

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

GABRIEL FERNANDO LAUREANO DE SOUZA

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE AR CONDICIONADO:
REVISÃO DE LITERATURA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2019

GABRIEL FERNANDO LAUREANO DE SOUZA

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE AR CONDICIONADO:
REVISÃO DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Mecânica da Coordenação de Engenharia Mecânica – COEME – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, *Câmpus* Pato Branco, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro.

Orientador: Prof. Dr. Jean-Marc Stephane Lafay

PATO BRANCO

2019

FOLHA DE APROVAÇÃO

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS DE AR CONDICIONADO: REVISÃO DE LITERATURA

Gabriel Fernando Laureano de Souza

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado no dia 22/03/2019 como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Mecânico, do curso de Engenharia Mecânica do Departamento Acadêmico de Mecânica (DAMEC) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Pato Branco (UTFPR-PB). O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora julgou o trabalho **APROVADO**.

Prof. Dr. Paulo Cezar Adamczuk
(UTFPR – Departamento de Mecânica)

Prof. Dr. Luiz Carlos Martinelli Junior
(UTFPR– Departamento de Mecânica)

Prof. Dr. Jean-Marc Stephane Lafay
(UTFPR– Departamento de Mecânica)
Orientador

Prof. Dr. Paulo Cezar Adamczuk
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Mecânica

DEDICATÓRIA

Aos meus amados pais
Ao meu irmão e minhas irmãs.
A minha amada namorada
Ao meu professor orientador.
Aos meus amigos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse. Que me concedeu o dom da vida, que me presenteou com a sabedoria e inteligência e que me fez percorrer todos os meus caminhos até este momento.

Aos meus amigos que permanecem ou simplesmente passaram pela minha vida no decorrer desta etapa.

Ao meu pai Salvador e a minha mãe Elisabet que fizeram absolutamente de tudo o que poderiam para me ver chegar onde estou agora. A vocês a minha eterna gratidão. Eu amo vocês!

Ao meu irmão Rafael e as minhas irmãs Amanda e Aline que sempre confiaram e acreditaram em mim.

A minha linda namorada Thais que sempre me incentivou e me deu uma palavra de conforto. Eu amo você!

Ao meu orientador que me acolheu quando mais precisei. Dizer que com toda a certeza eu me espelho em você para ser uma profissional de respeito.

A todos que de alguma forma contribuíram para que eu pudesse encerrar mais esta etapa na minha vida.

EPÍGRAFE

“And be a simple kind of man

Oh be something you love and understand”.

(Ronnie Van Zant; Gary Rossington, 1973)

RESUMO

SOUZA, Gabriel. **Eficiência Energética em Sistemas de Ar Condicionados: Revisão de Literatura**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2019.

De acordo com o relatório da Agência Internacional de Energia a demanda global de energia devido a condicionadores de ar deverá triplicar até 2050. Atualmente cerca de 20% da energia elétrica consumida em edificações em todo mundo são destinadas a alimentação dos sistemas de climatização. Isto representa aproximadamente 10% de toda energia elétrica global consumida. Visando levantar alternativas de aumentar a eficiência energética dos sistemas de ar condicionado da UTFPR – câmpus Pato Branco e identificar quais aspectos interferem nesse aumento de eficiência, este trabalho teve como metodologia de estudo uma revisão de literatura, a fim de entender e avaliar estudos já desenvolvidos que possam servir de material base para possíveis projetos de eficiência energética no câmpus. Foram identificados que parâmetros tecnológicos, físicos e comportamentais interferem diretamente no consumo de energia elétrica. Entretanto nem todos os métodos de redução no consumo de energia dos condicionadores de ar identificados são aplicáveis no câmpus, por envolver custos adicionais, ou depender de grandes modificações na infraestrutura.

Palavras-chave: Eficiência Energética. Sistemas de Ar Condicionado, Automatização, Envoltória de Edificações.

ABSTRACT

SOUZA, Gabriel. **Energy Efficiency in Air Conditioning Systems: Literature Review**. 2019. Final Paper – Mechanical Engineering Course, Federal Technological University of Parana. Pato Branco, 2019.

According to the report of the International Energy Agency the global energy demand due to air conditioners is expected to triple by 2050. Currently about 20% of the energy consumed in buildings worldwide are destined to power the HVAC systems. This represents approximately 10% of all global electricity consumed. Aiming at raising alternatives to increase the energy efficiency of UTFPR - Pato Branco air conditioning systems and to identify which aspects interfere in this efficiency increase, this study had as a study methodology a literature review in order to understand and evaluate studies already developed which can serve as a base material for possible energy efficiency projects in the campus. It was identified that technological, physical and behavioral parameters directly interfere in the consumption of electric energy. However, not all methods of reducing the energy consumption of the air conditioners identified are applicable on the campus because they involve additional costs or depend on major modifications in the infrastructure.

Keywords: Energy Efficiency. Air Conditioning Systems, Automation, Building Envelope.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Localização de setores – Campus Pato Branco.....	18
Figura 2: Fluxo Energético Brasileiro	28
Figura 3: Matriz Energia Elétrica	29
Figura 4: Fluxo Energia Elétrica	29
Figura 5: Ar condicionado do tipo janela	34
Figura 6: Ar condicionado do tipo Split.....	35
Figura 7: Ar condicionado do tipo self contained.....	36
Figura 8: Ar condicionado com tecnologia inverter.....	37
Figura 9: Ar condicionado do tipo Split Casette.....	38
Figura 10: Ar condicionado do tipo <i>fancoil</i>	39
Figura 11: chiller refrigerado a água.....	40
Figura 12: Posicionamento dos sensores	51

LISTAS DE QUADROS

Quadro 1: Vantagens e desvantagens de ar condicionado de janela	34
Quadro 2: Vantagens e desvantagens do Split	35
Quadro 3: Vantagens e desvantagens do self contained	36
Quadro 4: Vantagens e desvantagens da tecnologia inverter	37
Quadro 5: Vantagens e desvantagens dos aparelhos Split Casette	38
Quadro 6: Vantagens e desvantagens do chiller	40
Quadro 7: Artigos inclusos quanto ao desenvolvimento e resultados	47
Quadro 8: Dados coletados	48
Quadro 9: Modos de operação do sistema híbrido	50
Quadro 10: Resultados obtidos em cada caso	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Relação de condicionadores de ar do bloco B	19
Tabela 2: Relação de condicionadores de ar bloco C	19
Tabela 3: Relação de condicionadores de ar do bloco D	19
Tabela 4: Relação de condicionadores de ar do bloco H	20
Tabela 5: Relação de condicionadores de ar do bloco I	20
Tabela 6: Relação de condicionadores de ar do bloco J	20
Tabela 7: Relação de condicionadores de ar do bloco J1	21
Tabela 8: Relação de condicionadores de ar do bloco K	21
Tabela 9: Relação de condicionadores de ar do bloco K1	21
Tabela 10: Relação de condicionadores de ar do bloco L	21
Tabela 11: Relação de condicionadores de ar do bloco M	21
Tabela 12: Relação de condicionadores de ar do bloco N	22
Tabela 13: Relação de condicionadores de ar do bloco O	22
Tabela 14: Relação de condicionadores de ar do bloco P	22
Tabela 15: Relação de condicionadores de ar do bloco Q	22
Tabela 16: Relação de condicionadores de ar do bloco R	23
Tabela 17: Relação de condicionadores de ar do bloco S	23
Tabela 18: Relação de condicionadores de ar do bloco T	23
Tabela 19: Relação de condicionadores de ar do bloco U	24
Tabela 20: Relação de condicionadores de ar do bloco V	24
Tabela 21: Relação de condicionadores de ar do bloco W	24
Tabela 22: Relação de condicionadores de ar do bloco X1	25
Tabela 23: Relação de condicionadores de ar do bloco Z	25
Tabela 24: Relação de condicionadores de ar do bloco CENBAPAR	25
Tabela 25: Oferta Interna de Energia em Milhões de Toneladas de Equivalente de Petróleo	27
Tabela 26: Resultado da pesquisa	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.2 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA.....	15
1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO.....	16
1.3.1 Objetivos Específicos	16
2 CARACTERIZAÇÃO DA UTFPR – CAMPUS PATO BRANCO	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	26
3.1 CENÁRIO ENERGÉTICO BRASILEIRO	26
3.1.1 Oferta Interna De Energia	26
3.1.2 Oferta Interna De Energia Elétrica	28
3.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL	30
3.2.1 Programa Conserve	30
3.2.2 Programa De Mobilização Energética – PME	30
3.2.3 Programa De Conservação De Energia Elétrica Em Eletrodomésticos	30
3.2.4 Programa Nacional De Conservação De Energia Elétrica – PROCEL.....	30
3.2.5 Comissão Interna De Conservação De Energia - CICE	31
3.2.6 Programa Nacional De Racionalização Do Uso De Derivados Do Petróleo E Do Gás Natural – CONPET	31
3.2.7 Programa Brasileiro De Etiquetagem – PBE	31
3.2.8 Prêmio Nacional De Conservação E Uso Racional De Energia	31
3.2.9 Selo Verde Eficiência Energética	32
3.2.10 Agência Nacional De Energia Elétrica – ANEEL	32
3.2.11 Lei Do Petróleo.....	32
3.2.12 Lei nº 9.991	32
3.2.13 Lei Da Eficiência Energética.....	32
3.3 TIPOs DE CONDICIONADORES DE AR.....	33
3.3.1 Sistema de expansão direta	33

3.3.2 Sistema de expansão indireta	38
3.4 EFICIÊNCIA ENERgÉTICA EM AMBIENTES CLIMATIZADOS	41
3.4.1 Taxa De Ocupação E Comportamento	41
3.4.2 Envoltória Dos Edifícios.....	42
4 METODOLOGIA	44
4.1 PESQUISA OLINE	44
4.2 SELEÇÃO DOS TRABALHOS	44
4.2.1 Leitura dos títulos dos trabalhos.....	44
4.2.2 Leitura dos resumos dos trabalhos	44
4.3 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS	45
5 RESULTADOS.....	46
6 CONCLUSÃO	56
7 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	59
Referências	60

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o relatório da Agência Internacional de Energia a demanda global de energia devido a condicionadores de ar deverá triplicar até 2050, exigindo uma nova capacidade elétrica equivalente à capacidade elétrica combinada atual dos Estados Unidos, da União Europeia e do Japão. A quantidade global de aparelhos condicionadores de ar em edifícios crescerá para 5,6 bilhões até 2050, acima de 1,6 bilhões atuais - o que equivale a 10 novos condicionadores de ar vendidos a cada segundo pelos próximos 30 anos (IEA, 2018a).

