



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

WALLYSON MATHEUS DE SOUSA PRUDENCIO

**ELABORAÇÃO DE PLANO DE MANUTENÇÃO PARA O SISTEMA DE
CONDICIONAMENTO DE AR DO BLOCO A DO CAMPUS TERESINA CENTRAL.**

TERESINA - PI

2025

WALLYSON MATHEUS DE SOUSA PRUDENCIO

ELABORAÇÃO DE PLANO DE MANUTENÇÃO PARA O SISTEMA DE
CONDICIONAMENTO DE AR DO BLOCO A DO CAMPUS TERESINA CENTRAL.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no curso de bacharelado em Engenharia Mecânica do Instituto Federal do Piauí como requisito básico para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Petteson Linniker Carvalho Serra

TERESINA - PI

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Prudencio, Wallyson Matheus de Sousa

P971e Elaboração de plano de manutenção para o sistema de condicionamento de ar do bloco A do Campus Teresina Central / Wallyson Matheus de Sousa Prudencio. - 2025.
57 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica)
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central, 2025.

Orientador : Prof Dr. Petteson Linniker Carvalho Serra.

1. PMOC. 2. Climatização. 3. Manutenção. 4. Qualidade do ar. I. Título.

CDD - 620

Elaborado por Tanize Maria Sales CRB 3/1024

WALLYSON MATHEUS DE SOUSA PRUDENCIO

ELABORAÇÃO DE PLANO DE MANUTENÇÃO PARA O SISTEMA DE
CONDICIONAMENTO DE AR DO BLOCO A DO CAMPUS TERESINA CENTRAL.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no
curso de bacharelado em Engenharia Mecânica do
Instituto Federal do Piauí como requisito básico
para a obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Petteson Linniker Carvalho
Serra

Aprovado em: 25/07/2025

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Petteson Linniker Carvalho Serra
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Me. Wenio Fhara Alencar Borges
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Esp. Raphael Mendes Dos Santos
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

RESUMO

O conforto térmico e acústico é essencial em ambientes de estudo e trabalho, pois influencia diretamente a concentração, o desempenho e o bem-estar dos ocupantes. Ambientes climatizados inadequadamente podem comprometer a produtividade, favorecer o surgimento de doenças respiratórias e afetar negativamente a qualidade do ensino e das atividades profissionais. Neste contexto, este trabalho apresenta a elaboração de um Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) para os sistemas de climatização do Bloco A do Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina Central. A pesquisa foi conduzida por meio de estudo de caso exploratório-descritivo, envolvendo visitas técnicas, levantamento de dados dos equipamentos, análise das condições de funcionamento e comparação com as exigências normativas. O estudo revelou diversas falhas operacionais e estruturais, como ausência de manutenção preventiva, falhas de instalação, acúmulo de impurezas, vibração mecânica excessiva, fiação exposta e deficiência na vedação. Com base nesses dados, foi elaborado um inventário completo dos equipamentos e de suas irregularidades, além de um plano de manutenção adaptado às necessidades específicas do edifício, com foco na eficiência energética, conforto térmico e acústico, segurança dos ocupantes e preservação da qualidade do ar interior. O trabalho destaca a importância da adoção do PMOC como ferramenta de gestão técnica e preventiva, promovendo ambientes mais saudáveis, seguros e em conformidade com a legislação vigente.

Palavras-chave: pmoc; climatização; manutenção preventiva; qualidade do ar; eficiência térmica; conforto termoacústico.

ABSTRACT

Thermal and acoustic comfort are essential in study and work environments, as they directly affect occupants' concentration, performance, and well-being. Improperly conditioned environments can reduce productivity, contribute to respiratory diseases, and negatively impact the quality of education and professional activities. This study presents the development of a Maintenance, Operation, and Control Plan (PMOC) for the air conditioning systems of Block A at the Instituto Federal do Piauí, Teresina Central Campus. Conducted as an exploratory-descriptive case study, the research involved technical visits, equipment data collection, operational condition analysis, and comparison with normative requirements. The investigation identified various operational and structural deficiencies, including lack of preventive maintenance, installation faults, impurity accumulation, excessive mechanical vibration, exposed wiring, and inadequate sealing. Based on these findings, a comprehensive equipment inventory and an adapted maintenance plan were developed, focusing on energy efficiency, thermal and acoustic comfort, occupant safety, and indoor air quality preservation. This work emphasizes the importance of implementing PMOC as a technical and preventive management tool to promote healthier, safer environments compliant with current legislation.

Keywords: pmoc; air conditioning; preventive maintenance; indoor air quality; thermal efficiency.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de Refrigeração de Vapor simples estágio	19
Figura 2 - Esquema de Funcionamento de Condicionadores do tipo Janela	21
Figura 3 – Modelo de Ar-condicionado Janela	22
Figura 4 – Esquema de Funcionamento de Condicionadores Split-System	23
Figura 5 – Modelo de Ar-condicionado Split Hi-Wall	23
Figura 6 – Modelo de Ar-condicionado Cassete	24
Figura 7 – Modelo de Ar-condicionado Piso-Teto	24
Figura 8 – Modelo de Condensador Evaporativo	25
Figura 9 - Aparelho Defeituoso	34
Figura 10 - Aparelho Conservado	34
Figura 11 - Condensadora com Erro de Instalação	34
Figura 12 - Ausência de Aletas Direcionadoras de Ar	35
Figura 13 - Fiação Elétrica Exposta	36
Figura 14 - Vedação Deficiente	36
Figura 15 - Unidade Condensadora Instalada em Ambiente Fechado	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Temperatura média máxima mensal de junho/2023 a maio/2024	14
Tabela 2 - Modelo de Relação dos Ambientes Climatizados	32
Tabela 3 - Modelo de Inventário dos Aparelhos de Climatização	32
Tabela 4 - Modelo de Cronograma do Plano de Manutenção e Controle	32
Tabela 5 - Inventário dos Aparelhos de Climatização	38
Tabela 6 - Identificação do Responsável e do Ambiente	44
Tabela 7 - Relação dos Ambientes Climatizados	45
Tabela 8 - Plano de Manutenção e Controle	50

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAVA	Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers
dB	Decibéis
IFPI	Instituto Federal do Piauí
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
NBR	Norma Brasileira
N/D	Não Disponível
PMOC	Plano de Manutenção Operação e Controle
SED	Síndrome dos Edifícios Doentes

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	JUSTIFICATIVA	11
3	OBJETIVOS	12
3.1	OBJETIVO GERAL	12
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
4	REFERENCIAL TEÓRICO	13
4.1	MANUTENÇÃO	13
4.2	QUALIDADE DO AR	15
4.3	CONFORTO TÉRMICO	16
4.4	CONFORTO ACÚSTICO	17
4.5	SÍNDROME DOS EDIFÍCIOS DOENTES	17
4.6	CONDICIONAMENTO DE AR	18
4.7	CICLO DE REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO A VAPOR	19
4.8	TIPOS DE EQUIPAMENTOS - SISTEMAS UNITÁRIOS	20
4.8.1	Condicionadores de janela	20
4.8.2	Condicionadores tipo split-system	22
4.8.3	Condicionadores Evaporativos	24
4.9	COMPONENTES DO SISTEMA DE AR CONDICIONADOS	26
4.9.1	Compressor	26
4.9.2	Condensador	26
4.9.3	Dispositivo de expansão	27
4.9.4	Evaporador	27
4.10	PMOC	28
5	METODOLOGIA	30
5.1	CONDIÇÕES DO AMBIENTE	30
5.2	MODELO DO PMOC	31
6	RESULTADOS	33
6.1	INSPEÇÃO VISUAL DOS EQUIPAMENTOS	33
6.2	INVENTÁRIO	38
6.3	IDENTIFICAÇÃO E RELAÇÃO DOS AMBIENTES	44
6.4	PMOC	49
7	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS	53
	ANEXO A – PLANTA BAIXA DO TÉRREO	56
	ANEXO B – PLANTA BAIXA DO PAVIMENTO SUPERIOR	57

1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia, juntamente com o constante aumento da temperatura devido às mudanças climáticas, torna-se inevitável a crescente necessidade do ser humano em buscar conforto em ambientes internos. Nesse contexto, segundo a American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers – ASHRAE (2021), os sistemas de condicionamento de ar, que têm como finalidade controlar a temperatura, umidade, pureza e circulação do ar, tendem a ter sua demanda cada vez mais elevada. Entretanto, apesar de seus benefícios, esses sistemas, quando não recebem manutenção adequada e programada, podem se tornar prejudiciais à saúde dos ocupantes do ambiente.

A Síndrome dos Edifícios Doentes (SED), está relacionada a sintomas de saúde agravados pela poluição do ar em ambientes fechados. Segundo Sterling (1991), são classificados como “Edifícios Doentes” aqueles cujos ambientes internos não são conservados de maneira adequada, tornando-se, assim, prejudiciais à saúde dos seus ocupantes. Dessa maneira, ao se tratar de uma instituição de ensino, ocupada por funcionários, alunos e docentes por longos períodos, torna-se fundamental que a manutenção e a limpeza dos condicionadores de ar sejam devidamente programadas e executadas.

Quando falamos de ambientes escolares, precisamos levar em consideração o conforto oferecido a quem utiliza aquele local, de acordo com Kowaltowski (1999), a falta de conforto térmico, ocasionada por umidade excessiva combinada com temperaturas elevadas nesses ambientes pode provocar apatia e desinteresse na realização de atividades pelos usuários.

Em ambientes escolares a presença constante de ruídos, mesmo em níveis aparentemente baixos, pode interferir na concentração, na comunicação e no desempenho dos ocupantes. Nesse contexto, os sistemas de climatização, particularmente os aparelhos de ar-condicionado, figuram como fontes significativas de ruído. Estudos recentes demonstram que sons impulsivos de baixa intensidade, gerados por esses equipamentos, podem desencadear respostas neurológicas ligadas ao desconforto e à perda de foco (SOETA; ONOGAWA, 2023). Assim, torna-se essencial que o dimensionamento e a instalação de sistemas de ar-condicionado considerem não apenas o conforto térmico, mas também os impactos acústicos, garantindo ambientes mais saudáveis e eficientes.

Em 1998, o Ministério da Saúde, através da Portaria nº 3523/1998 (BRASIL, 1998), estabeleceu normas para condicionamento de ar em ambientes climatizados de uso coletivo, contendo medidas básicas referentes aos procedimentos de verificação visual do estado de

limpeza, remoção de sujidades por métodos físicos e manutenção do estado de integridade e eficiência, garantindo assim, uma boa qualidade do ar e prevenção de risco a saúde dos ocupantes desses ambientes. Além disso, essa Portaria estabeleceu a implantação do Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) nesses ambientes, através de um responsável técnico habilitado. Em 4 de janeiro de 2018, foi sancionada a Lei nº 13.589/2018 (BRASIL, 2018), que tornou obrigatório que todos os edifícios de uso público e coletivo que possuem ambientes de ar interior climatizado artificialmente devem dispor de um PMOC dos respectivos sistemas de climatização, visando à eliminação ou minimização de riscos potenciais à saúde dos ocupantes.

Com isso, um PMOC tem como objetivo garantir a qualidade do ar em ambientes climatizados, evitando a proliferação de contaminantes causadores de doenças respiratórias, levando em consideração a ABNT NBR 17037:2023, que estabelece diretrizes para a qualidade do ar interior em ambientes não residenciais climatizados artificialmente, torna-se evidente que a manutenção adequada dos sistemas de climatização é essencial para garantir condições ambientais saudáveis e seguras aos ocupantes. A norma define parâmetros técnicos e procedimentos que visam assegurar o desempenho eficiente dos equipamentos e a prevenção de riscos à saúde, como o acúmulo de contaminantes biológicos e químicos. Nesse sentido, a elaboração de um PMOC eficaz deve contemplar rotinas periódicas de inspeção, limpeza e registro das atividades, conforme recomendado pela norma, de forma a manter a qualidade do ar interior dentro dos padrões aceitáveis.

2 JUSTIFICATIVA

Tendo em vista, a falta de um Plano de Manutenção Operação e Controle dos equipamentos condicionadores de ar do Prédio A do Instituto Federal do Piauí Campus Teresina Central e a busca por manter o conforto termoacústico mínimo e uma boa qualidade do ar para funcionários, estudantes e docentes que necessitam de um bom ambiente de concentração para trabalho e aprendizado, o presente estudo se mostra relevante para o aprimoramento desse ambiente em conformidade com a Lei nº 13.589/2018.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo a elaboração de um Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) para os sistemas de climatização do Bloco A do Instituto Federal do Piauí, em conformidade com a ABNT NBR 17037:2023, a Lei nº 13.589/2018 (BRASIL, 2018) e a Portaria nº 3.523/1998 do Ministério da Saúde (BRASIL, 1998).

