

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS  
CAMPUS MANAUS DISTRITO INDUSTRIAL  
CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO**

**MONITORAMENTO DAS INSTALAÇÕES DE AR CONDICIONADO NO INTERIOR  
DAS SALAS DE AULA DO IFAM**

ELTON SILVEIRA DA PENHA

MANAUS  
2021

ELTON SILVEIRA DA PENHA

**MONITORAMENTO DAS INSTALAÇÕES DE AR CONDICIONADO NO INTERIOR  
DAS SALAS DE AULA DO IFAM**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Amazonas, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Vitor Bremgartner

MANAUS  
2021

ELTON SILVEIRA DA PENHA

**MONITORAMENTO DAS INSTALAÇÕES DE AR CONDICIONADO NO INTERIOR  
DAS SALAS DE AULA DO IFAM**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Amazonas, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Controle e Automação.

Aprovado em 16 de Julho de 2021.

**BANCA EXAMINADORA**



Profº Dr. Vitor Bremgartner da Frota (Orientador)



---

Profª MSc. Fernanda da Silva Alves

NIVALDO  
RODRIGUES E  
SILVA:142482982  
87

Assinado de forma digital  
por NIVALDO RODRIGUES  
E SILVA:14248298287  
Dados: 2021.07.19  
02:24:03 -04'00'

---

Profº MSc. Nivaldo Rodrigues e Silva

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha família pelo apoio e exemplo que sempre me deram.

Agradeço aos meus amigos que sempre me deram força e conseguiram tornar possível minhas conquistas.

Agradeço ao meu orientador e mestre Vitor, ao apoio, força e exemplo.

Agradeço a todos os professores do IFAM pela força e exemplo pessoal e profissional.

## RESUMO

O monitoramento dos aparelhos de ar condicionado é um fator importante em diversos tipos de instituições, uma vez que é necessário climatizar espaços com pouco ruído e sem risco de contaminação. Com base nesse contexto, este trabalho teve como objetivo analisar as instalações de ar condicionado no interior das salas de aulas do IFAM, propondo, em seguida, um plano de manutenção. A finalidade básica desse monitoramento é acompanhar o desempenho dos aparelhos através de medições de temperatura, umidade e ruído e identificar aqueles aparelhos que apresentam falhas ou dificuldade de funcionamento e assim permitir uma intervenção mais eficaz de manutenção. Com base nos dados levantados, pode-se identificar que os condicionadores de ar analisados apresentam um funcionamento inadequado, uma vez que as temperaturas da sala estão acima do determinado no aparelho. Além disso o nível de ruído está acima do especificado pela NBR 10152, afetando não apenas a audição dos alunos e professores, como também prejudicando a aula. Os valores de umidades também se mostram inadequado, indicando que os aparelhos precisam de um plano de manutenção. Sendo assim, foi proposta três linhas de manutenção que busca prevenir estes problemas. Estas manutenção são mensais, semestrais e anuais, considerando o uso da equipe de manutenção do campus.

**Palavras-Chave:** Monitoramento, Ar condicionado, manutenção

## **ABSTRACT**

Monitoring air conditioning equipment is an important factor in several types of institutions, since it is necessary to acclimatize spaces with little noise and without risk of contamination. Based on this context, this work aimed to analyze the air conditioning installations inside the IFAM classrooms, then proposing a maintenance plan. The basic purpose of this monitoring is to monitor the performance of the devices through measurements of temperature, humidity and noise and identify those devices that present failures or difficulties in operation, thus allowing a more effective maintenance intervention. Based on the data collected, it can be identified that the analyzed air conditioners have an inadequate operation, since the room temperatures are above the determined in the device. In addition, the noise level is above that specified by NBR 10152, affecting not only the hearing of students and teachers, but also harming the class. Humidity values are also inadequate, indicating that the devices need a maintenance plan. Therefore, three lines of maintenance were proposed to prevent these problems. These maintenance are monthly, semi-annual and annual, considering the use of the campus maintenance team.

**Keywords:** Monitoring, Air conditioning, Maintenance

## LISTA DE FIGURAS E GRÁFICOS

<b>Figura 1</b> - Tipos de manutenção.....	18
<b>Figura 2</b> - TermoHigrômetro .....	24
<b>Figura 3</b> - Decibelímetro .....	25
<b>Figura 4</b> – Manutenção mensal dos aparelhos de ar condicionado .....	32
<b>Figura 5</b> – Atividades da manutenção anual.....	34
<b>Gráfico 1</b> - Comparativo geral temperatura e umidade .....	28
<b>Gráfico 2</b> - Comparativo temperatura .....	29
<b>Gráfico 3</b> - Comparativo umidade.....	30
<b>Gráfico 4</b> – Medição de ruído das salas .....	31





## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Média geral de temperatura e umidade .....	27
<b>Tabela 2</b> – Tarefas da manutenção semestral .....	33

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

NBR	Norma Brasileira
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
NR	Norma Regulamentadora
PM	Manutenção preventiva
BM	Manutenção de parada,
MC	Manutenção corretiva,
MQ	Manutenção de quebra,
TBM	Manutenção baseada no tempo,
CBM	Manutenção baseada nas condições.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	11
1.2	JUSTIFICATIVA.....	12
1.3	OBJETIVOS.....	12
1.4	DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA.....	13
1.5	ESTRUTURAS DO TRABALHO.....	13
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	14
2.1	MONITORAMENTO DO AR.....	14
2.2	MANUTENÇÃO.....	15
2.3	HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO.....	15
2.4	TIPOS DE MANUTENÇÃO.....	17
2.4.1	Manutenção preventiva (PM).....	18
2.4.2	Manutenção de parada (BM).....	19
2.4.3	Manutenção corretiva (MC).....	20
2.4.5	Manutenção baseada no tempo (TBM).....	21
2.4.6	Manutenção baseada nas condições (CBM).....	22
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	24
3.1	MEDIÇÃO DE TEMPERATURA E UMIDADE.....	25
3.2	MEDIÇÃO DE RUÍDOS.....	26
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	27
4.1	SUGESTÃO DE MANUTENÇÃO.....	32
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	36

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A manutenção deve ser prática constante nas organizações, pois caso o equipamento quebre ou apresente defeitos em operação, o produto não terá o mesmo padrão de qualidade que poderia oferecer caso o equipamento não tivesse apresentado problemas.

As atividades de manutenção têm objetivo de evitar a degradação do equipamentos e instalações, que o mal-uso e o desgaste natural causam. As degradações podem se manifestar como perdas de desempenho, paradas da produção, fabricação de produtos de má qualidade, poluição ambiental, entre outros. Essas manifestações tem uma grande influência negativa na qualidade e produtividade, e acabam colocando em risco a sobrevivência da empresa. Isso mostra que o gerenciamento da manutenção é importante para a melhoria da produtividade, gerando ganhos potenciais (XENOS, 1998 *apud* FREITAS, 2016).