O uso de condicionadores de ar e ventiladores elétricos para manter ambientes climatizados representa quase 20% da eletricidade total consumida em edifícios em todo o mundo atualmente, o que representa aproximadamente 10% de todo consumo global de energia elétrica. E essa tendência deve crescer à medida que o crescimento econômico e demográfico do mundo se torna mais concentrado em países mais quentes. À medida que há um aumento de renda e padrões de vida das pessoas, mais elas querem comprar e usar condicionadores de ar para manter o conforto térmico. Maior conforto térmico é necessário, trazendo benefícios para o desenvolvimento humano, saúde, bem-estar e produtividade econômica. Mas isso terá um impacto significativo na demanda geral de energia dos países, pressionando as redes elétricas e elevando as emissões locais e globais.

Estima-se que até 2050 o ar condicionado será a segunda maior fonte de crescimento da demanda global de eletricidade depois do setor industrial, e o maior em edificações.

No Brasil este aumento também ocorre, e é percebido mais nitidamente quando se compara o aumento do consumo de energia elétrica por setores. Segundo a Empresa de Pesquisa Energética, o setor comercial e residencial vem tendo aumento no consumo de energia, o que vem na contramão do setor industrial que vem apresentando um consumo menor. (EPE, 2017). Este aumento no consumo de energia para os setores comercial e residencial está diretamente ligado ao uso de aparelhos de condicionamento de ar, visando um maior conforto térmico para as pessoas que ocupam ambientes climatizados. Em entrevista ao jornal O Globo (2015) o diretor-geral da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), Reive Barros, disse, que o horário de pico de energia no país está se deslocando para as 15h, principalmente por causa de sistemas de ar- condicionado.

Em instituições de ensino o uso de aparelhos condicionadores de ar se faz necessário para os alunos e professores, principalmente nos meses mais quentes. O conforto térmico interfere diretamente o desempenho dos alunos e professores, podendo afetar a atenção e a memória.

1.1 JUSTIFICATIVA DO TEMA

O tema “Eficiência Energética” vem se destacando fortemente nos últimos tempos, principalmente com a criação de leis e projetos incentivados pelo governo, como por exemplo, o Programa de Eficiência Energética (PEE) que a própria UTFPR – Pato Branco está participando em parceria com a COPEL.

O uso eficiente de energia elétrica gera variados benefícios para uma instituição de ensino. Do ponto de vista sustentável, evita-se a emissão de poluentes relacionados à geração de energia. De um olhar econômico, tem-se uma economia nos gastos relacionados com energia elétrica, o que se torna interessante para a instituição, tendo em vista que esse valor economizado pode ser direcionado para qualquer outra área. Outro fator importante é que os projetos de eficiência energética ajudam a promover o campus, colocando a instituição em destaques nas mídias, e atraindo novos alunos.

1.2 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Como brevemente apresentado na introdução, pode-se perceber que o uso dos aparelhos condicionadores de ar é inevitável em ambientes de ensino, pois afeta diretamente no desempenho das pessoas que usam desse ambiente, assim como parece ser inevitável o aumento na quantidade de novos aparelhos que serão introduzidos no mercado. A situação se agrava ainda mais por não se ter um sistema automatizado operando esses aparelhos, ou seja, os aparelhos são operados muitas vezes de maneira que diminuem a eficiência. Outro fator importante a destacar é que, após a UTFPR – Pato Branco ser contemplada com o PEE da COPEL, no qual haverá a substituição das lâmpadas existentes por lâmpadas de tecnologia LED e também a instalação de uma usina fotovoltaica, os aparelhos de ar condicionado passaram a ser os principais responsáveis pela maior parte do consumo de energia elétrica do *Câmpus*. As lâmpadas eram as maiores consumidoras de energia antes da substituição por outras com tecnologia LED. Por

isso faz-se necessário algumas ações visando o aumento da eficiência energética (não somente dos aparelhos em si, mas de todos os fatores que envolvem o sistema de climatização de determinado ambiente).

1.3 OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho tem como objetivo analisar quais métodos apresentam potencial de aplicabilidade no câmpus Pato Branco da UTFPR.

1.3.1 Objetivos Específicos

- Alencar as dificuldades existentes no controle dos aparelhos condicionadores de ar.
- Identificar os métodos usados para diminuição do consumo de energia elétrica em sistemas de climatização de ambientes.

2 CARACTERIZAÇÃO DA UTFPR – CAMPUS PATO BRANCO

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) possui treze câmpus, porém este trabalho restringe-se ao câmpus de Pato Branco, que está situado na Via do Conhecimento, km 01 na cidade de Pato Branco no estado do Paraná. Tal unidade possui uma área construída no total de 52.499,86 m² subdividida em blocos, os quais comportam 12 cursos de graduação, 1 curso técnico e 8 cursos de pós-graduação para aproximadamente 283 professores, 88 técnico-administrativos e 3772 alunos.

Suas coordenadas geográficas são 26°11'48.6"S 52°41'20.2"W. Os meses que apresentam menores temperaturas médias são julho e agosto. O mês que apresenta maior temperatura média é janeiro. Trata-se de um clima tipicamente subtropical úmido, com chuvas bem distribuídas ao longo de todo ano, isto é, sem uma estação seca definida, mas com um verão, outono, inverno e primavera sensivelmente perceptíveis.

Neste contexto brevemente descrito, são apresentados os aparelhos condicionadores de ar instalados no campus. Em grande parte dos blocos mencionados anteriormente existem condicionadores de ar instalados, contabilizando um total de 169 aparelhos. A figura 1 apresenta o espaço físico do campus Pato Branco, assim como a localização de cada bloco.

Figura 1: Mapa de Localização de setores – Campus Pato Branco



Fonte: www.utfpr.edu.br

O número total de aparelhos condicionadores de ar presente em cada bloco é apresentado nas tabelas de 1 a 24. Este levantamento ocorreu em 2017 e foi elaborado pelo professor Jean-Marc junto ao seu aluno de mestrado Paulo Roberto Cagninia. A potência total de todos os equipamentos somados chega a 4.961.000 BTU/h, equivalente a 1.452,63 kW. Dentre os aparelhos de ar condicionado instalados no câmpus, percebe-se que muitos deles são obsoletos, e possuem eficiência menor que modelos mais novos. Isso influencia diretamente o consumo gerado por eles.

Tabela 1: Relação de condicionadores de ar do bloco B

Bloco B		
Marca	Soma de kW	Soma de BTU/h
Consul - Tipo parede	3,51	12000
	3,51	12000
Eletrolux	3,51	12000
	7,02	24000
	2,04	7000
	5,27	18000
	7,02	24000
Elgin	10,54	36000
Gree	17,56	60000
	17,56	60000
Komeco	7,027	24000
LG	2,63	9000
	5,27	18000
Midea	14,05	48000
	3,51	12000
	3,51	12000
Samsung	3,51	12000
	3,51	12000
Springer	17,56	60000
York	2,63	9000
Total Geral	140,84	481000

Fonte: Autor

Tabela 2: Relação de condicionadores de ar bloco C

Bloco C		
Marca	Soma de kW	Soma de BTU/h
Consul	7,027	24000
Eletrolux	7,027	24000
Total Geral	14,055	48000

Fonte: Autor

Tabela 3: Relação de condicionadores de ar do bloco D

Bloco D		
Marca	Soma de kW	Soma de BTU/h
Elgin	10,54	36000
Total Geral	10,54	36000

Fonte: Autor

Tabela 4: Relação de condicionadores de ar do bloco H

Bloco H		
Marca	Soma de kW	Soma de BTU/h
Carrier	10,54	36000
	10,54	36000
	10,54	36000
Rheem	7,027	24000
Samsung	5,27	18000
	3,51	12000
	5,27	18000
Total Geral	52,70	180000

Fonte: Autor

Tabela 5: Relação de condicionadores de ar do bloco I

Bloco I		
Marca	Soma de kW	Soma de BTU/h
Consul	5,27	18000
Consul - Tipo parede	6,14	21000
Elgin	10,54	36000
	14,05	48000
Komeco	14,05	48000
Total Geral	50,07	171000

Fonte: Autor

Tabela 6: Relação de condicionadores de ar do bloco J

Bloco J		
Marca	Soma de kW	Soma de BTU/h
Consul	3,51	12000
	5,27	18000
	5,27	18000
	5,27	18000
Eletrolux	7,02	24000
Komeco	14,05	48000
	14,05	48000
LG	5,27	18000
Midea	3,51	12000
	5,27	18000
	2,63	9000
Total Geral	71,15	243000

Fonte: Autor

Tabela 7: Relação de condicionadores de ar do bloco J1

Bloco J1		
Marca	Soma de kW	Soma de BTU/h
Carrier	10,54	36000
	10,54	36000
	10,54	36000
Komeco	14,05	48000
	17,56	60000
Midea	9,36	32000
Total Geral	72,61	248000

Fonte: Autor

Tabela 8: Relação de condicionadores de ar do bloco K

Bloco K		
Marca	Soma de kW	Soma de BTU/h
Philco	3,51	12000
Total Geral	3,51	12000

Fonte: Autor

Tabela 9: Relação de condicionadores de ar do bloco K1

Bloco K1		
Marca	Soma de kW	Soma de BTU/h
Midea	3,51	12000
Total Geral	3,51	12000

Fonte: Autor

Tabela 10: Relação de condicionadores de ar do bloco L

Bloco L		
Marca	Soma de kW	Soma de BTU/h
Elgin	10,54	36000
	10,54	36000
	10,54	36000
Total Geral	31,62	108000

Fonte: Autor

Tabela 11: Relação de condicionadores de ar do bloco M

Bloco M		
Marca	Soma de kW	Soma de BTU/h
Carrier	10,54	36000
	6,44	22000
	6,44	22000
Midea	7,02	24000
Rheem	7,02	24000
Total Geral	37,47	128000

Fonte: Autor

Tabela 12: Relação de condicionadores de ar do bloco N

Bloco N		
Marca	Soma de kW	Soma de BTU/h
Consul	5,27	18000
Elgin	14,05	48000
Total Geral	19,32	66000

Fonte: Autor

Tabela 13: Relação de condicionadores de ar do bloco O

Bloco O		
Marca	Soma de kW	Soma de BTU/h
Brize	17,56	60000
Carrier	10,54	36000
Elgin	14,05	48000
	14,05	48000
Gree	17,56	60000
Komeco	21,08	72000
Midea	3,51	12000
Springer	17,56	60000
Total Geral	115,95	396000

Fonte: Autor

Tabela 14: Relação de condicionadores de ar do bloco P

Bloco P		
Marca	Soma de kW	Soma de BTU/h
Consul - Tipo parede	3,51	12000
	3,51	12000
Eletrolux	2,63	9000
	3,51	12000
Komeco	3,51	12000
	3,51	12000
Springer	3,51	12000
Total Geral	23,71	81000

Fonte: Autor

Tabela 15: Relação de condicionadores de ar do bloco Q

Bloco Q		
Marca	Soma de kW	Soma de BTU/h
Elgin	10,54	36000
	10,54	36000
	10,54	36000
	10,54	36000
	10,54	36000
	10,54	36000
	10,54	36000
	10,54	36000
Total Geral	84,32	288000

