



**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA  
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E  
INFORMÁTICA - CEEI**



Universidade Federal  
de Campina Grande

**JOSÉ WALLISON MARINHO SANTOS ANDRADE**



Centro de Engenharia  
Elétrica e Informática

**PROPOSTA DE PLANO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO USO DE  
AR CONDICIONADO NA UFCG - CAMPUS DE CAMPINA GRANDE**



Departamento de  
Engenharia Elétrica



Campina Grande – PB  
2019

**JOSÉ WALLISON MARINHO SANTOS ANDRADE**

**PROPOSTA DE PLANO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO USO DE AR  
CONDICIONADO NA UFCG - CAMPUS DE CAMPINA GRANDE**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à coordenação do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Gerenciamento de Energia

Orientador: Edmar Candeia Gurjão, D.Sc.

Campina Grande - PB  
2019

JOSÉ WALLISON MARINHO SANTOS ANDRADE

**PROPOSTA DE PLANO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO USO DE AR CONDICIONADO NA  
UFCG - CAMPUS DE CAMPINA GRANDE**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à coordenação do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Gerenciamento de Energia

Aprovado em        /        /

**Professor Leimar de Oliveira**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Avaliador

**Professor Edmar Candeia Gurjão, D. Sc.**  
Universidade Federal de Campina Grande  
Orientador, UFCG

### **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho, com muito carinho, a minha amada e saudosa avó Luzia Batista (in memoriam) pelo exemplo de garra, coragem e amor a sua família.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, pela minha vida e pelo dom da perseverança, que me permitiu concluir este trabalho.

Agradeço ao meu pai, Nabor Batista, por ter se esforçado tanto para me proporcionar condições suficientes para que eu chegasse até este ponto, sempre me proporcionando apoio e suporte.

Agradeço também ao meu orientador Professor Edmar Candeia Gurjão, sendo um auxílio imprescindível para o desenvolvimento e conclusão desse trabalho.

Ao ilustre Professor Leimar de Oliveira, por aceitar participar da banca examinadora.

Agradeço a Hortencya, minha namorada, por estar sempre presente, me ajudando, me alegrando e sendo minha fortaleza nos momentos mais difíceis dessa jornada.

Agradeço aos formidáveis amigos dentre tantos Abmael Vilar, Ionaldo Araujo, Felipe Brasileiro e Arthur Vidal pelos tantos momentos vividos, pelas alegrias e tristezas compartilhadas durante esse período de graduação.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma, estiveram presente nesta etapa da minha vida. Teria sido muito mais complicado sem vocês.

*“Um homem que não tem sonhos  
É um homem aprisionado  
É um peixe fora d’água  
É um pássaro engaiolado  
É uma rocha deserta  
Que no seu canto inquieta  
Não move-se pra nenhum lado.”*

**José Wallison M S Andrade.**

## **RESUMO**

A demanda por climatização artificial e o consumo de energia associado tem crescido significativamente nos últimos anos, este fato impõe a necessidade de ativar o sinal de alerta e traçar estratégias que caminhe lado a lado com esse crescimento, a fim de torná-lo mais eficiente e reduzir o impacto econômico gerado. Com o crescimento da Universidade Federal de Campina Grande-Campus CG – PB, e a busca pelo conforto térmico no ambiente de trabalho em virtude do aumento médio das temperaturas registradas nos últimos anos, a carga de condicionadores de ar aumenta significativamente, o que trouxe um aumento significativo no consumo de energia elétrica e junto, uma preocupação inerente ao gerenciamento do uso indiscriminado desses aparelhos. Um plano de eficiência energética no uso desses aparelhos na UFCG-Campus de Campina Grande é necessário e essencial para nortear de modo eficiente o uso crescente pela climatização artificial, a fim de reduzir o impacto no gastos com energia elétrica. Neste trabalho é feita a análise do impacto do uso de condicionadores de ar nos gastos com energia no Campus de Campina Grande da UFCG, e são propostas medidas para reduzir a demanda gerada por esses aparelhos.

**Palavras-chave:** Climatização Artificial, Conforto Térmico, Eficiência Energética.

## ABSTRACT

*The demand for artificial climatization and associated energy consumption has grown significantly in recent years, this fact imposes the need to activate the warning signal and to devise strategies that go hand in hand with this growth, in order to make it more efficient and reduce the economic impact generated. With the growth of the Federal University of Campina Grande-Campus CG-PB, and the search for thermal comfort in the work environment due to the average increase in temperatures recorded in recent years, the load of air conditioners increases significantly, which significant increase in the consumption of electric energy and together, a concern inherent to the management of the indiscriminate use of these devices. An energy efficiency plan in the use of these devices at Campina Grande UFCG-Campus is necessary and essential to efficiently guide the growing use of artificial air conditioning in order to reduce the impact on electric energy expenditures. In this work the analysis of the impact of the use of air conditioners on energy expenditures in Campina Grande Campus of the UFCG is made, and measures are proposed to reduce the demand generated by these devices.*

**Keywords:** Air Conditioning, Thermal Comfort, Energy Efficiency.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Willis Carrier, 1902. ....	15
Figura 2: Produção em série de centrais de ar condicionados. ....	16
Figura 3: Aparelho de ar condicionado tipo janela ....	16
Figura 4: ar-condicionado tipo split.....	17
Figura 5: circuito de refrigeração ....	18
Figura 6: Aparelho de ar condicionado tipo split ....	19
Figura 7: Características resumidas dos principais sistemas de climatização apresentados nesse pesquisa .....	19
Figura 8 Caminho percorrido pela energia até o consumidor final.....	21
Figura 9 valor final da energia elétrica ....	22
Figura 10 Programa brasileiro de etiquetagem pbe .....	25
Figura 11: Linha do tempo das revisões de índices mínimos de condicionadores de Ar no Brasil.....	27
Figura 12: coeficiente de eficiência energética Split hi-wall.....	28
Figura 13: coeficiente de eficiência energética ar janela.....	28
Figura 14 Ocupação existente do campus de campina grande .....	30
Figura 15: tipos de ar condicionados na UFCG.....	30
Figura 16: tipos de condicionadores de ar por setor .....	31
Figura 17: Fatura de energia elétrica referente ao mês de abril/2019 .....	32
Figura 18 Consumo dos últimos doze meses fora ponta .....	33
Figura 19: consumo dos últimos dozes meses ponta .....	34
Figura 20: consumo médio mensal de eletrodomésticos .....	35
Figura 21: Consumo médio mensal em kwh/mês .....	37
Figura 22: Participação em valores percentuais no consumo total de energia por cenário na UFCG .....	38
Figura 23: Consumo total após a adição de uma nova carga de ar condicionado .....	39
Figura 24: Consumo médio após a redução no tempo de utilização .....	43
Figura 25: Participação em valores percentuais no consumo total de energia por cenários na UFCG.....	44



# LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Barreiras à aplicação dos códigos e padrões de eficiência energética no Brasil.....	25
Tabela 2: Linha do tempo de Programas e Políticas de Eficiência Energética existente no Brasil .....	26
Tabela 3 Tarifas de energia elétrica da UFCG .....	32
Tabela 4: histórico de consumo de energia elétrica na UFCG [KWH] .....	33
Tabela 5: Potência estimada para aparelhos de ar condicionado grupo 1 .....	36
Tabela 6: Potência estimada para aparelhos de ar condicionado grupo 2 .....	36
Tabela 7 Novos Aparelhos de Ar Condicionado que Serão Instalados na UFCG .....	38
Tabela 8: Insumos para plano de ação em eficiência energética no uso de.....	40

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ANP	Agência Nacional do Petróleo, Gás e Natural e Combustível
BEM	Balço Energético Nacional
CGIEE	Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética
CEFET	Centro Federal de Educação Tecnológica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação da Energia
MTIC	Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços
MME	Ministério de Minas e Energia
MMA	Ministério do Meio Ambiente
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
UFCE	Universidade Federal de Campina Grande

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>14</b>
2.1 Caracterização do Objeto em Estudo .....	14
2.1.1 Condicionador de Ar Tipo Janela .....	17
2.1.2 Condicionador de Ar Split Hi-Wall .....	18
2.2 Conforto Térmico .....	20
2.3 Por Dentro da Conta de Energia Elétrica .....	20
2.3.1 Composição da Tarifa de Energia Elétrica .....	21
2.4 Índices Mínimos de Eficiência Energética no Brasil .....	23
<b>3 ESTUDO DE CASO: PROPOSTA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO USO DE AR CONDICIONADO NA UFCG – CAMPUS DE CAMPINA GRANDE.....</b>	<b>29</b>
3.1 Levantamento do Número e Modelo de Aparelhos de Ar Condicionado Existentes na UFCG por Ocupação Setorial .....	29
3.2 Demanda e Consumo .....	31
3.3 Participação do Sistema de Condicionamento de Ar no Consumo Total de Energia Elétrica na UFCG .....	34
3.4 Perspectivas de Crescimento do Consumo de Energia Elétrica para Condicionamento de Ar na UFCG .....	38
3.5 Elementos para Promoção de um Plano de Eficiência Energética no Uso de Aparelhos de AR Condicionado na UFCG .....	39
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>42</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>45</b>
<b>6 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>46</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, o uso de energia para climatização em edifícios cresce mais rápido que qualquer outro uso final. No Brasil, apenas no setor residencial, estima-se que a posse de ar condicionado pelas famílias tenha mais que duplicado entre 2005 e 2017 (EPE 2018) [1].

Apesar do grande impulso das vendas na última década, a penetração desse tipo de equipamento ainda é relativamente baixa nas residências brasileiras. Enquanto que, atualmente, países como China e Estados Unidos possuem aproximadamente 1 e 2 aparelhos, respectivamente, por residência, no Brasil temos apenas 0,4 aparelhos. Cumpre destacar também que boa parte do território brasileiro se encontra em zonas tropicais do planeta, ao contrário de China e EUA [1].

Estima-se que o consumo de energia elétrica devido aos condicionadores de ar no setor residencial tenha mais que triplicado nos últimos 12 anos, atingindo 18,7 TWh em 2017. A posse de equipamentos nas residências aumentou 9,0% ao ano entre 2005 e 2017, motivado, principalmente, pelo aumento das vendas de novos equipamentos entre 2010 e 2015 [1].

Apesar do aumento da demanda por climatização observada nos últimos anos, parte do consumo de energia elétrica foi evitado devido a ações de eficiência energética. Por tanto, estima-se que o ganho acumulado de eficiência energética dos aparelhos de ar condicionado foi de 8% entre os anos de 2005 e 2017 [1].

Por outro lado, as medidas de efficientização em prédios públicos exigem mudanças de comportamento e de hábitos de consumo, associado à prática de adquirir e utilizar equipamentos e sistemas com tecnologias mais modernas e de alta eficiência (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2014) [2].

Conhecendo esse tipo de consumo no uso da eletricidade, identificando os pontos de desperdícios e as possibilidades de economia, é possível reduzir os gastos mensais da fatura de energia elétrica [2].

Diante das discursões apresentadas, a presente pesquisa tem como objetivo propor um plano de eficiência energética no uso de aparelhos de ar condicionado na Universidade Federal de Campina Grande – Campus Campina Grande, que contribua para a redução dos gastos com o consumo de energia elétrica. O plano de efficientização no melhoramento do

desempenho energético do sistema de climatização dos ambientes da UFCG segue as orientações do PROCEL e vão desde manter as janelas e portas fechadas evitando a entrada de ar externo, em ambientes climatizados; limitar a utilização dos aparelhos somente às dependências ocupadas; fazer as manutenções periódicas a fim de melhorar o desempenho de equipamento até alteração do horário em que os aparelhos são ligados no período de atividades no campus [2].

Contudo, a presente pesquisa divide-se em cinco seções, na seção 1, apresenta os elementos introdutórios da pesquisa, assim como os objetivos do trabalho e sua contextualização, além de apresentar o aspecto geral do conteúdo que será discutido ao longo das etapas subsequentes e que será o tema chave dessa pesquisa. Na seção 2, apresenta-se a fundamentação teórica do trabalho explanando alguns conceitos necessários para a compreensão do tema a ser estudado e das variáveis que fundamentam o objeto de estudo. Na seção 3, apresenta os aspectos metodológicos usados para a elaboração do projeto. Na seção 4, são expostos os resultados e as discussões de medidas que visam o melhoramento dos níveis de eficiência energética a fim de reduzir os gastos com o consumo de energia elétrica provenientes do uso de aparelhos de ar condicionados. Na última seção, apresentam-se as considerações finais e sugestões de trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A caracterização do objeto de estudo é relevante para uma maior compreensão ao tema proposto. Desta forma, para auxiliar no entendimento desse estudo foram definidos alguns conceitos importantes que fundamentaram esta pesquisa, que são: Caracterização do objeto em estudo (2.1), Conforto térmico (2.2), Por dentro da conta de energia elétrica (2.3), índices mínimos de eficiência energética no Brasil (2.4), Possibilidade de melhorias na eficiência energética através de regulamentações mais restritivas (2.5).