Segundo Takahashi e Osada(2010,p. 2):

“...os rádios contêm 10<sup>2</sup> peças, os televisores 10<sup>3</sup>, os automóveis, 10<sup>4</sup>, um avião a jato, 10<sup>5</sup>, e uma espaçonave Apollo, 10<sup>6</sup>. Em um total de 500 peças, se cada uma tem um percentual de confiabilidade de 99,99% por unidade de tempo, a confiabilidade das 500 peças combinada fica reduzida a apenas 96,24%. Portanto, é imprescindível garantir que as peças sejam projetadas para serem confiáveis e que os métodos de manutenção adequados sejam acionados.”

Equipamentos como aparelhos de ar condicionado, por exemplo, sem a manutenção necessária perdem o percentual de confiabilidade, fazendo com que as possibilidades de defeitos aumentem.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Como resultado do crescente aumento da competitividade, há um maior enfoque nas áreas estratégicas da produção, como a manutenção. Essa, precisa estar voltada para os resultados empresariais da organização, seu objetivo não pode ser simplesmente reparar o equipamento ou instalação, mas sim manter sua função disponível para operação, reduzindo ao máximo a probabilidade de uma parada de produção não planejada (KARDEC; NASCIF, 2009 *apud* FREITAS, 2016).

Infelizmente, a manutenção na maioria das empresas, principalmente nas pequenas, ainda não segue essa lógica, o que acontece é que ela simplesmente tem o papel de “apagar os incêndios”, ou seja, apenas reparar o que quebrou, sem a preocupação de realmente se fazer ajustes e análises periódicas, que contribuiriam para constante otimização do maquinário (FREITAS, 2016).

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de monitorar e elaborar um plano de manutenção para os ares condicionados das salas de aula do IFAM – CMDI (Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Amazonas – Campus Distrito Industrial). Essa necessidade surgiu devido ao grande número de equipamentos com defeitos no campus, sejam eles ruídos, umidade ou temperatura não adequada.

## 1.3 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é realizar um monitoramento nas salas de aula do Campus Manaus Distrito Industrial (CMDI) e identificar aqueles aparelhos que apresentam maiores defeitos ou oscilações.

O objetivo específico é realizar medições nas salas de aula e assim analisar o desempenho das máquinas quanto a temperatura, umidade e ruídos para que assim possa ser elaborado o plano de manutenção de acordo com os problemas das máquinas.

É esperado que com a realização deste trabalho, o CMDI obtenha uma diminuição dos gastos com manutenção, grande parte em longo prazo, e melhoria da disponibilidade do maquinário.

#### 1.4 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado no IFAM, campus Manaus Distrito Industrial (CMDI) em 2019 e visa analisar um método de manutenção mais econômico para o campus devido ao grande número de falhas e defeitos apresentados nos ares condicionados das salas de aula. Com a ajuda do professor Fabian, foi realizado um planejamento para fazer o monitoramento e as medições nas salas de aula e assim, conseqüentemente, propor um plano de manutenção mais adequado para o campus.

Obs: Entre meados de 2020 e início de 2021 todas as máquinas das salas de aula foram trocadas.

#### 1.5 ESTRUTURAS DO TRABALHO

Este trabalho é constituído de 6 partes:

- 1- Introdução: Neste tópico é apresentado uma introdução ao tema do trabalho, o objetivo, a proposta e a metodologia.
- 2- Referencial Teórico: Aqui é apresentado a teoria sobre monitoramento e manutenção.
- 3- Metodologia: Nesta parte é feito o desenvolvimento da metodologia para a aplicação no IFAM.
- 4- Resultados e Discussões: Resultado da aplicação da metodologia apresentada no item anterior.
- 5- Conclusões
- 6- Apresentação dos resultados da pesquisa e aplicação no IFAM e o que precisa ser melhorado.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 MONITORAMENTO DO AR

O ar é um dos compartimentos do ecossistema que mais tem sofrido com os poluentes provenientes das atividades antrópicas, principalmente nas aglomerações urbanas. No entanto, nas últimas décadas, a qualidade do ar de ambientes internos tem sido enfoque de várias discussões e pesquisas, por refletir diretamente na qualidade de vida e saúde da população (CAIXETA *et al.*, 2016).

No Brasil, a qualidade do ar em ambientes internos começou a ser regulamentada a partir da publicação da Portaria nº 3523, de 28 de agosto de 1998, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Esta aprovou o regulamento técnico para manutenção e limpeza de sistemas de climatização de ambientes. Anos depois, foi publicada a Resolução nº 9, em 16 de janeiro de 2003, da ANVISA que atualizou os padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público (CAIXETA *et al.*, 2016).

A Qualidade do Ar Interior nas escolas é um tema relativamente recente na literatura e a maioria dos estudos, a nível mundial, foram realizados na Europa, América do Norte e em alguns pontos da Ásia, enquanto os estudos brasileiros pioneiros foram realizados na região sudeste (COMIN, 2012). Ferreira e Cardoso (2013), avaliaram a qualidade do ar de 51 escolas de educação básica de Coimbra/Portugal, sendo que os resultados mostraram que houve elevada concentração de poluentes no interior das salas (CAIXETA *et al.*, 2016).

A importância de monitorar a Qualidade do Ar Interior em salas de aula decorre do fato de que além das crianças e jovens passarem, em média, 25% do tempo (6 horas diárias) nas escolas, eles constituem uma faixa etária de risco. Aliado a isso, existe o fato de que muitas escolas carecem de um eficiente programa de manutenção predial e apresentam deficientes taxas de ventilação, que somadas às altas taxas de ocupação das salas de aula, contribuem para a má qualidade do ar interior,

comprometendo, além da saúde, o desempenho dos estudantes (CAIXETA *et al.*, 2016).

## 2.2 MANUTENÇÃO

Quando o homem começou a manusear instrumentos e desenvolver as máquinas para a produção de bens de consumo a manutenção foi emergindo a partir do momento em que novas necessidades eram criadas(NETO, 2017).

A manutenção dos equipamentos de produção é um elemento chave tanto para a produtividade das empresas quanto para a qualidade dos produtos. É um desafio industrial que implica discutir as estruturas atuais inertes e promover métodos adaptados à nova natureza dos materiais (MONCHY, 1987 *apud* FREITAS, 2016).

As atividades de manutenção estão limitadas ao retorno de um equipamento às suas condições originais. Enquanto, em um sentido mais amplo, as atividades de manutenção também devem envolver a modificação das condições originais através da introdução de melhorias para evitar a ocorrência ou incidência de falhas, reduzir o custo e aumentar a produtividade (XENOS, 1998 *apud* FREITAS, 2016).

## 2.3 HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO

Com a implantação da produção em série, instituída por Ford, as fábricas passaram a estabelecer programas mínimos de produção e, em consequência, sentiram necessidade de criar equipes que pudessem efetuar reparos em máquinas operatrizes no menor tempo possível. Assim surgiu um órgão subordinado à operação, cujo objetivo básico era de execução da Manutenção Corretiva(NETO, 2017).

