

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO NORTE- *CAMPUS* CANGUARETAMA

RAFAELLA TANOIRO DE OLIVEIRA SOUZA

MARCUS VINICIUS SILVA NUNES

RAYLA NGILA TAVEIRA DE BRITO

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA TÉRMICA E ENERGÉTICA DOS CONDICIONADORES
DE AR DO IFRN CANGUARETAMA**

Canguaretama, RN – 2018

RAFAELLA TANOEIRO DE OLIVEIRA SOUZA

MARCUS VINICIUS SILVA NUNES

RAYLA NGILA TAVEIRA DE BRITO

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA TÉRMICA E ENERGÉTICA DOS CONDICIONADORES
DE AR DO IFRN CANGUARETAMA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Técnico em
Eletromecânica do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Rio
Grande do Norte, em cumprimento às
exigências legais como requisito parcial à
obtenção do título de Técnico em
Eletromecânica.

Orientador: Valério Fernandes de Azevedo

CANGUARETAMA/RN

2018

RAFAELLA TANOIRO DE OLIVEIRA SOUZA

MARCUS VINICIUS SILVA NUNES

RAYLA NGILA TAVEIRA DE BRITO

**ESTUDO DA EFICIÊNCIA TÉRMICA E ENERGÉTICA DOS CONDICIONADORES
DE AR DO IFRN CANGUARETAMA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Técnico em
Eletromecânica do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Rio
Grande do Norte, em cumprimento às
exigências legais como requisito parcial à
obtenção do título de Técnico em
Eletromecânica.

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora

Dr. Valério Fernandes de Azevedo - Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Me. Vinicius Guimarães da Cruz - Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Me. Josinaldo Calixto da Silva - Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte- *Campus Canguaretama*, por nos proporcionar, durante os quatro anos de curso, oportunidades enriquecedoras para nosso crescimento pessoal e profissional. De modo especial, a nossos professores que contribuíram para nossa formação acadêmica e humana.

A nosso orientador, Dr. Valério Fernandes de Azevedo, por nos guiar nessa jornada de pesquisa no IFRN- *Campus Canguaretama*. Ao coordenador de curso, Dr. Aldayr Dantas de Araújo, por sempre estar presente e nos incentivar no decorrer da pesquisa e curso.

Ao setor de Engenharia do *campus*, especificamente ao Me. David da Silveira Mousinho, por nos disponibilizar elementos necessários para a conclusão da nossa pesquisa.

A nossos familiares e parentes por nos impulsionar e entender que a ausência era demasiadamente necessária. A nossos amigos que nos encorajaram em todos os momentos de dificuldade.

Obrigado a todos!

RESUMO

Evidencia-se que a utilização de condicionadores de ar em ambientes educacionais torna-se a cada dia uma necessidade de maior relevância, principalmente em regiões de consideradas temperaturas médias, como a do litoral sul do Rio Grande do Norte. Instituições de ensino procuram propositar aos seus alunos condições que contribuam significativamente para a eficácia do processo de ensino e aprendizagem. Dessa forma, a instalação de condicionadores de ar em salas de aulas e laboratórios tornam-se ações cada vez mais comuns. A crise energética brasileira, motivada pelo baixo volume de água dos reservatórios, faz com que as tarifas de energia fiquem cada dia mais onerosas e todo e qualquer desperdício de energia significa prejuízo nas receitas das instituições, que já sofrem com orçamentos reduzidos. A instalação de condicionadores de ar deve obedecer a critérios específicos e para sua utilização ser considerada eficaz, estudos de carga térmica e comportamento energético devem ser realizados cumprindo critérios técnicos disponíveis na literatura atual. Assim, este projeto visa estudar a carga térmica e o consumo energético atual dos condicionadores de ar instalados no IFRN – *Campus* Canguaretama e propor em alguns casos uma relocação de equipamentos de forma que as condições de conforto térmico e consumo de energia sejam consideradas ótimas.

Palavras-chave: condicionadores de ar, conforto térmico, consumo de energia.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Fluxograma das etapas do projeto.....	12
Figura 2. Planta no Software AutoCAD.....	15
Figura 3. Dimensões das janelas e portas, contidas na planta.....	15
Figura 4. Lista de tabelas contidas no site do INMETRO.....	20
Figura 5. Análise dos condicionadores de ar instalados no <i>Campus</i>	33
Figura 6. Análise das dependências com desconforto térmico no IFRN Canguaretama.....	34
Figura 7. Aumento, diminuição ou permanência dos BTU necessários dos condicionadores de ar do IFRN Canguaretama.....	34
Figura 8. Exemplo de salas que precisam de condicionadores de ar com menor consumo.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Calor do ambiente.....	13
Tabela 2. Calor das janelas.....	13
Tabela 3. Calor das pessoas.....	13
Tabela 4. Calor das portas	14
Tabela 5. Calor dos aparelhos eletrônicos	14

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
3. JUSTIFICATIVA.....	10
4. OBJETIVOS	11
4.1. Objetivos Gerais	11
4.2. Objetivos Específicos.....	11
5. METODOLOGIA.....	12
5.1. Estudo Teórico.....	12
5.2. Projeto em AutoCAD das instalações do IFRN Canguaretama.....	14
5.3. Cálculo da capacidade térmica dos ambientes.....	15
5.4. Cálculo do consumo energético	19
5.5. Propostas de readequações dos condicionadores.....	25
6. ANÁLISE DE DADOS.....	33
7. CONCLUSÃO.....	36
8. REFERÊNCIAS.....	37

1. INTRODUÇÃO

Está cientificamente comprovado que a performance humana na realização de atividades intelectuais, manuais e perceptivas, em geral, apresentam um melhor rendimento quando realizadas em ambientes com conforto térmico. Aliado a esta premissa, para contribuímos positivamente com um desenvolvimento sustentável é necessário o conhecimento das condições e dos parâmetros relativos aos ocupantes do ambiente para que desperdícios com aquecimento e refrigeração, não aconteçam nas instalações.

