

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

VITOR FULANETTI COSTA

**DIAGNÓSTICO E SOLUÇÃO PARA PATOLOGIAS CAUSADAS POR SISTEMAS
DE CLIMATIZAÇÃO NA UTFPR CAMPUS CAMPO MOURÃO**

CAMPO MOURÃO

2022

VITOR FULANETTI COSTA

**DIAGNÓSTICO E SOLUÇÃO PARA PATOLOGIAS CAUSADAS POR SISTEMAS
DE CLIMATIZAÇÃO NA UTFPR CAMPUS CAMPO MOURÃO**

**Diagnosis and solution for pathologies caused by HVAC systems at UTFPR
CAMPUS CAMPO MOURÃO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador(a): Prof. Dr. Douglas Fukunaga Surco.
Coorientador(a): Prof. Dr. Thelma Pretel Brandão Vecchi.

CAMPUS MOURÃO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

VITOR FULANETTI COSTA

**DIAGNÓSTICO E SOLUÇÃO PARA PATOLOGIAS CAUSADAS POR SISTEMAS
DE CLIMATIZAÇÃO NA UTFPR CAMPUS CAMPO MOURÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 23/novembro/2022

Douglas Fukunaga Surco
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão

Thelma Pretel Brandão Vecchi
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão

Valdomiro Lubachevski Kurta
Mestrado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão

Jucélia Kuchla Vieira
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão

CAMPO MOURÃO

2022

Dedico este trabalho à minha família, pelos
momentos de ausência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a construção de quem eu sou hoje.

Gostaria de deixar também o reconhecimento à minha família, Adiel, Luciana e Mariana.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Douglas Fukunaga Surco e a minha coorientadora Prof. Dr. Thelma Pretel Brandão Vecchi por não terem desistido de mim e por todo conhecimento que me passaram.

Aos meus amigos Douglas, Julia e Lara.

A Claudete, Roberto e Wlademir que me ajudaram muito quando fui estagiário pelo DEPRO.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, por possuir uma estrutura gigantesca para o aprendizado de todos. Ainda também a todos os professores de graduação que me fizeram chegar até aqui; também agradeço ao pessoal da manutenção, em especial ao Claudinei.

Enfim, agradeço a todos os que contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

O termo patologia para engenharia civil é o estudo dos problemas que prejudicam a durabilidade e bem-estar de uma edificação, como as trincas, fissuras, mofo, entre outros. O presente trabalho tem como objetivo identificar e propor soluções para os problemas encontrados na Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Campo Mourão, relacionados a má instalação dos ares-condicionados. Para a identificação das patologias foi realizado um levantamento visual e fotográfico. Vale ressaltar que os problemas mais recorrentes foram a mudança na fachada dos blocos e a falta da finalização correta da instalação dos drenos, estes causando infiltrações, mofo e bolor, em alguns casos. Desta forma, pode-se concluir que se faz necessário a realização de manutenções para os drenos e a utilização da solução proposta para novos projetos de edificação para a universidade.

Palavras-chave: patologia; ar-condicionado; drenos.

ABSTRACT

The term pathology for civil engineering is the study of problems that impair the durability and well-being of a building, such as cracks, fissures, mold, among others. The present work aims to identify and propose solutions to the problems encountered at the Federal Technological University of Paraná Campus Campo Mourão, related to poor installation of air conditioners. To identify the pathologies, a visual and photographic survey was carried out. It is worth mentioning that the most recurrent problems were the change in the facade of the blocks and the lack of the correct completion of the installation of the drains, these causing infiltrations, mold and mildew, in some cases. In this way, it can be concluded that it is necessary to carry out maintenance for the drains and to use the proposed solution for new building projects for the university.

Keywords: pathology; air conditioning; drains.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Funcionamento do ar-condicionado	16
Figura 2 - Comparação da rotação modelo convencional e inverter.....	17
Figura 3 - Comparação de economia de energia inverter x convencional	17
Figura 4 - Controle de temperatura para os modelos convencional e inverter .	18
Figura 5 - Ar-condicionado split Hi-Wall	19
Figura 6 - Ar-condicionado split Piso-Teto	20
Figura 7 - Condições para dispensar verificações NBR:6118 (2014).....	24
Figura 8 - Representação 3D de um furo em viga no software Eberick	25
Figura 9 - Representação em projeto 2D de um furo em viga no software Eberick	25
Figura 10 - Blocos D, E, F, G, H da UTFPR Campus Campo Mourão.....	26
Figura 11 -Vista frontal do novo Herbário	34
Figura 12 - Fachada Bloco I.....	34
Figura 13 - Proposta de nova fachada Bloco I.....	35
Figura 14 - Detalhe para ar-condicionado modelo split piso teto	36
Figura 15 - Detalhamento para ar-condicionado modelo split hi-wall	37
Figura 16 Corte da execução do dreno do ar-condicionado	38
Figura 17 - Elevação da execução do dreno do ar-condicionado.....	38
Figura 18 -Solução para os ares-condicionados já instalados	39
Fotografia 1 - Instalação de ar-condicionado no Bloco D	28
Fotografia 2 - Dreno do ar-condicionado no Bloco D	29
Fotografia 3 - Falta de finalização do duto bloco F	30
Fotografia 4 - Falta de finalização do duto drenante no bloco H	30
Fotografia 5 -Viga do bloco E.....	31
Fotografia 6 -Bolor na viga do bloco E.....	32
Fotografia 7 -Escada de emergência anfiteatro bloco E.....	33

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Cefet-PR	Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná
NBR	Normas Brasileiras
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
ACJ	Ar-condicionado de janela
BTU	<i>British Thermal Unit</i> – Unidade Térmica Britânica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo Geral	12
2.2	Objetivos específicos	12
3	JUSTIFICATIVA	13
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
4.1	Ar-condicionado	14
4.1.1	História do ar-condicionado	14
4.1.2	Condicionador de ar e sua definição	15
4.1.3	Tecnologia convencional e tecnologia inverter	16
4.2	Tipos de equipamentos de ar-condicionado utilizados na UTFPR	
Campus Campo Mourão	18
4.2.1	Split Hi-Wall	18
4.2.2	Split Piso-Teto	19
4.3	Carga térmica	20
4.4	Dimensionamento de ar-condicionado	21
4.5	Instalação correta de Ar-condicionado	22
4.6	Patologias	22
4.6.1	Causas patológicas	22
4.6.2	Desconfiguração de fachada	23
4.6.3	Mofo ou bolor	23
4.6.4	Corrosão.....	23
4.7	Furos em vigas de concreto armado	23
5	MATERIAL E MÉTODOS	26
5.1	Caracterização do local de estudo	26
5.2	Levantamento de dados	26
5.3	Metodologia	27
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
7	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS	41

1 INTRODUÇÃO

O termo “patologia” tem como definição o estudo das doenças, ou seja, no que diz respeito à engenharia civil, é a ciência que estuda as doenças das edificações e suas possíveis causas e formas de solução (OLIVEIRA, 2013).

Apesar do avanço tecnológico na construção civil, houve um declínio nas estruturas, causando uma quantidade maior de patologias nas edificações. As obras, em geral, começaram a utilizar estruturas mais esbeltas, porém, com maiores solicitações de cargas, o que favorece a existência de problemas estruturais e visuais. Outro detalhe a se observar é em relação ao cenário econômico, com a imposição de prazos menores de execução das obras, diminuiu-se o rigor no controle de material e execução da mesma (COSTA, 2013).

As fachadas das edificações possuem papel fundamental na amostragem de grandeza arquitetônica de um empreendimento. Porém, não podemos considerá-las apenas como elemento estético, isto seria um erro que põe em risco a integridade do local. Uma vez que a fachada é um elemento que fica exposto diretamente às intempéries e ações externas, logo se tornam mais propícias ao aparecimento de patologias (ANTUNES, 2010).

Desta forma, o tema deste trabalho está relacionado com o grande número de eventos patológicos provenientes da má instalação dos ares-condicionados em fachadas dos blocos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Campo Mourão, possivelmente, devido às falhas de projeto ou falta de projetos executivos que especifiquem os aparelhos e a sua instalação, falta de detalhes construtivos, manutenção, instalação e/ou desempenho das construções.