Fonte: Autor

Tabela 16: Relação de condicionadores de ar do bloco R

Bloco R		
Marca	Soma de kW	Soma de BTU/h
Komeco	14,05	48000
Springer	10,54	36000
Tempstar	8,78	30000
	8,78	30000
Total Geral	42,16	144000

Fonte: Autor

Tabela 17: Relação de condicionadores de ar do bloco S

Bloco S		
Marca	Soma de kW	Soma de BTU/h
Carrier	10,54	36000
Consul	2,63	9000
Eletrolux	3,51	12000
	3,51	12000
	5,27	18000
	5,27	18000
	3,51	12000
	3,51	12000
	3,51	12000
	3,51	12000
LG	5,27	18000
Midea	22,83	78000
	8,78	30000
	8,78	30000
	3,51	12000
Total Geral	97,45	333000

Fonte: Autor

Tabela 18: Relação de condicionadores de ar do bloco T

Bloco T		
Marca	Soma de kW	Soma de BTU/h
Midea	17,56	60000
	52,70	180000
	52,70	180000
Total Geral	122,98	420000

Fonte: Autor

Tabela 19: Relação de condicionadores de ar do bloco U

Bloco U		
Marca	Soma de kW	Soma de BTU/h
Komeco	5,27	18000
	5,27	18000
Samsung	7,02	24000
	7,02	24000
	7,02	24000
Total Geral	31,62	108000

Fonte: Autor

Tabela 20: Relação de condicionadores de ar do bloco V

Bloco V		
Marca	Soma de kW	Soma de BTU/h
Carrier	17,56	60000
Elgin	10,54	36000
	10,54	36000
	10,54	36000
	14,05	48000
	10,54	36000
	10,54	36000
	10,54	36000
	10,54	36000
	10,54	36000
	10,54	36000
	10,54	36000
Komeco	14,05	48000
Total Geral	151,09	516000

Fonte: Autor

Tabela 21: Relação de condicionadores de ar do bloco W

Bloco W		
Marca	Soma de kW	Soma de BTU/h
Brize	17,56	60000
	17,56	60000
	17,56	60000
Carrier	70,27	240000
	17,56	60000
Consul	5,27	18000
Total Geral	145,81	498000

Fonte: Autor

Tabela 22: Relação de condicionadores de ar do bloco X1

Bloco X1		
Marca	Soma de kW	Soma de BTU/h
Consul	3,51	12000
Consul - Tipo parede	2,63	9000
Eletrolux	7,02	24000
Elgin	3,51	12000
	10,54	36000
Komeco	26,35	90000
	7,02	24000
LG	7,02	24000
Midea	14,05	48000
	8,78	30000
	8,78	30000
Rheem	7,02	24000
Speed	2,63	9000
Total Geral	108,92	372000

Fonte: Autor

Tabela 23: Relação de condicionadores de ar do bloco Z

Bloco Z		
Marca	Soma de kW	Soma de BTU/h
Consul	8,78	30000
Eletrolux	5,27	18000
Elgin	3,51	12000
Total Geral	17,56	60000

Fonte: Autor

Tabela 24: Relação de condicionadores de ar do bloco CENBAPAR

Bloco CENBAPAR		
Marca	Soma de kW	Soma de BTU/h
Komeco	3,51	12000
Total Geral	3,51	12000

Fonte: Autor

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CENÁRIO ENERGÉTICO BRASILEIRO

Neste capítulo será introduzido e detalhado como se apresenta o atual momento energético nacional, tendo como referencia o ano de 2017.

3.1.1 Oferta Interna De Energia

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética EPE (2018) a Oferta Interna de Energia (OIE) que é definida como o total de energia disponibilizada no país, alcançou no Brasil seu máximo de 293,5 Mtep em 2017. No ano anterior a oferta interna de energia registrada foi de 288,3 Mtep, por tanto se verificou uma variação positiva de aproximadamente 1,8%. Teve grande participação neste aumento às ofertas de gás natural e energia eólica, que tiveram um aumento respectivamente de 6,7% e 26,5% no período. Outro fator que contribuiu para o crescimento da oferta interna de energia em 2017 foi a retomada da atividade econômica. Segundo divulgado pelo IBGE, neste ano se teve uma crescente de 1,0% do PIB nacional.

Em relação à geração de energia elétrica, observou se uma variação positiva em relação a 2016. A oferta interna foi de 4,6 TWh, aproximadamente 0,7% comparado ao ano anterior.

Devido às condições hidrológicas desfavoráveis em 2017, houve redução de 3,4% da energia hidráulica disponibilizada em relação ao ano anterior. Apesar da menor oferta hídrica, a participação de renováveis na matriz elétrica atingiu 80,2% em 2017, fato explicado pelo avanço da geração eólica. A geração eólica atingiu 42,4 TWh. A potência eólica atingiu 12.283 MW, expansão de 21,3%.

A Micro e Mini Geração Distribuída (GD), devido a recentes ações regulatórias que viabilizaram a compensação de energia produzida excedente por sistemas menor porte, registrou uma potência instalada de 246,1 MW. Vale destacar a geração fotovoltaica, que apresentou 174,5 MW de potência instalada. A tabela 25 estratifica a oferta interna de energia no ano de 2017 no Brasil.

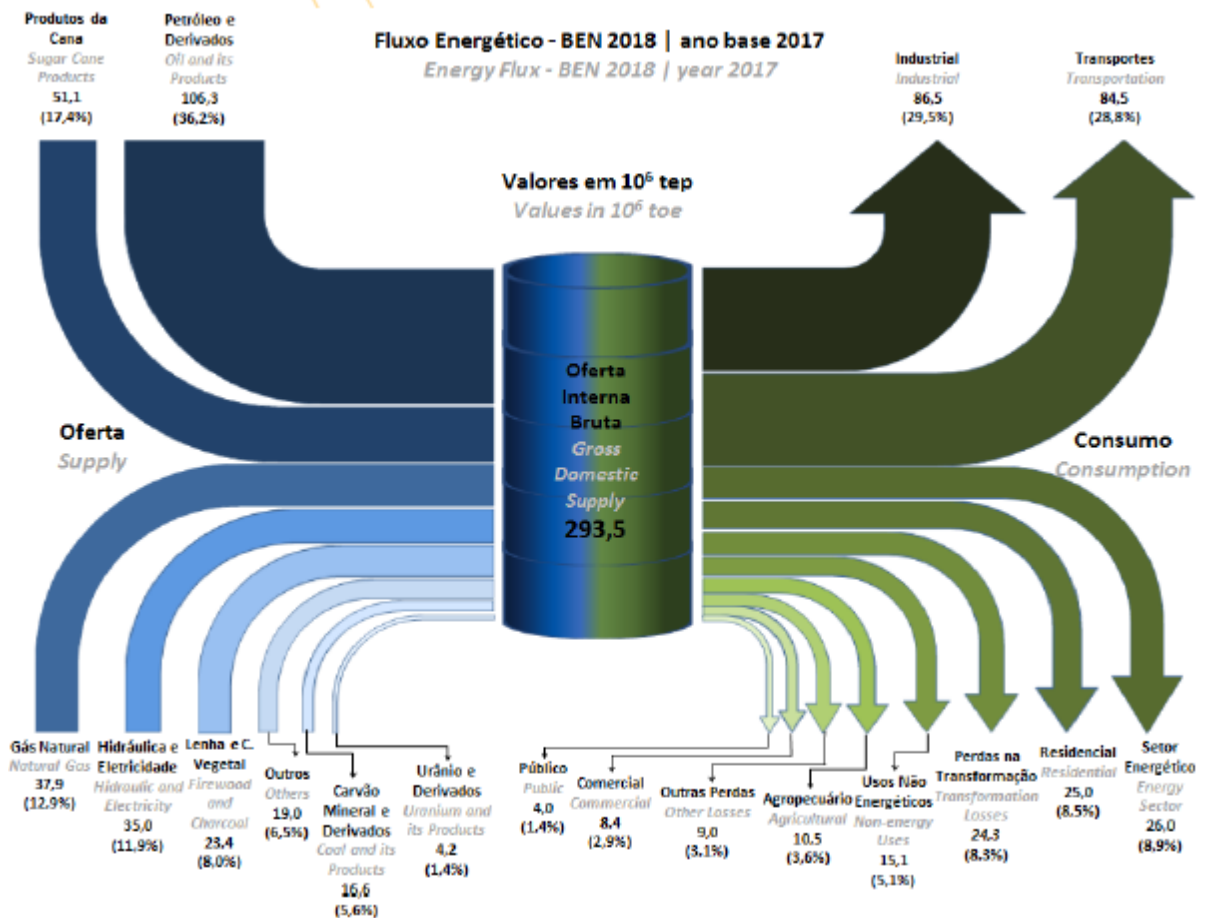
Tabela 25: Oferta Interna de Energia em Milhões de Toneladas de Equivalente de Petróleo

Fonte (Mtep)	2016	2017	Varição 17/16
Renováveis	125,4	126,6	0,9%
Energia hidráulica	36,3	35,0	-3,6%
Biomassa da cana	50,3	51,1	1,6%
Lenha e carvão vegetal	23,1	23,4	1,3%
Eólica	2,9	3,6	24,1%
Solar	0,007	0,072	928,6%
Lixívia e outras renováveis	12,8	13,4	4,7%
Não renováveis	163	166,8	2,3%
Petróleo e derivados	105,4	106,3	0,9%
Gás natural	35,6	37,9	6,5%
Carvão mineral	15,9	16,6	4,4%
Urânio (U3O8)	4,2	4,2	0,0%
Outras não renováveis	1,9	1,8	-5,3%

Fonte: EPE (2018)

Mesmo com um crescimento notáveis das fontes de energia renováveis, pode-se verificar que ainda a maior parte da energia ofertada no Brasil é oriunda de fontes não renováveis, principalmente do petróleo e seus derivados. Isso ainda ocorre pelo motivo das nossas indústrias e meios de transportes usarem muito combustíveis fósseis. Em relação ao consumo de energia, a figura 2 nos mostra o fluxo energético brasileiro, reforçando o que já mencionado anteriormente, onde tem-se como principais responsáveis pelo consumo de energia o setor industrial e transportes, consumindo respectivamente 29,5% e 28,8% de toda a energia que é ofertada no nosso país.