Antes da revolução industrial não havia máquinas produzindo em escala. Existiam artesãos que contavam apenas com mecanismos manuais como antigos teares, suas ferramentas e técnicas. Mesmo esses equipamentos de produção precisavam de manutenção. Afiar a lâmina de uma faca ou trocar o cabo frouxo de um



martelo eram alguns exemplos de pequenas tarefas relacionadas à manutenção que os próprios donos das ferramentas faziam (MAROCCO, 2013).

A primeira geração engloba o período antes da Segunda Guerra Mundial, quando a indústria ainda era pouco mecanizada, os equipamentos eram simples e superdimensionados. A manutenção era fundamentalmente corretiva, não planejada (KARDEC; NASCIF, 2009 apud FREITAS, 2016).

A segunda geração se deu entre os anos 1950 e 1970. Após a Segunda Guerra Mundial aumentou significativamente a necessidade por uma produção mais ágil e ao mesmo tempo confiável; as intervenções corretivas, aquela que ocorre após a falha ou quebra do ativo, não eram mais suficientes. A manutenção preventiva surgia não só para corrigir falhas, mas também para evitá-las (NETO, 2017).

A terceira geração começou na década de 70, quando se acelerou o processo de mudança das indústrias. Houve um reforço do conceito e utilização da manutenção preditiva e o desenvolvimento de softwares que permitiram melhor planejamento, controle e acompanhamento dos serviços de manutenção. Entra em evidência o conceito de confiabilidade, no Brasil, por exemplo, o processo de Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC ou RCM em inglês) tem sua implantação na década de 90. Mas apesar dessa busca numa maior confiabilidade, a falta de interação nas áreas de engenharia, manutenção e operação impedia melhores resultados, logo as taxas de falhas prematuras eram elevadas (KARDEC; NASCIF, 2009 apud FREITAS, 2016).

Ainda na década de 1970 os japoneses criaram a Total Productive Maintenance, TPM, Manutenção Produtiva Total, envolvendo o ciclo produtivo ocioso da operação para execução de rotinas de manutenção permitindo o mantenedor fazer parte das análises da Engenharia de Manutenção (NETO, 2017).

Na quarta geração há uma consolidação das atividades de Engenharia da Manutenção, que tem na Disponibilidade, Confiabilidade e Manutenibilidade as três maiores justificativas de sua existência. A Manutenção prioriza a minimização de falhas prematuras, por isso a análise de falhas é uma metodologia consagrada como capaz de

melhorar a performance dos equipamentos e da empresa. A manutenção preditiva é cada vez mais utilizada, há uma tendência na redução do uso da manutenção preventiva, uma vez que ela demanda paralização dos equipamentos e sistemas, e a manutenção corretiva não-planejada se torna um indicador da ineficácia da manutenção. A interação entre as áreas de engenharia, manutenção e operação é um fator de garantia de metas. Por fim, uma grande mudança dessa geração foi o aprimoramento da terceirização, buscando uma relação de parceria de longo prazo (KARDEC; NASCIF, 2009 apud FREITAS, 2016).

No final da década de 80, com as exigências de aumento da qualidade dos produtos e serviços pelos consumidores, a Manutenção passou a ser um elemento importante no desempenho dos equipamentos, haja vista impactar diretamente no produto final. Este reconhecimento foi acatado pela ISO, quando em 1993 revisa a norma série 9000 para incluir a função Manutenção no processo de certificação dando, portanto, o reconhecimento (já identificado pela ONU em 1975) da estrutura organizacional de equivalência dessas duas funções no incremento da qualidade, aumento da confiabilidade operacional, redução de custos e redução de prazos de fabricação e entrega, garantia de segurança do trabalho e da preservação do meio ambiente (NETO, 2017).

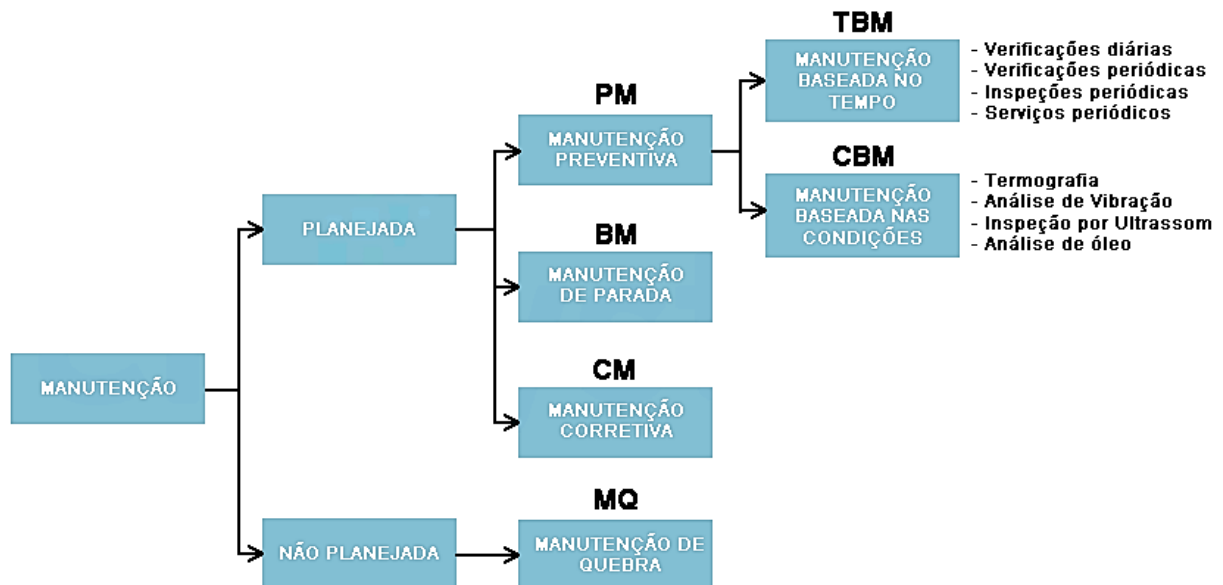
No final do século passado, a Manutenção passou a ter uma importância em grau equivalente ao que já vinha sendo dado à Operação. Em consequência, o PCM, (assim como a Engenharia de Manutenção), passou a desempenhar importante função estratégica dentro da área de produção, através do registro das informações e da análise de resultados, auxiliando os gerentes de Produção, Operação e Manutenção na tomada de decisão (NETO, 2017).

## 2.4 TIPOS DE MANUTENÇÃO

De acordo com Silveira (2016), os tipos de manutenção existentes são caracterizados pela maneira como é feita a intervenção nos equipamentos, sistemas ou instalações.

Existe uma gama bem grande de denominações para classificar os tipos de manutenção. Neste trabalho serão abordados 6 tipos de manutenção, são eles: manutenção preventiva (PM), manutenção de parada (BM), manutenção corretiva (MC), manutenção de quebra (MQ), manutenção baseada no tempo (TBM), manutenção baseada nas condições (CBM). Na figura 1, é visto como os tipos de manutenção são definidos.