### 2.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO EM ESTUDO

Sistemas de condicionamento de ar são equipamentos utilizados para manter um ambiente artificialmente adequado ao conforto humano. Isto inclui o controle da temperatura, umidade e qualidade do ar. Para isto, podem exercer as funções de aquecimento e/ou resfriamento, umidificação e desumidificação. Estes sistemas apresentam uma grande variedade de tipos, se diferenciando por diversos fatores (PESSOA e GHISI, 2015).

Segundo Antonovicz e Weber (2013, apud RIGOTTI, 2014) cujo aparelhos que servem para controlar a temperatura de ambientes fechados, o qual provêm da criação de um processo mecânico para condicionar o ar, em 1902, pelo engenheiro norte-americano Willys Carrier (ver Figura 1). Essa tecnologia teve início, na época, a partir de um problema pelo qual uma empresa de Nova York passava. Ao realizar impressões em papel, o clima muito quente de verão e a grande umidade do ar faziam com que o papel absorvesse essa umidade de forma que as impressões saíam borradas e fora de foco. Com isso, foi desenvolvido um equipamento que resfriava o ar desta fábrica, que funcionava através da sua circulação por dutos resfriados artificialmente. Esse foi o primeiro modelo mecânico de condicionamento de ar.



Figura 1: Willis Carrier, 1902.



Fonte: [www.frilon.com.br](http://www.frilon.com.br).

Por outro lado, Stuart W. Cramer outro norte americano já estava a explorar formas de adicionar umidade ao ar, em sua fábrica têxtil, além ter criado o termo “Condicionamento de ar” usando-o em um pedido de patente efetuado naquele ano (LOU KREN, 2007) [4],

Desta forma, surgiu o primeiro condicionador de ar contínuo por processo mecânico, uma ideia tão boa que logo estava sendo empregada também em diversas fábricas da indústria têxtil. Willis acabou revolucionando inclusive a vida dos funcionários, que passaram a ter mais conforto climático em locais anteriormente extremamente quentes (FRILON AR CONDICIONADO, 2019) [5].

A Figura 2 a seguir, mostra basicamente a primeira produção em série de unidades centrais de ar condicionado para residências, foi feita em 1952. O estoque completo foi vendido em apenas duas semanas, tornando mais comum a utilização do aparelho nas residências. Além disso, em 1957, surgiu o primeiro compressor rotativo, o que reduziu o tamanho do aparelho e tornou mais leve e silencioso [5].

Figura 2: Produção em série de centrais de ar condicionados.



Fonte: [www.frilon.com.br](http://www.frilon.com.br).

Na década de 70, com o surgimento do aparelho de janela (ver Figura 3), os aparelhos de ar condicionados começaram a se tornar ainda mais populares no Brasil e no mundo, pela facilidade da instalação e pelo tamanho compacto.

Figura 3: Aparelho de ar condicionado tipo janela



Fonte: [www.frilon.com.br](http://www.frilon.com.br).

Finalmente, foi nos anos 2000, que o ar-condicionado tipo Split modelo apresentado na Figura 4 a seguir, começou a ser utilizado principalmente para uso residencial, chegando a seu ápice na década de 2010. Em seguida, a tecnologia inverter também ganhou o gosto dos usuários, por oferecer pouca oscilação de energia e proporcionando economia nos gastos.

Figura 4: ar-condicionado tipo split



Fonte: [www.poloar.com.br](http://www.poloar.com.br).

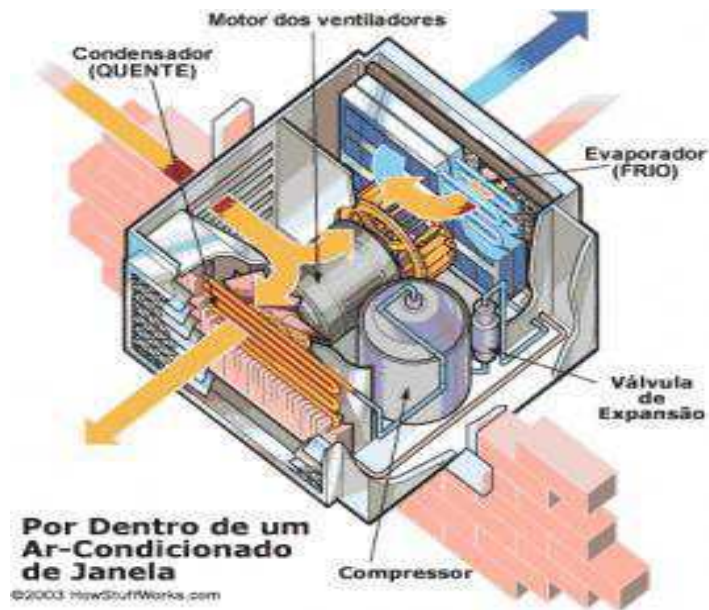
Trazendo para o contexto desse trabalho, na universidade federal de campina grande (UFCG) existem dois modelos básicos que compõe o sistema de climatização e que merecem visibilidade, são eles; aparelho tipo Janela e tipo Split.

#### 2.1.1 CONDICIONADOR DE AR TIPO JANELA

Como o próprio nome diz, estes condicionadores de ar geralmente são instalados em janelas ou em paredes em uma altura de 1,60 m. apresentam capacidade de resfriamento que variam de 0,5 a 3,0 TR, sendo geralmente resfriados a ar (CEFET-BA).

Observe a Figura 5, a mesma representa a esquemática por dentro de um aparelho de ar condicionado tipo janela.

Figura 5: circuito de refrigeração

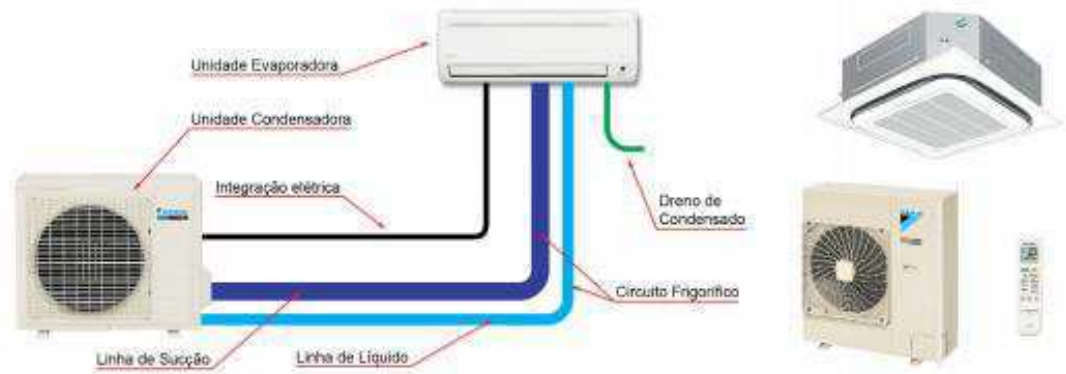


Fonte: (CEFETE – BA)

### 2.1.2 CONDICIONADOR DE AR SPLIT HI-WALL

Os Split são equipamentos bastante adaptáveis ao ambiente em termos estéticos e funcionam com baixo nível de ruído, uma vez que seu compressor fica na parte externa junto ao condensador. Sua aplicação pode ser feita junto ao piso, ao teto e até de forma embutida no forro. São aparelhos bastante versáteis, sendo produzidos com capacidades que variam de 7.500 a 60.000 Btu/h. podem ser utilizado em uma diversidade de aplicações, sendo muitas vezes utilizados de forma inapropriada tamanha sua facilidade de instalação.