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mapeamento dos climatizadores e coleta dos manuais com a instituição.
- Identificar e catalogar os equipamentos com irregularidades.
- Elaborar e aplicar questionário do histórico de manutenção dos equipamentos, com os supervisores e técnicos.
- Formular um inventário dos condicionadores de ar do prédio.
- Produzir um Plano de Manutenção, Operação e Controle.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo aborda os principais fundamentos teóricos relacionados à climatização de ambientes e à manutenção de sistemas de ar-condicionado, com ênfase nos requisitos técnicos e legais que envolvem a elaboração do Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC). São apresentados conceitos essenciais sobre manutenção e suas classificações, conforto térmico, qualidade do ar interior, bem como a problemática da Síndrome dos Edifícios Doentes, que reforça a importância de ambientes adequadamente climatizados e higienizados. Também são descritos os princípios de funcionamento do ciclo de refrigeração por compressão a vapor, os tipos mais comuns de equipamentos utilizados e os componentes que integram um sistema de ar-condicionado. A compreensão desses elementos é fundamental para embasar a análise técnica e prática desenvolvida neste estudo de caso, permitindo propor melhorias na operação e manutenção dos sistemas avaliados.

4.1 MANUTENÇÃO

Conforme dados do INMET (2023-2024), a cidade de Teresina, onde se localiza o Campus, registra elevadas temperaturas médias máximas ao longo de todo o ano, como pode ser observado na Tabela 1. Diante desse cenário climático, torna-se essencial que os sistemas de climatização operem de forma contínua e eficiente, garantindo condições adequadas de conforto térmico para os ocupantes do ambiente.

Para garantir o funcionamento esperado, é essencial a realização de manutenções preventivas periódicas nos equipamentos de ar-condicionado, especialmente em regiões de clima quente, onde esses sistemas operam com maior frequência e intensidade. Segundo o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL (2015), no contexto das perdas de energia em instalações elétricas, as perdas nos elementos de distribuição ocorrem por diversos fatores, dentre eles a falta de manutenção preventiva. Além disso, uma manutenção precária dos sistemas de climatização propicia o acúmulo excessivo de sujeira nos filtros e serpentinas, que pode comprometer a qualidade do ar e favorecer a ocorrência e o agravamento de problemas de saúde (BRASIL, 1998).

Tabela 1 - Temperatura média máxima mensal de junho/2023 a maio/2024

Mês/Ano	Temperatura (°C)
Jun/2023	33.5
Jul/2023	34.7
Ago/2023	36.3
Set/2023	38.3
Out/2023	39.0
Nov/2023	38.0
Dez/2023	36.6
Jan/2024	34.3
Fev/2024	33.2
Mar/2024	33.2
Abr/2024	33.5
Mai/2024	34.1

Fonte: INMET (2025).

Em contextos como no ambiente do Campus Teresina Central, onde as altas temperaturas predominam durante todo o ano, a manutenção torna-se um fator determinante para o conforto térmico, a saúde dos ocupantes e o bom funcionamento das atividades desenvolvidas no espaço.

De acordo com Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) Norma Brasileira (NBR) 13971 de 2014, temos os seguintes conceitos:

manutenção: combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo supervisão, destinadas a manter ou restaurar um item (componente, equipamento ou sistema) em estado do qual possa desempenhar uma função requerida.

manutenção corretiva: ação efetuada, após a ocorrência de uma pane, destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

manutenção preventiva: ação efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.

manutenção preditiva: ação que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva.

4.2 QUALIDADE DO AR

A qualidade do ar interior é um fator essencial em ambientes climatizados artificialmente, principalmente em espaços de uso coletivo como salas de aula, escritórios, hospitais e ambientes corporativos. Um ar interior de má qualidade pode comprometer diretamente o conforto, a saúde e o desempenho dos ocupantes, além de favorecer a propagação de agentes biológicos e poluentes.

Por esse motivo, além do controle de temperatura e umidade, os sistemas de climatização devem prever mecanismos eficientes de renovação de ar, filtração e manutenção periódica. A negligência quanto à qualidade do ar interior pode representar não apenas um problema de conforto, mas também uma questão de saúde pública, tornando o cumprimento das normas uma exigência legal e ética para os responsáveis técnicos por sistemas de climatização.

A ABNT NBR 17037:2023 estabelece padrões para a qualidade do ar em ambientes climatizados artificialmente, ressaltando a obrigatoriedade da renovação de ar, especialmente em locais de uso coletivo. A norma determina que os sistemas de climatização devem ser projetados e operados de forma a manter as concentrações de poluentes em níveis aceitáveis. O não cumprimento dessa exigência pode acarretar riscos à saúde dos ocupantes, como o acúmulo de dióxido de carbono (CO₂) e a disseminação de agentes biológicos.

Para que esses critérios sejam atendidos, é indispensável a renovação do ar que circula no ambiente climatizado, por meio da captação de ar externo. Contudo, a mesma norma ressalta que, caso esse ar não seja adequadamente filtrado, pode comprometer ainda mais a qualidade do ambiente interno, introduzindo novos poluentes ao espaço como poeira, fuligem, gases e pólen de plantas.

Complementando essas diretrizes a ABNT NBR 16401-3:2008, determina que a taxa mínima de ar externo por pessoa em ambientes climatizados deve ser de 27 m³/h, em locais com permanência prolongada. Essa renovação é essencial para manter os níveis de oxigênio, remover poluentes internos e prevenir a chamada Síndrome dos Edifícios Doentes.

Portanto, a adoção de sistemas auxiliares de ventilação mecânica ou natural, com captação e filtração de ar externo, é frequentemente necessária para complementar os sistemas de climatização e garantir a conformidade com normas como a ABNT NBR 17037:2023 e a ABNT NBR 16401-3:2008.

4.3 CONFORTO TÉRMICO

Segundo Stoecker e Jones (1985), ar condicionado de conforto é definido como o processo de condicionamento de ar objetivando o controle de sua temperatura, umidade, pureza e distribuição no sentido de proporcionar conforto aos ocupantes do recinto condicionado. Assim, condicionamento de ar inclui processos, tais como refrigeração, aquecimento, radiação térmica, regulação de velocidade e qualidade do ar, incluindo a remoção de partículas e vapores.

De acordo com a ASHRAE (2021), o objetivo de um sistema de climatização é fornecer condições para o conforto térmico humano, “aquele estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico e é avaliado por avaliação subjetiva” (Norma 55 da ASHRAE). A mente consciente parece chegar a conclusões sobre o conforto e o desconforto térmico a partir das sensações diretas de temperatura e umidade da pele, das temperaturas corporais profundas e dos esforços necessários para regular a temperatura corporal.

Segundo a ABNT NBR 16401-2:2008, o conforto térmico é influenciado por dois grupos de fatores: os parâmetros ambientais, que incluem temperatura operativa, velocidade do ar e umidade relativa do ar; e os fatores pessoais, como o nível de vestimenta e a taxa metabólica.

A mesma norma estipula parâmetros ambientais capazes de produzir sensação aceitável de conforto térmico em 80% ou mais das pessoas.

Verão

Temperatura operativa e umidade relativa dentro da zona delimitada por:

- 22,5 °C a 25,5 °C e umidade relativa de 65%.
- 23,0 °C a 26,0 °C e umidade relativa de 35%.

A velocidade média do ar (não direcional) na zona de ocupação não deve ultrapassar:

- 0,20 m/s . para distribuição de ar convencional (grau de turbulência 30% a 50%);
- 0,25 m/s para distribuição de ar por sistema de fluxo de deslocamento (grau de turbulência inferior a 10%).

Inverno

Temperatura operativa e umidade relativa dentro da zona delimitada por:

- 21,0 °C a 23,0 °C e umidade relativa de 60%.
- 21,5 °C a 24,0 °C e umidade relativa de 30%.

A velocidade média do ar (não direcional) na zona de ocupação não deve ultrapassar:

- 0,15 m/s para distribuição de ar convencional (grau de turbulência 30% a 50%);
- 0,20 m/s para distribuição de ar por sistema de fluxo de deslocamento (grau de turbulência inferior a 10%).

4.4 CONFORTO ACÚSTICO

O controle do ruído em ambientes educacionais e de trabalho é fundamental para garantir o conforto acústico, a saúde auditiva e a produtividade dos ocupantes. A presença de níveis elevados de ruído pode comprometer a concentração, a comunicação verbal e o desempenho das atividades, afetando diretamente o aprendizado e a eficiência profissional.

De acordo com a ABNT NBR 10152:2017, que estabelece os níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações, os valores aceitáveis para salas de aula variam entre 35 e 40 dB e entre 40 e 45 dB em escritórios e 45 e 50 dB em laboratórios. Essa norma orienta quanto à avaliação e controle do ruído para assegurar ambientes saudáveis e adequados à comunicação verbal.

Entre as principais fontes de ruído nesses ambientes estão os equipamentos de climatização, especialmente os aparelhos de ar-condicionado tipo janela ou split-system. Quando mal dimensionados, instalados de forma inadequada ou sem manutenção adequada, esses equipamentos podem gerar níveis de ruído superiores aos limites recomendados, comprometendo o conforto térmico e acústico simultaneamente. Além do som do ventilador, vibrações mecânicas e ruídos do compressor são frequentemente citados como incômodos em ambientes fechados.

Um estudo conduzido por Soeta e Onogawa (2023) avaliou as respostas fisiológicas a sons impulsivos de baixo nível produzidos por ar-condicionado. Os resultados demonstraram que, mesmo em níveis sonoros considerados aceitáveis, esses estímulos podem desencadear reações neurológicas ligadas ao desconforto e à dificuldade de concentração. Tais evidências ressaltam a importância da escolha de equipamentos com bom desempenho acústico, bem como da manutenção adequada, a fim de garantir ambientes de estudo e trabalho mais confortáveis e saudáveis.

4.5 SÍNDROME DOS EDIFÍCIOS DOENTES

A Portaria nº 3.523/1998 define a Síndrome dos Edifícios Doentes como a ocorrência de sintomas inespecíficos, porém recorrentes, que acometem os ocupantes de um mesmo edifício, estabelecendo uma relação entre a exposição ao ambiente climatizado e o agravamento da condição de saúde dos usuários.

Em 1982, o Comitê Técnico da Organização Mundial da Saúde (OMS) definiu sintomas como fadiga, irritação nos olhos, nariz e garganta, dores de cabeça, náuseas, além de

alta frequência de infecções das vias aéreas, como alguns dos principais indicadores da Síndrome dos Edifícios Doentes (OMS, 1982).

Santos (1992), em seu estudo, identificou sinais e sintomas em trabalhadores expostos a ambientes fechados com climatização artificial, encontrando resultados significativos que relacionam o conforto ambiental à ocorrência de manifestações semelhantes às da Síndrome dos Edifícios Doentes. Os dados obtidos sugerem que fatores como ventilação inadequada, má qualidade do ar interno e falhas na manutenção dos sistemas de climatização podem impactar diretamente o bem-estar e a produtividade dos indivíduos.

Lemos (1997) destaca que, nos sistemas de climatização, especialmente no que se refere à umidificação, é essencial evitar o acúmulo de água residual nas bandejas das unidades de tratamento de ar, uma vez que essa condição favorece a proliferação de fungos e bactérias. O autor também ressalta que a manutenção desses sistemas representa um dos maiores desafios, não por sua complexidade, mas pelo fato de ser frequentemente negligenciada.

Poluentes químicos, como o monóxido e dióxido de carbono (CO e CO₂), amônia, dióxido de enxofre e formaldeído, produzidos no interior do estabelecimento a partir de materiais de construção, materiais de limpeza de péssima qualidade, fumaça de cigarro, fotocopiadoras e pelo próprio metabolismo humano e, ainda, os poluentes biológicos como fungos, algas, protozoários, bactérias, ácaros, cuja proliferação são favorecidos pela limpeza inadequada de carpetes, tapetes, cortinas, são as causas do que se convencionou chamar de “Síndrome do Edifício Doente”, sendo reconhecida em 1982 pela Organização Mundial de Saúde (OMS), como a origem dos problemas de saúde causada aos trabalhadores em recintos com ar condicionado central. (TEIXEIRA et al., s.d.)