Figura 2: Fluxo Energético Brasileiro

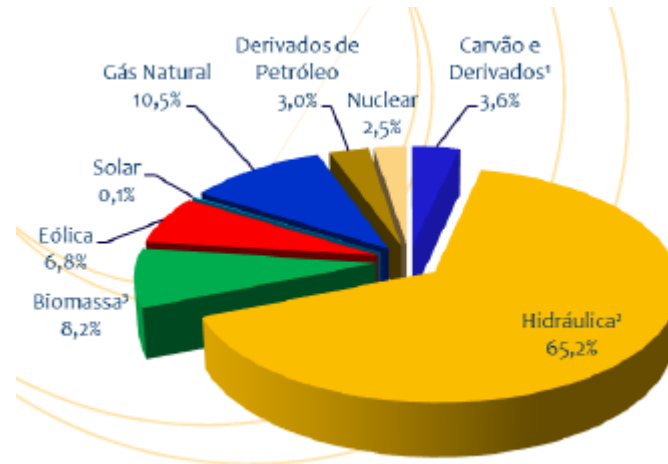


Fonte: EPE (2018)

3.1.2 Oferta Interna De Energia Elétrica

A oferta interna de energia elétrica (OIEE) no Brasil teve uma variação positiva de aproximadamente de 0,7% entre 2016 e 2017, aumentando de 619,7 para 624,3TWh. Do mesmo modo o consumo também teve um aumento de 0,9%, subindo de 521,4 para 526,2 TWh, uma variação de 0,9%. A figura 3 apresenta como está constituída a nossa matriz elétrica. Pode-se perceber que referente a energia elétrica, a grande parte é oriunda de fontes renováveis, principalmente por conta das usinas hidrelétricas, que representam mais de 65% de toda a oferta nacional.

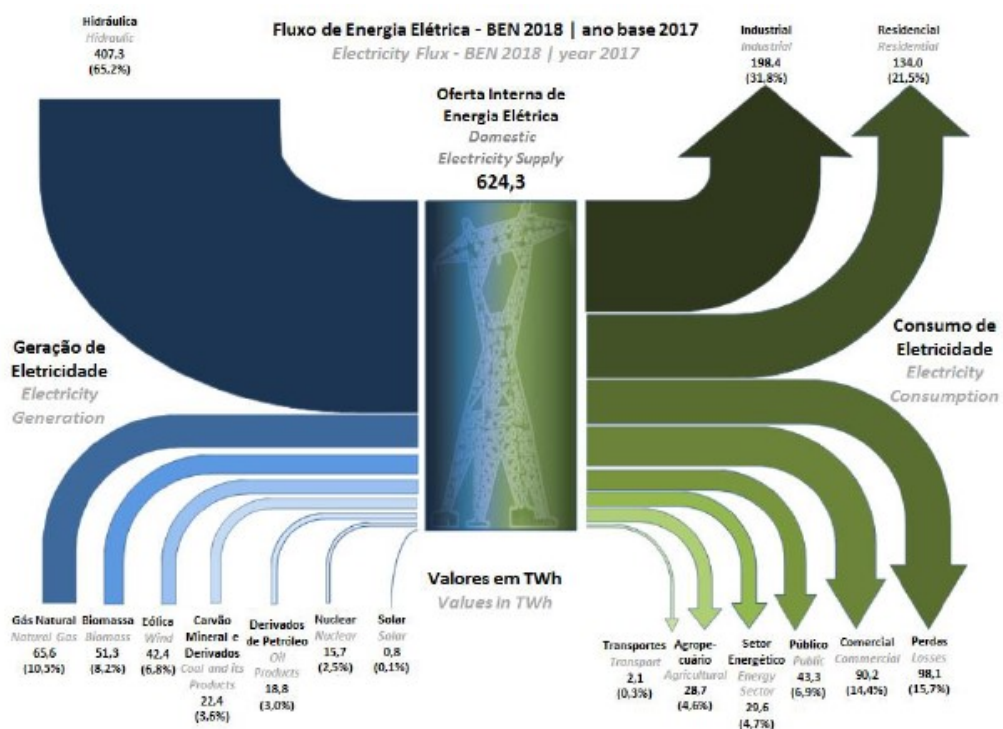
Figura 3: Matriz Energia Elétrica



Fonte: EPE (2018)

Quando a figura 4 é analisada, pode-se notar que além do setor industrial, temos também como grandes consumidores os setores residencial e comercial, que consomem respectivamente 21,5% e 14,4% de toda energia elétrica ofertada. E nestes dois setores temos como o maior responsável pelo consumo de energia elétrica os aparelhos condicionadores de ar.

Figura 4: Fluxo Energia Elétrica



Fonte: EPE (2018)

3.2 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

Nesta etapa será apresentado um breve resumo das legislações relacionadas com a temática Eficiência Energética no Brasil, segundo o MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (2011).

3.2.1 Programa Conserve

Este programa foi criado em 1981 por meio da Portaria MIC/GM46. O objetivo deste programa foi a promoção da conservação de energia na indústria, ao desenvolvimento de produtos e processos energeticamente mais eficientes, e à substituição de energéticos importados por fontes alternativas autóctones.

3.2.2 Programa De Mobilização Energética – PME

Este programa foi criado em 1982, no qual o Decreto N° 87.079 aprovou suas diretrizes. O objetivo do programa foi de racionalizar a utilização de energia, obtendo a diminuição do consumo dos insumos energéticos e substituir progressivamente os derivados do petróleo por combustíveis alternativos nacionais.

3.2.3 Programa De Conservação De Energia Elétrica Em Eletrodomésticos

Este programa foi criado em 1984 pelo Inmetro - Instituto Brasileiro de Metrologia, Normalização e Qualidade, órgão vinculado ao Ministério da Indústria e do Comércio Exterior. O objetivo deste programa foi a Redução do consumo de energia em equipamentos como refrigeradores, congeladores, e condicionadores de ar domésticos. Em 1992, este programa foi renomeado, sendo a partir de então denominado Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE).

3.2.4 Programa Nacional De Conservação De Energia Elétrica – PROCEL

Este programa foi criado em 1985 por meio da Portaria Interministerial n° 1.877, com o intuito de integrar as ações visando a conservação de energia no país, dentro de uma visão abrangente e coordenada.

3.2.5 Comissão Interna De Conservação De Energia - CICE

Esta comissão foi criada pelo Governo Federal por meio do Decreto nº 99.656 em 1990, visando a elaboração, implantação e o acompanhamento das metas do Programa de Conservação de Energia, e a divulgação dos seus resultados nas dependências de estabelecimento pertencente a órgão ou entidade de Administração Federal direta ou indireta, fundações, empresas públicas e sociedades de economia mista que apresente consumo anual de energia elétrica superior a 600.000 kWh ou consumo anual de combustível superior a 15 Tep (toneladas equivalentes de petróleo).

3.2.6 Programa Nacional De Racionalização Do Uso De Derivados Do Petróleo E Do Gás Natural – CONPET

Este programa foi instituído em 1991 por Decreto Federal. Neste mesmo instrumento as competências do PROCEL foram revistas. Ambos os programas tem como finalidade desenvolver e integrar ações que visem à racionalização do uso de energia.

3.2.7 Programa Brasileiro De Etiquetagem – PBE

Em 1992 o Programa de Conservação de Energia Elétrica em Eletrodomésticos é renomeado para Programa Brasileiro de Etiquetagem, tendo sido preservadas suas atribuições iniciais, aos quais foram agregados os requisitos de segurança e o estabelecimento de ações para a definição de índices mínimos de eficiência energética.

3.2.8 Prêmio Nacional De Conservação E Uso Racional De Energia

Este prêmio foi instituído em 1993 por meio de Decreto Federal, no qual é destinado ao reconhecimento das contribuições em prol da conservação e do uso racional da energia no país.

3.2.9 Selo Verde Eficiência Energética

Este selo foi instituído em 1993 por meio de Decreto Federal com intuito de Identificar os equipamentos que apresentem níveis ótimos de eficiência no consumo de energia.

3.2.10 Agência Nacional De Energia Elétrica – ANEEL

Em 1996 a Lei nº 9.427, criou a Agência Nacional de Energia Elétrica, cujo regulamento foi definido pelo Decreto Nº 2.335. O Decreto estabeleceu as diretrizes da ANEEL, suas atribuições e estrutura básica.

3.2.11 Lei Do Petróleo

Em 1997 foi promulgada a Lei nº 9.478/1997 ou Lei do Petróleo que dispôs sobre a Política Energética Nacional e criou a Agência Nacional do Petróleo - ANP. Esta lei determina que um dos princípios e objetivos da Política Energética Nacional são as políticas nacionais para o aproveitamento racional das fontes de energia, visando, entre outros, o objetivo de proteger o meio ambiente e promover a conservação de energia.

3.2.12 Lei N° 9.991

Em 2000 foi promulgada a Lei nº 9.991 que objetivou a realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica.

3.2.13 Lei Da Eficiência Energética

Em 2001 foi promulgada a Lei nº 10.295 ou Lei da Eficiência Energética que dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional da energia, visando à alocação eficiente dos recursos energéticos e também a preservação do meio ambiente. Coube ao Poder Executivo estabelecer os níveis máximos de

consumo específico de energia ou mínimos de eficiência energética de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país, com base em indicadores técnicos pertinentes, que considerem a vida útil dos equipamentos. A lei também estabeleceu que, um ano após a publicação dos níveis de eficiência energética, seria estabelecido um programa de metas para sua progressiva evolução e obrigar os fabricantes e importadores dos aparelhos a adotar as medidas necessárias para que fossem obedecidos os níveis máximos de consumo de energia e mínimos de eficiência energética, constantes da regulamentação estabelecida para cada tipo de máquina ou aparelho.

3.3 TIPOS DE CONDICIONADORES DE AR

A escolha de qual condicionador de ar usar dependerá de vários fatores, incluindo o tamanho da área a ser resfriada, o calor total gerado dentro da área fechada, etc. Um engenheiro precisa levar em consideração todos os parâmetros relacionados para assim poder tomar a decisão mais adequada para o projeto em questão.

Nesta etapa serão apresentados os tipos de condicionadores de ar mais utilizados atualmente.

De acordo PROCEL (2011) pode-se classificar os sistemas de ar condicionado da seguinte maneira:

- Sistema de expansão direta;
- Sistema de expansão indireta.

3.3.1 Sistema de expansão direta

Um sistema é dito de Expansão Direta quando o ar é diretamente resfriado pelo fluido refrigerante. As aplicações são as seguintes:

- Instalações de Pequenas e médias capacidades, onde são usados:
 - Aparelhos de janela;
 - “*Splits*”;
 - “*Self contained*”;
 - “*Split Inverter*”
 - “*Split Cassete*”

3.3.1.1 Ar condicionado tipo janela

Os condicionadores de ar do tipo janela eram um dos tipos mais usados porque eles eram a forma mais simples de sistemas de ar condicionado. A figura 5 ilustra um a condicionado do tipo janela.

Figura 5: Ar condicionado do tipo janela



Fonte: www.webarcondicionado.com.br

Todo o conjunto do ar condicionado de janela pode ser dividido em dois compartimentos: o lado interno, que é também o lado de refrigeração e o lado externo, de onde o calor absorvido pelo ar ambiente é liberado para a atmosfera. O lado interno e o lado externo são separados uns dos outros por uma divisória isolada dentro do conjunto do aparelho. Algumas vantagens e desvantagens desse tipo de condicionador de ar são apresentadas no quadro 1.