Ao somar todas as formas de calor presentes num ambiente encontra-se carga térmica de um local e este cálculo é o ponto principal para a escolha do condicionador de ar que deve ser instalado em cada situação. Ao se instalar um condicionador de ar com menor potência que o indicado nos cálculos dos estudos de carga térmica, dota-se os ambientes de uma condição indesejável que não é adequada para as atividades intelectuais e físicas. Por outro lado, quando escolhemos um condicionador de ar de maior potência que o necessário estamos contribuindo com o desperdício de recursos financeiros e ambientais.

Para Alvarez (1998), a implantação de uma unidade de ensino, normalmente acontece gradativamente e a instalação de condicionadores de ar acompanham esta evolução. Geralmente ao concluir-se a ocupação das edificações, um arranjo inadequado das capacidades dos condicionadores de ar é gerado, devido muitas vezes ao fato de se instalar equipamentos sem as devidas análises técnicas necessárias.

Assim, um estudo detalhado sobre a carga térmica de cada ambiente onde se encontra instalado algum condicionador de ar nas dependências do IFRN Canguaretama, comparando-se a carga projetada com a proposta, poderá trazer condições de se reestruturar a alocação desses equipamentos e dessa maneira, propiciar melhor desempenho térmico e energético.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Ao utilizar climatizadores de ar em suas dependências, as instituições de ensino têm considerável acréscimo nas despesas com energia elétrica. Nos EUA, 14% do consumo total de energia elétrica das escolas de nível médio é destinada a esta utilização, chegando a 39% nas instituições de ensino superior. No Brasil, estudos mostram que este custo representa cerca de 20% nas escolas de educação básica e profissional.

Segundo Xavier (1999), o potencial de utilização de condicionadores de ar, pode ser calculado comparando-se o consumo atual com o consumo previsto para o caso de sistemas de condicionadores de ar eficientes, onde o consumo atual é encontrado a partir da desagregação do consumo global da instalação em (KWh/mês).

Geller (1994), comenta que para se encontrar o consumo estimado em um eficiente sistema de condicionadores de ar, utiliza-se aos dados da capacidade do condicionador de ar em (BTU/h); do tempo de operação em horas do condicionador de ar e da eficiência do condicionador de ar.

A carga térmica de uma edificação depende de fatores como, volume do ambiente, posição de portas e janelas, direção do sol, quantidade de pessoas que utilizam o recinto e potência dos equipamentos instalados, entre outros. Para definir a real necessidade de potência instalada, estudos nos ambientes devem ser realizados antes da realização das instalações.

3. JUSTIFICATIVA

O conforto térmico em uma instituição educacional é de fundamental importância, especialmente, quando se refere ao ensino médio, modalidade normalmente constituída de adolescentes e jovens.

Um aspecto importante ao se conceber um projeto arquitetônico com o mínimo de eficiência energética é o conforto térmico, já que equipamentos utilizados para condicionar a temperatura do ambiente são os que mais consomem energia elétrica. Como o aumento de geração deste tipo de energia tem grande impacto econômico e ambiental, é de grande importância soluções que auxiliem na diminuição do consumo (Batiz et al, 2009).

Apesar de se impor metas de reduzir o desperdício dos recursos, poucos esforços são realizados em busca da obtenção de um ponto ótimo entre os desempenhos térmicos e energéticos, principalmente em edificações já estruturadas de ensino.

4. OBJETIVOS

4.1. Geral

Contribuir para melhoria nas condições de conforto térmico e desempenho energético no IFRN Canguaretama, através da análise da localização atual dos condicionadores de ar instalados naquela instituição de ensino.

4.2. Específicos

- Estudo teórico do assunto;
- Projeto da edificação utilizando o software AutoCAD;
- Cálculo da capacidade térmica dos ambientes;
- Cálculo do consumo energético;
- Relatório de propostas.

5. METODOLOGIA

O estudo foi realizado no IFRN- *Campus* Canguaretama e tem abordagem quantitativa de natureza descritiva, pois o objetivo é o levantamento de dados para a análise da eficiência térmica das salas da instituição de forma precisa.

O projeto foi dividido em cinco etapas, representadas na Figura 1 e detalhadas posteriormente.

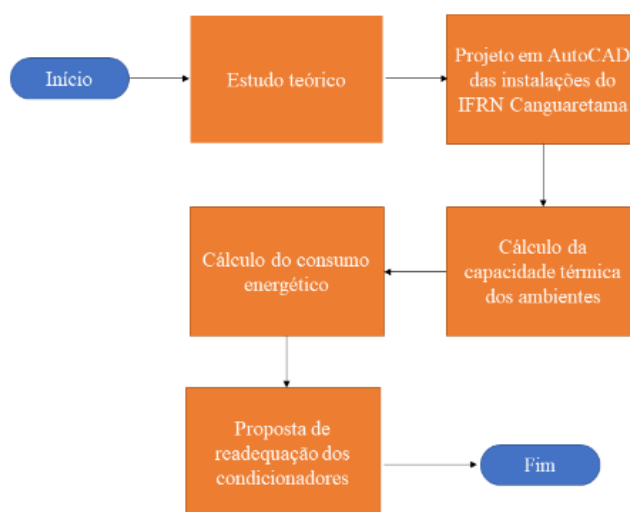


Figura 1. Fluxograma das etapas do projeto

5.1. Estudo teórico

A primeira etapa do projeto, antes do início aos cálculos da capacidade térmica e consumo energético, foi a efetuação de um estudo para aprimoração dos conhecimentos sobre dimensionamento de condicionadores de ar. Após o estudo, descobriu-se que o dimensionamento de um condicionador de ar segue uma metodologia específica, possuindo a necessidade do uso de tabelas estabelecidas para a realização do cálculo da carga térmica. O dimensionamento divide-se em duas etapas, o cálculo de carga térmica e sua conversão para os BTU mínimos necessários de ar condicionado — dada através da relação: $1\text{Kcal} = 3,92\text{BTU}$ — a fim de suprir essa carga. Por sua vez, o cálculo de carga térmica segmenta-se em calores originados por distintas fontes, vista nas tabelas de 1 a 5, que foram utilizadas no decorrer do projeto