Figura 6: Aparelho de ar condicionado tipo split



Fonte: (MMA, 2016)

Neste contexto, a criação do ar-condicionado representou uma mudança de grande importância para a relação de conforto e bem-estar tanto no ambiente individual como no espaço de trabalho. No aspecto geral, os aparelhos de ar condicionado continuam evoluindo e sendo cada vez mais usados nos ambientes de circulação de pessoas. Por fim, novas tecnologias implementadas nos sistemas de refrigeração trazem maior desempenho e eficiência e estão a cada dia mais acessíveis ao gosto dos usuários.

A figura a seguir apresenta, de maneira resumida, as principais características, vantagens e desvantagens dos sistemas de climatização apresentados nessa pesquisa.

Figura 7: Características resumidas dos principais sistemas de climatização apresentados nesse pesquisa

SISTEMA	CARACTERÍSTICAS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
<b>Janela</b>	Expansão direta para zona única	- Fácil instalação e manutenção - Controle individual - Baixo custo	- Pequena capacidade - Ruído elevado - Alteração de fachadas - Baixa eficiência
<b>Split</b>	Expansão direta para zona única com unidade dividida	- Baixo ruído - Controle individual - Baixo custo	- Não possui renovação - Necessidade de vácuo e carga de gás na instalação - Baixa eficiência em relação aos centrais

Fonte: (CAMPANHOLA, 2014)

## 2.2 CONFORTO TÉRMICO

A idealização de conforto é o estado de menor consumo de energia consumida por uma pessoa para se adaptar ao ambiente em que está inserida (OLYGAY, 1973) [6].

Conforto térmico é um conceito que não pode ser definido com exatidão (BEATRIZ OLIVEIRA; MARIA JOÃO NETO, 2014) [7]. Assim, a sensação de bem estar é notada de diferentes maneiras por cada indivíduo a depender de suas condições físicas e biológicas.

As condições de conforto térmico levam em conta diversas variáveis. Para avaliar tais condições, o indivíduo deve estar apropriadamente vestido e sem problemas de saúde ou de aclimatação (adaptação fisiológica às mudanças ambientais) (MONALIZA, 2018) [8].

As sensações são subjetivas, isto é, dependem das pessoas, portanto um certo ambiente confortável termicamente para uma pessoa pode ser frio ou quente para outra. Assim, entende-se como condições ambientais de conforto aquelas que propiciam bem-estar ao maior número possível de pessoas (RUAS, 1999) [9].

No Brasil existem normas como, por exemplo, NBR 16401-2, antiga 6401, que trata de projetos de condicionadores de ar visando o conforto térmico, e a ISSO 7730/2005, a qual estabelece diretrizes para ergonomia do ambiente térmico [9].

## 2.3 POR DENTRO DA CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA

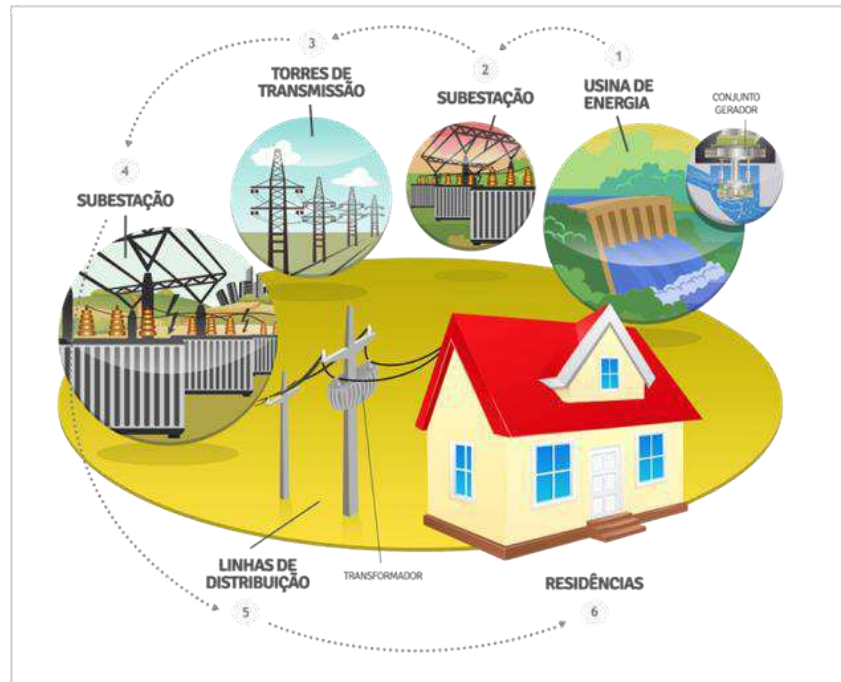
Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) [10], a conta de luz é composta pelos custos de fornecimento da energia, pelos encargos e pelos tributos. Os encargos setoriais e os tributos são instituídos por leis.

A tarifa de energia, calculada pela ANEEL, deve garantir o fornecimento de energia com qualidade e assegurar aos prestadores dos serviços ganhos suficientes para cobrir custos operacionais eficientes e remunerar investimentos necessários para expandir a capacidade e garantir o atendimento.

Neste contexto, é importante ter o conhecimento de como é composta a tarifa de energia elétrica que pagamos. Para que possamos compreender como é definida a tarifa de energia elétrica, devemos conhecer o trajeto que a energia elétrica faz até chegar ao consumidor final ENERGISA PARAÍBA [11].

No Brasil, a maior parte da energia elétrica vem das hidrelétricas. A Figura 8 abaixo mostra o caminho que a energia percorre até chegar ao consumidor final [11].