Quadro 1: Vantagens e desvantagens de ar condicionado de janela

Vantagens	Desvantagens
O custo inicial é significativamente menor do que outros tipos	Eficiência energética menor em relação a outros tipos
São fáceis de instalar	A janela em que foi instalado o aparelho fica inutilizável
Podem ser instalados em vários lugares diferentes	Geralmente necessitam de suporte no lado externo
Eles podem ser removidos facilmente do local instalado	Á água pingando pode causar acidentes, oxidação de materiais e até mesmo a criação de fungos.

Fonte: Autor

3.3.1.2 Ar condicionado tipo *Split*

Um aparelho de ar do tipo *split*, que traduzindo do inglês significa “divisão”, possui a unidade externa e a unidade interna. A unidade externa, instalada fora do ambiente a ser climatizado, abriga componentes como o compressor, o condensador e a válvula de expansão. A unidade interna compreende o evaporador e o ventilador de resfriamento. Para a unidade interna, não há necessidade de aberturas nas paredes como no caso do ar condicionado do tipo janela. A figura 6 ilustra um ar condicionado do tipo *Split*.

Figura 6: Ar condicionado do tipo Split



Fonte: www.webarcondicionado.com.br

Além disso, as unidades *splits* atuais têm apelo estético e não ocupam tanto espaço quanto uma unidade de janela. O quadro 2 apresenta vantagens e desvantagens desse tipo de condicionador de ar.

Quadro 2: Vantagens e desvantagens do Split

Vantagens	Desvantagens
Versatilidade maior do que ar condicionado do tipo janela	Maior preço de compra e de instalação
Mais “atraentes” do que ar condicionado do tipo janela	Não são apropriados para prédios com vários andares
São silenciosos no lado interno (parte evaporadora)	São barulhentos no lado externo (parte condensadora)

Fonte: Autor

3.3.1.3 Ar condicionado tipo *self contained* – *Rooftop*

Equipamentos de grande capacidade que reúnem todas as unidades (condensadora e evaporadora) em um equipamento, bem como um aparelho de ar condicionado do tipo janela. De tamanho grande, o *self contained* geralmente é usado em ambientes comerciais. A figura 7 ilustra um ar condicionado do tipo *self contained*.

Figura 7: Ar condicionado do tipo *self contained*



Fonte: www.webarcondicionado.com.br

O *rooftop* trata-se de um ar condicionado *self contained* de condensação a ar, adequada para instalação em laje. A principal característica é a sua instalação ao tempo, dispensando a casa de máquinas, permitindo a rede de dutos menores e com o equipamento fora do ambiente a ser climatizado. Para construções horizontais, possui muitas vantagens seu uso. O ar condicionado *rooftop* é adequado para ambientes com poucas divisórias. As vantagens e desvantagens desse tipo de ar condicionado são mostradas no quadro 3.

Quadro 3: Vantagens e desvantagens do *self contained*

Vantagens	Desvantagens
São de fácil acesso	Compressor junto da unidade evaporadora (maior nível de ruído comparado com o sistema tipo split).
São disponíveis em várias capacidades	Baixa eficiência energética

Fonte: Autor

3.3.1.4 Ar condicionado tipo *Split Inverter*

O ar condicionado Split inverter está se tornando popular devido à sua abordagem de economia de energia e menor impacto ao meio ambiente. Tradicionalmente, o compressor usado em um sistema de ar condicionado comum é do tipo ON/OFF, ou seja, ele funciona na capacidade máxima ou nenhuma. Já no ar condicionado com tecnologia inverter o compressor não desliga toda hora. O que ocorre é a variação da rotação do compressor, o que reduz o consumo de energia quando detectado que o ambiente precisa de menos refrigeração. Esta tecnologia também reduz os picos de energia atingidos no início de cada operação. A figura 8 ilustra um ar condicionado do tipo *Split Inverter*.

Figura 8: Ar condicionado com tecnologia inverter



Fonte: www.webarcondicionado.com.br

Por não trabalhar em um regime ON/OFF, os aparelhos que possuem a tecnologia inverter, apresentam uma variação na temperatura do ambiente climatizado muito menor em relação as outras tecnologias. O quadro 4 apresenta as vantagens e as desvantagens dos aparelhos condicionadores de ar que apresentam a tecnologia inverter.

Quadro 4: Vantagens e desvantagens da tecnologia inverter

Vantagens	Desvantagens
Maior eficiência comparada aos modelos tradicionais.	Mais caro que os modelos tradicionais
Menor variação da temperatura ambiente	Manutenção é mais cara por conta da tecnologia empregada

Fonte: Autor

3.3.1.5 Ar condicionado tipo *Split Cassete*

O ar condicionado *Split Cassete* apresenta características muito semelhantes ao ar condicionado tipo *Split*. Eles também podem ou não apresentarem a tecnologia *inverter*, o que os tornam equipamentos mais eficientes. A figura 9 ilustra um ar condicionado do tipo *Split Cassete*.

Figura 9: Ar condicionado do tipo Split Cassete



Fonte: www.webarcondicionado.com.br

Neste tipo de ar condicionado a unidade evaporadora é instalada no teto, o que pode ser uma vantagem do ponto de vista estético do ambiente. O quadro 5 apresenta as vantagens e as desvantagens dos aparelhos condicionadores de ar do tipo *Split Cassete*.

Quadro 5: Vantagens e desvantagens dos aparelhos Split Cassete

Vantagens	Desvantagens
Melhor distribuição do ar por estar instalado no teto	Mais caro que os modelos tradicionais
Não ocupa espaço útil por ser instalado no teto	Manutenção é mais cara por conta da tecnologia empregada
Menor variação da temperatura ambiente	Difícil acesso quando o teto é muito alto

Fonte: Autor

3.3.2 Sistema de expansão indireta

Um sistema é dito de Expansão Indireta, quando o fluido usado como refrigerante do ar é a água. Esta, por sua vez, é resfriada num circuito de compressão, por um “*chiller*”

3.3.2.1 Água Gelada

Faz-se necessário nos sistemas de expansão indireta a instalação de uma central de água gelada para as unidades condicionadoras de ar do tipo *fancoil* presentes em cada ambiente a ser condicionado. E em paralelo a este sistema deve ser implementado um sistema de automação, de modo que cada ambiente condicionado deverá possuir, de acordo com sua área, um ou mais sensores de temperatura a fim de que esta propriedade possa ser controlada.

O *fancoil* trata-se de um módulo que comporta em seu interior uma serpentina de cobre ou alumínio onde circula água gelada, um ventilador provido de motor e correias que tem a função de captar o ar do ambiente, passar este ar por um sistema de filtros, e após, pela serpentina onde será refrigerado e devolver através do insuflamento ao mesmo ambiente já refrigerado e filtrado.

O insuflamento interno varia conforme a escolha do projetista ou aplicação que mais se adapte ao ambiente, podendo ser através de unidades *hi-wall*, piso teto, cassete, *built in* ou em sistemas de grande capacidade onde são utilizados no conjunto ramais de dutos. A figura 10 ilustra um sistema de ar condicionado do tipo *fancoil*.

Figura 10: Ar condicionado do tipo *fancoil*



Fonte: www.thermecengenharia.com.br

Em todos os edifícios há geração de calor, seja por causa da irradiação solar ou dos ocupantes internos e dos equipamentos presentes no ambiente. Esse calor precisa ser removido para manter as pessoas dentro de uma temperatura confortável, mas também para garantir que os equipamentos elétricos e mecânicos sejam mantidos dentro de certos limites térmicos.

Os *chillers* resfriados a água usam torres de resfriamento, enquanto resfriadores a ar soprarão ar através do seu condensador. A figura 11 ilustra um *chiller* refrigerado a água.

Figura 11: chiller refrigerado a água



Fonte: www.thermogyn.com.br

Os *chillers* usam fluido refrigerante para retirar o calor indesejado entre o evaporador e o condensador. A água gelada é gerada no evaporador e é enviada ao redor do prédio por uma bomba a fim de absorver o calor indesejado e trazê-lo de volta ao evaporador para ser resfriado. O fluido refrigerante absorve esse calor e o transporta para o condensador. O condensador transfere este calor indesejado em outro sistema que é enviado por uma bomba para as torres de resfriamento ou para uma serpentina de resfriamento. O quadro 6 apresenta algumas vantagens e algumas desvantagens desse sistema.

Quadro 6: Vantagens e desvantagens do chiller

Vantagens	Desvantagens
Mais seguros para as pessoas	Necessidade de torre de resfriamento para chiller refrigerado a água
São abrigados em uma sala de máquinas	Menos eficaz em ambientes úmidos

3.4 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM AMBIENTES CLIMATIZADOS

Para se reduzir o consumo de energia que é destinada a climatização de ambientes em prédios comerciais tem-se que levar em consideração não apenas a tecnologia envolvida no equipamento e como o sistema é controlado, mas também alguns parâmetros e ações que impactam diretamente na eficiência dos sistemas, como por exemplo, taxa de ocupação do ambiente, fachada externa do edifício, uso inadequado dos aparelhos, aparelhos incoerentes com o necessário, política de conscientização por parte dos usuários.

De certa forma não é eficiente um aparelho que consome menos energia elétrica se ele não é operado de forma coerente. Por isso esses parâmetros mencionados anteriormente são fundamentais para obter-se uma redução no consumo de energia dos condicionadores de ar.

3.4.1 Taxa De Ocupação E Comportamento

Talvez o principal fator para ter-se uma redução do consumo de energia nas edificações seja uma questão de hábitos e costumes das pessoas que utilizam as acomodações, incluindo as instituições de ensino.

De acordo com (BATIZ et al., 2009) o conforto térmico tem real importância no desempenho dos alunos, especificamente com a atenção e a memória. Segundo LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, (1937) define-se Conforto Térmico como estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente que o circunda. Portanto, segundo a NBR 15.220 – Desempenho térmico das edificações - o Conforto Térmico é a satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente.

Os ocupantes afetam o uso de energia em edificações, tanto ativamente quanto passivamente. O comportamento dos ocupantes precisa ser totalmente compreendido para uma melhor previsão de desempenho e otimização no consumo de energia. (JIA; SRINIVASAN; RAHEEM, 2017).

Em um estudo realizado por GAETANI; HOES; HENSEN (2018) foi confirmado que devido as irregularidades no uso da iluminação, sistemas de ar condicionado, presença de pessoas, cortinas e setpoint da temperatura é possível

explicar uma variação de 80 a 95% na demanda de energia destinada para climatização.

Na prática, o que ocorre é que em grande parte do dia as salas permanecem sem a ocupação de pessoas, ou ainda, as salas são usadas apenas com pouca frequência, entretanto em alguns casos os aparelhos condicionadores de ar não são desligados. Seria muito mais eficiente se essas salas fossem climatizadas somente quando realmente estão sendo usadas. Por isso saber as informações de ocupação da sala é crucial para economizar energia e aumentar a eficiência do sistema. Outro ponto a ser destacado é o uso dos equipamentos condicionadores de ar, principalmente nos dias mais quentes. Grande parte das pessoas acredita que se ajustar o aparelho em uma temperatura muito abaixo do que é recomendado, tem-se uma sensação de conforto mais rápido do que se ajustar em uma temperatura que é recomendada de acordo com a NBR 15.220. Esta situação é prejudicial, pois faz com que o sistema de ar condicionado consuma mais energia sem ser necessário.