Kcal/h		
Volume do Ambiente (m ³)	Entre andares	Sob telha
30	480	670
33	530	740
36	580	800
39	620	870
42	670	940
45	720	1000
48	770	1070
51	816	1140
54	864	1200
57	910	1270
60	960	1340
63	1010	1410
66	1060	1470
69	1100	1540
72	1150	1610
75	1200	1680

Tabela 1. Calor do Ambiente

Kcal/h				
Área da Janela (m ²)	Com cortina		Sem cortina	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
1	160	212	222	410
2	320	424	444	820
3	480	636	666	1230
4	640	848	888	1640
5	800	1060	1100	2060
6	960	1272	1332	2460
7	1120	1484	1554	2870
8	1280	1696	1777	3280
9	1440	1908	1998	3960
10	1800	2120	2220	4100

Tabela 2. Calor das Janelas

Kcal/h	
Número de Pessoas	Calor
1	125
2	250
3	375
4	500
5	625
6	750
7	875
8	1000
9	1125
10	1250

Tabela 3. Calor das pessoas

Kcal/h	
Área da Porta (m ²)	Calor
1	125
2	250
3	375
4	500
5	625
6	750
7	875
8	1000
9	1125
10	1250

Tabela 4. Calor das portas

Kcal/h	
Potência Nominal (watts)	Calor
50	45
100	90
150	135
200	180
250	225
300	270
350	315
400	360
450	405
500	450

Tabela 5. Calor dos aparelhos elétricos

5.2. Projeto em AutoCAD das instalações do IFRN- *Campus* Canguaretama

Após a realização do estudo teórico para o dimensionamento, foi desenvolvido o projeto em AutoCAD das instalações do IFRN Canguaretama. Dentro deste projeto, informaram-se as dimensões das salas, janelas e portas, valores fundamentais para a efetuação do cálculo de capacidade térmica dos ambientes. Para maior organização e detalhamento, produziu-se duas plantas, sendo elas do prédio principal e do prédio anexo, locais que seriam realizados os cálculos de capacidade térmica. Além das medidas do ambiente foram colocadas na planta as portas e janelas, detalhadas na legenda da planta.

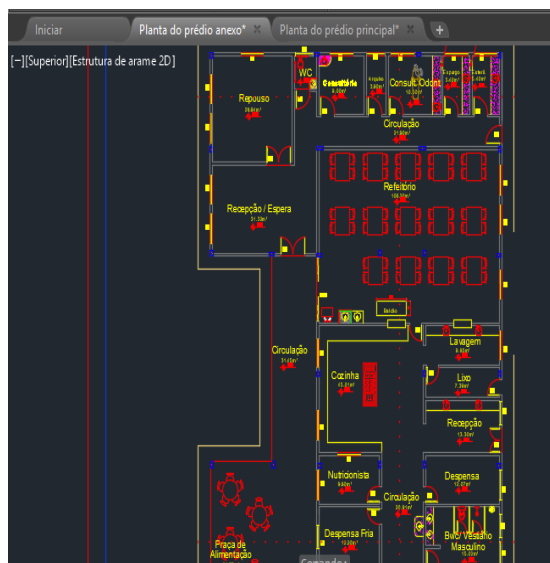


Figura 2. Planta no software AutoCAD

QUADRO DE ESQUADRIAS			
JANELAS			
CÓDIGO	LARG. x ALTURA/PETITIL	TIPO	MATERIAL
J1	1,20m x 0,80m / 1,60m	BASCULANTE	ALUMÍNIO E VIDRO
J2	1,50m x 1,20m / 1,20m	CORRER	ALUMÍNIO E VIDRO
J2B	1,20m x 1,20m / 1,20m	CORRER	ALUMÍNIO E VIDRO
J3	1,50m x 0,80m / 1,50m	CORRER	ALUMÍNIO E VIDRO
J4	1,20m x 0,80m / 1,90m	BASCULANTE	ALUMÍNIO E VIDRO JATEADO
J4B	1,20m x 0,80m / 1,90m	CORRER	ALUMÍNIO E VIDRO
J5	1,20m x 1,20m / 1,20m	CORRER	ALUMÍNIO E VIDRO
J6	4,00m x 0,80m / 1,60m	BASCULANTE	ALUMÍNIO E VIDRO
J7	3,00m x 1,80m / 0,80m	CORRER	ALUMÍNIO E VIDRO
J8	0,80m x 0,80m / 1,60m	BASCULANTE	ALUMÍNIO E VIDRO JATEADO
J9	1,50m x 0,80m / 1,60m	FIXA	ALUMÍNIO E VIDRO
J10	1,20m x 0,80m / 1,60m	FIXA	ALUMÍNIO E VIDRO ARAMADO
J11	3,00m x 1,20m / 1,20m	CORRER	ALUMÍNIO E VIDRO
J12	0,70m x 1,90m / 0,50m	BASCULANTE	ALUMÍNIO E VIDRO
J13	3,50m x 0,80m / 1,60m	BASCULANTE	ALUMÍNIO E VIDRO JATEADO
J14	4,00m x 1,20m / 1,20m	CORRER	ALUMÍNIO E VIDRO
J15	1,80m x 1,20m / 1,20m	CORRER	ALUMÍNIO E VIDRO
PORTAS			
CÓDIGO	LARG. x ALTURA	TIPO	MATERIAL
P1	0,70m x 2,40m	GIRO (01 FOLHA)	MADERA/ BANDEIROLA VIDRO
P2	0,90m x 2,40m	GIRO (01 FOLHA)	MADERA/ BANDEIROLA VIDRO
P3	1,20m x 2,40m	GIRO (02 FOLHAS)	MADERA/ BANDEIROLA VIDRO
P4	1,60m x 2,40m	GIRO (02 FOLHAS)	VIDRO TEMPERADO
P5	3,00m x 2,40m	GIRO (02 FOLHAS)	VIDRO TEMPERADO
P6	0,90m x 2,40m	GIRO (01 FOLHA)	MADERA/ BANDEIROLA E VISOR VIDRO
P7	2,00m x 2,10m	GIRO (02 FOLHAS)	VIDRO TEMPERADO
P8	1,60m x 2,10m	DE CORRER (01 FOLHA)	ALUMÍNIO
P9	1,60m x 2,40m	GIRO (02 FOLHAS)	MADERA/ BANDEIROLA E VISOR VIDRO
P10	1,00m x 2,40m	GIRO (01 FOLHA)	MADERA/ BANDEIROLA E VISOR VIDRO
P11	3,20m x 2,10m	DE CORRER	VIDRO TEMPERADO
P12	4,00m x 3,00m	DE CORRER	VIDRO TEMPERADO
P13	2,00m x 2,10m	GIRO (02 FOLHAS)	ALUMÍNIO COM VENEZIANA
P14	2,80m x 2,10m	GIRO (02 FOLHAS)	ANTI-PÂNICO