**Figura 1** -Tipos de manutenção



Fonte: Citisystems

#### 2.4.1 Manutenção preventiva (PM)

A manutenção preventiva, dentre os tipos de manutenção, se destaca por manter o nível dos equipamentos, programando intervenções periódicas a fim de reduzir as deteriorações dos equipamentos. A manutenção preventiva combina os métodos com base no tempo e nas condições para manter o equipamento funcionando e a partir das intervenções ela consegue manter o desempenho dos materiais estruturais, previne a corrosão, a fadiga e outras formas de deterioração. Uma característica importante deste tipo de manutenção é que a inspeção ou intervenção no equipamento é feita periodicamente mesmo que ele não tenha problemas (SILVEIRA, 2016).

Porém, se por um lado a manutenção preventiva permite um bom gerenciamento das atividades, nivelamento dos recursos, além de previsibilidade do consumo de materiais e sobressalentes, por outro lado promove a retirada do equipamento ou sistema de operação para a execução das atividades programadas. Assim, deve-se pesar os fatores para que o uso dessa política seja adequado à realidade dos equipamentos, sistemas ou plantas (KARDEC; NASCIF, 2009 *apud* FREITAS, 2016).

#### 2.4.2 Manutenção de parada (BM)

A manutenção de parada também é chamada de manutenção por melhoria ou prevenção de manutenção. São paradas ou grandes paradas de equipamentos que tem como objetivo fazer com que os mesmos atinjam o estado de novo. São feitas revisões e reparos em todos os itens de forma a assegurar, com alta probabilidade, um bom desempenho do equipamento por um longo período de tempo (SILVEIRA, 2016).

A manutenção por melhoria é uma tarefa realizada com o objetivo de aumentar a manutenibilidade de um ativo ou equipamento, entendendo por manutenibilidade as características da unidade, equipamento ou infraestrutura de suporte que tornam as tarefas de manutenção fáceis de realizar (MOSCHIN, 2015).

Pode consistir em fazer melhorias no projeto das peças a fim de reduzir falhas redundantes e melhorar o desempenho do equipamento com antecedência ou na busca de novos materiais para sua aplicação na indústria. Refere-se também a modificações no equipamento, se constituírem uma vantagem técnica e / ou econômica e se permitirem reduzir, simplificar ou eliminar as operações de manutenção (MOSCHIN, 2015).

A manutenção da melhoria é um pilar fundamental quando se deseja otimizar qualquer processo produtivo, conseguindo direcionar qualquer empresa para a

realização de seus objetivos e para um processo de Melhoria Contínua (MOSCHIN, 2015).

#### 2.4.3 Manutenção corretiva (MC)

O conjunto de atividades destinadas a corrigir defeitos encontrados em diferentes equipamentos é a característica da manutenção corretiva, onde ela começa com os usuários ou operadores do equipamento relatando defeitos e comunicando ao planejamento do departamento de manutenção, que por sua vez, providencia um técnico especializado para fazer a correção devida do problema (SILVEIRA, 2016).

Existem duas formas diferentes de manutenção corretiva: programada e não programada. A diferença entre os dois tipos é que enquanto a não programada envolve reparar a falha imediatamente após ela ocorrer, a manutenção corretiva programada ou planejada envolve a correção da falha quando o pessoal, ferramentas, informações e materiais necessários estão disponíveis. E também o tempo de reparo é adaptado às necessidades de produção (MARCORIN; LIMA, 2011).

A decisão entre corrigir uma falha de forma planejada ou imediata geralmente é marcada pela importância do equipamento no sistema de produção: se a falha envolver a paralisação imediata de um equipamento necessário, o reparo começa sem planejamento prévio. Se, em vez disso, o equipamento ou instalação puder ser mantido operacional mesmo com a presença dessa falha, o reparo pode ser adiado até que chegue o momento mais apropriado (PAZETO, 2016).

#### 2.4.4 Manutenção de quebra (MQ)

Diferentemente do tipo de manutenção planejada, a manutenção de quebra, está entre os tipos de manutenção onde não há planejamento de atividades. Isto significa que o intuito é deixar o equipamento operar até o mesmo quebre para então consertá-lo. A manutenção de quebra é aplicada quando as falhas não afetam significativamente a operação, produção ou não geram qualquer perda financeira (SILVEIRA, 2016).

#### 2.4.5 Manutenção baseada no tempo (TBM)

A manutenção baseada no tempo consiste na inspeção visual, lubrificação, limpeza do equipamento e na substituição de peças para prevenir as falhas repentinas e os problemas do processo. Estes tipos de manutenção geralmente não exigem especialização, podendo ser realizadas pelos próprios operadores mediante um treinamento básico. No TPM, ela faz parte das atividades de manutenção autônoma e da manutenção especializada (SILVEIRA, 2016).

A manutenção baseada no tempo consiste em inspecionar, fazer manutenção, limpar equipamentos e substituir peças periodicamente para evitar quebras repentinas e problemas de processo. Esses planos de revisão estabelecem um calendário de datas em que serão desenvolvidas ações nos equipamentos, permitindo, entre muitas outras vantagens, a otimização de recursos como mão de obra (SOARES, 2015).

Em determinadas situações, o prazo de conclusão é estimado indiretamente, utilizando outros parâmetros; unidades realizadas, quilômetros percorridos, etc. Para uma correta aplicação, deve-se realizar primeiro um estudo ou estimativa da vida útil dos diferentes elementos suscetíveis ao desgaste ou que levam à deterioração ou mau funcionamento do equipamento, como fase anterior ao planejamento das operações de manutenção (SOARES, 2015).

A situação ideal seria aquela que, por um conhecimento completo da vida de cada uma das partes que sofrem desgaste, nos permitisse criar um programa de intervenção preventiva de substituição. Cada peça seria substituída por uma nova antes do desgaste total ou quebra, desta forma, as quebras desapareceriam completamente.

Porém, esta situação é utópica, o nosso conhecimento da vida das peças é incompleto, porque é incerto. No melhor dos casos, podemos conhecer a sua distribuição de probabilidade, embora seja normal fazer uma previsão subjetiva dessa distribuição (SOARES, 2015).

Os períodos de inspeção são cruciais para que a manutenção preventiva seja bem-sucedida, pois um período muito curto levará a custos desnecessários, enquanto um período muito longo leva a um maior risco de falha (SOARES, 2015).

#### 2.4.6 Manutenção baseada nas condições (CBM)

Para Silveira (2016), a manutenção baseada nas condições é desencadeada pelas condições reais do equipamento mais do que pela transcorrência de um intervalo de tempo predeterminado. A principal ferramenta utilizada aqui é a manutenção preditiva e ela consiste em coletar e reportar informações que se baseiam em certos valores conhecidos dos equipamentos. Alguns exemplos são: coleta da temperatura através de termografia, análise da vibração através da utilização de acelerômetros e análise da qualidade do óleo em laboratórios. Com o monitoramento constante, é possível intervir nos equipamentos assim que as variações são detectadas, de forma a corrigir as falhas antes que o equipamento quebre. Estes tipos de manutenção exigem conhecimentos técnicos avançados da equipe e geralmente é terceirizado por empresas especialistas em cada segmento.