2 OBJETIVOS

Neste capítulo será abordado o objetivo geral deste trabalho e seus objetivos específicos.

2.1 Objetivo Geral

Diagnosticar e propor soluções para as patologias causadas pelo sistema de climatização na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar patologias causadas pela instalação dos sistemas de climatização;
- Pesquisar possíveis soluções para evitar patologias nas futuras instalações;
- Propor soluções no projeto arquitetônico (nova fachada) para os novos blocos da UTFPR;
- Propor soluções para drenar a água, produto da evaporação da água no aparelho interno (evaporador).

3 JUSTIFICATIVA

O setor da construção civil vem obtendo um crescente avanço, exigindo projetos mais elaborados e novas técnicas de edificação. A maneira como estes são elaborados e executados causam preocupações, pois podem comprometer a segurança dos usuários, além de colocar em risco a qualidade e garantia das obras (SILVA; ROSA, 2015).

Nas edificações que possuem sistema de climatização, se faz necessário um estudo de como elaborar o projeto de forma que os elementos da fachada não sejam afetados com os equipamentos responsáveis pela climatização.

Antes das instalações serem realizadas, é necessário considerar algumas atividades, como por exemplo, cálculo preliminar de carga térmica e vazão do ar, seleção dos equipamentos, localização do abrigo de máquinas e suas dimensões, dimensionamento dos dutos, redes hidráulicas e frigoríficas, além da representação gráfica das instalações (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008).

A importância deste estudo está na identificação das patologias causadas pela má instalação do sistema de climatização da UTFPR – Campus Campo Mourão e como essas patologias podem ser minimizadas, além de propor uma solução para novas construções na universidade.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão abordados as referências bibliográficas que compõem a embasamento técnico para este trabalho.

4.1 Ar-condicionado

Equipamento utilizado para dar maior conforto térmico aos usuários.

4.1.1 História do ar-condicionado

A primeira patente de uma máquina de refrigeração mecânica é inglesa datada em 1834. Os equipamentos de refrigeração utilizados na metade do século XIX, eram volumosos, não muito eficientes e onerosos. Com a chegada da eletricidade nas residências e o desenvolvimento do motor elétrico, por volta do ano 1900, a refrigeração começou a se tornar cada vez mais popular mundialmente e, portanto, novas tecnologias para controle de temperatura foram surgindo (GONÇALVES, 2005).

O condicionamento de ar foi criado com o objetivo de trazer conforto e desenvolvimento comercial e industrial, porém ele não trouxe somente melhorias ao bem-estar dos trabalhadores de lugares fechados como prédios comerciais e industriais, mas também em satisfazer condições de processos, pois controla a temperatura, umidade, pureza, conforto térmico e distribuição, a fim de trazer conforto aos ocupantes do recinto (RODRIGUES, 2010).

Em 1914, Carrier implementou sua primeira máquina de ar-condicionado para residência. Este equipamento era mais simples e com dimensões muito maiores que os equipamentos atuais. No mesmo ano ocorreu a primeira utilização de ar-condicionado em um hospital, *Alleghany Hospital de Pittsburg*, onde Carrier implementou o sistema cujo objetivo era aumentar a umidade do berçário para recém-nascidos de forma prematura (ANTONVICZ; WEBER, 2013).

O ar-condicionado se tornou popular nos Estados Unidos na década de 1920, quando foi instalado em diversos prédios públicos como cinemas, lojas, Câmara dos Deputados dos Estados Unidos da América, Senado Americano e escritório da Casa Branca. Já no fim da década de 1930, Willis Carrier desenvolveu um sistema de ar-condicionado para edifícios, estes equipamentos possuíam distribuição de ar em alta velocidade por meio de dutos "*Wheathermaster*", com dimensões menores comparadas com as máquinas de ar-condicionado da época (PESSOA, 2017).

Por volta de 1950, ano de falecimento de Willis Carrier, os aparelhos de ar-condicionado residenciais começaram a ser produzidos em massa. Na década seguinte esses equipamentos já não eram mais novidade. Desde então, o mercado mundial iniciou uma constante expansão em desenvolvimento de tecnologias e novos produtos até os dias atuais (ANTONVICS; WEBER, 2013).

Na década de 70 ocorreu um marco importante para história dos aparelhos de ar-condicionado, que foi o surgimento do ar-condicionado de janela (ACJ), este aparelho possuía um sistema bem simples, composto basicamente pela unidade condensadora, bobinas, ventilador e operava com o fluido refrigerante R12. Porém nos anos 90, com a crescente preocupação com as questões ambientais, houve a proibição da utilização do fluido R12, conhecido como *Freon*. Já nos anos 2000 surgiu o ar-condicionado modelo *Split*, que é composto pela separação da máquina em unidade externa e unidade interna. Este modelo é um sucesso até os dias atuais, pois é mais silencioso que o ACJ. Atualmente o modelo *Split* com tecnologia *inverter* é o mais procurado, por proporcionar uma economia energética em seu funcionamento e uma melhor eficiência (PESSOA, 2017).

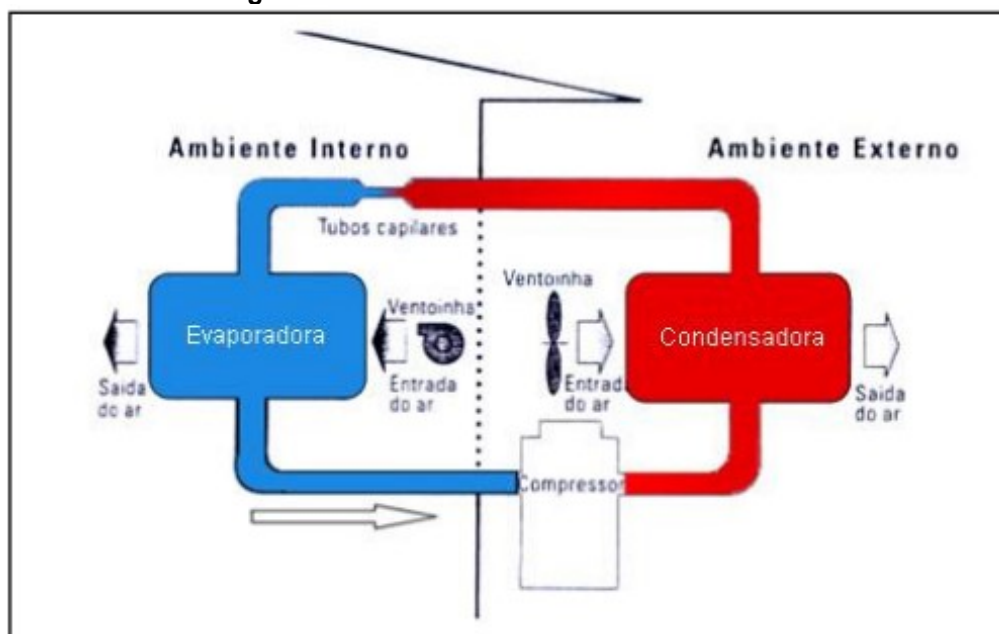
4.1.2 Condicionador de ar e sua definição

De acordo com Gonçalves (2005), o condicionador de ar tem como objetivo tratar o ar de um ambiente para proporcionar condições ideais para o ser humano de umidade e temperatura. Projetado para ser instalado em janelas, casas de máquinas, paredes, áreas técnicas, entre outros, seu sistema é composto por um sistema de refrigeração, desumidificação, circulação e filtragem do ar, podendo incluir renovação do ar e aquecimento.

O ar-condicionado possui seis funções: aquecer, resfriar, umidificar, desumidificar, purificar e distribuir o ar adequadamente para garantir condições de conforto térmico e de saúde para os usuários (VILLANI, 2000).

O princípio de funcionamento dos condicionadores de ar é composto pela troca de calor do ambiente, através da passagem de ar pela serpentina do evaporador que por contato sofre queda ou aumento de temperatura, baixando a umidade do ar (PESSOA, 2017).