Figura 8 Caminho percorrido pela energia até o consumidor final



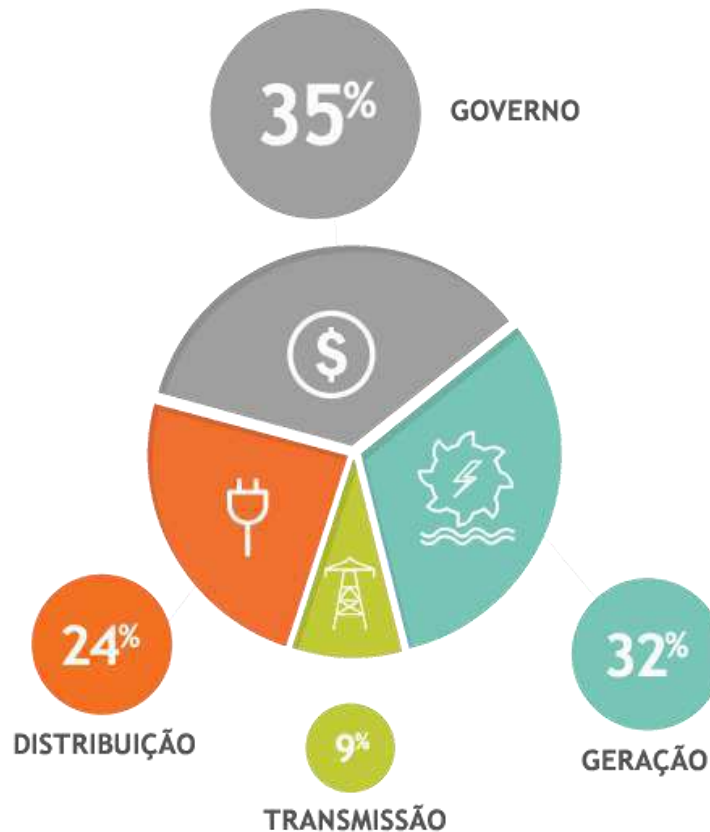
Fonte: ENERGISA PARAÍBA.

### 2.3.1 COMPOSIÇÃO DA TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA

Quatro custos são somados pela ANEEL para a definição da tarifa de cada distribuidora e são divididos da seguinte forma: os de geração da energia, os de transmissão, distribuição e os impostos federais e estaduais que incidem sobre a tarifa PIS/COFINS, o ICMS e a Contribuição para Iluminação Pública, respectivamente.

Conforme se observa na Figura 9 a seguir, os valores percentuais referentes a cada parte que constitui o valor final da conta de energia elétrica está disposto de forma como se seguiu.

Figura 9 valor final da energia elétrica



Fonte: ENERGISA – PB, 2019.

Com a melhora do cenário hidrológico, o custo de produção de energia tende a reduzir. Além disso, em abril de 2019, os empréstimos bancários por meio da Conta – ACR serão quitados, reduzindo ainda mais os custos com energia elétrica.

Em nossa região, a concessão de energia elétrica é feita pela ENERGISA BOBOREMA, assim a ENERGISA calcula a conta de energia elétrica com base no seu consumo mensal registrado entre uma leitura e outra. A diferença desses valores é a quantidade de kW/h utilizados dentro do mês. Esse valor é multiplicado pelo custo do kW para obter o valor do seu consumo. Após esse cálculo, são atribuídos os impostos em vigor (PIS, COFINS, ICMS) e a CIP (taxa que custeia a iluminação pública). Em caso de fatura paga com atraso, são cobrados juros, multas e acréscimos moratórios na próxima conta e, em caso de solicitação de serviços regulados, é cobrada na conta a taxa correspondente a sua solicitação.



## 2.4 ÍNDICES MÍNIMOS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

As políticas de etiquetagem e índices mínimos de eficiência energética, podem eliminar do mercado equipamentos menos eficientes e encorajar os fabricantes a desenvolverem e ofertarem equipamentos mais eficientes, contribuindo com a redução da demanda potencial de energia elétrica [1].

No Brasil, desde 2001 existe um importante instrumento para a indução da eficiência energética: a Lei nº 10.295. Concebida sob o entendimento de que a conservação de energia deve ser finalidade da Política Energética Nacional, a Lei estimula o desenvolvimento tecnológico, a preservação ambiental e a introdução de produtos mais eficientes no mercado nacional (CGIEE, 2017) [12].

Instituído por meio do Decreto nº 4.059/2001, o Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética – CGIEE tem por objetivo implementar o disposto na Lei de Eficiência Energética. Suas principais atribuições são: regulamentar os níveis máximos de consumo de energia ou mínimos de eficiência energética de aparelhos consumidores de energia, estabelecer programas de metas com indicação da evolução dos níveis a serem alcançados por cada equipamento regulamentado e constituir comitês técnicos para analisar matérias específicas [12].

O CGIEE é composto por membros representantes de diversas instituições e da sociedade civil: Ministério de Minas e Energia – MME, que o preside; Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações – MCTIC; Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – MDIC; Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL; Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP; um representante de universidade brasileira, especialista em matéria de energia e um cidadão brasileiro, especialista em matéria de energia [2].

Desde a sua instituição, o CGIEE regulamentou os padrões mínimos de eficiência energética de 10 categorias de equipamentos. O primeiro equipamento elétrico regulamentado no Brasil foi o motor elétrico de indução, usualmente utilizado no setor industrial e coberto pelo Decreto nº 4.508/02, e na sequência foram regulamentados os índices mínimos de eficiência energética de lâmpadas, transformadores, ventiladores, entre outros equipamentos [1].

Com a instituição dessa Lei e criação desse órgão regulamentador, sugeriram os Selos de Eficiência Energética e a Etiqueta PBE.

Selo PROCEL de Economia de Energia – Selo PROCEL tem o objetivo de indicar aos consumidores os equipamentos e eletrodomésticos disponíveis no mercado nacional que apresentam os maiores índices de eficiência energética em cada categoria [12].

Criado em 1993, em parceria com o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), o selo PROCEL de Economia de Energia com o intuito de identificar equipamentos com níveis ótimos de eficiência energética. O selo auxilia o consumidor a escolher equipamentos que atendam os índices de eficiência de cada categoria. Para um equipamento obter o selo PROCEL, este deve estar enquadrado na classe de eficiência energética "A" da ENCE (LUCAS FELIPE, 2017) [13].

Os índices de eficiência energética de cada equipamento são indicados por meio da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). A ENCE é emitida pelo Inmetro e evidencia o atendimento a requisitos de desempenho e eficiência energética estabelecidos em regulamentações de níveis mínimos de eficiência energética (no caso de equipamentos e aparelhos consumidores de energia) e regulamentos técnicos (RTQs) no caso de edificações [13].