Como consequência das incertezas apresentadas pela manutenção preventiva com base no tempo e com o apoio do desenvolvimento tecnológico, um novo conceito de manutenção foi desenvolvido com base no estado ou estado da máquina. Esse tipo de intervenção é conhecido como manutenção preditiva, e passa a supor toda uma revolução dada sua filosofia de antecipação ao fracasso por meio do conhecimento do comportamento da máquina e de como ela deve se comportar, sabendo antecipadamente qual elemento pode falhar e quando. Assim, uma intervenção pode

ser programada sem afetar o processo produtivo, com as consequentes otimizações nos custos de produção, mão de obra e peças sobressalentes. Desta forma, avarias grandes e dispendiosas são evitadas acelerando as intervenções (BALDISSARELLI; FABRO, 2019).

A Manutenção Baseada nas Condições é uma metodologia que visa garantir o correto funcionamento do equipamento através da monitorização contínua dos níveis ou limiares correspondentes aos parâmetros indicativos do estado do equipamento, e que é efetuada sem recurso a desmontagens e revisões periódicas (BALDISSARELLI; FABRO, 2019).



### 3 METODOLOGIA

As análises foram realizadas no primeiro semestre de 2019, no período diurno, quando as salas estavam desocupadas pelos usuários. Foram selecionadas 17 salas para tal pesquisa no qual foram monitorados temperatura, umidade e ruídos.

As 17 salas de aula selecionadas foram: sala 01, sala 02, sala 03, sala 06, sala 07, sala 08, sala 09, sala 10, sala 11, sala 15, sala 16, sala 17, sala 18, sala 20, sala 21, sala 22 e sala 23.

Para a coleta de dados referente a temperatura e umidade foi utilizado um TermoHigrômetro para coleta de dados referente aos ruídos foi utilizado um decibelímetro. O Termohigrômetro, apresentado na Figura 2, permite a medição da temperatura interna, externa e da umidade interna. Ele também funciona como relógio, alarme e armazena o valor máximo e mínimo da temperatura e da umidade. Apresenta como características: alta confiabilidade, durabilidade e simplicidade de operação (UFPB LAT, 2016).

**Figura 2 -TermoHigrômetro**



**Fonte:** <https://www.santaapolonia.com.br/produtos/termo-higrometro-digital-7663-incoterm-967500>

O Decibelímetro, exposto na Figura 3, DEC-5000 é um instrumento utilizado para realizar medição de níveis de ruído. O microfone é peça vital no circuito, sendo sua função a de transformar um sinal mecânico (vibração sonora) num sinal elétrico. O circuito de medição dos aparelhos pode ter resposta lenta ou rápida (UFPB LAT, 2016).

**Figura 3 -Decibelímetro**



**Fonte:** [encurtador.com.br/vMQX1](http://encurtador.com.br/vMQX1)

### 3.1 MEDIÇÃO DE TEMPERATURA E UMIDADE

As medições de temperatura das salas foram realizadas entre 10 da manhã e mais ou menos 8 da noite. O ar condicionado era ligado de manhã e colocado numa temperatura de 20 °C, o termohigrômetro foi colado no centro de cada sala que foi listada e após alguns minutos era feita a medição de temperatura e umidade. A cada 30 minutos era medida a temperatura e umidade da sala de aula e assim anotado na planilha os dados das medições.

### 3.2 MEDIÇÃO DE RUÍDOS

Foram feitos dois tipos de medições de ruídos, que foram identificados como ruído A e ruído B. O ruído A foi medido com o decibelímetro no centro de cada sala e o ruído B foi medido com o decibelímetro próximo ao aparelho de ar condicionado. E assim como a temperatura e umidade, a cada 30 minutos era feito uma medição para cada ruído.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos nesse estudo mostram as condições dos aparelhos de ar condicionado das salas que foram monitoradas no IFAM – CMDI. De acordo com os gráficos e tabelas feitos a partir das medições, nenhuma das salas ao final do dia realmente chegou na temperatura que foi realmente colocada (20°C), provando assim, que é realmente necessário um plano de manutenção adequado para os aparelhos.

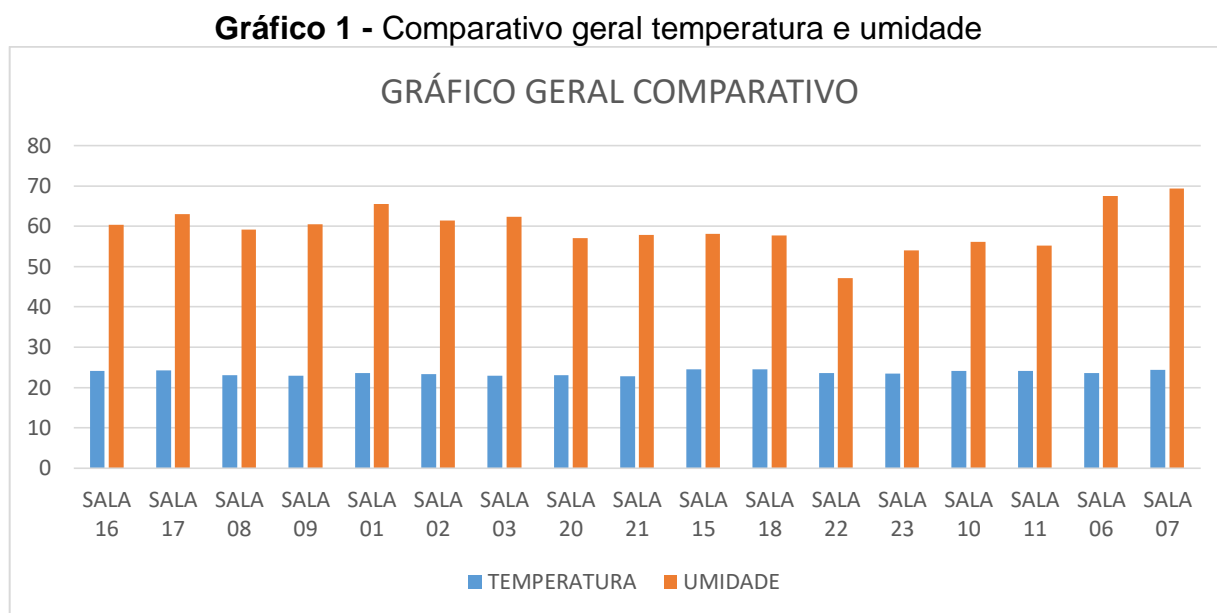
A Tabela 1 mostra a média geral da temperatura e umidade em cada sala e no final média geral de todas as salas.