4.6 CONDICIONAMENTO DE AR

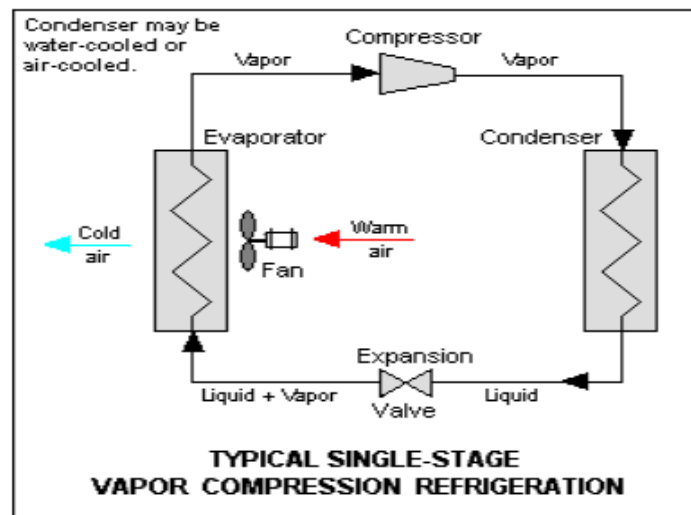
O condicionamento de ar é um processo essencial para o controle ambiental de espaços internos, visando manter condições adequadas de temperatura, umidade, qualidade do ar e conforto térmico. Por meio de equipamentos específicos, o ar do ambiente é tratado para atender aos parâmetros ideais de bem-estar e eficiência, especialmente em locais com altas temperaturas durante todo o ano. Além de proporcionar conforto, o condicionamento de ar também contribui para a conservação de equipamentos, a produtividade em ambientes de trabalho e a preservação da saúde dos ocupantes. Seu funcionamento eficiente depende de um projeto adequado, manutenção periódica e, quando necessário, da renovação do ar interno.

A maioria das unidades de condicionamento de ar estão associadas a aplicações de conforto. Sistemas para resfriamento de ar durante o verão tornaram-se obrigatórios em edifícios de grande porte no mundo inteiro. Mesmo em regiões onde as temperaturas de verão não são elevadas, grandes edifícios devem ser resfriados para compensar a carga térmica gerada por pessoas, luzes e outros aparelhos elétricos. Em regiões de temperaturas de verão elevadas, o resfriamento do ar pode contribuir, por exemplo, para o aumento da efetividade no trabalho, nestes tipos de construção são normalmente utilizados sistemas centrais, que podem se constituir de uma central de resfriamento e outra de aquecimento de água, localizadas em uma sala de máquinas (STOECKER; JONES, 1985).

4.7 CICLO DE REFRIGERAÇÃO POR COMPRESSÃO A VAPOR

Em um ciclo de refrigeração padrão por compressão (refrigerador, ar-condicionado), existem basicamente quatro componentes: compressor, condensador, dispositivo de expansão e evaporador. Como demonstrado na Figura 1.

Figura 1 - Ciclo de Refrigeração de Vapor simples estágio



Fonte: Alves (2014)

O fluido refrigerante na forma de líquido saturado passa pelo dispositivo de expansão (restrição), onde é submetido a uma queda de pressão brusca, onde passa a ter dois estados, o líquido e o gasoso. O fluido refrigerante, nesse ponto, é denominado de flash gás. Então o fluido é conduzido pelo evaporador, onde absorverá calor do ar do ambiente a ser refrigerado, vaporizando-se. Na saída do evaporador, na forma de gás ele é succionado pelo compressor, que eleva sua pressão (e temperatura) para que possa ser conduzido através do condensador,

que cederá calor ao ambiente externo, condensando o fluido e completando o ciclo. O ventilador ou fan, efetua a circulação de ar, fazendo com que o ar a ser resfriado entre em contato com a serpentina do evaporador. Para determinar as condições de trabalho do ciclo, aplica-se a primeira lei da termodinâmica em cada volume de controle (ALVES, 2014).

4.8 TIPOS DE EQUIPAMENTOS - SISTEMAS UNITÁRIOS

Os sistemas de ar-condicionado do tipo unitário, são projetados para climatizar ambientes de pequeno e médio porte e têm estrutura mais compacta e padronizada. Essa simplicidade facilita tanto a instalação, que exige poucos componentes e ajustes, quanto a manutenção, já que os principais elementos (compressor, condensador, evaporador e filtros) são de fácil acesso e reposição. Além disso, o diagnóstico de falhas nesses sistemas costuma ser mais rápido e direto.

Stoecker (1985) afirma que, a principal desvantagem dos sistemas unitários reside na pouca versatilidade que oferecem em termos de capacidade do evaporador, condensador, ventiladores, compressor e controles. Assim, como cada unidade deve ser escolhida para satisfazer as condições de carga térmica máxima do espaço por ela servido, a capacidade instalada, bem como a carga elétrica, são geralmente maiores que aquelas para um sistema central.

Os condicionadores de ar unitários são classificados, principalmente, em três tipos: condicionadores de janela, condicionadores de gabinete e condicionadores do tipo split-system. Neste estudo, serão analisados apenas os modelos janela e split-system, por serem os dois tipos presentes no ambiente do estudo.

4.8.1 Condicionadores de janela

O condicionador de ar tipo janela, é um dos modelos mais tradicionais utilizados em ambientes residenciais e comerciais de pequeno porte. Caracteriza-se por ser um sistema compacto, com todos os seus componentes integrados em uma única carcaça, instalada diretamente em aberturas nas paredes ou janelas. Esse tipo de equipamento teve ampla aceitação no mercado devido à sua instalação simplificada e custo relativamente baixo.

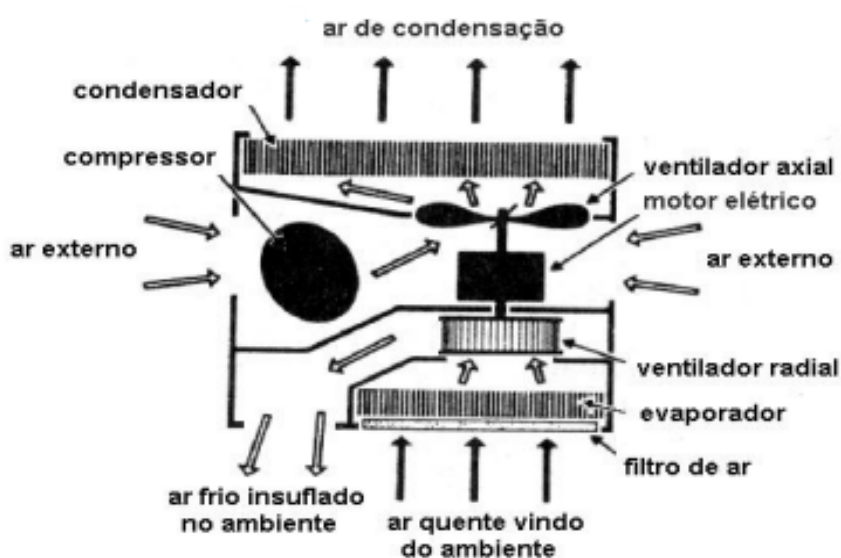
No prédio do Instituto, a maioria das salas de aula está equipada com aparelhos de ar-condicionado do tipo janela. Trata-se de equipamentos antigos, instalados desde o início do processo de climatização desses ambientes. Isso significa que toda a infraestrutura física —

como as aberturas nas paredes, pontos elétricos e estruturas de suporte — foi projetada especificamente para esse tipo de equipamento. Essa configuração representa um desafio para a substituição por aparelhos mais modernos, como os do tipo split, pois exigiria obras de adaptação, incluindo a instalação de unidades condensadoras externas, passagem de tubulações frigorígenas, reforço na rede elétrica e possíveis alterações na fachada, o que implica custos elevados e impacto estrutural.

Além disso, a reposição de aparelhos do tipo janela tem se tornado cada vez mais difícil, uma vez que a indústria vem priorizando os modelos split-system, conforme dados da ABRAVA (2018). Essa situação coloca as instituições em um dilema entre manter equipamentos antigos com manutenção constante ou realizar um investimento significativo em reestruturação para mudança de tecnologia.

O condicionador de janela resfria, desumidifica, filtra e circula o ar no ambiente. Pequenas aberturas de ventilação podem ser usadas para captar ar externo. Alguns possuem um ciclo reverso para aquecer o ambiente, quando necessário. Um esquema do condicionador de janela é mostrado na Figura 2. O ar quente vindo do ambiente atravessa a serpentina de resfriamento cedendo calor sensível e latente. O ar tratado é movimentado por um ventilador radial para ser insuflado no ambiente. O ar de condensação é movimentado através do condensador por um ventilador axial, resfriando antes do compressor hermético. (ALVES, 2014)

Figura 2 - Esquema de Funcionamento de Condicionadores do tipo Janela



Fonte: Stoecker; Jones (1985).

De acordo com Antonovicz e Weber (2013), o ar de janela apresenta algumas vantagens: normalmente pode ser adquirido por um valor mais barato em relação às outras linhas de condicionadores de ar (split, piso teto, etc), são mais compactos – a condensadora, o compressor e a evaporadora são no mesmo gabinete – e são mais fáceis para instalar. Ideais para ambientes pequenos ou para locais em que o nível de ruído não é um problema, pois geram um maior nível de ruídos e sofrem algumas restrições nas instalações em condomínios/edifícios pela estética da fachada. A vida útil do aparelho tipo janela pode variar de 10 a 15 anos dependendo das condições do ambiente. Hoje alguns modelos, principalmente com compressores rotativos, estão apresentando uma redução de até 25% no consumo de energia elétrica.

Figura 3 – Modelo de Ar-condicionado Janela



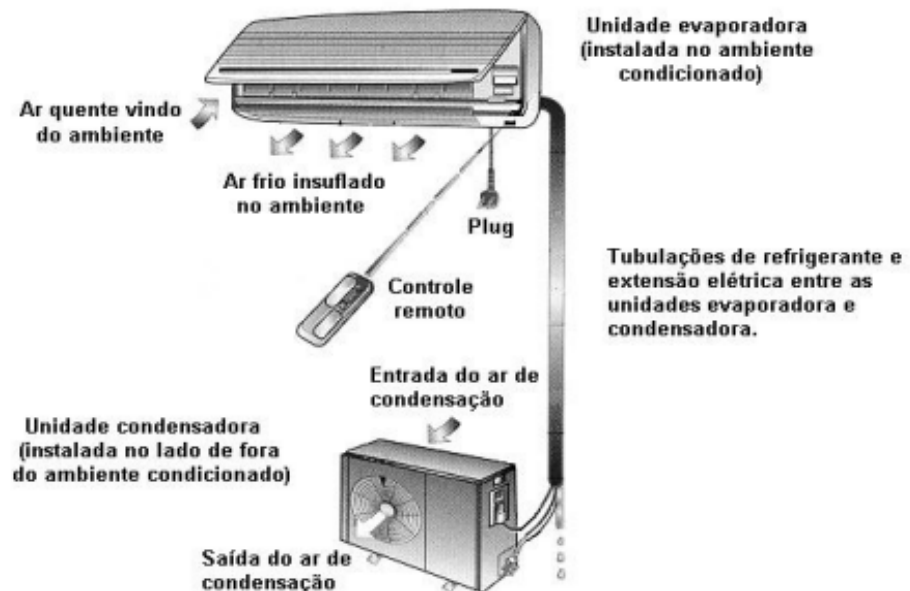
Fonte: Leveros (2025).

4.8.2 Condicionadores tipo split-system

Nesses aparelhos, as seções de evaporação e de condensação são instaladas separadamente e são conectadas por tubulações de cobre que conduzem o refrigerante entre elas. Além disso, cabos elétricos ligados às unidades controlam o funcionamento do compressor e dos ventiladores. Em aplicações de ar condicionado residencial e comercial, têm substituído os condicionadores de janela dada sua versatilidade de instalação. Além disso, sua instalação é recomendada em edifícios nos quais não foram consideradas durante sua construção a infraestrutura para sistema de ar condicionado central. A unidade evaporadora instalada no ambiente condicionado fica posicionada na parede, sobre o piso ou ainda embutida no forro ou em outro local adequado, de acordo com seu tipo. Em certos modelos, só uma unidade condensadora é usada com várias evaporadoras com controle individual de temperatura. Alguns aparelhos possuem ciclo reverso, ou seja, realizam também o

aquecimento do ambiente. São bastante silenciosos, sendo a média de nível de ruído igual a 54 dB para a unidade condensadora e de 32 dB para a evaporadora. (Alves, 2014).

Figura 4 – Esquema de Funcionamento de Condicionadores Split-System



Fonte: Internet - Wikipédia (2025).

Os condicionadores de ar do tipo split-system podem ser classificados em três principais categorias: Split Hi-Wall, Split Cassete e Split Piso-Teto. No prédio do Instituto encontram-se apenas splits do tipo Hi-Wall e Piso-Teto.