Figura 3. Dimensões das janelas e portas, contidas na planta

5.3. Cálculo da capacidade térmica dos ambientes

Para a realização desse passo, utilizou-se os conhecimentos obtidos no estudo teórico e dados obtidos no projeto em AutoCAD do *Campus Canguaretama*. Além disso, foram efetuadas visitas as dependências do *campus* para a obtenção das outras informações necessárias ao dimensionamento de condicionadores de ar, como: aparelhos elétricos contidos nas salas e capacidade de pessoas. Seguidamente, executou-se dois estudos da capacidade térmica, sendo eles no

prédio principal e no prédio anexo.

Logo após a efetuação dos cálculos da carga térmica do volume das salas, área das janelas e portas, número de pessoas e aparelhos elétricos, os resultados foram somados e compactados em uma só tabela, que lista todas as 84 dependências do campus com as respectivas capacidades térmicas, e utilizados na etapa 5 do fluxograma da figura 1.

Sala	Carga térmica total	BTU
02	2264 Kcal/h	8874.88 BTU
03	5601 Kcal/h	21956.92 BTU
04	4415 Kcal/h	17306.8 BTU
06	4304 Kcal/h	16871.68 BTU
07-08	7498 Kcal/h	29392.16 BTU
10	3995 Kcal/h	15660.4 BTU
11	4495 Kcal/h	17620.4 BTU
12	11340 Kcal/h	44452.8 BTU
13	8054.3 Kcal/h	31572.7 BTU
14	3470 Kcal/h	13602.4 BTU
15	4605 Kcal/h	18051.6 BTU
16	3390 Kcal/h	3393.92 BTU
17	5238 Kcal/h	20532.92 BTU
18	3854 Kcal/h	15107.68 BTU
19	4504 Kcal/h	17655.68 BTU
21	4873 Kcal/h	19102.16 BTU
22	4124 Kcal/h	16166.08 BTU
23	6022 Kcal/h	23606.24 BTU
29	3164 Kcal/h	12402.88 BTU

30	2895 Kcal/h	11348.4 BTU
31	3363 Kcal/h	13182.96 BTU
32	1856 Kcal/h	7275.52 BTU
37	3200 Kcal/h	12544 BTU
38	5633 Kcal/h	22081.36 BTU
39	4530 Kcal/h	17757.6 BTU
40	3340 Kcal/h	13092.8 BTU
41	7097 Kcal/h	27820.24 BTU
43	3474 Kcal/h	13618.08 BTU
44	6663 Kcal/h	26118.96 BTU
45	5788 Kcal/h	22688.96 BTU
46	3299 Kcal/h	12932.08 BTU
47	3679 Kcal/h	14421.68 BTU
48	5098 Kcal/h	19984.16 BTU
49	8959 Kcal/h	35119.28 BTU
50	9795 Kcal/h	38396.4 BTU
51	9795 Kcal/h	38396.4 BTU
52	9795 Kcal/h	38396.4 BTU
53	4304.2 Kcal/h	16872.46 BTU
54	10087 Kcal/h	39541.04 BTU
55	10087 Kcal/h	39541.04 BTU
56	5504.2 Kcal/h	21576.46 BTU
61	9795 Kcal/h	38396.4 BTU
62	9795 Kcal/h	38396.4 BTU
63	5697.5 Kcal/h	22334.2 BTU