**Tabela 1** - Média geral de temperatura e umidade

<b>SALAS</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>UMIDADE</b>
SALA 01	23,60666667	65,46666667
SALA 02	23,33333333	61,46666667
SALA 03	22,92	62,4
SALA 06	23,51875	67,5
SALA 07	24,42666667	69,4
SALA 08	23,04666667	59,13333333
SALA 09	22,87857143	60,5
SALA 10	24,1	56,125
SALA 11	24,075	55,25
SALA 15	24,55882353	58,17647059
SALA 16	24,16666667	60,4
SALA 17	24,17333333	63
SALA 18	24,45625	57,75
SALA 20	23,00666667	57,06666667
SALA 21	22,775	57,875
SALA 22	23,6375	47,1875
SALA 23	23,3875	54
<b>TOTAL</b>	<b>23,65102323</b>	<b>59,57042964</b>

**Fonte:** Elaborada pelo autor

Nos Gráfico 1 é possível observar os dados de forma resumida, onde apresenta-se um comparativo dos valores de umidade e de temperatura em cada sala onde foi feita a leitura dos fatores ambientais. Vale destacar que a temperatura regulada era de 20 graus, enquanto a NR17.5, indica que a temperatura ideal para ambientes como laboratórios e salas de aula, a temperatura deve variar entre 20 e 23 graus Celsius.

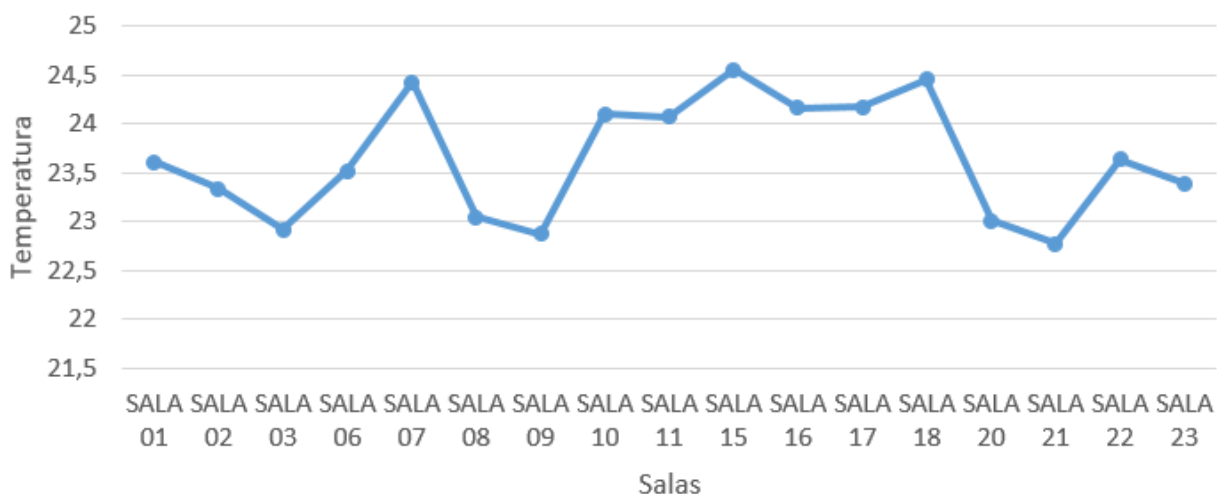


**Fonte:** Elaborado pelo autor

A partir de uma breve observação do Gráfico 1, é possível notar que nenhuma das salas apresenta a temperatura de 20°. Vale ressaltar que as medições foram feitas com as salas já resfriadas, visando assim minimizar influências ambientais, como a presença de alunos, abertura constante da porta, entre outras. Logo, pode-se inferir que os aparelhos de fato mostram um funcionamento inadequado no que diz respeito ao resfriamento.

Em relação à temperatura, os valores obtidos para cada sala podem ser observados no Gráfico 2, onde uma variação considerável pode ser observada.

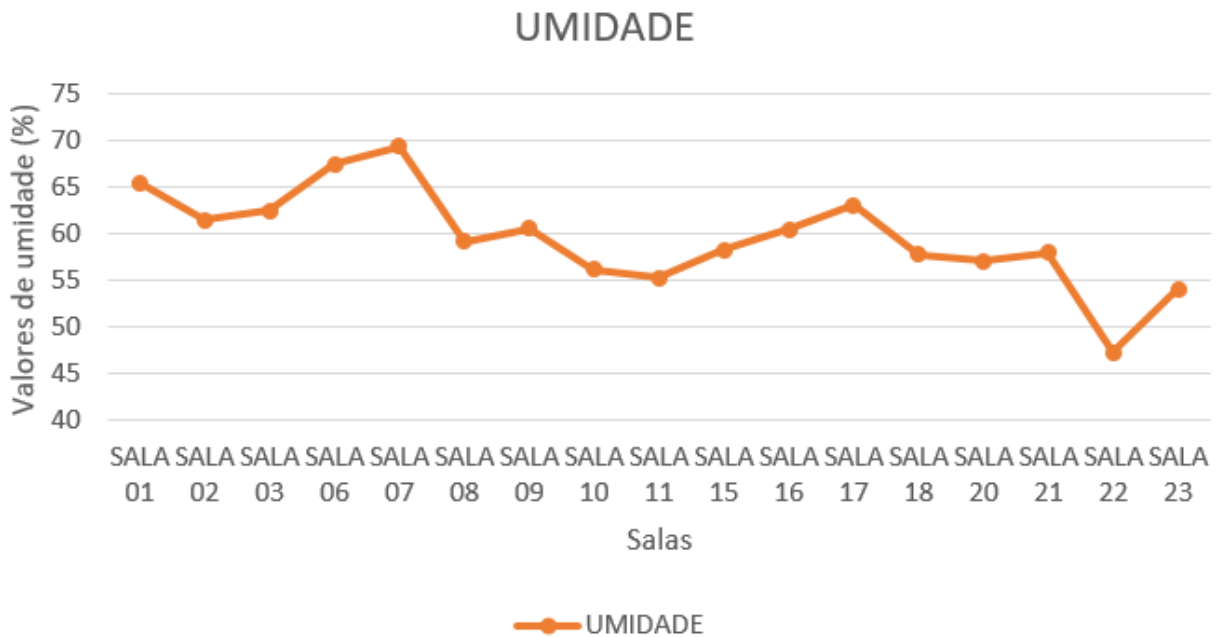
**Gráfico 2 -Comparativo temperatura**  
**TEMPERATURA**



**Fonte:** Elaborado pelo autor

Através do Gráfico 2, nota-se, por exemplo, que a sala 7 apresenta o menor valor de temperatura, sendo este menor que 23°C, enquanto as salas 15 e 18 apresentam as maiores temperaturas que é cerca de 24,5°C. Apesar da diferença parecer mínima, para uma sala climatizada, esta diferença indica uma defasagem no funcionamento dos dispositivos, visto que todas as salas se encontram em uma mesma região geográfica, sob mesmas condições climáticas, entre outros fatores que apontam o mal funcionamento do dispositivos.

No que diz respeito aos índices de umidade, estes podem ser verificados por meio do Gráfico 3, mostrado abaixo. É importante destacar que a umidade é dada em valores de porcentagem, já que este fator é relativo e considera a capacidade do ar no local da medição de absorver moléculas de águas. Sendo assim, diz-se que a umidade está em 100%, por exemplo, quando o ar está saturado e moléculas de águas começa a se precipitar.