Figura 1 - Funcionamento do ar-condicionado



Fonte: Antonovicz e Weber (2013)

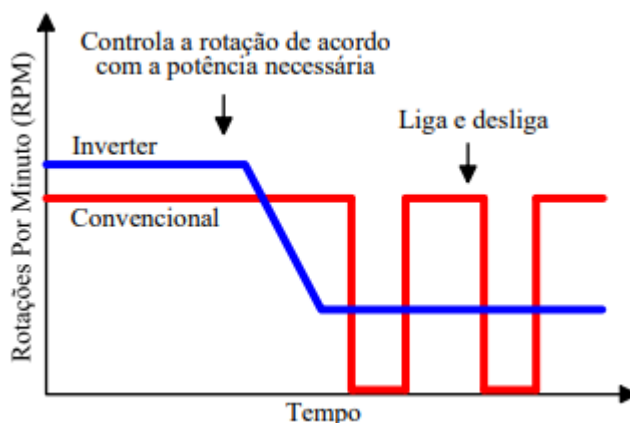
Na Figura 1 o compressor comprime o gás frio, transformando em gás quente de alta pressão, representado pela cor vermelha. Este gás quente circula através de um trocador de calor para dissipar a alta temperatura e se condensa para o estado líquido. O líquido escoar através de uma válvula de expansão e ele vaporiza para se tornar gás frio de baixa pressão, representado na figura pela cor azul. Este gás frio circula através do trocador de calor que permite que o gás absorva calor e esfrie o ar presente no interior do ambiente (ANTONVICS; WEBER, 2013).

4.1.3 Tecnologia convencional e tecnologia inverter

Nos aparelhos que utilizam a tecnologia convencional, o compressor de ar possui somente duas opções de funcionamento, ligado ou desligado. Desta forma, quando é necessário resfriar o ambiente o compressor é ligado para operar com sua máxima potência, até atingir a temperatura desejada pelo usuário. Quando atinge a temperatura estipulada, o compressor é desligado (MARANGONI *et al.*, 2015).

A Figura 2 demonstra a ilustração do fabricante Daikin, onde pode-se observar um gráfico que informa a rotação do compressor. A linha representada pela cor vermelha simula o modelo convencional, já a linha na cor azul representa o modelo com a tecnologia inverter (DAIKIN, 2015).

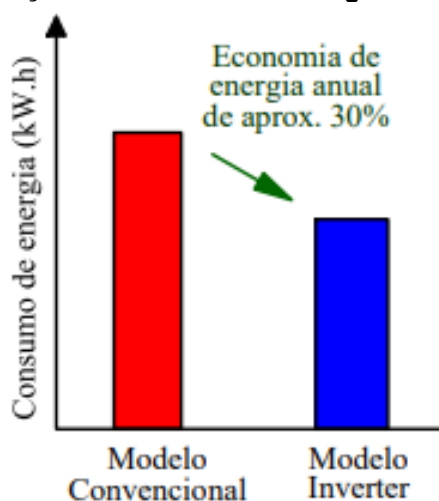
Figura 2 - Comparação da rotação modelo convencional e inverter



Fonte: Daikin (2015)

Já na Figura 3 é possível observar a economia de energia que os equipamentos da marca Daikin, com tecnologia inverter, podem gerar, que é aproximadamente 30% em relação aos modelos com tecnologia convencional (DAIKIN,2015).

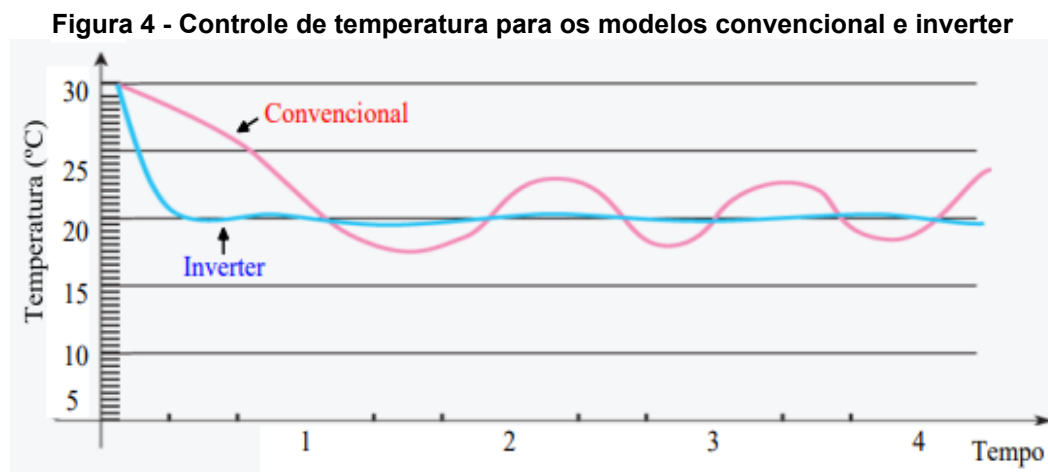
Figura 3 - Comparação de economia de energia inverter x convencional



Fonte: Daikin (2015)

A precisão no controle de temperatura para o modelo convencional chega a variar entre $\pm 3^\circ$ Celsius, enquanto a precisão da temperatura para o modelo com tecnologia inverter é de $\pm 0,5^\circ$ Celsius. Além da variação da temperatura ser menor, é necessário levar em conta outra característica do modelo inverter, a velocidade de redução da temperatura no ambiente, que corresponde a 30% do período utilizado pelo modelo convencional (PIONEER, 2015). Essa comparação de variação é

possível ser observada na Figura 4, em que a linha na cor vermelha representa o modelo convencional e a linha na cor azul o modelo com tecnologia inverter.



Fonte: Pioneer (2015)

4.2 Tipos de equipamentos de ar-condicionado utilizados na UTFPR Campus Campo Mourão

Neste tópico será apresentado os dois modelos de equipamentos utilizados na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Campo Mourão.

4.2.1 Split Hi-Wall

Este modelo de equipamento possui como características o baixo nível de ruído e baixa vazão de ar. O cliente pode escolher, dentre uma grande variedade de equipamentos, o melhor para atender a necessidade do usuário em relação a custos, estética e consumo de energia (SOARES, 2014).

O ar-condicionado Hi-Wall (imagem apresentada na Figura 5) é instalado na parede, por isso ele recebe a denominação de split de “parede”. Este modelo é o mais comum entre os splits, encontrado geralmente em residências e comércios de pequeno porte. A instalação deste tipo de ar-condicionado pode ser feita a uma distância entre quinze e trinta centímetros do teto. O desnível máximo entre as unidades internas e externas, e a distância da tubulação entre as duas unidades varia em relação a cada fabricante. Para que seja realizada a instalação na parede, é necessário realizar furos para a passagem da tubulação, além da fixação da condensadora no lado externo da parede do imóvel. Os modelos tipo split Hi-Wall

estão disponíveis em várias versões de capacidade como, 7.000, 7.500, 8.500, 9.000, 12.000, 18.000, 22.000 até 30.000 Btu/h (ANTONOVICZ; WEBER, 2013).

Figura 5 - Ar-condicionado split Hi-Wall



Fonte: Soares (2014)

4.2.2 Split Piso-Teto

Os modelos de equipamento Piso-Teto foram projetados para atender ambientes grandes, possuindo capacidades que variam entre 18.000 e 80.000 Btu/h, ou seja, estes equipamentos dispõem de uma vazão de ar maior do que se comparado ao split Hi-Wall (SOARES, 2014).

O ar-condicionado split Piso-Teto (imagem apresentada na Figura 6) tem como característica principal o bom aproveitamento de espaços, pois sua instalação é muito versátil, podendo ser instalado no piso, teto ou parede. Este modelo é indicado para ambientes com muito tráfego de pessoas, aglomerações e ambientes com pé direito alto (ANTONOVICZ; WEBER, 2013).

Figura 6 - Ar-condicionado split Piso-Teto

Fonte: Soares (2014)

4.3 Carga térmica

Para aplicar um sistema de ar-condicionado a um ambiente, o primeiro passo é fazer o levantamento da carga térmica do local. Este levantamento é feito para que não seja instalado um aparelho com capacidade inferior à carga térmica do local, ou um equipamento muito superior, gerando desperdícios financeiros (SILVA; SILVA, 2007).