O Split Hi-Wall, também conhecido como modelo de parede, é ideal para ambientes com menor demanda térmica, sendo o mais comum em residências e pequenos estabelecimentos comerciais.

Figura 5 – Modelo de Ar-condicionado Split Hi-Wall



Fonte: Adaptado de Carrier Brasil (2025).

O Split Cassete é indicado para ambientes de médio porte, sendo instalado no teto e possuindo quatro vias independentes de saída de ar, o que favorece uma distribuição mais uniforme.

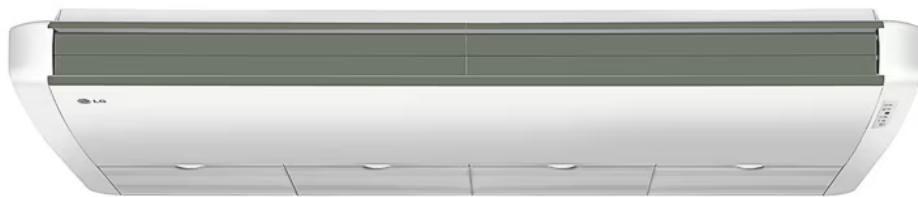
Figura 6 – Modelo de Ar-condicionado Cassete



Fonte: LG Brasil (2025).

Já o modelo Split Piso-Teto é mais apropriado para locais com grande circulação de pessoas, ambientes amplos ou com pé-direito elevado, pois possui vazão de ar superior aos modelos tradicionais, podendo ser instalado tanto no piso quanto no teto.

Figura 7 – Modelo de Ar-condicionado Piso-Teto



Fonte: LG Brasil (2025).

4.8.3 Condicionadores Evaporativos

O condicionador de ar evaporativo, também conhecido como climatizador evaporativo, é um equipamento utilizado para promover a renovação e o resfriamento do ar em ambientes de forma natural, por meio do processo físico de evaporação da água. Diferente

dos sistemas de ar-condicionado tradicionais, que utilizam ciclos de compressão de vapor com fluidos refrigerantes, os climatizadores evaporativos operam utilizando a troca de calor entre o ar e a água, sem gases sintéticos e com menor consumo energético.

O funcionamento do equipamento baseia-se na captação do ar ambiente por meio de um ventilador, que o conduz através de painéis umedecidos com água (geralmente feitos de celulose). À medida que o ar quente passa pelos painéis, parte da água evapora, absorvendo calor e reduzindo a temperatura do ar, que é então insuflado no ambiente. Como vantagem, o sistema consome significativamente menos energia elétrica do que aparelhos de ar-condicionado tipo split ou janela, além de contribuir para o aumento da umidade relativa do ar, sendo especialmente recomendado para regiões de clima seco.

De acordo com Masiero et al. (2020), o sistema de resfriamento evaporativo direto demonstrou ser eficiente na redução da temperatura do ar em ambientes internos, principalmente em regiões de clima seco, promovendo conforto térmico com baixo consumo energético

Entretanto, apesar de suas vantagens, o climatizador evaporativo apresenta desempenho limitado em ambientes com alta umidade relativa, pois o processo de evaporação torna-se menos eficiente. Além disso, é essencial que o ambiente onde o equipamento está instalado possua ventilação cruzada ou renovação constante de ar, uma vez que o sistema não possui função de exaustão ou recirculação.

Figura 8 – Modelo de Condensador Evaporativo



Fonte: HOTSAT (2025).

4.9 COMPONENTES DO SISTEMA DE AR CONDICIONADOS

Um sistema de ar-condicionado é composto, essencialmente, por quatro componentes principais: o compressor, o condensador, o dispositivo de expansão e o evaporador. Cada um desses elementos desempenha uma função específica dentro do ciclo de refrigeração, permitindo o tratamento do ar e o controle térmico do ambiente.

4.9.1 Compressor

O compressor é um dos componentes fundamentais em um sistema de refrigeração. Sua principal função é elevar a pressão do fluido refrigerante e garantir sua circulação por todo o sistema. Entre os tipos mais comuns de compressores utilizados estão: alternativo, centrífugo, de parafuso, de palhetas e do tipo Scroll. O tipo de compressor utilizado depende da capacidade da instalação.

Segundo Stoecker e Jones (1985), o compressor toma o vapor do refrigerante a baixa pressão e temperatura, proveniente do evaporador, e comprimi-lo até uma pressão e temperatura mais altas, de modo que possa ser condensado ao passar pelo condensador.

4.9.2 Condensador

A função principal do condensador é realizar a troca de calor entre o refrigerante e o meio externo, promovendo a condensação do fluido refrigerante. Após ser comprimido, o refrigerante chega ao condensador em forma de vapor superaquecido, com alta pressão e temperatura. Nesse componente, o fluido libera calor para o ambiente externo (geralmente o ar atmosférico ou a água), resfriando-se e passando do estado gasoso para o líquido.

Existem diferentes tipos de condensadores, como os condensadores a ar, a água e evaporativos, sendo a escolha do modelo determinada pelas características do sistema e pelo ambiente de instalação. O funcionamento eficiente do condensador é essencial para o desempenho do sistema como um todo, pois influencia diretamente o consumo energético e a capacidade de resfriamento do equipamento.

4.9.3 Dispositivo de expansão

Sua principal função é reduzir a pressão e a temperatura do fluido refrigerante que sai do condensador antes de entrar no evaporador. Esse processo permite que o fluido atinja as condições termodinâmicas necessárias para absorver calor do ambiente interno, promovendo a refrigeração.

Existem diversos tipos de dispositivos de expansão, entre eles a válvula de expansão termostática (VET), o tubo capilar, a válvula de expansão eletrônica (VEE) e o orifício de expansão. A escolha do tipo adequado depende de variáveis como a capacidade do sistema, o tipo de fluido refrigerante utilizado e as condições de operação (ASHRAE, 2021).

O funcionamento básico de um dispositivo de expansão consiste na criação de uma restrição ao fluxo do fluido refrigerante, provocando uma queda brusca de pressão. Ao atravessar esse componente, o fluido passa do estado líquido de alta pressão para uma mistura bifásica (líquido e vapor) de baixa pressão, condição ideal para absorver calor no evaporador. Esse processo é regido pelos princípios da termodinâmica, particularmente pela conservação da energia e pela equação de Bernoulli adaptada para sistemas de refrigeração (STOECKER; JONES, 1985).

A operação correta do dispositivo de expansão é essencial para a eficiência energética e o desempenho geral do sistema de climatização. Além disso, sua manutenção adequada está prevista nas diretrizes do PMOC, uma vez que falhas nesse componente podem comprometer o equilíbrio térmico, causar sobrecarga no compressor e reduzir a vida útil do sistema.

4.9.4 Evaporador

O evaporador é o componente do sistema de ar-condicionado responsável por absorver o calor do ambiente interno, promovendo o resfriamento do ar. O refrigerante, ao passar pelo dispositivo de expansão, entra no evaporador em baixa pressão e temperatura, circulando por serpentinas. Ao entrar em contato com o ar quente, ele evapora, absorvendo calor e resfriando o ar que será insuflado de volta ao ambiente.

Esse processo ocorre a pressão e temperatura praticamente constantes, permitindo a absorção de uma quantidade significativa de calor latente. Inicialmente, o refrigerante encontra-se na forma saturada (mistura líquido + vapor), mas, à medida que percorre o interior dos tubos, é totalmente vaporizado e pode atingir a condição de superaquecido,

dependendo da carga térmica do ambiente. Para garantir o bom desempenho do evaporador, é essencial manter as serpentinas limpas e o fluxo de ar eficiente.

Evaporadores desse tipo, com válvula de expansão termostática, operam de forma intermitente e são amplamente utilizados com fluidos refrigerantes halogenados, especialmente em instalações de capacidade moderada.

4.10 PMOC

O Plano de Manutenção, Operação e Controle é um conjunto de ações sistematizadas e documentadas que visam garantir o bom funcionamento e a eficiência dos sistemas de climatização e ventilação, com foco na saúde, segurança e conforto dos usuários de um determinado ambiente. O PMOC é regulamentado pela Portaria nº 3.523/1998, do Ministério da Saúde, e tornou-se obrigatório com a publicação da Lei nº 13.589/2018. A ANVISA atua na fiscalização do cumprimento dessas exigências em ambientes climatizados de uso coletivo.

O objetivo principal do PMOC é a manutenção preventiva de sistemas de ar-condicionado, promovendo a operação eficiente e controlada dos sistemas, com o intuito de preservar a qualidade do ar, evitar falhas mecânicas e prolongar a vida útil dos equipamentos. Além disso, o PMOC visa a conformidade com normas de saúde e segurança, assegurando a qualidade do ar ambiente e a eliminação de riscos à saúde dos ocupantes do espaço.

O PMOC é dividido em três componentes principais: **manutenção, operação e controle**. Cada um desses componentes desempenha uma função essencial na gestão de sistemas de climatização. Abaixo, é detalhado cada um desses elementos:

A **manutenção** no PMOC consiste na realização de atividades periódicas e preventivas nos sistemas de climatização, de forma a evitar falhas e garantir o bom funcionamento dos equipamentos. A manutenção pode ser subdividida em, manutenção preventiva e corretiva. A manutenção também pode envolver ajustes no sistema de controle de temperatura e umidade, conforme as condições ambientais ou necessidades dos ocupantes do ambiente.

A **operação** do sistema de climatização envolve o controle efetivo do funcionamento dos equipamentos para manter a temperatura e a qualidade do ar de acordo com os padrões estabelecidos, incluindo o ajuste de temperatura para garantir o conforto térmico do ambiente, considerando os parâmetros de temperatura e umidade, o monitoramento da qualidade do ar para verificar a presença de partículas, gases e micro-organismos que possam comprometer a

saúde dos ocupantes, além do controle da umidade, que deve assegurar níveis adequados de umidade relativa do ar, prevenindo o crescimento de mofo e outros agentes patogênicos.

O **controle** no PMOC refere-se à monitorização constante dos sistemas e à verificação de seu desempenho, incluindo a realização de testes regulares para garantir que o sistema opera de forma eficiente e conforme as normas de saúde. Esse controle envolve a verificação de pressões e temperaturas, aspectos técnicos que devem ser monitorados periodicamente para assegurar que o sistema funcione dentro dos parâmetros ideais, a análise de desempenho dos filtros e dispositivos de purificação do ar, garantindo a qualidade do ar conforme as exigências legais e de conforto, e o acompanhamento dos registros de manutenção, nos quais os dados relacionados à manutenção preventiva e corretiva devem ser registrados e armazenados para consulta e controle futuros.

O PMOC é um instrumento de grande importância para a Engenharia Mecânica, especialmente em sistemas de climatização e ventilação, pois permite a gestão eficaz dos recursos e a otimização da operação dos sistemas. A implementação de um PMOC bem estruturado não só contribui para a eficiência energética, mas também para a sustentabilidade dos ambientes internos, reduzindo os impactos ambientais e garantindo a saúde dos ocupantes (CENGEL; BOLES, 2013). Além disso, a adoção de um PMOC estruturado proporciona a redução dos custos operacionais, ao minimizar a ocorrência de falhas e maximizar o desempenho dos equipamentos, prolongando sua vida útil. Também garante a conformidade com as exigências legais estabelecidas pela Lei nº 13.589/2018, evitando penalidades e assegurando ambientes seguros e salubres.

O PMOC deve ser aplicado em diferentes tipos de ambientes climatizados. Nos ambientes comerciais e industriais, como escritórios, shopping centers, hospitais e instituições de ensino, ele é essencial para manter a qualidade do ar em níveis adequados. Em ambientes residenciais, sua aplicação se justifica principalmente em sistemas centrais de ar-condicionado e em áreas com grande volume de climatização. Em setores industriais específicos, como os de alimentos e medicamentos, o PMOC é indispensável para assegurar condições ambientais rigorosamente controladas, fundamentais para a preservação da qualidade dos produtos.

5 METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, de abordagem qualitativa com aspectos quantitativos, com objetivos descritivos e explanatórios. A metodologia utilizada fundamenta-se em pesquisa bibliográfica e documental, com base em normas técnicas (como a ABNT NBR 17037:2023, a NBR 16401 e a Portaria nº 3.523/1998), além de manuais técnicos e literatura especializada sobre climatização, qualidade do ar e manutenção predial.