O Selo CONPET de Eficiência Energética tem a função de destacar, para o consumidor, aqueles modelos de equipamentos e máquinas que consomem combustíveis (fogões, fornos, aquecedores de água a gás e automóveis) que atingem os graus máximos de eficiência energética na Etiquetagem Nacional de Conservação de Energia do PBE. Concedida anualmente pela Petrobras, o selo é um estímulo à fabricação de modelos cada vez mais eficientes [13].

Por meio da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), afixada nos produtos de forma voluntária ou compulsória, o consumidor é informado, no momento da compra, sobre a eficiência energética ou consumo de modelos semelhantes, podendo compará-los de "A" (mais eficiente) até "E" (menos eficiente). O PBE contribui para a comercialização e utilização de aparelhos com menor consumo de energia [13].

Figura 10 Programa brasileiro de etiquetagem pbe



Fonte: (CGIEE, 2017)

Apesar da política de incentivo a eficiência energética no Brasil criada nos últimos anos ter avançado, ainda existem barreiras a serem superadas para que o mecanismo de etiquetagem e padrões de eficiência tenha resultados mais amplos de economia de energia no cenário Nacional [1].

Ainda baseado na Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2018), na Tabela 1, observam-se algumas destas barreiras e desafios relacionados ao estágio de superação do avanço do melhoramento dos índices de eficiência energética no cenário nacional.

Tabela 1: Barreiras à aplicação dos códigos e padrões de eficiência energética no Brasil

<b>BARREIRAS POLÍTICAS</b>	<b>ESTADO</b>
1. Ausência de perspectiva de longo prazo	Superada
2. Falta de consciência das oportunidades de EE pelos políticos	Em fase de superação
3. Assimetria de informação (restrição de acesso a informação)	Em fase de superação
4. Ausência de paradigma adequado para avaliar o valor da EE	Superada
5. Separação do processo de política energética (ambiental e social)	Em fase de superação
6. Pouca experiência de transformação de mercado	Em fase de superação
7. Ausência de infraestrutura para realização de testes	Em fase de superação
8. Esquemas de verificação de desempenho de equipamentos e construções	Em fase de superação
9. Monitoração dos resultados	A ser superado
10. Treinamento de profissionais especializados	Em fase de superação
11. Disponibilização de informações por parte dos fabricantes	A ser superado
12. Avaliação de Impactos dos Códigos e Padrões	A ser superado
13. Adesão dos fabricantes e das empresas de construção civil	Em fase de superação

Fonte: Adaptado (EPE, 2018)

A seguir a Tabela 2 apresenta a linha do tempo de programas de eficiência energética existente no Brasil elaborada pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2018).

Tabela 2: Linha do tempo de Programas e Políticas de Eficiência Energética existente no Brasil

<b>ANO</b>	<b>PROGRAMAS IMPLEMENTADOS</b>
<b>1984</b>	Programa Brasileiro de Etiquetagem PBE – Inmetro
<b>1985</b>	Procel
<b>1991</b>	Conpet
<b>1993</b>	Selo Procel
<b>2000</b>	Lei 9.991, PEE ANEEL/ Racionamento de Energia
<b>2001</b>	Lei 10.295 “Lei da Eficiência Energética”
<b>2005</b>	Selo Conpet/ Portaria 553 índices mínimos para motores elétricos
<b>2007</b>	PNE 2030
<b>2009</b>	Etiquetagem de veículos e edificações (comerciais, serviços e públicos)
<b>2010</b>	Banimento das lâmpadas incandescentes
<b>2011</b>	PNEF – MME Portaria nº 594 (Indicação de metas para Eficiência)
<b>2016</b>	Lei 13.280/2016 (NDC 10% Eficiência)

Fonte: Adaptado de (EPE, 2018)

Dentro do aspecto de políticas de incentivo a eficiência energética de condicionadores de ar implantados no Brasil, destacam-se a etiquetagem e os índices mínimos e que são referências que regulamentam ações de eficiência energética no cenário nacional.

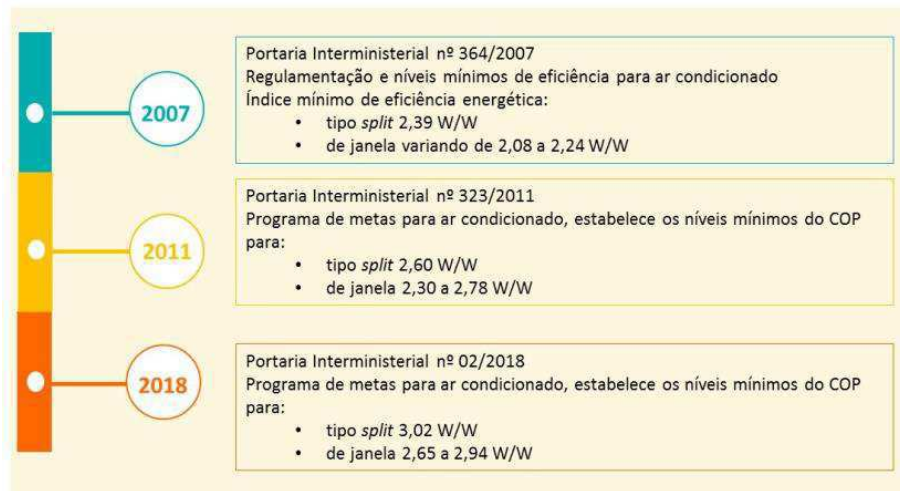
Segundo a EPE (2018), além das políticas existentes também impactam diretamente na eficiência energética associada ao ar condicionado, os seguintes decretos e normas:

- Decreto nº 4.059/2001 – Regulamenta a Lei nº 10.295/2001 que institui o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE) e determina que se constitua um Grupo Técnico que adote para avaliação da eficiência energética das edificações;
- NBR 15.220 (2005) - Norma Brasileira de Desempenho Térmico para Edificações. Define características de edificações Brasileiras com relação ao desempenho térmico e zona bioclimática (ABNT, 2005);
- IN MPOG/SLTI nº 2/2014 que dispõe sobre a obrigatoriedade do uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nas edificações públicas federais; e

- NBR 15.575 (2013) - Norma de Desempenho de edificações, para edifícios habitacionais de até cinco pavimentos. Define os requerimentos mandatórios de desempenho em edificações residenciais Brasileiras (ABNT, 2013).

No caso de aparelhos de ar condicionado, como mostra a Figura 8, já ocorreram três revisões dos índices. A última revisão, determinada pela portaria interministerial MME/MCT/MDIC nº 2 de 31 de julho de 2018, que deve ser executado até junho de 2020, eleva o patamar, eliminando as classes C e D da ENCE, ou seja, com essa revisão somente os equipamentos atualmente classificados como A e B estarão disponíveis no mercado nacional [1].