3.4.2 Envoltória Dos Edifícios

Outro tópico importante que afeta o consumo de energia em edifícios são as características de construção do prédio. Um prédio com janelas e paredes de vidros voltadas para o norte recebe na maioria dos casos uma maior incidência solar do que um prédio com essas características voltadas para outra orientação. Cabe ao responsável pelo projeto do empreendimento ter o conhecimento se isso será algo bom ou algo prejudicial para a eficiência energética da construção. Antigamente não se era dado à devida importância para esse tema, o que faz com que na maioria dos casos os prédios mais antigos apresentem um maior consumo de energia do que as construções mais recentes, quando analisado somente os aspectos construtivos.

A envoltória de uma edificação é o que separa os ambientes internos e externos de um edifício. É o fator chave que determina a qualidade e controla as condições internas, independentemente das condições externas transitórias. (SADINENI; MADALA; BOEHM, 2011). Vários parâmetros, tais como paredes, telhado, fundação, isolamento térmico, massa térmica, dispositivos externos de sombreamento, entre outros, implicam no consumo de energia de qualquer edifício.

A economia de energia de 31,4% em relação ao cenário de referência (base) foi registrada em apartamentos de alto padrão no clima quente e úmido de Hong Kong, adotando estratégias eficientes de energia. As estratégias incluíram a adição de isolamento térmico de poliestireno expandido (EPS) em paredes, paredes externas com a cor branca, vidros reflexivos em janelas, beiral de 1,5 m e paredes laterais em todas as janelas. (CHEUNG; FULLER; LUTHER, 2005). Em um estudo diferente, um projeto de envoltória eficiente do edifício resultou em uma redução de 35% da demanda total de energia. (CHAN; CHOW, 1998).

4 METODOLOGIA

Este trabalho teve como metodologia uma pesquisa bibliográfica, que, segundo Gil (2008, p.50), “é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído de livros e artigos científicos”.

A pesquisa foi organizada em três etapas, que são descritas a seguir:

4.1 PESQUISA OLINE

Trabalhos realizados sobre o assunto foram pesquisados na base de dados Scientific Electronic Library Online (SciELO), Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD) e Periódicos CAPES. A combinação dos seguintes descritores foi empregada na busca: “Ar condicionado” e “Eficiência Energética”. As buscas foram realizadas somente na língua portuguesa.

Como critério de inclusão foi considerado estudos publicados no período de 2005 a 2018, que apresentavam alguma relação do título e resumo dos trabalhos com o assunto de interesse. Foi encontrado um total de 81 trabalhos publicados.

4.2 SELEÇÃO DOS TRABALHOS

Esta etapa foi subdividida em duas novas etapas.

4.2.1 Leitura dos títulos dos trabalhos

Após leitura dos títulos, foram descartados os trabalhos com títulos não pertinentes ao assunto de estudo.

4.2.2 Leitura dos resumos dos trabalhos

Depois de selecionados os trabalhos pelo título, foi feita a leitura dos resumos, de forma que, novamente os trabalhos que foram classificados como não pertinentes foram descartados. Deste modo, obtivemos um total de 4 trabalhos selecionados.

Dentre esses 4 trabalhos selecionados, 3 são dissertações de mestrado e 1 é artigo científico.

4.3 ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS

Na terceira etapa foi efetuada de maneira analítica a leitura dos trabalhos selecionados, com o intuito de organizar as informações presentes em cada trabalho, como método aplicado e resultado obtido.

Vale ressaltar que após a leitura dos trabalhos, foi julgado se o conteúdo analisado é compatível com a realidade da UTFPR – Pato Branco. Trabalhos em que o sistema de ar condicionado era por *chillers* (centrais de água gelada) foram excluídos, pois de uma ótica econômica está é uma tecnologia inviável para o câmpus.

5 RESULTADOS

No presente estudo foram encontrados 81 trabalhos no cruzamento das palavras-chave onde, 18 deles foram encontrados na Base de Dados SciELO, 46 foram encontrado na Base de Dados BDTD e 17 foram encontrados na Base de Dados CAPES, conforme demonstrado na tabela 26.

Tabela 26: Resultado da pesquisa

Base de Dados	Trabalhos Encontrados
SciELO	18
BDTD	46
CAPES	17
TOTAL	81

Fonte: Autor

Após as etapas descritas no capítulo da metodologia, os 4 trabalhos selecionados são apresentados no quadro 7, assim como a metodologia utilizada e os resultados obtidos por cada autor.

Quadro 7: Artigos inclusos quanto ao desenvolvimento e resultados

AUTOR/ ANO	PREMISSAS DE ESTUDO	PARÂMETROS ANALISADOS	METODOLOGIA APLICADA	RESULTADOS OBTIDOS
COSTA (2016)	<ul style="list-style-type: none"> Sala de aula de 42 m² da UFPE 	<ul style="list-style-type: none"> Automatização operacional do sistema de ar condicionado 	<ul style="list-style-type: none"> Experimental - Implantação de um sistema automatizado através de sensores 	<ul style="list-style-type: none"> 39% de economia de energia
FLORES (2009)	<ul style="list-style-type: none"> Laboratório da UnB 5 modos de operação do sistema 	<ul style="list-style-type: none"> Automatização operacional do sistema + sistema híbrido 	<ul style="list-style-type: none"> Experimental - Implantação de um sistema automatizado através de sensores 	<ul style="list-style-type: none"> 67,1% de economia de energia
BALTAR (2006)	<ul style="list-style-type: none"> Área de 225,21 m² - Hospital Bruno Born Dados climáticos de Lajeado - RS 	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de vidro das janelas Cor da envoltória do prédio Revestimento interno das paredes 	<ul style="list-style-type: none"> Simulação computacional – EnergyPlus 	<ul style="list-style-type: none"> 13,6% de economia de energia
RUPP; GHISI (2013)	<ul style="list-style-type: none"> Prédio comercial Dados climáticos de Florianópolis – SC 	<ul style="list-style-type: none"> Tamanho e geometria Orientação da edificação Dimensão das janelas Ventilação híbrida (natural + mecânica) 	<ul style="list-style-type: none"> Simulação computacional – EnergyPlus 	<ul style="list-style-type: none"> 31,9% de economia de energia

Fonte: Autor

O presente estudo é composto por artigos que por meio de experimentos e simulações apresentam um aumento da eficiência energética com o foco em aparelhos condicionadores de ar.

Seguindo com uma visão de automatização dos sistemas de ar condicionado, tanto Costa (2016) quanto FLORES (2009) elaboraram estudos experimentais, a fim de fazer com que os usuários dos sistemas tivessem cada vez menos interação com o equipamento. Nos dois estudos foram provados que a automatização dos sistemas foram positivas para a diminuição no consumo de energia elétrica.

Motivado pela observação no mau uso do sistema de ar condicionado nas salas de aula do Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco, Costa (2016) desenvolveu um sistema de controle de ar condicionado automatizado

e independente do usuário. Ele buscou através do seu estudo, reduzir o consumo de energia elétrica desses equipamentos. Dentre o mau uso observado, dois comportamentos dos usuários foram alavancados como os mais importantes para o consumo de energia elétrica: falha no ajuste da temperatura e desatenção no momento de desligar o aparelho.

A sala de aula em questão possuía área de 42 m^2 e era climatizada através de dois aparelhos *splits* (mesmo modelo), ambos compartilhavam do mesmo controle remoto porém eram operados individualmente. O estudo foi dividido em três fases. Na primeira fase foi efetuado monitoramento, coleta, tratamento e análise de dados do Modo de Operação 1 (modo de operação antes da solução proposta), assim como também foram definidos os parâmetros a serem ajustados no sistema de controle que foi desenvolvido na segunda fase. O monitoramento acompanhou a operação dos *splits*, como análise de temperatura, tempo e horário de funcionamento e erros operacionais dos usuários. O objetivo da coleta de dados foi de registrar informações em um cartão de memória que definissem o padrão do modo de operação dos aparelhos, tanto para as Unidades Condensadoras (UC's) quanto para as Unidades Evaporadoras (UE's). As informações coletadas são apresentadas no quadro 8.

Quadro 8: Dados coletados

Tipo da informação coletada	Parâmetros
Dia da semana	Comportamento de acordo com o dia da semana
Data	Dia, mês e ano do ciclo.
Início da operação	Hora, minuto e segundo em que a unidade liga.
Fim da operação	Hora, minuto e segundo em que a unidade desliga.
Tempo de funcionamento	Dia, hora, minuto e segundo do tempo de funcionamento das UC's e das EU's
Temperatura	Inicial
Temperatura	Final

Fonte: Adaptado de COSTA (2016)

Depois da coleta dos dados foi possível calcular o tempo de funcionamento das UC's e das EU's, número de ciclos, identificar se houve funcionamento fora do horário de expediente e as temperaturas ajustadas. Através das informações obtidas na primeira fase, ficaram comprovados os erros (indicativo) operacionais que eram especulados.

A segunda fase se deu pelo desenvolvimento e instalação de um sistema de controle automatizado. Este sistema foi parametrizado de acordo com os dados que foram obtidos na fase anterior, e atendem os dois principais erros observados.

Nesse novo sistema de controle foi utilizado sensor de presença para evitar que os aparelhos ficassem ligados ociosamente. Outro fator importante, é que esse novo sistema não infringe as faixas de temperatura de conforto definido por norma.

De modo análogo a primeira fase, também ocorre a coleta de dados para o Modo de Operação 2 (modo de operação após a solução proposta).

Após essa coleta de dados o autor avança para a terceira fase, na qual se da pela análise dos dados gerados na segunda fase e a definição dos ganhos com esse sistema.

Com a instalação do sistema de controle proposto nesse estudo, que passou a operar os *splits* de maneira automática e otimizada, foi registrada uma redução de 277,2 kW.h/mês, o que representou uma diminuição no consumo de energia de 39%.(COSTA, 2016).

Em outro estudo, FLORES (2009) propôs a utilização de um sistema híbrido de climatização do Laboratório de Automação, Visão e Sistemas Inteligentes (LAVSI), do Departamento de Engenharia Elétrica - ENE - da Universidade de Brasília – UnB, visando uma melhora na qualidade do ar interno e aumento da eficiência energética. Primeiramente foi obtido através de cálculos a carga térmica total do ambiente, totalizando 6.090 kcal/h, o que equivale a 2,01 TR, 7,08 kW ou 24.167 BTU/h. Portanto foi considerado a utilização exclusiva de um sistema de ar condicionado de 24.000 BTU/h.