De acordo com Creder (2004), a carga térmica representa a quantidade de calor que deve ser retirada ou colocada em um ambiente, por unidade de tempo, para que haja conforto térmico para os seus ocupantes.

Segundo Carrier Air Conditioning Company (1980), é impossível mensurar a carga térmica máxima presente em um recinto, então sugere-se realizar um cálculo por estimativa. Antes de se estimar a carga térmica, é preciso elaborar um estudo que garanta a avaliação exata das fontes de calor. É necessário levar em conta vários aspectos físicos para realizar uma estimativa mais precisa e completa de carga térmica de um ambiente, como por exemplo:

- Orientação do edifício;
- Destino do local;
- Altura do teto;

- Materiais de construção;
- Condições externas do ambiente;
- Janelas e portas;
- Ocupantes;
- Iluminação;
- Motores;
- Equipamentos eletrônicos;
- Ventilação;

4.4 Dimensionamento de ar-condicionado

De acordo com Max (2022), para dimensionar o ar-condicionado de maneira correta é necessário levar em conta alguns fatores, tais como: quantidade de pessoas que ocuparão o espaço, metragem quadrada do ambiente, quantidade de equipamentos eletrônicos no ambiente e existência ou não de incidência solar no cômodo.

Para refrigerar um metro quadrado são necessários entre 600 e 800 BTUs (*British Thermal Unit*), unidade térmica britânica. Esta medida é utilizada para medir a capacidade do ar-condicionado.

De acordo com Max (2022), a fórmula que pode ser utilizada para dimensionar a capacidade do ar-condicionado pode ser dividida em duas, uma para ambientes sem incidência solar diária e a outra com incidência solar diária. Para o cálculo sem incidência diária de luz solar pode-se considerar a capacidade C1:

$$C1 = 600 \times (\text{número de pessoas}) + 600 \times (\text{metragem quadrada do ambiente}) + 600 \times (\text{número de equipamentos eletrônicos}).$$

Já para ambientes com incidência diária de luz solar é necessário considerar a capacidade C2:

$$C2 = 800 \times (\text{número de pessoas}) + 800 \times (\text{metragem quadrada do ambiente}) + 800 \times (\text{número de equipamentos eletrônicos})$$

É possível considerar algumas capacidades de ares-condicionados para determinadas áreas, como por exemplo, 7500 BTUs para áreas de até 12,00 metros quadrados, 9000 BTUs até 15,00 metros quadrados, 12000 BTUs até 20,00 metros quadrados, 18000 BTUs até 30,00 metros quadrados, 22000 BTUs até 35,00 metros quadrados e 24000 BTUs até 40,00 metros quadrados (MAX, 2022).

4.5 Instalação correta de Ar-condicionado

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2008), os procedimentos de elaboração e documentação do projeto de instalação de ares-condicionados podem ser divididos em seis tópicos, sendo eles:

- Conceção inicial da instalação, esta etapa é destinada à análise conjunta entre projetista, empreendedor e escritório de arquitetura, para que seja definido o os locais a serem instalados os equipamentos;
- Definição das instalações, evolução da concepção das instalações e à representação das informações técnicas provisórias;
- Identificação e solução de interfaces, evolução da definição das instalações e à representação das informações técnicas, ainda não completas ou definitivas;
- Projeto de detalhamentos, evolução da etapa de identificação e solução de interfaces, para consolidar o conceito do projeto adotado e à representação final das informações técnicas;
- Projeto legal, destina se à representação na formatação exigida, das informações técnicas para análise e aprovação das autoridades competentes;
- Detalhamento de obra e desenhos “conforme construídos”, responsabilidade da empresa instaladora elaborar o projeto detalhado das instalações realizadas.

4.6 Patologias

Nesta seção será abordado as patologias mais comuns decorrentes de problemas na instalação dos ares-condicionados.

4.6.1 Causas patológicas

De acordo com Ferreira e Lobão (2018) as causas patológicas mais frequentes em edificações são:

- Elaboração de projetos deficientes;
- Execução de má qualidade;
- Escolha de materiais equivocadas;
- Uso inadequado da estrutura e manutenção imprópria.

4.6.2 Desconfiguração de fachada

Os detalhes construtivos nas fachadas possuem a finalidade de reduzir a incidência e ação da água da chuva, melhorando a vida útil dos revestimentos e proporcionando uma estética harmoniosa para os observadores externos (ALIEVI; FOPPA, 2016).

Segundo Alberti Junior e Antunes (2020), amarração da alvenaria, vergas, contravergas, reforço com tela metálica são detalhes relevantes para construção da alvenaria de vedação e para distribuição das tensões existentes em fachada, evitando manifestações patológicas. Já os detalhes relacionados a instalação de ar-condicionado, como drenos e fixação das unidades externas, quando executadas de forma inadequadas, causam patologias provenientes da umidade, além da influência na estética da edificação.

4.6.3 Mofo ou bolor

De acordo com Pintan (2013), a concentração de fungos na superfície dos revestimentos é considerada mofo ou bolor.

A proliferação do bolor ou mofo nas edificações pode ser considerada como um imenso problema devido ao ambiente quente e úmido, causando alteração na superfície dos revestimentos, exigindo geralmente uma recuperação ou até mesmo a necessidade de se refazer o revestimento, gerando despesas (ALUCCI; FLAUZINO; MILANO, 1988).

4.6.4 Corrosão

Entende-se corrosão como um ataque devastador de natureza química ou eletroquímica que ocorre em meio aquoso. Esta corrosão eletroquímica leva a formação de hidróxidos de ferro, podendo em alguns casos estar associada a reações físicas ou mecânicas, causando uma degradação na armadura da estrutura (ROCHA, 2015).

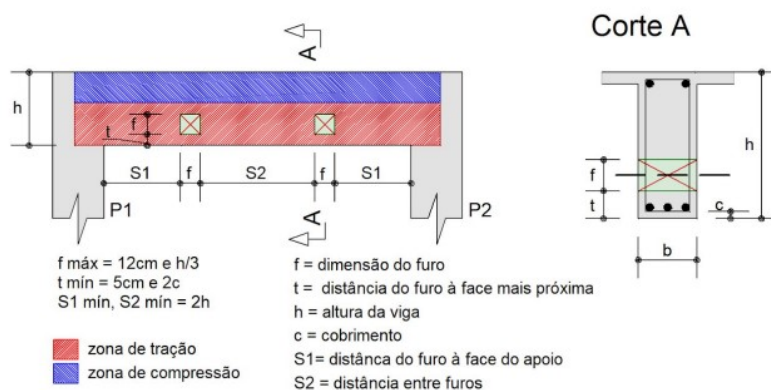
4.7 Furos em vigas de concreto armado

Aberturas na alma de vigas são utilizadas para permitir a passagem de tubulações e dutos de instalações elétricas, hidráulicas e climatização (SIMÕES, 1997).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2014), furos que atravessam vigas na direção de sua largura devem respeitar a distância mínima da face da viga que deve ser igual a cinco centímetros e duas vezes o cobrimento previsto para a face. Além desta distância, para que seja dispensada a verificação deste furo (conforme apresenta a Figura 7) é necessário respeitar simultaneamente os seguintes itens:

- Furos em zona de tração e a uma distância da face do apoio de no mínimo $2h$, onde h é a altura da viga;
- Dimensão do furo de no máximo doze centímetros e $h/3$;
- Distância entre faces de furos, em um mesmo tramo, de no mínimo $2h$;
- Cobrimentos suficientes e não seccionamento das armaduras.

Figura 7 - Condições para dispensar verificações NBR:6118 (2014)



Fonte: De Oliveira, Vieira, Da Silva (2016)

No software Eberick é possível inserir furo em vigas com suas representações, com volumetria e em projetos, conforme apresentam as Figuras 8 e 9, respectivamente.

5 MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo será apresentado os materiais e metodologia aplicada neste trabalho.

5.1 Caracterização do local de estudo

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), é uma instituição de ensino pública federal localizada no Estado do Paraná, e possui trezes campus distribuídos pelo estado. O Campus escolhido para este trabalho foi o da cidade de Campo Mourão.