**Gráfico 3 - Comparativo umidade**

**Fonte:** Elaborado pelo autor

Por meio das informações obtidas no Gráfico 3, nota-se uma variação também na umidade entre as salas. O menor valor de umidade foi identificado na sala 22, correspondendo à cerca de 47%. O valor mais elevado foi observado na sala 7, onde a umidade chegou à 70%. A NR 17 expõe que a umidade ideal deve ficar em torno ou menor que 40%.

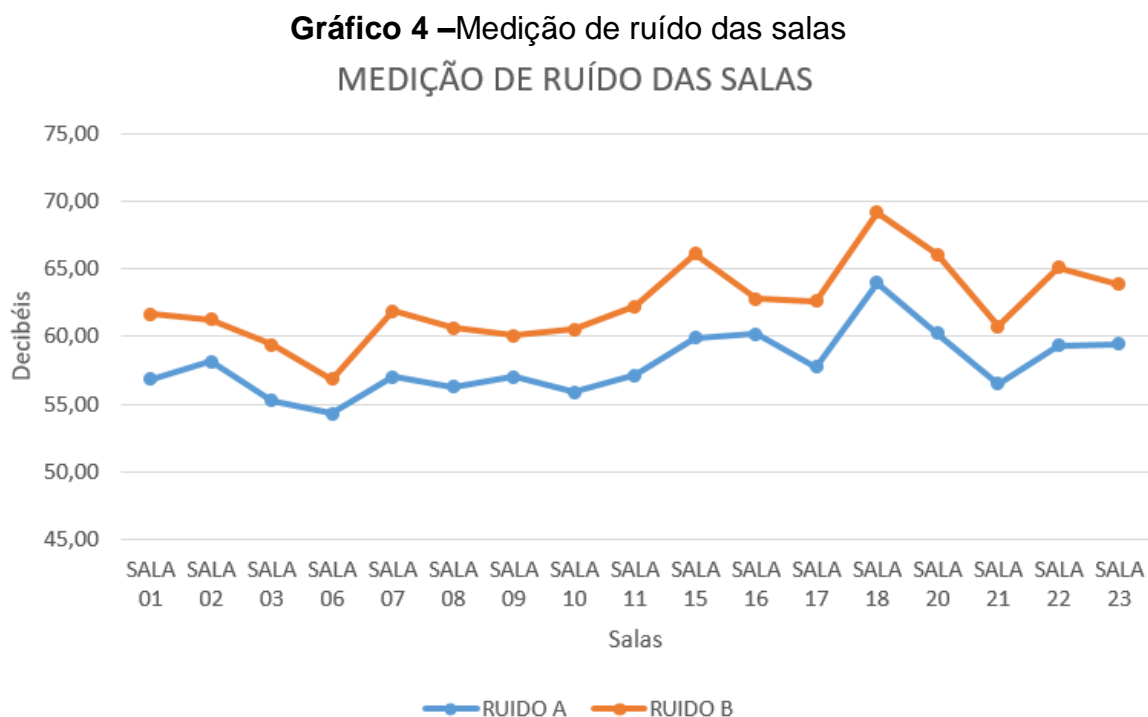
Desta forma, tomando como base a NR 17, pode-se dizer que todas as salas apresentam valores de umidade fora dos padrões estabelecidos pela norma. Contudo, outra norma regulamentadora, sendo esta a ISO 9241, diz que a umidade deve ficar entre 40 e 80%.

Em linhas gerais, pode-se dizer que os aparelhos encontram-se funcionando de forma inadequado, visto que os valores de temperatura e umidade variam consideravelmente de uma sala para outra. Um exemplo que justifica esse funcionamento inadequado pode ser notado ao compara a sala 22, que possui temperatura de 23,63°C e umidade de 47,18% em relação à sala 02, que apresenta

temperatura semelhante (23,33°C) e umidade de 61,46%, ou seja, temperatura parecidas, mas valores de umidades consideravelmente distintos.

Uma outra variável medida, foi o ruído gerado pelos aparelhos de ar condicionado. O ruído é importante porque este pode estar associado a um mal funcionamento, além e atrapalhar nas atividades acadêmicas desenvolvidas no campus.

Os níveis de ruídos foram medidos em duas situações: a primeira medição se deu junto aos aparelhos, enquanto a segunda medida foi feita a partir do centro de cada sala, identificando, portanto, dois valores distintos de medições para cada uma das 17 salas. As respectivas medições podem ser observadas por meio do Gráfico 4.



**Fonte:** Elaborado pelo autor

Como esperado, os ruídos “B” obtidos, são maiores que os ruídos “A”, uma vez que B foram medidos próximos aos aparelhos. É possível notar também que a sala 18



apresenta os maiores valores de ruídos, respectivamente 69,18 dB e 63,99 db, enquanto a sala 6 apresenta os menores valores (56,84 dB e 54,31 dB).

Considerando como parâmetro a NBR 10152, esta indica que para salas de aula e laboratórios os valores deve estar entre 35 e 45 dB. Sendo assim, todos os aparelhos estão operando fora dos padrões normativos indicados já que todos estão acima 50 db, isso nas medições mais distantes do aparelho, indicando a necessidade de manutenção.

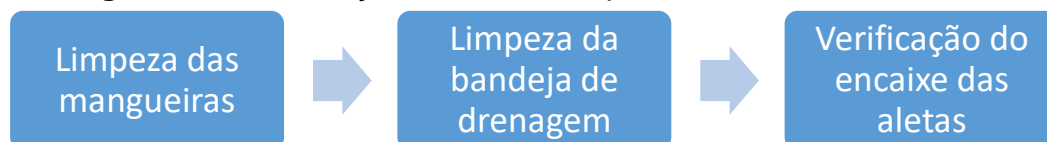
#### 4.1 SUGESTÃO DE MANUTENÇÃO

Os aparelhos de ar condicionado necessitam de manutenção intensa ao longo do ano, uma vez que pode afetar a saúde humana quando operando de forma inadequado, já que pode promover a contaminação do ar. Desta forma, considerando a necessidades identificadas, sugere-se um plano de manutenção que opera de 3 formas: O primeiro é um plano mensal, o segundo é um plano semestral e o terceiro é um plano anual.

O plano de manutenção ideal para este tipo de equipamento deve ser preventivo, ou, seja, deve ser realizada uma manutenção de forma planejada, com uma periodicidade estabelecida, evitando que o aparelho venha a quebrar.

O plano de manutenção mensal segue o esquema apresentado na Figura 4.

**Figura 4 – Manutenção mensal dos aparelhos de ar condicionado**



**Fonte:** Elaborado pelo autor

Nesta primeira manutenção, as tarefas realizadas são simples e podem ser feitas pela equipe de manutenção do campus, uma vez que consiste basicamente na limpeza de alguns componentes dos dispositivos.

A outra manutenção sugerida deve ser feita semestralmente, logo, requer mais procedimentos que a manutenção mensal. As atividades desta manutenção são descritas na Tabela 2.