Para o desenvolvimento e construção do sistema híbrido foram considerados os seguintes parâmetros:

- Foi construído 01 climatizador evaporativo, com vazão aproximada de 1.059 m³/h;
- Foi utilizado 01 *split hi-wall* de 18.000 BTU/h;
- O climatizador evaporativo é a máquina principal de resfriamento;
- Quando o climatizador não conseguir atingir a temperatura, entrará em funcionamento o *split*, e tem-se retorno de ar no sistema para evitar “perda de frio”;
- A sala deverá ter uma temperatura de 22,5 °C, com variação de 1,0°C;
- A umidade relativa do ambiente será de 60%, com variação de 5%

O sistema híbrido foi construído a partir de adaptações feitas no *Split*, onde foram aproveitados os componentes e foi elaborado um novo projeto de controle eletrônico. Também foi instalado um *dampers* para renovação e retorno parcial de ar quando o sistema estivesse operando com o compressor ligado (FLORES, 2009).

O sistema híbrido desenvolvido possuiu cinco modos de operação, sendo esses apresentados no quadro 9.

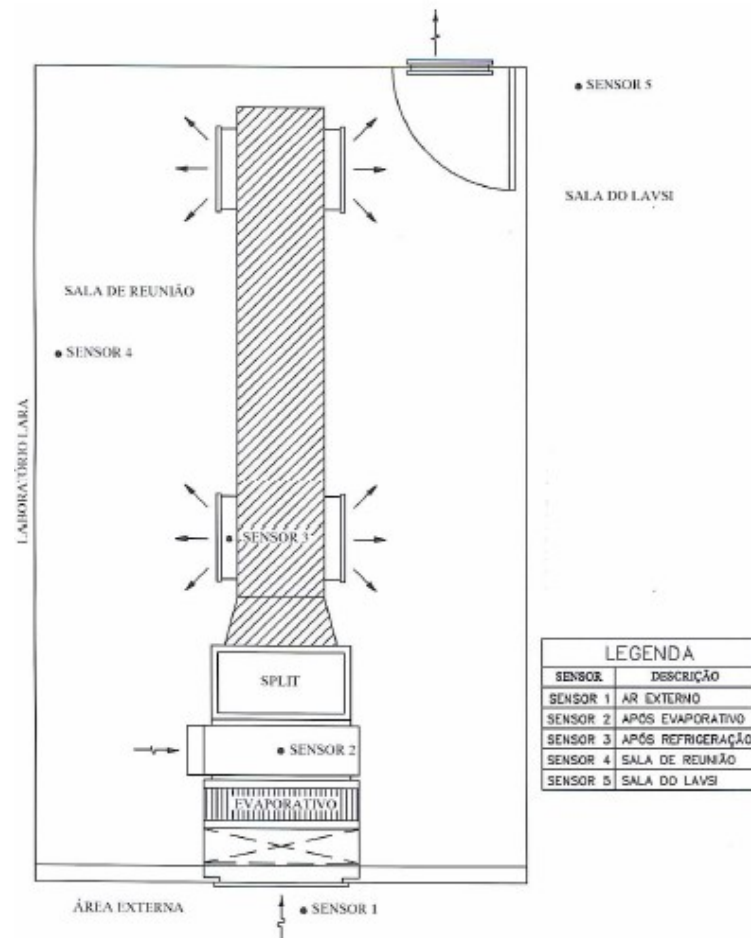
Quadro 9: Modos de operação do sistema híbrido

	Ventilador	Bomba de água	Compressor	<i>Dampers</i>
Modo DESL	Desligado	Desligado	Desligado	Desligado
Modo VENT	Habilitado	Desligado	Desligado	Desligado
Modo EVAP	Habilitado	Habilitado	Desligado	Desligado
Modo REF	Habilitado	Desligado	Habilitado	Habilitado
Modo HIB	Habilitado	Habilitado	Habilitado	Habilitado

Fonte: Adaptado de FLORES (2009)

O posicionamento dos sensores que foram usados está ilustrado na figura 12.

Figura 12: Posicionamento dos sensores



Fonte: FLORES (2009)

No modo de operação DESL o autor observou um consumo residual de energia, que foi explicado em função do consumo dos instrumentos de medição do sistema.

No modo de operação REF, o autor viu um alto consumo de energia elétrica, correspondente principalmente ao consumo de energia elétrica do compressor.

Nos modos de operação VENT, EVAP e HIB o autor relatou um consumo de energia elétrico considerado normal para o sistema instalado.

O autor considerou o consumo total de energia elétrica do modo REF como referência. Portanto no modo de operação VENT foi identificado um consumo de 37,7%, no modo EVAP de 23,0 % e no modo HIB de 32,9%.

Através dos dados obtidos pelo autor, em 120 horas de análise, pode-se afirmar que o sistema puramente evaporativo (EVAP) apresentou um consumo de

energia de 77,0% menor e, o sistema operando no modo HIB apresentou um consumo de energia elétrica de 67,1% menor, ambos em relação ao modo REF (FLORES, 2009).

Ao se comparar os trabalhos de COSTA (2016) e FLORES (2009) pode-se concluir que nos dois estudos a implantação de um sistema de controle de ar condicionado automatizado gerou uma economia significativa no consumo de energia elétrica, pois os sistemas passaram a não depender do usuário que por muitas vezes, pelo uso inadequado do equipamento, faz com que o consumo de energia elétrica seja elevado sem a necessidade. Outro estudo realizado por ERICKSON et al (2009), no qual foi implantado um sistema rede de sensores de câmeras sem fio para coletar dados referentes à ocupação em um grande edifício multifuncional. O sistema estimou a ocupação com uma precisão de 80%. Usando dados coletados deste sistema, os autores construíram através de modelos matemáticos (Gauss) para prever padrões de mobilidade dos usuários no prédio em questão. Usando esses modelos, os autores conseguiram prever o uso das salas, o que permitiu controlar os sistemas de ar condicionados de maneira adaptável. Foram alcançados em suas simulações, redução de 14% no uso de energia elétrica devido ao uso de ar condicionado.

Adotando uma metodologia diferente, BALTAR (2006) e RUPP; GHISI (2013) utilizaram de simulações computacionais por meio do *software EnergyPlus* para desenvolverem seus estudos. Em ambos os estudos foram analisadas as influências dos parâmetros construtivos no comportamento do consumo de energia elétrica demandado pelos sistemas de ar condicionado.

No estudo de BALTAR (2006) foram utilizados dados climáticos do estado do Rio Grande do Sul. Os parâmetros construtivos que foram analisados pelo autor foram o tipo de vidro das janelas, cor da fachada externa da edificação e o revestimento nas paredes internas. O complexo hospitalar Bruno Born de Lajeado foi o edifício objeto de estudo. O prédio possui uma área de 11962 m^2 e três andares, porém para o estudo só foi levado em consideração a área dos quartos de internação, situados no segundo andar e que possuem uma área de 225,21 m^2 . Foram simulados e analisados seis casos distintos para o hospital. O primeiro caso foi a condição que realmente existia, onde os aparelhos de ar condicionado existentes eram do tipo janela com capacidade nominal de refrigeração de 7500 Btu/h e potência nominal de 720 W, que eram ligados 12 horas por dia. O segundo

caso foi realizado com base no primeiro caso, com os mesmos parâmetros construtivos, porém foi modificado o tipo do aparelho de ar condicionado para o modelo mini-split (entre 7000 e 9000 Btu/h e potência nominal entre 740 e 950 W), com a vantagem de que a parte ruidosa (condensador) seja instalada em áreas externas deixando somente a unidade evaporadora no interior do quarto. Foi simulado com o aparelho permanecendo ligado 24h por dia, sendo a temperatura interna ajustada no inverno para 22°C no período diurno (8 às 21h) e 21°C no período noturno (21 às 8h) e no verão a temperatura foi ajustada para 23°C no período diurno e 24°C no período noturno. O terceiro caso, também teve como base o primeiro caso, mantendo os parâmetros construtivos, havendo modificação nos vidros das janelas. Foram simulados 18 diferentes modelos de vidros. Para este caso se manteve os modelos de ar condicionado do segundo caso (mini-split). No quarto caso o único parâmetro modificado foi a cor da fachada externa, os demais parâmetros não foram alterados. Os aparelhos de ar condicionado utilizados nesse caso foram os mesmos do segundo caso. O quinto caso analisado foi o revestimento interno das paredes dos quartos, os demais parâmetros permaneceram os mesmos. Os revestimentos foram utilizados na parte interna das paredes externas. Os aparelhos de ar condicionado permaneceram os mesmo dos casos anteriores. Finalmente no sexto caso, foi analisado o caso ótimo, ou seja, os melhores parâmetros verificados nos casos anteriores foram utilizados, permanecendo os mesmo modelos dos aparelhos condicionadores de ar. (BALTAR, 2006).

Os resultados obtidos pelo autor são mostrados no quadro 10.

Quadro 10: Resultados obtidos em cada caso

Caso	Parâmetro analisado	Melhor Parâmetro	Consumo de Energia Elétrica
1	Real		
2	Mini-Split 24h/dia		+91% em relação ao caso 1 (real)
3	Vidro das janelas	Vidro duplo de 3 mm com câmara de ar de 20 mm intercalada	-7,14% em relação ao caso 2
4	Cores da fachada externa	Cor branca	-0,23% em relação ao caso 2
5	Revestimento	Poliestireno expandido (EPS) 60 mm com gesso acartonado	-10,8 % em relação ao caso 2
6	Ótimo	Melhores parâmetros dos casos anteriores	-13,6 % em relação ao caso 2

Fonte: Adaptado de BALTAR (2006)

No estudo de RUPP; GHISI (2013) além de serem avaliados parâmetros construtivos como tamanho e geometria das salas, orientação, e dimensão das janelas, também foi investigado o potencial de economia de energia elétrica adotando-se um modelo de ventilação híbrida (ventilação natural e mecânica) O estudo foi baseado em simulações computacionais, de modelos de ambientes de edificações comerciais híbridas, localizadas em clima com verão quente e úmido. As simulações foram realizadas com o arquivo climático de Florianópolis, para as 8.760 horas do ano.

Neste estudo o autor baseou as geometrias no índice de ambiente (K), que foi definido pela equação seguinte:

$$K = \frac{L * P}{(L + P) * h}$$

Sendo:

P a profundidade da sala (metros);

L a largura da sala (metros);

h a altura de montagem entre a superfície de trabalho e o teto (metros).

O caso base, no qual serviu de referência para todos os outros casos estudados, foi modelado como apenas ventilação mecânica, com um sistema de ar condicionado do tipo *Split* com compressor funcionando do lado externo. Os consumos de energia para o caso-base variaram entre 61,5 kWh/m².ano para o ambiente com geometria de 2:1 (largura:profundidade), índice de ambiente igual a 5, 10% de área de janela, orientação sul, e 120,5 kWh/m².ano para o ambiente com geometria de 1:1, índice de ambiente igual a 0,8, 100% de área de janela, orientação oeste. Já para o caso com ventilação híbrida, os consumos de energia variaram entre 51,4 kWh/m².ano para o ambiente com geometria de 1:1, índice de ambiente igual a 5, 10% de área de janela, orientação sul, e 87,4 kWh/m².ano para o ambiente com geometria de 1:1, índice de ambiente igual a 0,8, 100% de área de janela, orientação oeste.