Em 1995 esta instituição era o antigo Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná (CEFET-PR), que foi transformado em universidade em 2005 (UTFPR, 2021).

O Campus possui blocos administrativos, refeitório, laboratórios, de convivência e didáticos, que foram construídos ao longo dos anos, estudam cerca de dois mil alunos no campus, porém essas edificações não foram projetadas para as instalações dos sistemas de refrigeração.

Figura 10 - Blocos D, E, F, G, H da UTFPR Campus Campo Mourão



Fonte: Google Maps (2022)

5.2 Levantamento de dados

Foi realizado o levantamento de dados in loco com fotografias de locais (blocos D, E, F, G e H) que possuíam patologias e/ou interferências na fachada das construções, para possibilitar a identificação das falhas na execução da instalação

bem como a apresentação de uma solução geral para os ares-condicionados e para novas construções a serem realizadas dentro do Campus.

5.3 Metodologia

A metodologia aplicada neste trabalho inicia se na pesquisa de soluções para as patologias encontradas na UTFPR, após terem sido identificadas as causas dessas patologias começou se a pensar na elaboração de soluções através do software AutoCAD, tanto para as patologias causadas pelo dreno do sistema de climatização da UTFPR, quanto para as futuras novas construções que serão implementadas na universidade.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As edificações utilizadas para o levantamento dos dados foram inauguradas entre 1997 e 2020, porém estas não foram projetadas para que fosse utilizado ar-condicionado nos blocos da universidade.

Na Fotografia 1 é possível perceber que a instalação do ar-condicionado no bloco D está feita de maneira improvisada e, devido à falta de projetos executivos complementares, as patologias ficam evidentes. Desta forma, é possível visualizar a quebra no revestimento externo, causando uma degradação na fachada, tanto estética quanto de vedação.

Fotografia 1 - Instalação de ar-condicionado no Bloco D



Fonte: Autoria própria (2022)

Outro detalhe a ser observado é a não finalização do dreno, apresentado na Fotografia 2, utilizado neste equipamento, a água que o dreno expelir será jogada no solo, podendo causar uma infiltração na parede, por não ter a destinação correta para uma galeria ou vala de escoamento.

Fotografia 2 - Dreno do ar-condicionado no Bloco D



Fonte: Autoria própria (2022)

Os problemas de instalações citados acima no bloco D, se repetem nos blocos C, E, F, G e H, pois seus dutos não foram ligados a nenhuma rede coletora e não está sendo descartada a água expelida pelos dutos em alguma canaleta ou reservatório, causando infiltrações nas edificações.

As Fotografias 3 e 4 demonstram essa falta de finalização de instalação dos drenos corretamente nos blocos F e H, respectivamente.

Fotografia 3 - Falta de finalização do duto bloco F



Fonte: Autoria própria (2022)

Fotografia 4 - Falta de finalização do duto drenante no bloco H



Fonte: Autoria própria (2022)

Já no bloco E existe um agravante relacionado a uma viga da edificação. A Fotografia 5 demonstra que a água do dreno dos equipamentos localizados acima da viga goteja diretamente nela, causando bolor e infiltração.

Fotografia 5 -Viga do bloco E



Fonte: Autoria própria (2022)

Na Fotografia 6, representando a viga do bloco E, é possível observar mais de perto o que uma má finalização de instalação do sistema de climatização pode causar na estrutura da edificação.

Fotografia 6 -Bolor na viga do bloco E



Fonte: Autoria própria (2022)

Outro problema de instalação que pode ser considerado grave é a instalação dos sistemas de climatização do anfiteatro, localizado no bloco E. Como é possível observar na Fotografia 7, o duto destes ar-condicionados expõe água na escada de emergência metálica, podendo causar corrosão da escada, além de deixar molhada e com chances de alguma pessoa escorregar em uma eventual emergência.

Fotografia 7 -Escada de emergência anfiteatro bloco E

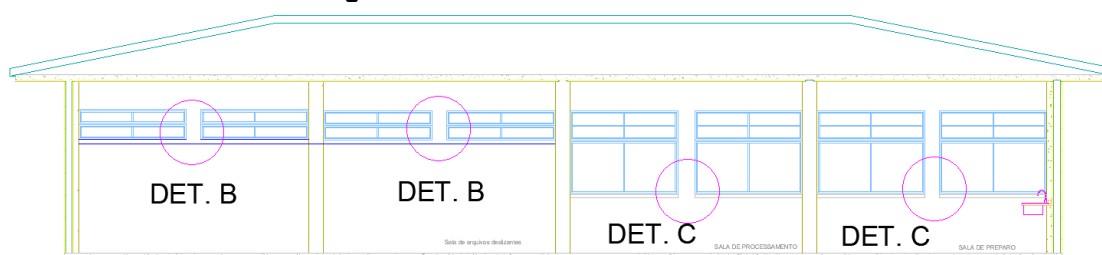


Fonte: Autoria própria (2022)

A fim de solucionar esses problemas para futuras construções, foi elaborado um projeto prevendo a instalação do sistema de climatização com furos pré-definidos nas vigas, dutos embutidos na alvenaria e uma continuação destes dutos por debaixo do solo para que seja absorvido naturalmente.

A Figura 11 apresenta a vista frontal das janelas que foram modificadas dos padrões da UTFPR – Campo Mourão, para que seja possível realizar a instalação correta do sistema de climatização para a construção que irá receber o novo bloco do Herbário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. As modificações que foram feitas estão relacionadas a execução de um pilarete (não estrutural) entre cada par de janelas.

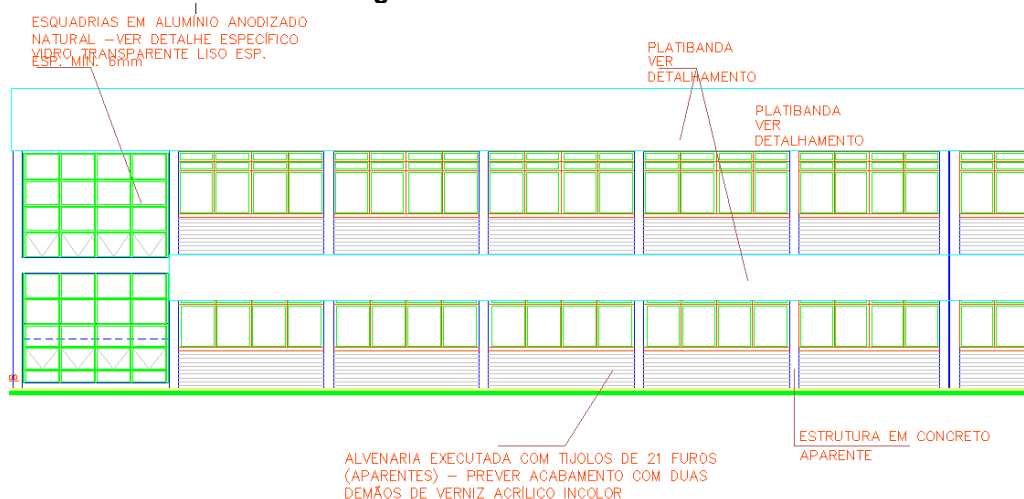
Figura 11 -Vista frontal do novo Herbário



Fonte: Aatoria própria (2022)