O estudo apresenta uma proposta técnica de PMOC (Plano de Manutenção, Operação e Controle), elaborada com base nos dados coletados sobre as condições do ambiente climatizado analisado, seguindo o modelo da Portaria nº 3523/1998 do Ministério da Saúde, que se refere tanto à qualidade do ar requerida em ambientes fechados como também referente aos procedimentos de limpeza e manutenção,

Nesse sentido, o plano foi elaborado com base nos dados coletados sobre as condições do ambiente climatizado, durante visitas técnicas realizadas do Prédio A do Instituto Federal do Piauí, Campus Teresina Central. Esses dados incluem tanto informações qualitativas (como o tipo de atividade exercida nos ambientes) quanto quantitativas (como área climatizada, número de ocupantes e especificações dos equipamentos de ar-condicionado).

Além disso, foram analisadas a capacidade térmica, limpeza e manutenção dos aparelhos. Com essas informações, foi possível realizar uma análise aprofundada nos manuais técnicos dos respectivos fabricantes, a fim de identificar as recomendações específicas de manutenção para cada tipo de equipamento e elaborar um formulário de manutenção para os colaboradores do setor. A proposta visa atender às exigências legais e promover a melhoria da qualidade do ar interior, contribuindo para a saúde, segurança e conforto dos ocupantes.

Após a obtenção dos dados necessários dos equipamentos, foi possível elaborar o plano de manutenção, um inventário dos aparelhos, assim como propor melhorias para os condicionadores de ar que apresentaram alguma irregularidade.

5.1 CONDIÇÕES DO AMBIENTE

O instituto conta com uma equipe de manutenção geral composta por um coordenador, quatro servidores e dez profissionais terceirizados. Dentre os terceirizados, quatro são responsáveis diretamente pela manutenção dos climatizadores. No entanto, trata-se de uma

equipe numericamente limitada em relação à demanda, tendo em vista que é responsável não apenas pelos prédios A, B e C do IFPI Campus Teresina Central, mas também pelo IFPI Campus Teresina Sul, IFPI Campus Dirceu e IFPI Campus José de Freitas.

Além disso, a Instituição não possui um PMOC, exigido pela Lei nº 13.589, de 4 de janeiro de 2018, que determina:

Todos os edifícios de uso público e coletivo que possuem ambientes de ar interior climatizado artificialmente devem dispor de um Plano de Manutenção, Operação e Controle – PMOC dos respectivos sistemas de climatização, visando à eliminação ou minimização de riscos potenciais à saúde dos ocupantes.

Além da ausência do plano de manutenção, também foi constatada a inexistência de um inventário técnico dos equipamentos de climatização, o que impossibilita o controle efetivo sobre a quantidade de unidades instaladas, seu estado de funcionamento e os respectivos modelos. Essa falta de informações compromete a elaboração de um plano de manutenção preventiva adequado, favorecendo a adoção de práticas predominantemente corretivas, que agravam as falhas operacionais ao longo do tempo.

Diante dessa lacuna, este trabalho realizou um levantamento técnico detalhado por meio de visitas in loco, com o objetivo de identificar, quantificar e avaliar as condições dos aparelhos de ar-condicionado presentes no edifício. O inventário resultante serviu como base para propor um modelo de manutenção mais eficiente e alinhado às reais necessidades da instituição.

5.2 MODELO DO PMOC

Para a elaboração do PMOC, inicialmente, foi feita uma relação dos ambientes climatizados do instituto, identificando cada ambiente, o número de ocupantes fixos e flutuantes, o tipo de atividade realizada e a área climatizada, conforme as plantas baixas do prédio (ver Anexos A e B), referentes ao térreo e ao pavimento superior. A Tabela 2 apresenta modelo da relação feita para os ambientes.

Na Tabela 3, está representado o modelo do inventário dos aparelhos de ar condicionados do instituto, descrevendo cada sala, o tipo de aparelho, a capacidade, a marca e as recomendações técnicas para as irregularidades encontradas.

Já a Tabela 4 detalha o modelo do plano para a execução das manutenções dos aparelhos de ar condicionado do Instituto, descrevendo a periodicidade das intervenções, a

data de execução dos serviços, a identificação do técnico responsável pela execução e do supervisor responsável pela aprovação.

Tabela 2 - Modelo de Relação dos Ambientes Climatizados

Relação dos Ambientes Climatizados			
Identificação do Ambiente	Nº de Ocupantes Fixos e Flutuantes	Atividade	Área Climatizada Total
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-
-	-	-	-

Fonte: Brasil (1998).

Tabela 3 - Modelo de Inventário dos Aparelhos de Climatização

Inventário de Climatizadores - IFPI				
Sala	Tipo	Capacidade BTU/h	Marca	Irregularidades
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

Fonte: O autor (2025).

Tabela 4 - Modelo de Cronograma do Plano de Manutenção e Controle

Plano de Manutenção e Controle				
Descrição da atividade	Periodicidade	Data de execução	Executado por	Aprovado por
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-

Fonte: Brasil (1998).

6 RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir das visitas técnicas realizadas ao Câmpus, da análise documental e da verificação das condições dos aparelhos de ar-condicionado, que permitiram compreender a situação atual do sistema de climatização do Instituto. Diante das deficiências observadas, especialmente relacionadas à ausência de manutenção preventiva e ao funcionamento irregular de parte dos equipamentos, identificou-se a necessidade da elaboração de um Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) como objeto central deste estudo.

6.1 INSPEÇÃO VISUAL DOS EQUIPAMENTOS

Durante o levantamento realizado no edifício, constatou-se a realização de serviços de manutenção e limpeza em parte dos equipamentos de climatização, bem como a presença de salas equipadas com unidades novas e em excelente estado de conservação. No entanto, foi observado que alguns equipamentos apresentavam sinais de manutenção inadequada ou ausência de intervenções preventivas, o que pode acarretar problemas operacionais. Um dos aspectos frequentemente negligenciados nessas situações é o ruído gerado pela vibração mecânica dos sistemas de ar condicionado, especialmente em unidades mal fixadas ou com compressores desgastados. Esses ruídos, geralmente causados por falhas mecânicas ou pela falta de manutenção adequada, tendem a se propagar pela estrutura do edifício, resultando em sons constantes ou intermitentes que comprometem o conforto acústico dos ocupantes. Em ambientes como salas administrativas e salas de aula, esse tipo de interferência prejudica a concentração dos servidores e estudantes, afetando diretamente a percepção de conforto. Mesmo quando a temperatura ambiente está dentro dos parâmetros recomendados, a presença contínua de ruído pode causar desconforto, além de impactar negativamente na produtividade e no bem-estar dos usuários.

Foi possível observar também que, especialmente nas salas de aula, alguns equipamentos apresentam necessidade de substituição de componentes ou até mesmo a troca completa, o que também evidencia a ausência de um programa de manutenção preventiva eficaz e abrangente. As Figuras 9 e 10 apresentam aparelhos de ar-condicionado do tipo janela instalados na mesma sala de aula. A Figura 9 ilustra um equipamento com irregularidades, como gabinete danificado, ausência de aletas distribuidoras de ar e filtros de ar com sujeira,

enquanto a Figura 10 mostra outro aparelho em pleno funcionamento, em excelente estado de conservação e com a limpeza devidamente realizada.

Figura 9 - Aparelho Defeituoso



Figura 10 - Aparelho Conservado



Fonte: Fotos do autor (2025).

Também foram identificadas algumas unidades condensadoras com erros de instalação. Como exemplo, observa-se na Figura 11 uma condensadora cujo modelo possui fluxo de ar na direção vertical, porém foi instalada diretamente sob uma cobertura, o que compromete a livre circulação do ar. Esse bloqueio dificulta a adequada dissipação de calor, reduzindo a eficiência da troca térmica e, por consequência, a capacidade de condensação do fluido refrigerante. Tal condição pode resultar em menor desempenho do equipamento e aumento no consumo de energia.

Figura 11 - Condensadora com Erro de Instalação



Fonte: Fotos do autor (2025).

Entre as irregularidades encontradas, destaca-se o mau estado das aletas direcionadoras de ar, principalmente nos aparelhos do tipo janela, mais antigos. Esses componentes apresentam quebras ou estão totalmente ausentes, o que compromete a distribuição do ar no ambiente e reduz a eficiência do equipamento. Esse tipo de falha foi recorrente durante a vistoria, como exemplificado na Figura 12.

Figura 12 - Ausência de Aletas Direcionadoras de Ar



Fonte: Fotos do autor (2025).

A partir das verificações realizadas, foram identificados dois aparelhos de ar-condicionado com a fiação elétrica exposta e sem a devida proteção. Um deles está localizado no departamento médico e o outro no laboratório de refrigeração. Essa condição representa um sério risco à segurança, podendo ocasionar choques elétricos, curtos-circuitos ou até princípios de incêndio, especialmente em ambientes com grande circulação de pessoas e presença de materiais sensíveis. A Figura 13 ilustra essa irregularidade.

A presença de cabos expostos evidencia a falta de inspeções regulares e a ausência de ações corretivas eficazes. É fundamental que todas as conexões e condutores estejam devidamente protegidos por eletrodutos ou caixas de passagem adequadas, conforme estabelecido pelas normas da ABNT, como a NBR 5410, que trata das instalações elétricas de baixa tensão (ABNT, 2004). A correção imediata dessas falhas é essencial para garantir a segurança dos ocupantes e a confiabilidade dos sistemas de climatização.

Figura 13 - Fiação Elétrica Exposta



Fonte: Fotos do autor (2025).

Com base na avaliação dos sistemas de climatização, também foram encontrados aparelhos com falhas na vedação entre o ar-condicionado e a parede. Essa vedação deficiente permite a troca de ar entre o ambiente interno e externo, o que compromete o desempenho térmico do equipamento e pode ocasionar sobrecarga no sistema, além de permitir a entrada de poeira, umidade e insetos.

Figura 14 - Vedação Deficiente



Fonte: Fotos do autor (2025).

A Figura 14 demonstra visualmente essas falhas, evidenciando lacunas na instalação e ausência de materiais de vedação adequados, como espuma expansiva ou borracha de vedação. Essas falhas não apenas afetam a eficiência energética, como também contrariam as boas práticas de instalação recomendadas pelas normas técnicas. Segundo a ABNT NBR

16401-3:2008, é fundamental garantir o fechamento adequado dos vãos entre os equipamentos e as aberturas das edificações, a fim de assegurar o desempenho térmico e a qualidade do ar interior.

Outro problema relevante identificado durante a vistoria foi a instalação de uma unidade condensadora no interior de um ambiente fechado, o que contraria as recomendações básicas de projeto e compromete diretamente o desempenho do sistema de climatização. As condensadoras são projetadas para operar em ambientes externos, com livre circulação de ar, sendo responsáveis pela liberação do calor retirado do ambiente interno. Quando instaladas em locais confinados, há acúmulo de calor no espaço, elevando a temperatura de operação da máquina e reduzindo a eficiência da troca térmica. A instalação inadequada pode ser observada na Figura 15.

A falta de ventilação adequada pode levar à falha prematura do compressor, comprometendo todo o sistema. De acordo com a ABNT NBR 16401-1:2008, as unidades condensadoras devem ser instaladas em áreas com ventilação suficiente para garantir a dissipação térmica e manter as condições operacionais previstas em projeto.

Figura 15 - Unidade Condensadora Instalada em Ambiente Fechado



Fonte: Fotos do autor (2025).

6.2 INVENTÁRIO

Após as visitas técnicas realizadas ao Bloco A do Instituto Federal do Piauí, foi possível identificar os aparelhos de climatização atualmente em operação, resultando na elaboração de um inventário detalhado desses equipamentos (Tabela 5). Foram contabilizados 110 aparelhos, sendo 50 do tipo janela, 38 split hi-wall, 20 split piso-teto e 2 climatizadores evaporativos. Esse inventário tem como principal finalidade auxiliar a equipe de manutenção local na rápida identificação dos sistemas em uso, otimizando o planejamento e a execução de ações corretivas e preventivas. Além disso, o documento proporciona uma visão mais abrangente sobre a infraestrutura de climatização presente no bloco, servindo também como uma base de dados valiosa para o desenvolvimento de novas pesquisas no campus, especialmente aquelas voltadas à eficiência energética e qualidade do ar interno. A padronização dessas informações contribui ainda para a melhoria da gestão dos ativos e para o cumprimento das exigências legais relacionadas à manutenção dos sistemas de climatização.