64	10087 Kcal/h	39541.04 BTU
65	10087 Kcal/h	39541.04 BTU
66	10087 Kcal/h	39541.04 BTU
Biblioteca	50080.32 Kcal/h	196314.85 BTU
68	5241 Kcal/h	20544.72 BTU
69	17750 Kcal/h	69580 BTU
70	9460 Kcal/h	37083,2 BTU
71	9325 Kcal/h	36554 BTU
72	5908 Kcal/h	23159.36 BTU
73	15567 Kcal/h	61453.84 BTU
74	14992 Kcal/h	59199.84 BTU
75	6788 Kcal/h	26608.96 BTU
80	9435 Kcal/h	36985.2 BTU
81	9435 Kcal/h	36985.2 BTU
82	9727 Kcal/h	38129.84 BTU
83	9727 Kcal/h	38129.84 BTU
84	7717Kcal/h	30250.64 BTU
Recepção	4103,36 Kcal/h	16085,1712 BTU
Repouso	4853,12 Kcal/h	19024,2304 BTU
Consultório	1542 Kcal/h	6044,64 BTU
Consult. Odont.	1874 Kcal/h	7346,08 BTU
Laboratório de Biologia e Química (93)	13609 Kcal/h	53347,28 BTU
123	18566,28 Kcal/h	72779,8176 BTU

124	14718,2 Kcal/h	57695,344 BTU
125	12245,72 Kcal/h	48003,2224 BTU
126	14672,68 Kcal/h	57516, 9056 BTU
127	9958,32 Kcal/h	39036,6144 BTU
128	15994,32 Kcal/h	62697,7344 BTU
129	9354,4 Kcal/h	36669,248 BTU
130	7975,76 Kcal/h	31264,9792 BTU
131	8589,8 Kcal/h	33672,016 BTU
135	20626,12 Kcal/h	80854,3904 BTU
136	15839,3 Kcal/h	62090,056 BTU
137	10956,38 Kcal/h	42949,0096 BTU
138	11859,22 Kcal/h	46880,1424 BTU
139	14034,28 Kcal/h	55478,273 BTU
140	10849,08 Kcal/h	45528,3936 BTU
141	11737,6 Kcal/h	46011,392 BTU
142	6331,37 Kcal/h	24818,9704 BTU
143	11574,95 Kcal/h	45373,804 BTU

5.4. Cálculo do consumo energético

Posterior a obtenção da capacidade térmica das determinadas salas e seus respectivos BTU necessários, desempenhou-se o cálculo do consumo energético. Para ser concluído, foi utilizada uma tabela, disponibilizada pelo setor de Engenharia do *campus*, que listava os condicionadores de ar instalados nas dependências, e as tabelas do INMETRO, Figura 3, oferecidas em um site, para a obtenção do consumo energético dos condicionadores de ar instalados.

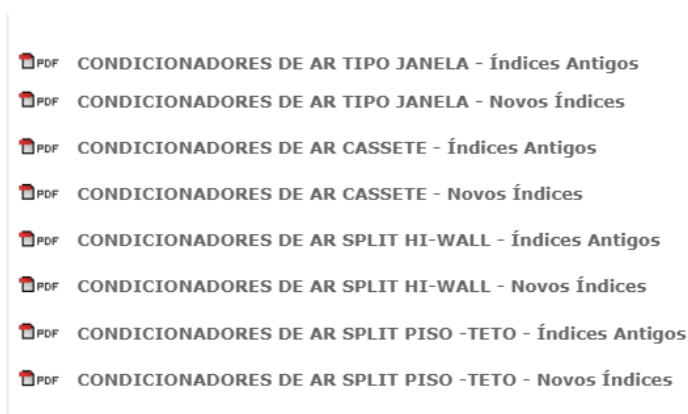


Figura 4. Lista de tabelas contidas no site do INMETRO

Após isso foi feita uma tabela reunindo as 84 dependências do campus, com os condicionadores de ar instalados e seu respectivo consumo.

Sala	Condicionador de ar instalado	Consumo atual
02	12000 BTU	22,8 KWh/mês
03	12000 BTU	22,8 KWh/mês
04	9000 BTU	16,6 KWh/mês
06	12000 BTU	22,8 KWh/mês
07-08	24000 BTU	51,2 KWh/mês
10	12000 BTU	22,8 KWh/mês
11	18000 BTU	36,0 KWh/mês
12	48000 BTU	101.4 KWh/mês
13	18000 BTU	36,0 KWh/mês

14	18000 BTU	36,0 KWh/mês
15	24000 BTU	51,2 KWh/mês
16	12000 BTU	22,8 KWh/mês
17	24000 BTU	51,2 KWh/mês
18	12000 BTU	22,8 KWh/mês
19	12000 BTU	22,8 KWh/mês
21	24000 BTU 12000 BTU Total: 36000 BTU	74,0 KWh/mês
22	24000 BTU	51,2 KWh/mês
23	60000 BTU	127,5 KWh/mês
29	18000 BTU	36,0 KWh/mês
30	12000 BTU	22,8 KWh/mês
31	9000 BTU	16,6 KWh/mês
32	9000 BTU	16,6 KWh/mês
37	12000 BTU	22,8 KWh/mês
38	24000 BTU	51,2 KWh/mês

39	24000 BTU	51,2 KWh/mês
40	12000 BTU	22,8 KWh/mês
41	24000 BTU	51,2 KWh/mês
43	12000 BTU	22,8 KWh/mês
44	24000 BTU	51,2 KWh/mês
45	24000 BTU	51,2 KWh/mês
46	18000 BTU	36,0 KWh/mês
47	18000 BTU	36,0 KWh/mês
48	18000 BTU	36,0 KWh/mês
49	48000 BTU	101.4 KWh/mês
50	48000 BTU	101.4 KWh/mês
51	48000 BTU	101.4 KWh/mês
52	48000 BTU	101.4 KWh/mês
53	48000 BTU	101.4 KWh/mês
54	48000 BTU	101.4 KWh/mês
55	48000 BTU	101.4 KWh/mês