Ainda segundo RUPP; GHISI (2013) o ambiente que apresentou melhor resultado, com 31.9% de redução total no consumo de energia, foi o de geometria 2:1, índice ambiental igual a 0,8, 100% área de janela e com orientação norte. Porém se for somente analisado o consumo para o sistema de ar condicionado, o ambiente que apresentou maior redução de consumo foi com geometria 1:2, índice de ambiente igual a 5, 100% área de janela e orientação norte. De forma geral, ambientes com maiores áreas de janelas obtiveram as maiores economias de energia.

6 CONCLUSÃO

O consumo de energia demandado para climatização de ambientes internos tem aumentado de forma expressiva atualmente, e a previsão é que tenhamos ainda mais aparelhos condicionadores de ar atuando no Brasil e no mundo. Esse fato que aparenta ser inevitável também acontece no Câmpus Pato Branco da UTFPR, que possui um total de 169 aparelhos de ar condicionado instalados, somando uma carga total de 1.452,63 kW. Visando alavancar algumas soluções no intuito de aumentar a eficiência energética relacionada a esses equipamentos, este trabalho contemplou uma revisão de literatura a fim de entender e analisar estudos já elaborados e que possam servir de orientação para possíveis projetos que venham a ser desenvolvidos no Câmpus. A pesquisa foi realizada em três diferentes Bases de Dados, e que resultou na seleção de quatro trabalhos, dentre eles três teses de mestrado e um artigo científico. A análise dos trabalhos nos permitiu elencar métodos e ações que são utilizadas com o intuito de aumentar a eficiência energética de sistemas de ar condicionado.

O uso de algoritmos sofisticados e complexos para controle de sistemas de ar condicionados por meio de centrais de água gelada (chillers) foi um dos métodos mais encontrado na pesquisa. Este método mostrou ser bastante relevante em edifícios comerciais, visto que houve grande economia de energia elétrica em vários casos estudados. O uso de chillers em geral apresenta resultado de eficiência energética melhor quando comparado com o uso de vários aparelhos condicionadores de ar. Contudo este tipo de sistema de condicionamento de ambiente não tem aplicabilidade no câmpus Pato Branco da UTFPR, visto que a instalação de uma central de água gelada não é viável em prédios já construídos, pois necessita de muita infraestrutura e reformas no prédio, o que aumenta muito o custo de implantação, inviabilizando o projeto.

Outro método bastante relevante encontrado na pesquisa foi a automatização dos aparelhos condicionadores de ar. Junto com o uso de sensores inteligentes, este método de controle apresentou significativas reduções de consumo de energia. Esta redução acontece por conta da menor interação das pessoas com os aparelhos, evitando assim que esses aparelhos sejam ajustados de maneira inadequada e ainda, que os aparelhos não permaneçam ligados quando o ambiente não está sendo ocupado. Este método de controle apresenta grande potencial de

aplicação e de economia de energia no câmpus de Pato Branco, já que os custos são relativamente baixos e a instalação dos sensores não é complicada. Outro método de controle encontrado na pesquisa e que apresenta alta aderência com a realidade do câmpus é a organização da distribuição das salas de aulas. Este método é simples e não apresenta nenhum custo de implantação, basta apenas organizar os horários das aulas a fim de preencher os horários em que as salas não são usadas. Isso evita que outra sala seja climatizada sem necessidade, visto que já existe uma sala climatizada.

A pesquisa ainda mostrou que aspectos físicos das edificações também impactam diretamente no consumo. Este método foi eficaz e apresentou economia de energia nos trabalhos realizados. Entretanto quando voltamos para a aplicabilidade deste método no câmpus, percebemos que não se torna muito factível com a realidade, pois envolve custos para sua aplicação, além de algumas limitações, como por exemplo, orientação do prédio. O ideal é levar em consideração os aspectos físicos durante a elaboração do projeto.

Além dos métodos já descritos, outro método encontrado na pesquisa e com aplicabilidade alta no câmpus é a conscientização do uso correto dos aparelhos. Alguns estudos apontaram que somente usando campanhas de incentivo e conscientização da população em questão, acarretaram na redução no consumo de energia elétrica devido aos condicionadores de ar. Tal não apresenta custos elevados, e abrange uma grande quantidade de pessoas que usufruem dos equipamentos.

Descritos os métodos encontrados na pesquisa, também ficaram constatados alguns aspectos que dificultam ou são contrários ao aumento da eficiência energética dos sistemas de ar condicionados. Tais parâmetros como a falta de previsão da ocupação dos ambientes, uso inadequado dos aparelhos, aparelhos obsoletos e com baixa eficiência colaboram para o aumento do consumo de energia.

A pesquisa também aponta certa escassez de trabalhos relacionados com a temática, pois grande parte dos trabalhos descartados durante a análise levava em consideração somente o conforto térmico dos usuários, não mencionando se a aplicação feita gerava aumento da eficiência energética. Já outros trabalhos utilizavam de tecnologias que não eram compatíveis com a realidade do Câmpus Pato Brancos, como por exemplo, o uso de chillers.

A preocupação com a diminuição no consumo de energia não deve ser apenas motivada pela economia financeira, devemos pensar no outro, nas próximas gerações e nosso planeta.

7 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como apresentado na revisão de literatura, existe um potencial para aumentar a eficiência energética dos sistemas de ar condicionado do câmpus Pato Branco. Recomenda-se para trabalhos futuros que seja levantado toda a envoltória dos prédios do câmpus e ainda simulações computacionais variando alguns parâmetros construtivos, principalmente em prédios que possuem grandes áreas de janelas.

Recomenda-se também a realização de uma pesquisa a fim de identificar o nível de conscientização dos usuários, podendo até, dependendo dos resultados obtidos na pesquisa, a motivação de uma campanha do uso consciente dos aparelhos de ar condicionado.

Por fim também se recomenda um estudo para verificação do ganho real da implantação de um sistema automatizado, começando simplesmente por um ambiente, podendo se expandir para o câmpus, dependendo da viabilidade técnica e econômica do projeto.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15.220: **Desempenho Térmico de Edificações**. Rio de Janeiro. 2005.

BALTAR, M. G. **Redução da Demanda de Energia Elétrica utilizando Parâmetros Construtivos visando ao Conforto Térmico**, Tese (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2006.

BATIZ, E. C. et al. **Avaliação do conforto térmico no aprendizado**: estudo de caso sobre influência na atenção e memória. *Produção*, v. 19, n. 3, p. 477–488, 2009.

CHAN, K. T.; CHOW, W. K. **Energy impact of commercial-building envelopes in the sub-tropical climate**. *Applied Energy*, v. 60, n. 1, p. 21–39, 1998.

CHEUNG, C. K. et al. **Energy-efficient envelope design for high-rise apartments**. *Energy and Buildings*, v. 37, n. 1, p. 37–48, 2005.

COSTA, C. **Um Estudo Sobre Adaptações para Redução do Consumo de Energia Elétrica em Sistemas de Ar Condicionado**, Tese (Mestrado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2018 ano base 2017**. p. 292, 2018.

ERICKSON, V. L. et al. **Energy efficient building environment control strategies using real-time occupancy measurements**. *Proceedings of the First ACM Workshop on Embedded Sensing Systems for Energy-Efficiency in Buildings - BuildSys '09*. Anais... New York, 2009. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1810279.1810284>>

FLORES, J. L. **Sistema Híbrido de Climatização Visando Conforto Térmico E Eficiência Energética**. Tese (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Departamento de

Engenharia Elétrica - Universidade de Brasília. Brasília, 2009.

GAETANI, I. et al. **Estimating the influence of occupant behavior on building heating and cooling energy in one simulation run**. Applied Energy, v. 223, n. October 2017, p. 159–171, 2018.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2010.

IEA. **Air conditioning use emerges as one of the key drivers of global electricity-demand growth**. Disponível em:
<<https://www.iea.org/newsroom/news/2018/may/air-conditioning-use-emerges-as-one-of-the-key-drivers-of-global-electricity-dema.html>>.

IEA. **The Future of Cooling Opportunities for energyefficient air conditioning**. Paris: IEA, 2018b.

JIA, M. et al. **From occupancy to occupant behavior: An analytical survey of data acquisition technologies, modeling methodologies and simulation coupling mechanisms for building energy efficiency**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 68, n. October 2016, p. 525–540, 2017.

LAMBERTS, R. et al. **Eficiência Energética na Arquitetura**. [s.l: s.n.].

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **PLANO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**. Principles and Guidelines, p. 156, 2011.

PROCEL. **Sistemas de ar condicionado e refrigeração**. p. 96, 2011.

RUPP, R. F.; GHISI, E. **Potencial de economia de energia elétrica em edificações comerciais híbridas localizadas em Florianópolis, SC**. Ambiente Construído, v. 13, n. 1, p. 143–160, 2013.

SADINENI, S. B. et al. **Passive building energy savings: A review of building envelope components**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 15, n. 8, p.

3617–3631, 2011.

TAVARES, M.; DINIZ, D. **Aneel constata alteração em horário de pico de energia no país**, O Globo, 20 de jan. de 2015. Disponível em:

<<https://oglobo.globo.com/economia/aneel-constata-alteracao-em-horario-de-pico-de-energia-no-pais-15103391>>: Acesso em 03 de fev. de 2019

THERMEC: **Expansão dos segmentos de self e fancoil anima fabricantes**.

Disponível em <<http://www.thermecengenharia.com.br/blog-style-2/137-expansao-dos-segmentos-de-self-e-fancoil-anima-fabricantes>>. Acesso em 05 de fev. de 2019

THERMOGYM: **Chiller**. Disponível em:

<<http://www.thermogyn.com.br/produtos/carrier/chiller>>. Acesso em 05 de fev. de 2019

WEBARCONDICIONADO: **Ar condicionado Janela**. Disponível em: <

<https://www.webarcondicionado.com.br/ar-condicionado-janelat>>. Acesso em 05 de fev. de 2019

WEBARCONDICIONADO: **Ar condicionado Split**. Disponível em:

<<https://www.webarcondicionado.com.br/ar-condicionado-split>>. Acesso em 05 de fev. de 2019

WEBARCONDICIONADO: **Tudo sobre ar condicionado self contained**.

Disponível em: <<https://www.webarcondicionado.com.br/ar-condicionado-self-contained>>. Acesso em 05 de fev. de 2019

WEBARCONDICIONADO: **Ar condicionado Split Inverter**. Disponível em: <

<https://www.webarcondicionado.com.br/ar-condicionado-inverter>>. Acesso em 05 de fev. de 2019

WEBARCONDICIONADO: **Ar Condicionado Split Cassete**. Disponível em:

<<https://www.webarcondicionado.com.br/ar-condicionado-casseter>>. Acesso em 05

de fev. de 2019

YIN, X. et al. **Sequential injection analysis system for the determination of arsenic by hydride generation atomic absorption spectrometry**. Fenxi Huaxue, v. 32, n. 10, p. 1365–1367, 2004.