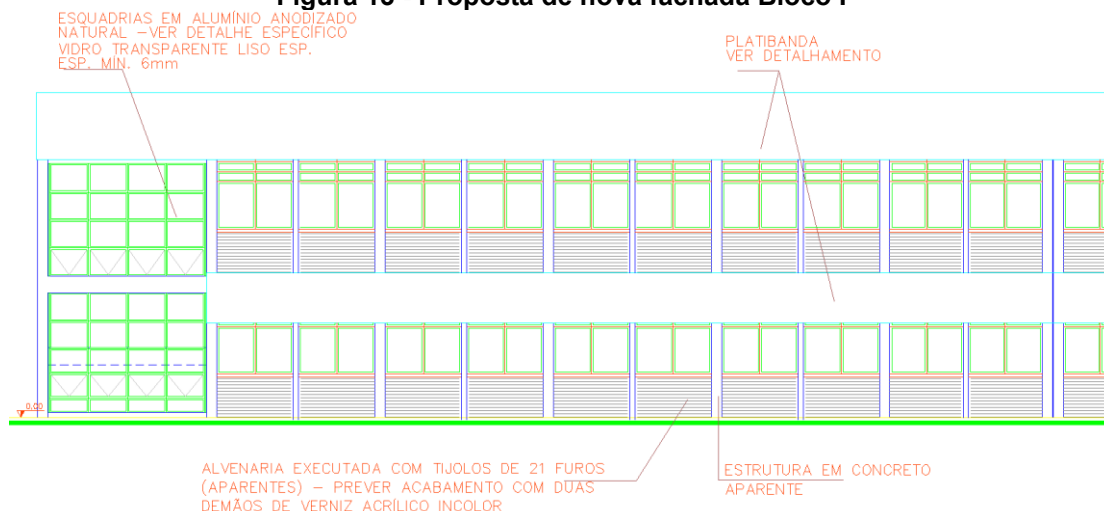
A Figura 12 representa a fachada considerada padrão nos blocos universitários da UTFPR Campus Campo Mourão. Nela, é possível observar uma grande diferença em relação ao modelo proposto para novas construções demonstrado pela Figura 11. A mudança na fachada está relacionada ao posicionamento de um pilarete entre cada duas folhas de vidro de janelas, para que seja utilizado na instalação dos ares-condicionados nas edificações. Assim será possível utilizar o pilarete para que o dreno seja fixado verticalmente até chegar próximo do duto embutido em alvenaria, representado na Figura 18.

Figura 12 - Fachada Bloco I



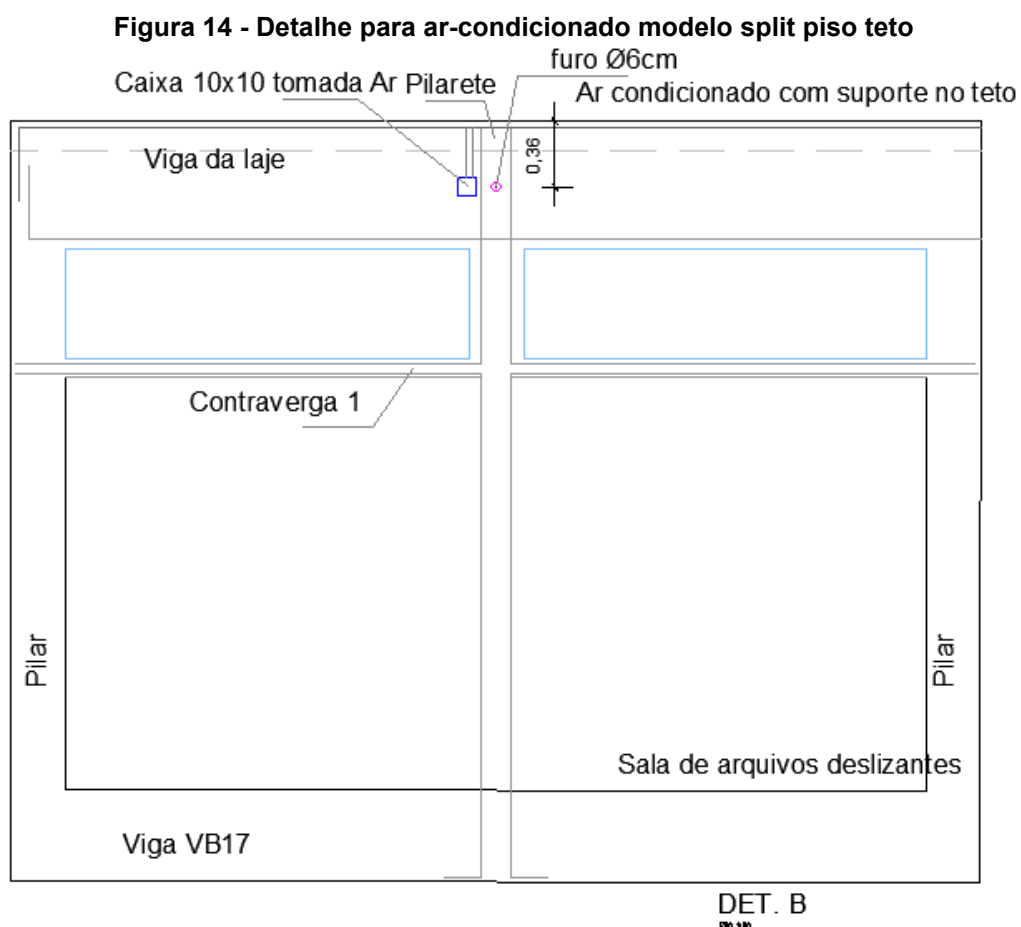
Fonte: Aatoria própria (2022)

Já na Figura 13 a proposta da nova fachada do Bloco I, com a solução sugerida para a construção do Herbário. Na comparação entre a Figura 12 e a Figura 13 é possível perceber a diferença entre elas, pois a cada duas folhas de janela temos um pilarete que será responsável por “esconder” os dutos dos sistemas de climatização instalados no Bloco I.

Figura 13 - Proposta de nova fachada Bloco I

Fonte: Aatoria própria (2022)

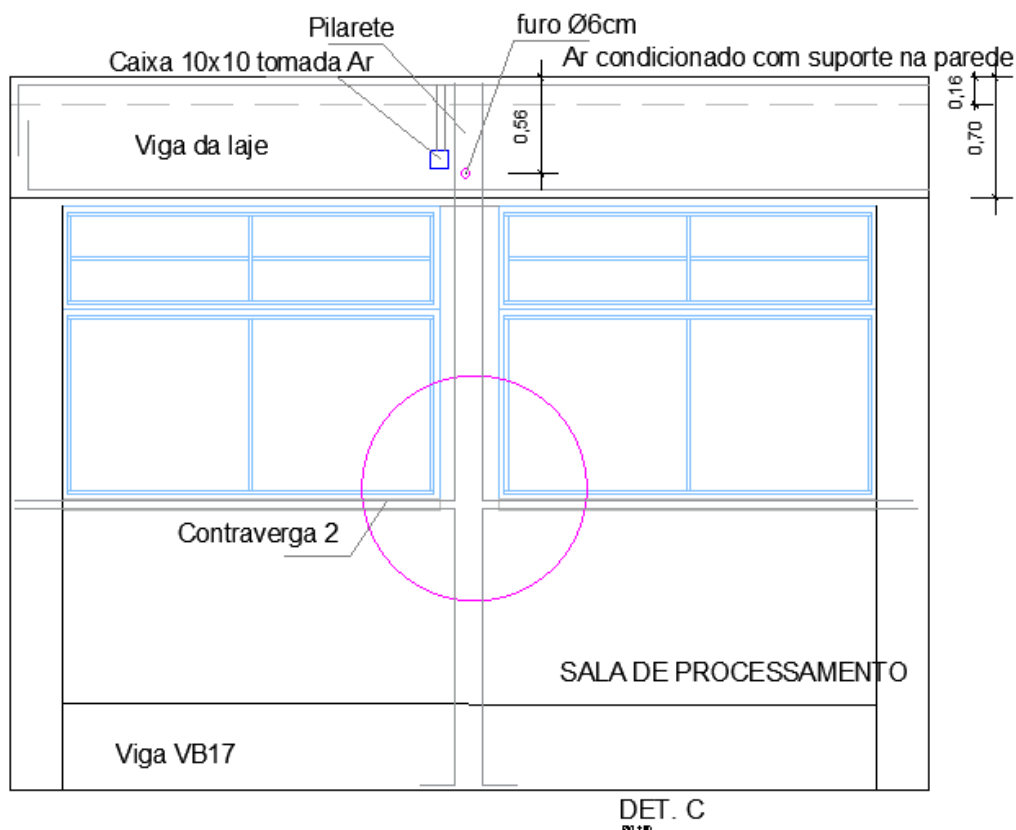
Para um melhor entendimento da solução proposta foram elaborados três detalhamentos, o “DET. B”, “DET. C” e o “DET. Dreno de Ar”. O detalhamento B, é exposto na Figura 14, na qual é possível verificar que se destina ao modelo Split piso-teto de ar-condicionado, pois o furo de 6 (seis) centímetros realizado na viga está a uma distância de 36 (trinta e seis) centímetros da laje. Este furo de seis centímetros será utilizado para a passagem de todos os dutos, como gás, ar e dreno. E se faz necessário a execução de uma caixa de tomada para que seja fornecido energia elétrica para o ar-condicionado funcionar.