56	48000 BTU	101.4 KWh/mês
61	48000 BTU	101.4 KWh/mês
62	48000 BTU	101.4 KWh/mês
63	48000 BTU	101.4 KWh/mês
64	48000 BTU	101.4 KWh/mês
65	48000 BTU	101.4 KWh/mês
66	48000 BTU	101.4 KWh/mês
Biblioteca	48000 BTU 48000 BTU 60000 BTU Total: 156 BTU	321.2 KWh/mês
68	24000BTU	51,2 KWh/mês
69	48000 BTU 48000 BTU	202.8 KWh/mês
70	48000 BTU	101.4 KWh/mês
71	48000 BTU	101.4 KWh/mês
72	24000 BTU	51,2 KWh/mês
73	48000 BTU	101.4 KWh/mês

74	48000 BTU	101.4 KWh/mês
75	48000 BTU	101.4 KWh/mês
80	48000 BTU	101.4 KWh/mês
81	48000 BTU	101.4 KWh/mês
82	48000 BTU	101.4 KWh/mês
83	48000 BTU	101.4 KWh/mês
84	48000 BTU	101.4 KWh/mês
Recepção	12000 BTU	22,8 KWh/mês
Repouso	12000 BTU	22,8 KWh/mês
Consultório	9000 BTU	16,6 KWh/mês
Consult. Odont.	9000 BTU	16,6 KWh/mês
Laboratório de Biologia e Química (93)	48000 BTU	101.4 KWh/mês
123	48000 BTU	101.4 KWh/mês
124	48000 BTU	101.4 KWh/mês
125	48000 BTU	101.4 KWh/mês
126	48000 BTU	101.4 KWh/mês

127	48000 BTU	101.4 KWh/mês
128	48000 BTU	101.4 KWh/mês
129	48000 BTU	101.4 KWh/mês
130	24000 BTU	51,2 KWh/mês
131	48000 BTU	101.4 KWh/mês
135	48000 BTU	101.4 KWh/mês
136	60000 BTU	127,5 KWh/mês
137	48000 BTU	101.4 KWh/mês
138	48000 BTU	101.4 KWh/mês
139	48000 BTU	101.4 KWh/mês
140	48000 BTU	101.4 KWh/mês
141	48000 BTU	101.4 KWh/mês
142	24000 BTU	51,2 KWh/mês
143	48000 BTU	101.4 KWh/mês

5.5. Proposta de readequação dos condicionadores

A última etapa da pesquisa refere-se as propostas de readequação dos condicionadores de ar, visando o conforto térmico e eficiência energética. Nesta etapa,

foram utilizadas a Tabela 6 completa, que informa os BTU necessários, e a Tabela 7 completa, indicando o condicionador de ar instalado e o consumo atual. Para a realização desse passo, usando a Tabela 6, pesquisou-se o condicionador de ar comercial que mais se aproximasse com os BTU necessário. Após isso, foi feita uma nova tabela com os seguintes pontos: Sala, condicionador de ar instalado, condicionador de ar necessário, consumo atual e consumo necessário, conforme a tabela abaixo:

Sala	Condicionador de ar instalado	Condicionador de ar necessário	Consumo atual	Consumo Necessário
02	12000 BTU	12000 BTU	22,8 KWh/mês	22,8 KWh/mês
03	12000 BTU	24000 BTU	22,8 KWh/mês	51,2 KWh/mês
04	9000 BTU	18000 BTU	16,6 KWh/mês	36,0 KWh/mês
06	12000 BTU	18000 BTU	22,8 KWh/mês	36,0 KWh/mês
07-08	24000 BTU	30000 BTU	51,2 KWh/mês	55,6 KWh/mês
10	12000 BTU	18000 BTU	22,8 KWh/mês	36,0 KWh/mês
11	18000 BTU	18000 BTU	36,0 KWh/mês	36,0 KWh/mês
12	48000 BTU	48000 BTU	101.4 KWh/mês	101.4 KWh/mês
13	18000 BTU	48000 BTU	36,0 KWh/mês	101.4 KWh/mês
14	18000 BTU	18000 BTU	36,0 KWh/mês	36,0 KWh/mês
15	24000 BTU	24000 BTU	51,2 KWh/mês	51,2 KWh/mês

14	18000 BTU	18000 BTU	36,0 KWh/mês	36,0 KWh/mês
15	24000 BTU	24000 BTU	51,2 KWh/mês	51,2 KWh/mês
16	12000 BTU	48000 BTU	22,8 KWh/mês	101,4 KWh/mês
17	24000 BTU	24000 BTU	51,2 KWh/mês	51,2 KWh/mês
18	12000 BTU	18000 BTU	22,8 KWh/mês	36,0 KWh/mês
19	12000 BTU	18000 BTU	22,8 KWh/mês	36,0 KWh/mês
21	24000 BTU 12000 BTU Total: 36000 BTU	24000 BTU	74,0 KWh/mês	51,2 KWh/mês
22	24000 BTU	18000 BTU	51,2 KWh/mês	36,0 KWh/mês
23	60000 BTU	30000 BTU	127,5 KWh/mês	55,6 KWh/mês
29	18000 BTU	18000 BTU	36,0 KWh/mês	36,0 KWh/mês
30	12000 BTU	12000 BTU	22,8 KWh/mês	22,8 KWh/mês
31	9000 BTU	18000 BTU	16,6 KWh/mês	36,0 KWh/mês
32	9000 BTU	9000 BTU	16,6 KWh/mês	16,6 KWh/mês
37	12000 BTU	18000 BTU	22,8 KWh/mês	36,0 KWh/mês
38	24000 BTU	24000 BTU	51,2 KWh/mês	51,2 KWh/mês