Tabela 5 - Inventário dos Aparelhos de Climatização (continua)

Inventário de Climatizadores - IFPI					
Sala		Tipo	Capacidade BTU/h	Marca	Irregularidades
NUTRIÇÃO		SPLIT HI-WALL	N/D	ELGIN	-
DEPARTAMEN TO DE SAÚDE	ANÁLISES CLÍNICAS	SPLIT HI-WALL	N/D	ELGIN	-
	ENFERMAGEM	JANELA	21000	GREE	-
	PSICOLOGIA	JANELA	21000	GREE	ALETAS DIRECIONADORAS DE AR QUEBRADAS
	CONSULTÓRIO	JANELA	21000	GREE	RUÍDO POR VIBRAÇÃO MECÂNICA E FIAÇÃO ELÉTRICA EXPOSTA
	ODONTOLOGIA	JANELA	21000	GREE	ALETAS DIRECIONADORAS DE AR QUEBRADAS
	SALA DE ESPERA	SPLIT HI-WALL	18000	ELGIN	-
ADM AT-01		JANELA	21000	GREE	ALETAS DIRECIONADORAS DE AR QUEBRADAS
ADM AT-02		JANELA	N/D	SPRINGER MIDEA	-
ADM AT-03		SPLIT PISO-TETO	36000	ELGIN	RUÍDO POR VIBRAÇÃO MECÂNICA
ADM AT-04	SETOR 1	SPLIT HI-WALL	24000	ELGIN	-
	SETOR 2	SPLIT HI-WALL	-	AGRATTO	-

(continuação)

Inventário de Climatizadores - IFPI					
Sala		Tipo	Capacidade BTU/h	Marca	Irregularidades
PROTOCOLO		SPLIT HI-WALL	9000	LG	RUÍDO POR VIBRAÇÃO MECÂNICA / INSTALAÇÃO IRREGULAR DA CONDENSADORA
CONTROLE	SETOR 1	SPLIT HI-WALL	12000	YORK	INOOPERANTE
	SETOR 2	JANELA	30000	SPRINGER MIDEA	INFILTRAÇÃO / RUÍDO POR VIBRAÇÃO MECÂNICA / ALETAS DIRECIONADORAS DE AR QUEBRADAS
	SETOR 3	SPLIT HI-WALL	N/D	RHEEM	INOOPERANTE
	SETOR 4	JANELA	21000	GREE	-
		JANELA	21000	GREE	ALETAS DIRECIONADORAS DE AR QUEBRADAS
SETOR 5	JANELA	21000	GREE	-	
ADM A1-01	DIRETORIA DE ENSINO	SPLIT HI-WALL	12000	YORK	ALETAS DIRECIONADORAS DE AR QUEBRADAS
	SECRETARIA	SPLIT HI-WALL	12000	YORK	-
	DIRETORIA	SPLIT HI-WALL	12000	ELGIN	-
	SALA DE REUNIÕES	SPLIT HI-WALL	30000	KOMECO	ALETAS DIRECIONADORAS DE AR QUEBRADAS
ADM A1-02	DIRETORIA GERAL	SPLIT PISO-TETO	36000	ELGIN	ACÚMULO DE IMPUREZAS NOS FILTROS DE AR
	DIRETORIA	SPLIT HI-WALL	24000	MIDEA	-
		SPLIT HI-WALL	18000	ELGIN	-
ADM A1-03		SPLIT HI-WALL	18000	ELGIN	-
		SPLIT HI-WALL	18000	ELGIN	-
ADM A1-04	RECEPÇÃO	SPLIT HI-WALL	N/D	YORK	ALETAS DIRECIONADORAS DE AR QUEBRADAS
	DIRETORIA DE EXTENSÃO	SPLIT HI-WALL	12000	YORK	ACÚMULO DE IMPUREZAS
	DIRETORIA	SPLIT HI-WALL	24000	VIX	ACÚMULO DE IMPUREZAS
ADM A1-05		SPLIT HI-WALL	24000	YORK	-
ADM A1-06	SETOR 1	SPLIT HI-WALL	12000	YORK	ALETAS DIRECIONADORAS DE AR QUEBRADAS
	SETOR 2	SPLIT HI-WALL	12000	YORK	ALETAS DIRECIONADORAS DE AR QUEBRADAS
	SETOR 3	SPLIT PISO-TETO	36000	ELGIN	ACÚMULO DE IMPUREZAS
	SETOR 4	SPLIT PISO-TETO	36000	ELGIN	INOOPERANTE

(continuação)

Inventário de Climatizadores - IFPI					
Sala		Tipo	Capacidade BTU/h	Marca	Irregularidades
ADM A1-07	SETOR 1	JANELA	20000	MIDEA	-
		JANELA	20000	MIDEA	-
ADM A1-07	SETOR 2	SPLIT HI-WALL	12000	YORK	-
	SETOR 3	SPLIT HI-WALL	17500	YORK	-
	SETOR 4	SPLIT PISO-TETO	36000	ELGIN	INOPERANTE
ADM A1-08	SETOR 1	SPLIT HI-WALL	12000	YORK	-
	SETOR 2	SPLIT HI-WALL	12000	PHILCO	-
ADM A1-09		JANELA	20000	MIDEA	-
ADM A1-10	SETOR 1	SPLIT HI-WALL	24000	ELGIN	-
	SETOR 2	JANELA	21000	GREE	-
	SETOR 3	JANELA	21000	GREE	ACÚMULO DE IMPUREZAS / OPERANDO APENAS EM VENTILAÇÃO
ADM A1-11		JANELA	12000	SPRING ER MIDEA	ALETAS DIRECIONADORAS DE AR QUEBRADAS
ADM A1-12		JANELA	21000	GREE	-
ADM A1-13	SETOR 1	SPLIT HI-WALL	12000	SPRING ER	INOPERANTE
	SETOR 2	JANELA	21000	GREE	RUÍDO POR VIBRAÇÃO MECÂNICA / OPERANDO APENAS EM VENTILAÇÃO
ALMOXARIFADO	SETOR 1	SPLIT PISO-TETO	36000	ELGIN	RUÍDO POR VIBRAÇÃO MECÂNICA
	DEPOSITO	JANELA	18000	ELGIN	INOPERANTE
PGEM	SALA DE MESTRANDOS	JANELA	21000	GREE	RUÍDO POR VIBRAÇÃO MECÂNICA
	SECRETARIA	JANELA	21000	GREE	RUÍDO POR VIBRAÇÃO MECÂNICA / ALETAS DIRECIONADORAS DE AR QUEBRADAS
	COORDENAÇÃO	JANELA	21000	GREE	-
	SALA DE PESQUISADORES	JANELA	21000	GREE	RUÍDO POR VIBRAÇÃO MECÂNICA

(continuação)

Inventário de Climatizadores - IFPI				
Sala	Tipo	Capacidade BTU/h	Marca	Irregularidades
A1-02	JANELA	30000	SPRINGER	-
A1-03	JANELA	21000	GREE	-
	JANELA	27000	MIDEA SPRINGER	ALETAS DIRECIONADORAS DE AR QUEBRADAS
A1-04	JANELA	21000	GREE	ACÚMULO DE IMPUREZAS NOS FILTROS DE AR
	JANELA	N/D	N/D	ALETAS DIRECIONADORAS DE AR QUEBRADAS E ACÚMULO DE IMPUREZAS NOS FILTROS DE AR
A1-05	JANELA	21000	GREE	-
	JANELA	20000	MIDEA SPRINGER	-
A1-06	JANELA	30000	MIDEA SPRINGER	ALETAS DIRECIONADORAS DE AR QUEBRADAS
	JANELA	N/D	SPRINGER	ALETAS DIRECIONADORAS DE AR QUEBRADAS E OPERANDO APENAS EM VENTILAÇÃO
A1-07	SPLIT PISO-TETO	36000	PHILCO	-
	SPLIT HI-WALL	24000	ELECTROL UX	-
A1-08	SPLIT PISO-TETO	N/D	HITACHI	INOPERANTE
	SPLIT HI-WALL	N/D	CONSUL	INOPERANTE
A1-09	JANELA	27000	MIDEA SPRINGER	DISPOSITIVO DE ACIONAMENTO SEM PROTEÇÃO ADEQUADA / FIAÇÃO ELÉTRICA EXPOSTA
	JANELA	21000	GREE	-
A1-10	JANELA	21000	MIDEA SPRINGER	-
A1-11	JANELA	21000	GREE	INOPERANTE
	JANELA	21000	GREE	-

(continuação)

Inventário de Climatizadores - IFPI				
Sala	Tipo	Capacidade BTU/h	Marca	Irregularidades
A1-12	JANELA	N/D	SPRINGER	ALETAS DIRECIONADORAS DE AR QUEBRADAS
	JANELA	21000	GREE	-
A1-13	JANELA	21000	GREE	-
	JANELA	21000	GREE	ALETAS DIRECIONADORAS DE AR QUEBRADAS
A1-14	JANELA	21000	GREE	-
A1-15	JANELA	21000	GREE	VEDAÇÃO COMPROMETIDA
	JANELA	21000	GREE	RUÍDO POR VIBRAÇÃO MECÂNICA
DISCIPLINA A1	SPLIT PISO-TETO	48000	KOMECO	-
COORDENAÇÃO DE LOGÍSTICA E MANUTENÇÃO	SPLIT PISO-TETO	36000	ELGIN	-
LAB. USINAGEM	SPLIT PISO-TETO	36000	ELGIN	ACÚMULO DE IMPUREZAS
	SPLIT PISO-TETO	36000	ELGIN	ACÚMULO DE IMPUREZAS
	SPLIT PISO-TETO	36000	ELGIN	ACÚMULO DE IMPUREZAS
	SPLIT PISO-TETO	36000	ELGIN	INOPERANTE
LAB. MECÂNICA	SPLIT PISO-TETO	36000	ELGIN	-
LAB. USINAGEM E CNC	JANELA	21000	GREE	VEDAÇÃO COMPROMETIDA
	JANELA	21000	GREE	VEDAÇÃO COMPROMETIDA / ACÚMULO DE IMPUREZAS / OPERANDO APENAS EM VENTILAÇÃO
LAB. INJETORA	SPLIT HI-WALL	N/D	WINIA	INSUFICIENTE
	CLIMATIZADOR EVAPORATIVO	N/D	CLIMAT HOTSAT	-
LAB. INJETORA	CLIMATIZADOR EVAPORATIVO	N/D	CLIMAT HOTSAT	-

(conclusão)

Inventário de Climatizadores - IFPI					
Sala		Tipo	Capacidade BTU/h	Marca	Irregularidades
BAJA		SPLIT HI-WALL	18000	ELGIN	RUÍDO POR VIBRAÇÃO MECÂNICA
ACADEMIA	ÁREA DE TREINO	SPLIT PISO-TETO	36000	ELGIN	-
		JANELA	21000	GREE	-
		JANELA	21000	GREE	RUÍDO POR VIBRAÇÃO MECÂNICA
	COORDENAÇÃO	SPLIT HI-WALL	12000	ELGIN	-
LAB. DE MATERIAIS	LAB. METALOGRAFIA	SPLIT HI-WALL	18000	ELGIN	-
	MICROSCOPIA ELETRÔNICA	SPLIT PISO-TETO	60000	KOMECO	INOPERANTE
		SPLIT PISO-TETO	60000	KOMECO	INOPERANTE
	LAB. ENSAIOS MECÂNICOS	SPLIT PISO-TETO	36000	ELGIN	-
	LAB. ESPECTROSCOPIA	SPLIT HI-WALL	18000	ELGIN	-
	ANÁLISES TÉRMICAS	SPLIT PISO-TETO	N/D	KOMECO	INOPERANTE
	BIOMATERIAIS	SPLIT HI-WALL	18000	ELGIN	-
	MICROSCOPIA ÓTICA	SPLIT HI-WALL	N/D	CARRIER	ALETAS DIRECIONADORAS DE AR QUEBRADAS
		SPLIT HI-WALL	N/D	CARRIER	ALETAS DIRECIONADORAS DE AR QUEBRADAS
LAB. REFRIGERAÇÃO		JANELA	N/D	GREE	FIAÇÃO ELÉTRICA EXPOSTA
		JANELA	N/D	N/D	ALETAS DIRECIONADORAS DE AR QUEBRADAS

Fonte: O autor (2025).

6.3 IDENTIFICAÇÃO E RELAÇÃO DOS AMBIENTES

Considerando que a condução adequada das atividades de manutenção requer a supervisão de um responsável técnico habilitado pelo PMOC, faz-se necessária sua identificação formal. De acordo com o Art. 6º da Portaria nº 3.523/1998, “os proprietários, locatários e prepostos, responsáveis por sistemas de climatização com capacidade acima de 5 TR (15.000 kcal/h = 60.000 BTU/h), deverão manter um responsável técnico habilitado”. Nesse contexto, a Tabela 6 apresenta os dados que possibilitam a verificação e o reconhecimento do ambiente, bem como das entidades e profissionais vinculados à execução deste plano. Já a Tabela 7 caracteriza todos os ambientes climatizados do edifício.