**Tabela 2 – Tarefas da manutenção semestral**

<b>Manutenção semestral</b>	
<b>1)</b> Limpeza da serpentina	<b>6)</b> Ajuste dos parafusos do gabinete
<b>2)</b> Ajuste dos contatos dos cabos elétricos no borne	<b>7)</b> Verificação dos capacitores
<b>3)</b> Limpeza do sistema de drenagem (caso exista)	<b>8)</b> Verificação dos calços
<b>4)</b> Revisão dos contatos dos cabos elétricos no compressor	<b>9)</b> Ajuste da hélice do motor
<b>5)</b> Revisão do sensor de temperatura (caso exista)	<b>10)</b> Verificação sobre a necessidade de substituir o fluido refrigerante.

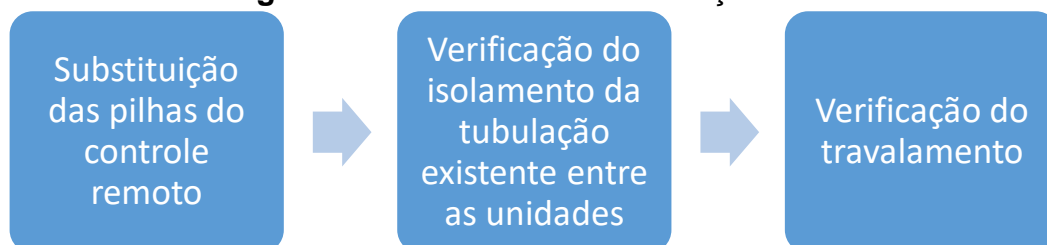
**Fonte:** Elaborado pelo autor

A manutenção semestral requer pessoal qualificado. Dessa forma é necessário a contratação de uma empresa especializada caso o campus não disponha de uma. Isso se dá porque algumas atividades, como a atividade 4, por exemplo, exige conhecimento em elétricas.

Essas atividades possuem influência direta, por exemplo, o ruído, uma vez que parafusos soltos, ou calço desajustado pode levar a vibrações e aumento dos sons emitidos do aparelho, o que justifica os valores de decibéis elevados obtidos em todas as leituras realizadas.

Por fim, sugere-se uma manutenção anual. Esta manutenção também é simplificada, sendo composta pelas atividades mostradas na Figura 5.

**Figura 5** – Atividades da manutenção anual



**Fonte:** Elaborado pelo autor

Esta atividade também pode ser feita pela equipe de manutenção do próprio campus já que não possui nenhuma atividade que necessite de conhecimento aprofundado sobre aparelhos de ar condicionado.

## 5 CONCLUSÃO

A manutenção é uma área imprescindível em qualquer tipo de organização. Nos espaços acadêmicos, como é o caso do IFAM, a manutenção visa, entre outros objetivos, manter máquinas e equipamentos funcionando adequadamente, promovendo um melhor ambiente para a prática pedagógica, promovendo um melhor bem-estar dos professores e discentes.

Com base no estudo apresentado, pode-se notar que os aparelhos de ar condicionado estudados apresentam funcionamento inadequado. Esse fato se dá devido à valores de temperatura acima do estabelecido no equipamento. Além disso, a umidade relativa de todas as salas avaliadas estava consideravelmente acima do padrão descrito na NR 17, no momento da medição. Os níveis de ruído também estão acima do estabelecido pela NBR 10152, apontando, portanto, o mal funcionamento dos aparelhos.

Como solução proposta, foi estabelecido um plano de manutenção que compreende atividades mensais, semestrais e anuais. As atividades mensais e anuais podem ser realizadas pela própria equipe de manutenção do campus, já que não exigem conhecimentos profundos sobre máquinas térmicas ou aparelhos ou condicionadores de ar. A manutenção semestral é mais rigorosa e requer mão de obra especializada, sendo necessária a contratação de uma equipe, caso a manutenção do campus não esteja capacitada para este serviço.

Vale lembrar, como foi mencionado no início do trabalho, as máquinas foram trocadas entre meados de 2020 e início de 2021. Porém, o plano de manutenção sugerido neste trabalho pode ser utilizado nas novas máquinas, caso seja necessário.

## 7 REFERÊNCIAS

ANVISA - **Agência Nacional de Vigilância Sanitária Portaria nº 3523 de 28 de agosto de 1998**. Disponível em: [http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/1998/prt3523\\_28\\_08\\_1998.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/1998/prt3523_28_08_1998.html).

BALDISSARELLI, Luciano; FABRO, Elton. Manutenção Preditiva na indústria 4.0. **Scientia cum industria**, v. 7, n. 2, p. 12-22, 2019.

CAIXETA, Danila Soares et al. Monitoramento da Qualidade do Ar Interior de uma Escola da Rede Pública Localizada no Município de Cuiabá-MT. **E&S Engineering and Science**, v. 5, n. 1, p. 20-28, 2016.

FERREIRA, Ana Maria Conceicao; CARDOSO, Salvador Massano. Estudo exploratório da qualidade do ar em escolas de educação básica, Coimbra, Portugal. **Revista de Saúde Pública**, v. 47, p. 1059-1068, 2013.

FREITAS, Marco Antônio Scarela de. **Implementação da Filosofia TPM (Total Productive Maintenance)**: um estudo de caso. 2016. Disponível em: . Acesso em: 10 jun. 2021.

KARDEC, Alan; NASCIF Júlio. **Manutenção: função estratégica**. 3.ed. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 2009. 384 p.

MARCORIN, Wilson Roberto; LIMA, Carlos Roberto Camello. Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos. **Revista de ciência & tecnologia**, v. 11, n. 22, p. 35-42, 2011.

MONCHY, François. A Função Manutenção: **Formação para a gerência da Manutenção Industrial**. 1.ed. São Paulo: Ed. Durban, 1987. 424 p.

MOSCHIN, John. **Gerenciamento de parada de manutenção**. Brasport, 2015.

PAZETO, Ana Caroline. **Modelo de priorização da manutenção corretiva em ambientes hospitalares**. 2016. 168 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

SÃO PAULO. (Estado). **Secretaria do Meio Ambiente. Tratados e organizações ambientais em matéria de meio ambiente.** In: Entendendo o meio ambiente. São Paulo, 1999. v. 1. Disponível em: <<http://www.bdt.org.br/sma/entendendo/atual.htm>> . Acesso em : 8 mar. 1999.

SILVA, M.M.L. **Crimes da era digital.** NET, Rio de Janeiro, nov. 1998. Seção Ponto de Vista. Disponível em <<http://www.brasilnet.com.br/contexts/brasilrevistas.htm>> Acesso em: 28 nov. 1998.

SOARES, Bruno Miguel Magalhães. **Sistemas de proteção da rede nacional de transporte: determinação de indicadores chave para realização de manutenção baseada na condição.** 2015. 201 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnicas e de Computadores), 2015.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva: O Caminho para Eliminar Falhas nos Equipamentos e Aumentar a Produtividade.** 1.ed. Rio de Janeiro: EDG, 1998. 302 p.