Fonte: Autoria própria (2022)

Para o modelo de ar-condicionado split hi-wall, é utilizado o detalhamento C, apresentado na Figura 15. O furo utilizado neste detalhamento também é de seis centímetros. É necessária a execução da caixa de tomada para fornecimento de energia elétrica para o ar-condicionado, porém há uma grande mudança em relação à altura que será executado o furo, porque ao se tratar do modelo split hi-wall, toda a captação de ar é realizada pela parte superior do split, logo essa distância precisa ser maior e, por isso, é de 56 (cinquenta e seis) centímetros em relação a laje.

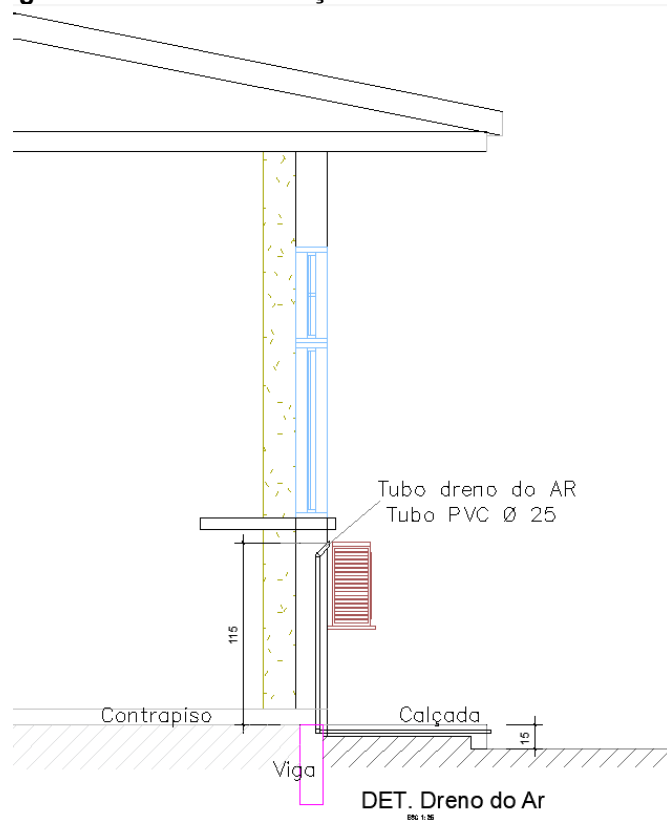
Figura 15 - Detalhamento para ar-condicionado modelo slip hi-wall



Fonte: Autoria própria (2022)

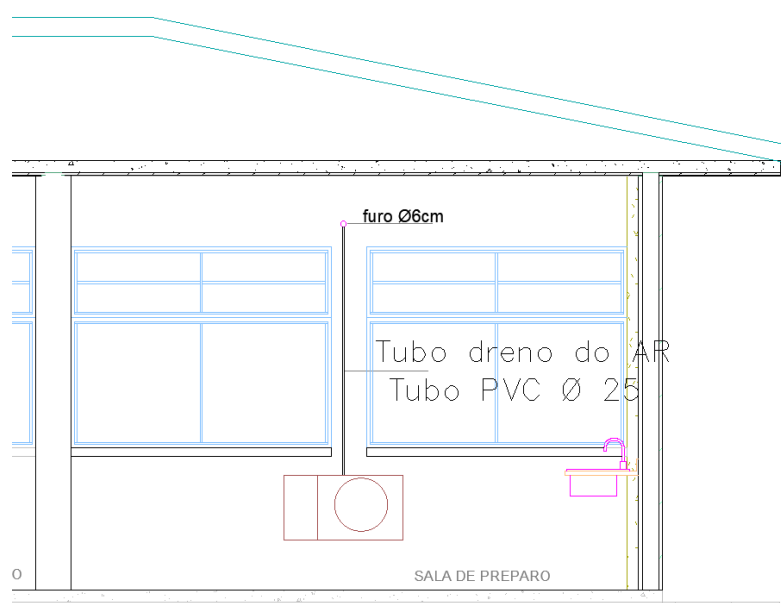
Já o detalhe relacionado ao dreno é representado nas Figura 16 e Figura 17. Para ser executado da melhor maneira possível, o dreno irá descer paralelo ao pilarete, utilizando um cano PVC de diâmetro de 20 (vinte) milímetros e será embutido na alvenaria ao chegar na altura da máquina evaporadora. Desta forma, será possível escoar a água por entre a calçada com uma distância aceitável da edificação, sem causar possíveis patologias relacionadas a infiltrações, evitando modificações nas fachadas.

Figura 16 Corte da execução do dreno do ar-condicionado



Fonte: Autoria própria (2022)

Figura 17 - Elevação da execução do dreno do ar-condicionado

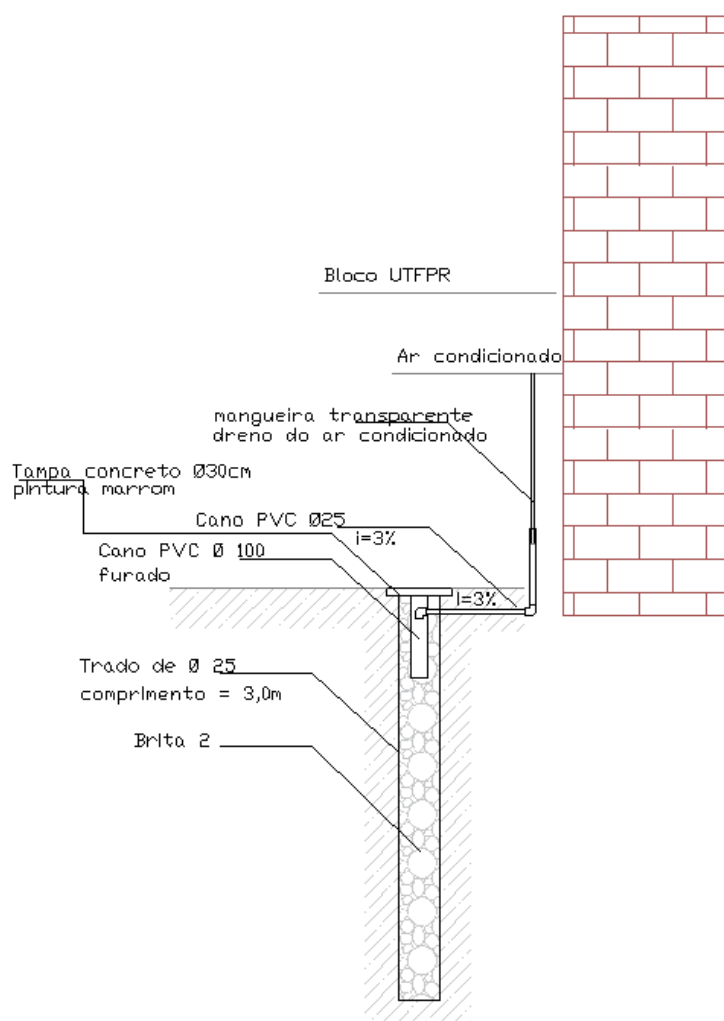


Fonte: Autoria própria (2022)

A solução ilustrada pela Figura 18 foi pensada para os ares-condicionados já instalados nas edificações da universidade. Esta sugere realizar a instalação de cano

PVC 25 milímetros nos drenos, descendo-o paralelamente as paredes. Ao chegar no nível do solo, escavar um pouco para que seja despejada a água dentro de um cano PVC 100 (cem) milímetros furado, sendo necessário a utilização de uma tampa em concreto para evitar acidentes. Para finalizar, é necessário a execução de um dreno vertical com diâmetro de 25 (vinte e cinco) centímetros e 3 (três) metros de profundidade, para que a água escoe no solo sem danificar a estrutura das edificações.