Tabela 6 - Identificação do Responsável e do Ambiente

1 - Identificação do Ambiente ou Conjunto de Ambientes:			
Nome (Edifício/Entidade)			
Endereço completo			Nº
Complemento	Bairro	Cidade	UF
2 - Identificação do () Proprietário () Locatário () Preposto:			
Nome/Razão Social		CIC/CGC	
Endereço completo		Tel./Endereço Eletrônico	
3 - Identificação do Responsável Técnico:			
Nome/Razão Social		CIC/CGC	
Endereço completo		Tel./Endereço Eletrônico	
Registro no Conselho de Classe		ART	

Fonte: Brasil (1998).

Tabela 7 - Relação dos Ambientes Climatizados (continua)

Relação dos Ambientes Climatizados				
Identificação do Ambiente		Nº de Ocupantes Fixos e Flutuantes	Atividade	Área Climatizada Total
NUTRIÇÃO		FIXOS: 1 FLUTUANTES: 1	CONSULTÓRIO	13,45 m²
DEPARTAMENTO DE SAÚDE	ANÁLISES CLÍNICAS	FIXOS: 1	LABORATÓRIO	14,45 m²
	ENFERMAGEM	FIXOS: 1 FLUTUANTES: 1	CONSULTÓRIO	15,75 m²
	PSICOLOGIA	FIXOS: 1 FLUTUANTES: 1	CONSULTÓRIO	9,00 m²
	CONSULTÓRIO	FIXOS: 1 FLUTUANTES: 1	CONSULTÓRIO	9,00 m²
	ODONTOLOGIA	FIXOS: 3 FLUTUANTES: 2	CONSULTÓRIO	24,19 m²
	SALA DE ESPERA	FLUTUANTES: 4	SALA DE ESPERA	19,37 m²
ADM AT-01		FIXOS: 2 FLUTUANTES: 1	ESCRITÓRIO	18,85 m²
ADM AT-02		FIXOS: 2 FLUTUANTES: 1	ESCRITÓRIO	16,80 m²
ADM AT-03		FIXOS: 2 FLUTUANTES: 2	ESCRITÓRIO	36,78 m²
ADM AT-04	SETOR 1	FIXOS: 2 FLUTUANTES: 1	ESCRITÓRIO	35,45 m²
	SETOR 2	FIXOS: 1 FLUTUANTES: 1	ESCRITÓRIO	6,84 m²
PROTOCOLO		FIXOS: 1 FLUTUANTES: 1	RECEPÇÃO	6 m²
CONTROLE	SETOR 1	FIXOS: 5 FLUTUANTES: 3	ESCRITÓRIO	14,64 m²
	SETOR 2	FIXOS: 2 FLUTUANTES: 1	ESCRITÓRIO	20,24 m²
	SETOR 3	FLUTUANTES: 1	ARMAZENAMENTO DE ARQUIVOS	21,35 m²
	SETOR 4	FIXOS: 3 FLUTUANTES: 3	ESCRITÓRIO	37,73 m²

(continuação)

Relação dos Ambientes Climatizados				
Identificação do Ambiente		Nº de Ocupantes Fixos e Flutuantes	Atividade	Área Climatizada Total
CONTROLE	SETOR 5	FIXOS: 2 FLUTUANTES: 1	ESCRITÓRIO	29,84 m²
ADM A1-01	DIRETORIA DE ENSINO	FIXOS: 6 FLUTUANTES: 3	ESCRITÓRIO	29,24 m²
	SECRETARIA	FIXOS: 1 FLUTUANTES: 1	SECRETARIA	10,51 m²
	DIRETORIA	FIXOS: 1 FLUTUANTES: 2	ESCRITÓRIO	18,71 m²
	SALA DE REUNIÃO	FIXOS: 34	SALA DE REUNIÕES	30,70 m²
ADM A1-02	DIRETORIA GERAL	FIXOS: 3 FLUTUANTES: 3	ESCRITÓRIO	32,37 m²
	DIRETORIA	FIXOS: 1 FLUTUANTES: 4	ESCRITÓRIO	36,46 m²
ADM A1-03		FIXOS: 3 FLUTUANTES: 2	ESCRITÓRIO	40,90 m²
ADM A1-04	ANTESSALA	FIXOS: 3 FLUTUANTES: 1	RECEPÇÃO	5,42 m²
	DIRETORIA DE EXTENSÃO	FIXOS: 1 FLUTUANTES: 1	ESCRITÓRIO	12,60 m²
	DIRETORIA	FIXOS: 1 FLUTUANTES: 1	ESCRITÓRIO	26,99 m²
ADM A1-05		FLUTUANTES: 1	ARMAZENAMENTO DE ARQUIVOS	27,05 m²
ADM A1-06	SETOR 1	FIXOS: 1 FLUTUANTES: 1	RECEPÇÃO	12,38 m²
	SETOR 2	FIXOS: 2 FLUTUANTES: 1	ESCRITÓRIO	14,41 m²
	SETOR 3	FIXOS: 2 FLUTUANTES: 2	ESCRITÓRIO	27,05 m²
	SERVIDORES DE REDE	FLUTUANTES: 1	DATA CENTER	12,01 m²
ADM A1-07	SETOR 1	FIXOS: 5 FLUTUANTES: 3	ESCRITÓRIO	48,42 m²
ADM A1-07	SETOR 2	FIXOS: 1 FLUTUANTES: 1	ESCRITÓRIO	9,11 m²
	SETOR 3	FLUTUANTES: 1	ESCRITÓRIO	17,05 m²
	SETOR 4	FIXOS: 3	ESCRITÓRIO	38,33 m²

		FLUTUANTES: 3		
--	--	---------------	--	--

(continuação)

Relação dos Ambientes Climatizados				
Identificação do Ambiente		Nº de Ocupantes Fijos e Flutuantes	Atividade	Área Climatizada Total
ADM A1-08	SETOR 1	FIXOS: 1 FLUTUANTES: 1	ESCRITÓRIO	11,67 m²
	SETOR 2	FIXOS: 1 FLUTUANTES: 1	ESCRITÓRIO	13,44 m²
ADM A1-09		FIXOS: 4 FLUTUANTES: 2	ESCRITÓRIO	21,98 m²
ADM A1-10	SETOR 1	FIXOS: 3 FLUTUANTES: 2	ESCRITÓRIO	29,66 m²
	SETOR 2	FLUTUANTES: 1	ESCRITÓRIO	27,41 m²
	SETOR 3	FIXOS: 1	ESCRITÓRIO	32,24 m²
ADM A1-11		FIXOS: 2 FLUTUANTES: 1	ESCRITÓRIO	20,32 m²
ADM A1-12		FIXOS: 2	ESCRITÓRIO	23,74 m²
ADM A1-13	SETOR 1	FIXOS: 1 FLUTUANTES: 1	RECEPÇÃO	12,11 m²
	SETOR 2	FIXOS: 1 FLUTUANTES: 1	CONSULTÓRIO	11,34 m²
ALMOXARIFADO	SETOR 1	FIXOS: 5 FLUTUANTES: 2	ESCRITÓRIO	42,50 m²
	DEPOSITO	FLUTUANTES: 3	ARMAZENAMENTO	56,43 m²
PGEM	SALA DE MESTRANDOS	FIXOS: 3 FLUTUANTES: 1	SALA DE REUNIÕES	24,15 m²
	SECRETARIA	FIXOS: 1 FLUTUANTES: 1	SECRETARIA	14,22 m²
	COORDENAÇÃO	FIXOS: 2 FLUTUANTES: 1	SALA DE REUNIÕES	15,87 m²
	SALA DE PESQUISADORES	FIXOS: 3 FLUTUANTES: 1	LABORATÓRIO	10,84 m²

(continuação)

Relação dos Ambientes Climatizados			
Identificação do Ambiente	Nº de Ocupantes Fixos e Flutuantes	Atividade	Área Climatizada Total
A1-02	FIXOS: 20	SALA DE AULA	44,53 m ²
A1-03	FIXOS: 40	SALA DE AULA	64,89 m ²
A1-04	FIXOS: 40	SALA DE AULA	66,07 m ²
A1-05	FIXOS: 40	SALA DE AULA	66,56 m ²
A1-06	FIXOS: 40	SALA DE AULA	64,57 m ²
A1-07	FIXOS: 32	LABORATÓRIO	68,52 m ²
A1-08	FIXOS: 40	SALA DE AULA	53,35 m ²
A1-09	FIXOS: 40	SALA DE AULA	55,64 m ²
A1-10	FIXOS: 26	LABORATÓRIO	41,39 m ²
A1-11	FIXOS: 40	SALA DE AULA	55,46 m ²
A1-12	FIXOS: 40	SALA DE AULA	54,00 m ²
A1-13	FIXOS: 40	SALA DE AULA	55,24 m ²
A1-14	FIXOS: 40	SALA DE AULA	47,88 m ²
A1-15	FIXOS: 20	LABORATÓRIO	50,24 m ²
DISCIPLINA A1	FIXOS: 5 FLUTUANTES: 5	SALA DE REUNIÕES/ESCRITÓRIO	46,29 m ²
COORDENAÇÃO DE LOGÍSTICA E MANUTENÇÃO	FIXOS: 5 FLUTUANTES: 5	SALA DE REUNIÕES/ESCRITÓRIO	56,24 m ²
LAB. USINAGEM	FIXOS: 15 FLUTUANTES: 5	LABORATÓRIO	201,14 m ²
LAB. MECÂNICA	N/D	LABORATÓRIO	60,98 m ²
LAB. INJETORA	FIXOS: 4 FLUTUANTES: 2	LABORATÓRIO	75,87 m ²
BAJA	FIXOS: 20 FLUTUANTES: 5	SALA DE ESTUDOS E REUNIÕES	20,00 m ²

(conclusão)

Relação dos Ambientes Climatizados				
Identificação do Ambiente		Nº de Ocupantes Fixos e Flutuantes	Atividade	Área Climatizada Total
ACADEMIA	ACADEMIA	FIXOS: 15 FLUTUANTES: 5	ATIVIDADE FÍSICA	144,50 m ²
	COORDENAÇÃO	FIXOS: 1 FLUTUANTES: 1	SECRETARIA	17,17 m ²
LAB. DE MATERIAIS	LAB. METALOGRAFIA	FIXOS: 3 FLUTUANTES: 2	LABORATÓRIO	28,14 m ²
	MICROSCOPIA ELETRÔNICA	FIXOS: 4 FLUTUANTES: 2	LABORATÓRIO	20,00 m ²
	LAB. ENSAIOS MECÂNICOS	FIXOS: 5 FLUTUANTES: 2	LABORATÓRIO	30,80 m ²
	LAB. ESPECTROSCOPIA	FIXOS: 3 FLUTUANTES: 1	LABORATÓRIO	20,00 m ²
	ANÁLISES TÉRMICAS	FIXOS: 3 FLUTUANTES: 5	LABORATÓRIO	30,00 m ²
	BIOMATERIAIS	FIXOS: 3 FLUTUANTES: 2	LABORATÓRIO	20,00 m ²
	MICROSCOPIA ÓTICA	FIXOS: 3 FLUTUANTES: 1	LABORATÓRIO	15,00 m ²
LAB. REFRIGERAÇÃO		FIXOS: 10	LABORATÓRIO	89,19 m ²

Fonte: Adaptado de BRASIL (1998).

6.4 PMOC

Com base nas visitas realizadas, nos dados coletados in loco e no embasamento teórico obtido por meio do estudo aprofundado da literatura técnica, foi possível elaborar um Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) específico para o Bloco A do Instituto Federal do Piauí, conforme apresentado na Tabela 8. A elaboração deste plano considerou os princípios e diretrizes estabelecidos na Portaria nº 3.523, de 28 de agosto de 1998, e na Lei nº 13.589, de 4 de janeiro de 2018, que regulamentam a obrigatoriedade da manutenção de sistemas de climatização visando à qualidade do ar interior. Além disso, foram adotadas as orientações da NBR 13971:2014, que trata da manutenção de sistemas de ar-condicionado e ventilação, bem como os critérios técnicos propostos pela ASHRAE (2021). Também foram

utilizados fundamentos clássicos do projeto e operação de sistemas de refrigeração, conforme apresentados por Stoecker (1985).