39	24000 BTU	18000 BTU	51,2 KWh/mês	36,0 KWh/mês
40	12000 BTU	18000 BTU	22,8 KWh/mês	36,0 KWh/mês
41	24000 BTU	24000 BTU	51,2 KWh/mês	51,2 KWh/mês
43	12000 BTU	18000 BTU	22,8 KWh/mês	36,0 KWh/mês
44	24000 BTU	30000 BTU	51,2 KWh/mês	55,6 KWh/mês
45	24000 BTU	24000 BTU	51,2 KWh/mês	51,2 KWh/mês
46	18000 BTU	18000 BTU	36,0 KWh/mês	36,0 KWh/mês
47	18000 BTU	18000 BTU	36,0 KWh/mês	36,0 KWh/mês
48	18000 BTU	24000 BTU	36,0 KWh/mês	51,2 KWh/mês
49	48000 BTU	36000 BTU	101.4 KWh/mês	66 KWh/mês
50	48000 BTU	43000 BTU	101.4 KWh/mês	73.8 KWh/mês
51	48000 BTU	43000 BTU	101.4 KWh/mês	73.8 KWh/mês
52	48000 BTU	43000 BTU	101.4 KWh/mês	73.8 KWh/mês
53	48000 BTU	43000 BTU	101.4 KWh/mês	73.8 KWh/mês
54	48000 BTU	43000 BTU	101.4 KWh/mês	73.8 KWh/mês
55	48000 BTU	43000 BTU	101.4 KWh/mês	73.8 KWh/mês

56	48000 BTU	43000 BTU	101.4 KWh/mês	73.8 KWh/mês
61	48000 BTU	43000 BTU	101.4 KWh/mês	73.8 KWh/mês
62	48000 BTU	43000 BTU	101.4 KWh/mês	73.8 KWh/mês
63	48000 BTU	43000 BTU	101.4 KWh/mês	73.8 KWh/mês
64	48000 BTU	43000 BTU	101.4 KWh/mês	73.8 KWh/mês
65	48000 BTU	43000 BTU	101.4 KWh/mês	73.8 KWh/mês
66	48000 BTU	43000 BTU	101.4 KWh/mês	73.8 KWh/mês
Biblioteca	48000 BTU 48000 BTU 60000 BTU Total: 156 BTU	60000 BTU 60000 BTU 60000 BTU 18000 BTU Total: 180 BTU	321.2 KWh/mês	393.2 KWh/mês
68	24000BTU	24000BTU	51,2 KWh/mês	51,2 KWh/mês
69	48000 BTU 48000 BTU	48000 BTU 24000 BTU	202.8 KWh/mês	152,6 KWh/mês
70	48000 BTU	43000BTU	101.4 KWh/mês	73.8 KWh/mês
71	48000 BTU	43000 BTU	101.4 KWh/mês	73.8 KWh/mês
72	24000 BTU	240000BTU	51,2 KWh/mês	51,2 KWh/mês

73	48000 BTU	48000BTU 18000BTU	101.4 KWh/mês	140.4 KWh/mês
74	48000 BTU	60000 BTU	101.4 KWh/mês	127,5 KWh/mês
75	48000 BTU	36000BTU	101.4 KWh/mês	68,4 KWh/mês
80	48000 BTU	43000BTU	101.4 KWh/mês	73.8 KWh/mês
81	48000 BTU	43000BTU	101.4 KWh/mês	73.8 KWh/mês
82	48000 BTU	43000BTU	101.4 KWh/mês	73.8 KWh/mês
83	48000 BTU	43000BTU	101.4 KWh/mês	73.8 KWh/mês
84	48000 BTU	36000BTU	101.4 KWh/mês	68,4 KWh/mês
Recepção	12000 BTU	18000 BTU	22,8 KWh/mês	36,0 KWh/mês
Repouso	12000 BTU	18000 BTU	22,8 KWh/mês	36,0 KWh/mês
Consultório	9000 BTU	7000 BTU	16,6 KWh/mês	13,4 KWh/mês
Consult. Odont.	9000 BTU	7000 BTU	16,6 KWh/mês	13,4 KWh/mês
Laboratório de Biologia e Química (93)	48000 BTU	55000 BTU	101.4 KWh/mês	120,4 KWh/mês
123	48000 BTU	60000 BTU 12000 BTU Total: 72000 BTU	101.4 KWh/mês	163,5 KWh/mês

124	48000 BTU	55000 BTU	101.4 KWh/mês	120,4 KWh/mês
125	48000 BTU	48000 BTU	101.4 KWh/mês	101.4 KWh/mês
126	48000 BTU	58000 BTU	101.4 KWh/mês	127,5 KWh/mês
127	48000 BTU	36000 BTU	101.4 KWh/mês	66 KWh/mês
128	48000 BTU	60000 BTU	101.4 KWh/mês	127,5 KWh/mês
129	48000 BTU	36000 BTU	101.4 KWh/mês	66 KWh/mês
130	24000 BTU	36000 BTU	51,2 KWh/mês	66 KWh/mês
131	48000 BTU	36000BTU	101.4 KWh/mês	66 KWh/mês
135	48000 BTU	43000 BTU 36000 BTU Total: 79000 BTU	101.4 KWh/mês	139,8 KWh/mês
136	60000 BTU	60000 BTU	127,5 KWh/mês	127,5 KWh/mês
137	48000 BTU	43000 BTU	101.4 KWh/mês	73.8 KWh/mês
138	48000 BTU	48000 BTU	101.4 KWh/mês	101.4 KWh/mês
139	48000 BTU	55000 BTU	101.4 KWh/mês	120,4 KWh/mês
140	48000 BTU	48000 BTU	101.4 KWh/mês	101.4 KWh/mês
141	48000 BTU	48000 BTU	101.4 KWh/mês	101.4 KWh/mês

142	24000 BTU	24000 BTU	51,2 KWh/mês	51,2 KWh/mês
143	48000 BTU	48000 BTU	101.4 KWh/mês	101.4 KWh/mês

6. ANÁLISE DE DADOS

Os dados coletados com a pesquisa admitem que a pesquisa foi de extrema importância para o *Campus*. Com o conhecimento da carga térmica das dependências será possível a alteração ou relocação dos condicionadores de ar do IFRN Canguaretama.