Figura 18 -Solução para os ares-condicionados já instalados



Fonte: Autoria própria (2022)

7 CONCLUSÃO

A metodologia aplicada proporcionou a identificação das principais manifestações patológicas nas fachadas dos blocos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Campo Mourão. A análise dos resultados obtidos possibilitou a conclusão de que grande parte dos problemas encontrados estão relacionados a adaptações realizadas para instalação dos ares-condicionados e a má qualidade na finalização da execução dos drenos.

Em relação a novas edificações, como por exemplo o novo bloco Herbário que já está previsto, este trabalho será de grande valia, pois a solução para novas construções proposta nesta pesquisa permite uma eficiência maior para destinação das águas dos drenos dos ares-condicionados, com pequenas mudanças na fachada padrão UTFPR.

Esta nova fachada trará uma eficiência também na execução de instalação dos equipamentos, uma vez que já será possível percorrer paralelamente o pilarete com o dreno e dessa forma não causará desconfiguração da fachada proposta.

Já os ares-condicionados instalados se faz necessário utilizar a solução elaborada com um dreno vertical, para que água seja dissipada no solo de maneira mais natural, favorecendo a absorção, sem causar nenhum tipo de patologia nas estruturas dos blocos.

Este trabalho servirá para as novas edificações a serem projetadas na UTFPR, como inspiração para elaboração dos projetos executivos de instalações de ares-condicionados, uma vez que não são elaborados pelos projetistas. E por isso causou tantas patologias nos blocos citados neste trabalho.

Para novos trabalhos acadêmicos nesta área, sugere-se a verificação das soluções apresentadas nesta pesquisa, tanto para novas construções quanto para os equipamentos já instalados, avaliando se estas promoveram melhorias.

REFERÊNCIAS

- ALBERTI JR, G; ANTUNES, G. R. Levantamento de problemas em fachadas associados à presença de aparelhos de ar-condicionado e prováveis soluções. *In: ENTAC – XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Anais [...] Porto Alegre, 2020. Disponível em:*
<https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1038/659>
- ALIEVI, C. V.; FOPPA, C. Projeto de revestimento de fachada. Goiânia: **Revista Especialize** On-line IPOG, Edição nº 11 Vol. 01/2016, julho/2016.
- ALUCCI, M. P; FLAUZINO, W. D.; MILANO, S. **Bolor em edifícios: causas e recomendações**. Tecnologia de edificações, São Paulo. PINI, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de Trabalhos da Div. De Edificações do IPT, 1988. P.565-70.
- ANTONOVICZ, D.; WEBER, R. G. B. **PMOC – Plano de manutenção operação e controle – nos condicionadores de ar do campus Medianeira da Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. Trabalho de conclusão de curso (Tecnólogo em Manutenção Industrial) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013. Disponível em:
https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/13609/3/MD_COMIN_2012_2_10.pdf.
- ANTUNES, G. S. **Estudo de Manifestações Patológicas em revestimentos de fachadas de Brasília – Sistematização da Incidência de casos**. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Brasília, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 16401-1: Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários. Parte 1: Projetos das instalações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014
- CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY. **Manual de Aire Acondicionado**. 5. Ed. Barcelona, Marcombo S. A. de Boixareu Editores, 1980, 858 p.
- CREDER, H. **Instalações de ar-condicionado**. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 2004. xv, 318 p.
- COLOMBO, J. R. **Caderno de Apresentação de Projetos em BIM**.2013 Disponível em:
https://www.gaspar.sc.gov.br/uploads/2022/06/1536999_7__Anexo_VII__TR__Caderno_de_Apresentacao_de_Projetos_em_BIM__LABIM__SC.pdf. Acesso em: 30 1out. 2022.
- COSTA, P. L. A. **Patologias do Processo Executivo de Revestimentos de Fachadas de Edifícios**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

DAIKIN. **Low-Impact Products**. Disponível em: <http://www.daikin.com/csr/environment/production/index.html>, 2015. Acesso em: 01 nov. 2022.

De OLIVEIRA, J. H. P.; VIEIRA, G. H. C.; Da SILVA M. C. **ESTUDO DOS EFEITOS DAS TENSÕES NA REGIÃO DE FUROS EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO**. Universidade São Francisco, Bragança Paulista, 2016. Disponível em: <http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/3308.pdf>.

FERREIRA, J. B.; LOBÃO, V. W. N. **Manifestações patológicas na construção civil**. Cadernos de Graduação, Ciências exatas e tecnológicas, Aracaju, v. 05, n. 01, p. 71-80, Out. 2018.

GONÇALVES, L. P. **Condicionamento de ar e sua evolução tecnológica**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) Universidade Anhembí Morumbi, São Paulo, 2005. Disponível em: <https://docplayer.com.br/5292114-Condicionamento-de-ar-e-sua-evolucao-tecnologica.html> Acesso em: 01 nov. 2022.

KOERICH, M. M.; **Lançamento automático de furos em vigas e lajes**. AltoQi Next, 2019. Disponível em: <https://next.altoqi.com.br/destaque/lancamento-automatico-de-furos-em-vigas-e-lajes/>. Acesso em: 28 out. 2022.

MARANGONI, F.; *et al.* **Comparativo econômico entre condicionadores de ar com tecnologias convencional e inverter**. In: ENEGEP, XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza, Ceará, 2015.

MAX, O. **Como dimensionar ar-condicionado de maneira correta**. São Paulo, SP 2022. Disponível em: <https://www.obramax.com.br/blog-do-max/max-ensina/dimensionar-ar-condicionado>. Acesso em: 02 nov. 2022.

OLIVEIRA, G. B. de A. **Estudo de Caso de Patologias em Revestimento Cerâmico em Fachada de um Edifício em Brasília-DF**. Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2013.

PESSOA, M. G. **Apresentação de plano de manutenção, operação e controle desenvolvido para aplicação no sistema de ar-condicionado do edifício sede da TV Universitária da Universidade Federal do Amazonas**. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ifam.edu.br/jspui/handle/4321/754>. Acesso em: 01 nov. 2022.

PINTAN, M. N. **Manifestações patológicas e estudos da corrosão presente em pontes do Recife**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, 2013.

PIONEER. **Inverter Air Conditioners**. Disponível em: <http://pioneerair.com.au/air-conditioning-products-for-australia/inverter-air-conditioners/>, 2015. Acesso em: 30 out. 2022.

ROCHA, I. **Corrosão em estruturas de concreto armado**. Revista On-Line IPOG – Especialize – Corrosão Em Estruturas de Concreto Armado, Goiânia, p. 6-8, 1 Dez. 2015.

RODRIGUES, Z. M. **O planejamento estratégico como indicador da controladoria aplicado à gestão de uma microempresa do ramo de ar-condicionado.** Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciências Contábeis) Faculdade Lourenço Filho, Fortaleza, 2010. Disponível em: <https://silo.tips/download/o-planejamento-estrategico-como-indicador-da-controladoria-aplicado-a-gestao-de>.

SIMÕES, R. **Vigas de concreto de alta resistência com abertura na alma.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1997. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000114486>. Acesso em: 01 nov. 2022.

SILVA, J. C.; SILVA, A. C. G. C. **Refrigeração e climatização para técnicos e engenheiros.** Rio de Janeiro Ciência Moderna, 2007. vi, 346p.

SILVA, A. C.; ROSA, J. S. **Modelagem de vigas em concreto armado avaliando a presença de furos e aberturas através do método dos elementos finitos.** Dissertação (Bacharelado em Engenharia Civil) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, Paraná, PR.

SOARES, S. **Treinamento linha residencial: Pós-vendas.** Apostila de Programa de Capacitação Profissional Midea Carrier, p.09, 2014. Disponível em: <https://doceru.com/doc/801811e>. Acesso em: 01 nov. 2022.

UTFPR. **Campus Campo Mourão.** 28 de maio 2021. Disponível em: <http://www.utfpr.edu.br/campus/campomourao/sobre>. Acesso em: 28 nov. 2022.

VILLANI, E. **Abordagem híbrida para modelagem de sistemas de ar-condicionado em edifícios inteligentes.** Dissertação (Mestrado em Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3132/tde-26032001-154604/publico/dissertacao.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2022.