Tabela 8 - Plano de Manutenção e Controle (continua)

Plano de Manutenção e Controle				
Descrição da atividade	Periodicidade	Data de execução	Executado por	Aprovado por
Condicionador de Ar (do tipo "com condensador remoto" e "janela")				
Inspeção visual e funcional dos equipamentos	mensal	-	-	-
Verificação e limpeza dos drenos e bandejas de condensado	trimestral	-	-	-
Verificar o estado de conservação da tubulação de isolamento térmico	semestral	-	-	-
Verificar a vedação dos painéis de fechamento do gabinete	trimestral	-	-	-
Verificar vedação entre o equipamento de climatização e a superfície de fixação	anual	-	-	-
Lavar serpentinas com remoção do biofilme (lodo)	semestral	-	-	-
Limpar o gabinete do condicionador	semestral	-	-	-
Limpeza dos filtros de ar	mensal	-	-	-
Verificar palhetas de distribuição de ar	anual	-	-	-
Verificar e corrigir fixação, danos e corrosão das tubulações	semestral	-	-	-
Verificação da carga de gás refrigerante	semestral	-	-	-
Verificar atuação do termostato e chave seletora	semestral	-	-	-
Verificação de ruídos e vibrações anormais	trimestral	-	-	-
Inspeção elétrica (fiação, bornes, disjuntores)	semestral	-	-	-
Climatizador Evaporativo				
Verificação e limpeza do reservatório de água	semanal	-	-	-
Limpeza e higienização do painel evaporativo (colmeia)	quinzenal	-	-	-
Limpeza do ventilador/hélice	mensal	-	-	-
Verificação e limpeza do filtro de ar	mensal	-	-	-
Inspeção da bomba de circulação de água	mensal	-	-	-
Limpeza e desinfecção completa do sistema	trimestral	-	-	-
Verificação de vedação, fixação e integridade estrutural do equipamento	trimestral	-	-	-

(Conclusão)

Plano de Manutenção e Controle					
Descrição da atividade	Periodicidade	Data de execução	Executado por		Aprovado por
Ambientes climatizados					
Coleta e análise da qualidade do ar interior	anual	-	-		-
Medição das condições acústicas do ambiente	semestral	-	-		-
Verificar e eliminar sujeira, odores desagradáveis, fontes de ruídos, infiltrações, armazenagem de produtos químicos, fontes de radiação de calor excessivo, e fontes de geração de microorganismos	mensal	-	-		-

Fonte: Brasil (1998).

7 CONCLUSÃO

A realização deste trabalho permitiu identificar, analisar e propor soluções para as deficiências existentes nos sistemas de climatização do Bloco A do Instituto Federal do Piauí. Por meio de um levantamento técnico detalhado e da análise das condições operacionais dos equipamentos, ficou evidente a necessidade de um Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) estruturado e contínuo. As irregularidades encontradas, como falhas na vedação, fiações expostas, presença de ruídos decorrentes de vibração mecânica e acúmulo de impurezas, comprometem não apenas o desempenho dos sistemas, mas também a saúde, o conforto e a segurança dos ocupantes.

A implementação do PMOC se mostra fundamental, pois proporciona filtragem e renovação eficientes do ar, garantindo boa qualidade do ar em ambientes fechados. Além disso, ao manter as máquinas em pleno funcionamento, assegura uma temperatura confortável nos ambientes, contribui para a durabilidade dos equipamentos refrigeradores e reduz custos relacionados à perda precoce dos aparelhos. Entretanto, a limitação de recursos humanos compromete a agilidade e a frequência das manutenções, refletindo diretamente na eficiência dos serviços prestados e no desempenho dos sistemas de climatização dessas unidades.

O PMOC proposto traz ainda benefícios significativos, como a redução dos custos operacionais, o aumento da eficiência energética e o atendimento à legislação sanitária e

técnica vigente. Dessa forma, destaca-se a importância da gestão técnica adequada e da adoção de práticas preventivas para garantir a funcionalidade, segurança e qualidade ambiental dos sistemas de climatização em instituições públicas de ensino.

REFERÊNCIAS

STERLING, T. D.; COLLETT, C.; RUMEL, D. A epidemiologia dos "edifícios doentes". **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 20–28, 1991. Disponível em: <https://www.scielo.org/pdf/rsp/v25n1/12.pdf>.

SOETA, Y.; ONOGAWA, E. Physiological evaluations of low-level impulsive sounds generated by an air conditioner. **Frontiers in Psychology**, v. 14, p. 1128752, 10 fev. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1128752>.

MASIERO, E.; OLIVEIRA, D. K.; COSTA, O. P.; VECCHIA, F. A. S. Estudo experimental de condicionamento ambiental com resfriamento evaporativo direto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 2, p. 203–222, abril–jun. 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/bwkQMWq6FJgJmkzgTNfQskd/>.

ANTONOVICZ, D.; WEBER, R. G. B. **Inventário e PMOC nos condicionadores de ar do Câmpus Medianeira da UTFPR**. Medianeira: UTFPR, 2013. Trabalho de Conclusão de Curso. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/13609>.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Portal institucional. Brasília: **INMET**, [2025]. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13971**: Refrigeração – Sistemas de refrigeração – Manutenção, operação e inspeção – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**: Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-1**: Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários – Parte 1: Projetos das instalações. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-2**: Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários – Parte 2: Parâmetros de conforto térmico. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401-3**: Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários – Parte 3: Qualidade do ar interior. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

TEIXEIRA; BRIONIZIO; PEREIRA; MAINIER. **Síndrome dos Edifícios Doentes em Recintos com Ventilação e Climatização Artificiais: Revisão de Literatura**. [S.l.], [s.d.].

ALVES, Luís Guilherme Lopes. **Refrigeração e climatização: a importância da qualidade do ar nos ambientes condicionados**. 2014. Monografia (Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas) – Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, Rio de Janeiro, 2014.

ASHRAE. **ASHRAE Handbook: Fundamentals**. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2021.

STOECKER, W. F.; JONES, J. W. **Refrigeração e Ar Condicionado**. 2. ed. São Paulo: **McGraw-Hill**, 1985.

LEMOS, Edite Teixeira. **Poluição Interior: abordagem ao Síndrome dos Edifícios Doentes**. 1997.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. et al. **Conforto e ambiente escolar**. [S.l.]: [s.n.], 1999. Disponível em: https://www.academia.edu/download/45032168/CONFORTO_NAS_ESCOLAS.pdf.

BRASIL. Portaria nº 3.523, de 28 de agosto de 1998. Diretrizes para elaboração e execução do PMOC. **Diário Oficial da União**, Brasília, 1 set. 1998.

CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA – CEPEL. Guia para eficiência energética nas edificações públicas. Rio de Janeiro: **CEPEL**, 2015.

CENGEL, Yunus A.; BOLES, Michael A. **Termodinâmica: uma abordagem prática**. 7. ed. Rio de Janeiro: **LTC**, 2013.

BRASIL. Lei nº 13.589, de 4 de janeiro de 2018. Dispõe sobre a manutenção de instalações e equipamentos de sistemas de climatização de ambientes. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 5 jan. 2018.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Indoor air pollutants: exposure and health effects assessment. Copenhagen, 1982. (**Euro Reports and Studies**, 78).

SANTOS, Ubiratan P.; RUMEL, Davi; MARTARELLO, Norton A.; FERREIRA, Clara S. W.; MATOS, Marcos Paiva. Síndrome dos edifícios doentes em bancários. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 26, n. 6, p. 400–404, dez. 1992.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 17037**: Qualidade do ar interior em ambientes não residenciais climatizados artificialmente. Rio de Janeiro, ABNT, 2023.

LEVEROS. **Ar-Condicionado Janela Manual Springer Midea ZCK305BB 27.000 BTUs Só Frio 220V**. Disponível em: <https://www.leveros.com.br/ar-condicionado-janela-manual-springer-midea-zck305bb-27-000-btus-so-frio-220v>.

CARRIER BRASIL. Catálogo de produtos: sistemas de ar-condicionado split hi-wall. [S.l.]: Carrier Brasil, [2025]. Disponível em: <https://carrierdobrasil.com.br/catalogo/>.

LG. **Ar-condicionado split Cassete LG Inverter**. Disponível em: <https://www.lg.com/br/business/ar-condicionado/comercial-leve/c-cassete-comercial-leve/atnwl18gplp1/>.

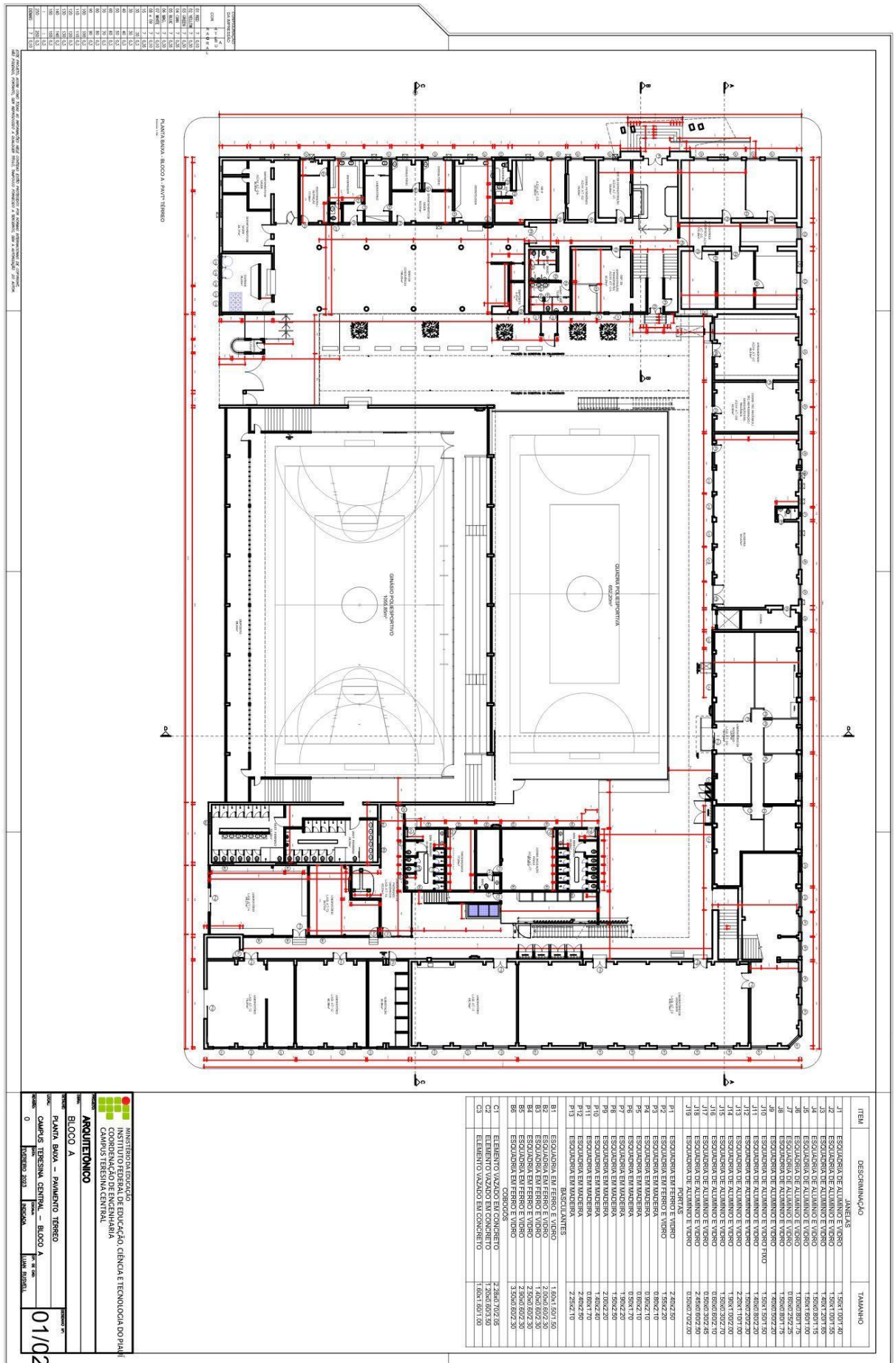
LG. **Ar-condicionado split piso-teto LG Inverter**. Disponível em:
<https://www.lg.com/br/business/ar-condicionado/comercial-leve/av-q54glla2/>.

HOTSAT. **Climatizador Evaporativo CLM-65RT**. Disponível em:
<https://hotsat.com.br/produtos-e-solucoes/clm-65rt/>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E AQUECIMENTO (ABRAVA). Indústria de ar-condicionado espera crescer com demanda residencial. **ABRAVA (2018)**. 23 abr. 2018. Disponível em:
<https://abrava.com.br/abrava-no-dci-industria-de-ar-condicionado-espera-crescer-com-deman-da-residencial/>.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ANEXO A – PLANTA BAIXA DO TÉRREO



ANEXO B – PLANTA BAIXA DO PAVIMENTO SUPERIOR

