>
- Schmitz, R. (2015). *Sustentabilidade, gerenciamento e economia de energia no meio industrial*.
- Sholahudin, Giannetti, N., Miyaoka, Y., Tanaka, K., Kowa, W., & Saito, K. (2024). Implementation of scalable performance monitoring method for air conditioners. *Applied Thermal Engineering*, 245, 122820. <https://doi.org/10.1016/J.APPLTHERMALENG.2024.122820>
- Wu, Y., Cao, B., Hu, M., Lv, G., Meng, J., & Zhang, H. (2023). Development of personal comfort model and its use in the control of air conditioner. *Energy and Buildings*, 285, 112900. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2023.112900>
- Zhao, Y., Li, W., & Jiang, C. (2023). Thermal sensation and occupancy-based cooperative control method for multi-zone VAV air-conditioning systems. *Journal of Building Engineering*, 66, 105859. <https://doi.org/10.1016/J.JOBE.2023.105859>