Figura 11: Linha do tempo das revisões de índices mínimos de condicionadores de Ar no Brasil



Fonte: (EPE, 2018)

A seguir, as Figuras 12 e 13, respectivamente, apresentam a classificação dos aparelhos de ar condicionados de acordo com o coeficiente de eficiência energética levantado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) [14].

Tal coeficiente é a razão entre a capacidade total de refrigeração (expressa em Watts) e a potência elétrica demandada (expressa em Watts).

Figura 12: Coeficiente de eficiência energética Split hi-wall

CONDICIONADORES DE AR SPLIT HI-WALL				Data atualização: 14/8/2018			
Classes	Coeficiente de eficiência energética (W/W)		Split Hi-Wall				
			Rotação Fixa		Rotação Variável		
<b>A</b>	<b>3,23</b>	<b>&lt;CEE</b>	390	42,5%	336	92,3%	
<b>B</b>	<b>3,02</b>	<b>&lt;CEE ≤ 3,23</b>	182	19,8%	22	6,0%	
<b>C</b>	<b>2,81</b>	<b>&lt;CEE ≤ 3,02</b>	276	30,1%	6	1,6%	
<b>D</b>	<b>2,60</b>	<b>≤CEE ≤ 2,81</b>	70	7,6%	0	0,0%	
			<b>918 un</b>	<b>364 un</b>			

Fonte: Inmetro.

Figura 13: Coeficiente de eficiência energética ar janela

CONDICIONADOR DE AR JANELA												Data atualização: 20/4/2017		
Classes	Coeficiente de eficiência energética (W/W) <sup>(1)</sup>											Total de modelos por classe		
	Categoria 1 ≤9.495 kJ/h ≤9.000 BTU/h			Categoria 2 9.496 a 14.769 9.001 a 13.999			Categoria 3 14.770 a 21.099 14.000 a 19.999			Categoria 4 ≥ 21.100 ≥ 20.000				
<b>A</b>	≥ 2,93	38	64,4%	≥ 3,03	27	57,4%	≥ 2,88	10	76,9%	≥ 2,82	13	59,1%	88	
<b>B</b>	≥ 2,84	17	28,8%	≥ 2,94	13	27,7%	≥ 2,71	2	15,4%	≥ 2,65	7	31,8%	39	
<b>C</b>	≥ 2,76	1	1,7%	≥ 2,86	4	8,5%	≥ 2,59	0	0,0%	≥ 2,48	1	4,5%	6	
<b>D</b>	≥ 2,68	3	5,1%	≥ 2,78	3	6,4%	≥ 2,45	1	7,7%	≥ 2,30	1	4,5%	8	
			<b>59 un</b>				<b>47 un</b>			<b>13 un</b>			<b>22 un</b>	<b>141 un</b>

Fonte: INMETRO.

### 3 ESTUDO DE CASO: PROPOSTA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO USO DE AR CONDICIONADO NA UFCG – CAMPUS DE CAMPINA GRANDE

Este capítulo apresenta um estudo de caso para a proposta de um plano de eficiência energética no uso de aparelhos de ar condicionados na UFCG – Campus Campina Grande, que contribua para a redução dos gastos com o consumo de energia elétrica.

#### 3.1 LEVANTAMENTO DO NÚMERO E MODELO DE APARELHOS DE AR CONDICIONADO EXISTENTES NA UFCG POR OCUPAÇÃO SETORIAL

Na Figura 14, apresentamos o mapa do campus da Universidade Federal de Campina Grande localizado na cidade de Campina Grande, na figura apresentada, nota-se a divisão setorial feita pelo setor de engenharia da Prefeitura Universitária da UFCG, onde é possível observar a divisão do campus sede em seis zonas ocupacionais, respectivamente detalhadas no mapa. Além dessas ocupações geográficas apresentadas abaixo, temos ainda o Centro de Ciências Biológicas e da Saúde (CCBS), que também faz parte da UFCG-Campus Campina Grande, localizando-se geograficamente próxima ao campus sede e que não aparece no mapa ilustrado abaixo.

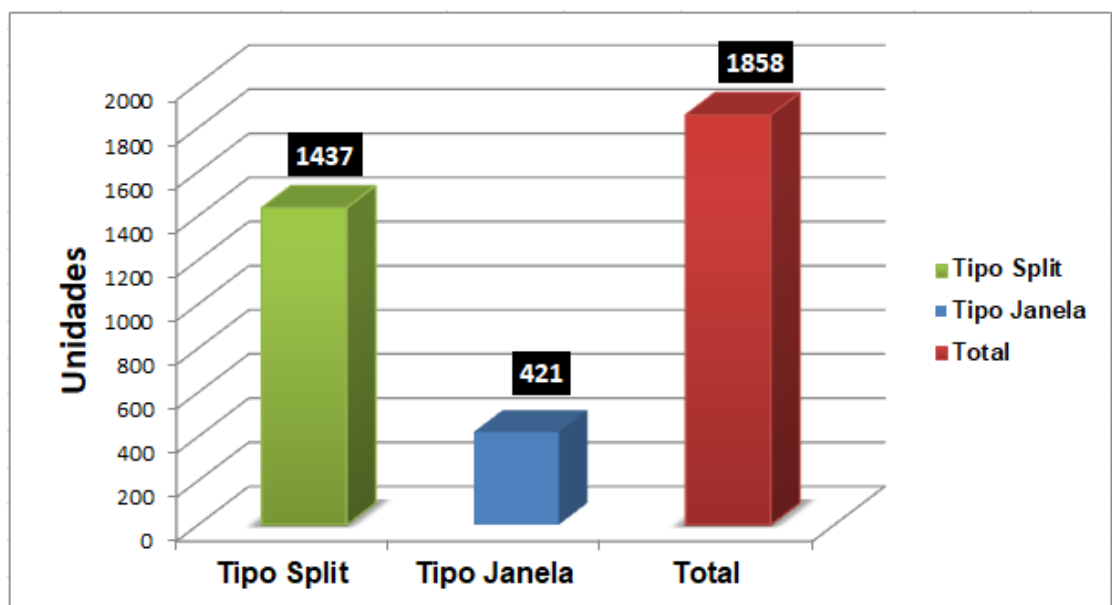
Figura 14 Ocupação existente do campus de campina grande



FONTE: PREFEITURA – UFCG

Apresentada a divisão setorial do campus sede da UFCG, a Figura 15 apresenta os tipos de condicionadores de ar existente e sua quantidade presentes na instituição UFCG.