O estudo foi realizado em todas as salas do prédio principal e anexo que apresentam climatizadores de ar instalados, sendo no total 84 dependências. Das 84 salas do campus, 23 possuem condicionadores de ar adequados e 61 apresentam condicionadores inadequados. Na Figura 5, é possível ver a representação em porcentagem.

Análise dos condicionadores instalados nas dependências do IFRN Canguaretama



Figura 5. Análise dos condicionadores de ar instalados no IFRN Canguaretama

Além disso, das 61 dependências com desconforto térmico, 28 delas estão com a carga térmica do ambiente elevada para o ar condicionado instalado e 33 delas apresentam condicionadores com BTU elevado para a carga térmica do local, pode-se analisar isto percentualmente na Figura 6.

Análise das dependências com desconforto térmico no IFRN Canguaretama

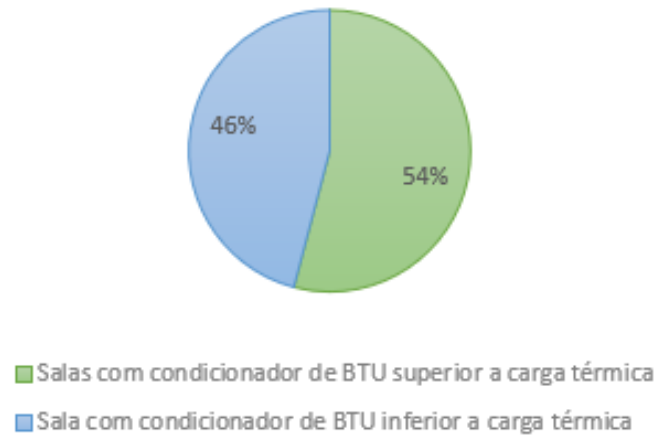


Figura 6. Análise das dependências com desconforto térmico no IFRN Canguaretama

Ao realizar a junção de todos os condicionadores, os adequados e inadequados, em um só gráfico, Figura 7, pode-se perceber percentualmente aqueles que permaneceram, aumentaram ou diminuíram os BTU necessários.

Condicionadores de ar do IFRN Canguaretama

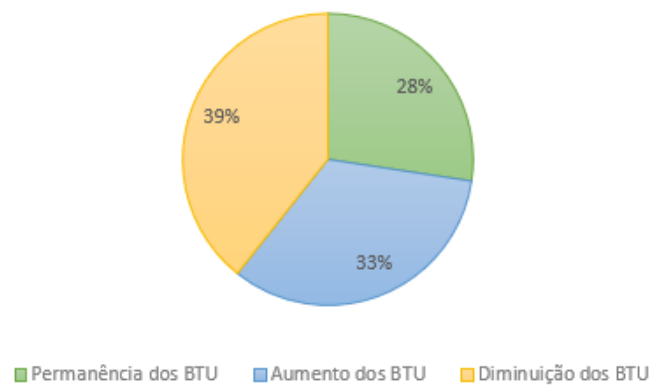


Figura 7. Aumento, diminuição ou permanência dos BTU necessários dos condicionadores de ar do IFRN Canguaretama.

Com esse estudo, haverá uma melhora na condição térmica dos ambientes e na questão energética, por haver condicionadores de ar necessários com menor consumo que o instalado, como pode-se ver em um exemplo na Figura 8.

Sala	Condicionador de ar instalado	Condicionador de ar necessário	Consumo atual	Consumo necessário
21	24000 BTU 12000 BTU Total: 36000 BTU	24000 BTU	74,0 KWh/mês	51,2 KWh/mês
22	24000 BTU	18000 BTU	51,2 KWh/mês	36,0 KWh/mês
23	60000 BTU	30000 BTU	127,5 KWh/mês	55,6 KWh/mês

Figura 8. Exemplo de salas que precisam de condicionadores de ar com menor consumo.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo o estudo da eficiência térmica e energética dos condicionadores de ar do IFRN Canguaretama, que é importante para a melhora do conforto térmico do ambiente, possibilitando que as dependências do campus estejam idealmente climatizadas.

Além disso, também contribui para a melhora energética, considerando que, em alguns casos, o condicionador de ar possui consumo maior que o ideal e, efetuando a devida troca, o consumo será reduzido, acarretando a diminuição de gastos desnecessários para o *Campus*.

A pesquisa foi de grande importância para aprimorar e ampliar conhecimentos obtidos anteriormente na matéria de Refrigeração e climatização, ministrada pelo orientador Dr. Valério Fernandes de Azevedo.

Portanto, conclui-se que a Instituição deve pôr em prática o presente trabalho para a melhora das condições térmicas das dependências do IFRN Canguaretama, além de uma redução no orçamento.

8. REFERÊNCIAS

ALVAREZ, A. L. M. **Uso racional e eficiente de energia elétrica: metodologia para a determinação dos potenciais de conservação dos usos finais em instalações de ensino e similares.** (Mestrado) São Paulo, 1998. Escola politécnica, Universidade de São Paulo.

BATIZ, E. C.; GOEDERT, J.; MORSCH, J. J.; KASMIRSKI-JR, P.; VENSKE, R. **Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória.** Produção, v. 19, n. 3, p. 477-488, 2009.

GELLER, H. O uso eficiente da eletricidade – **Uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil.** Rio de Janeiro, Instituto Nacional de Eficiência Energética, 1994.

XAVIER, A. A. de P. **Condições de conforto térmico para estudantes de 2º Grau na região de Florianópolis.** Florianópolis, 1999. 198 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina.

INMETRO. **Tabela de consumo/eficiência energética.** Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores.asp>> Acesso em: 18 de junho de 2018.