Figura 15: tipos de ar condicionados na UFCG



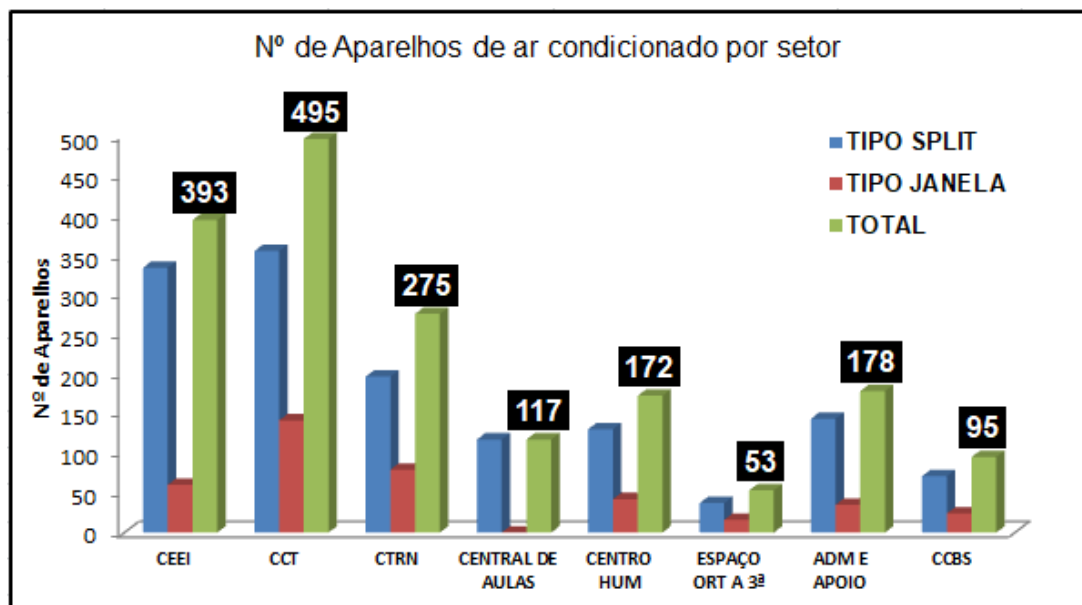
FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.



A Figura 15 apresentada anteriormente ilustra o número total de aparelhos de ar condicionados por tipo existente na instituição. No entanto, para uma análise que melhor descreverá o perfil de consumo de energia elétrica na UFCG, essa divisão é abordada por setor de ocupação, o que torna as informações mais dinâmicas no que tange os tratamentos das informações apresentadas.

Por outro lado, a Figura 16 apresenta a quantidade e o tipo de aparelhos que existem em cada zona de ocupação setorial da Universidade Federal de Campina Grande – Campus sede.

Figura 16: tipos de condicionadores de ar por setor



FONTE: AUTORIA PRÓPRIA.

## 3.2 DEMANDA E CONSUMO

Com a disponibilização da conta de energia elétrica da UFCG feita pela Prefeitura Universitária, é possível uma análise do perfil de consumo em kWh/mês nos últimos meses.

Observa-se também que as contas de energia elétrica possibilita analisar quais os valores das taxas que são cobrados a UFCG (YURI, 2018) [16].

A Figura seguinte, é um demonstrativo e foi utilizada para verificação de parâmetros tarifários vigentes na conta de energia elétrica da UFCG, não há contratos entre a UFCG e a ENERGISA Paraíba de acordo com o setor de contratos da instituição de ensino o que deixa

claro que a única forma de visualizar as taxas cobradas é pela análise da fatura de energia elétrica [16].

Figura 17: Fatura de energia elétrica referente ao mês de abril/2019

DEMONSTRATIVO											
CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa s/ Tributos	Tarifa c/ Tributos	Valor Total (R\$)	Base Calc. ICMS(R\$)	Aliq. ICMS	ICMS (R\$)	Base Calc. PIS/COFINS (R\$)	PIS (R\$) (1,0845%)	COFINS(R\$) (4,9955%)
0601	Consumo em kWh - Ponta	47.600,000	1,376010	1,996520	95.034,93	95.034,93	25	23.758,73	95.034,93	1.030,65	4.747,46
0601	Consumo em kWh - Fora Ponta	457.800,000	0,280050	0,406330	186.022,76	186.022,76	25	46.505,69	186.022,76	2.017,42	9.292,77
0601	Energia Reativa Exced em kWh - Ponta	2.800,000	0,258820	0,375530	1.051,50	1.051,50	25	262,87	1.051,50	11,40	52,53
0601	Energia Reativa Exced em kWh - Fponta	14.000,000	0,258820	0,375530	5.257,51	5.257,51	25	1.314,38	5.257,51	57,02	262,64
0602	Demanda de Potência Medida - Fora Ponta	1.932,000	12,630000	18,325590	35.405,04	35.405,04	25	8.851,26	35.405,04	383,97	1.768,66
0602	Demanda Potência Ativa - Ultrap - F Ponta	232,000	25,260000	36,651180	8.503,07	8.503,07	25	2.125,77	8.503,07	92,21	424,77
<b>LANÇAMENTOS E SERVIÇOS</b>											
0807	CONTRIB ILUM PUBLICA				300,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00
0903	IMP. RENDA (-) 04/2019				-5.555,98	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00
0903	CONT. SOCIAL (-) 04/2019				-3.312,74	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00
0903	COFINS (-) 04/2019				-9.938,24	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00
0903	PIS/PASEP (-) 04/2019				-2.153,28	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00
CCI: Código de Classificação do Item					<b>Total:</b>	<b>310.614,57</b>	<b>331.274,81</b>	<b>82.818,70</b>	<b>331.274,81</b>	<b>3.592,67</b>	<b>16.548,83</b>

Fonte: ENERGISA PARAÍBA

Ainda segundo [16], ao analisar as contas de energia elétrica da UFCG foi possível encontrar algumas informações relevantes a cerca do enquadramento tarifário da UFCG, da demanda contratada, além de informações acerca das taxas referentes ao preço do kWh em horário fora de ponta, preço do kWh para energia reativa excedida, preço do kWh da demanda contratada como mostra a Tabela 3 a seguir.

Tabela 3 Tarifas de energia elétrica da UFCG

Modalidade tarifária	Verde
Classe	A4
Subgrupo	Demais Classes (69 kV)
Preço kWh (ponta)	1,376010
Preço kWh (fora de ponta)	0,280050
Preço energia reativa excedida (kWh)	0,258820
Demanda contratada (kW)	1700

Fonte: ADAPTADO (YURI, 2018)

De posse da fatura de energia elétrica da UFCG, o cálculo do consumo faturado pode ser feito a partir do histórico de consumo dos últimos doze meses. A Tabela 4 apresenta o levantamento do consumo de energia elétrica da UFCG nos últimos doze meses.

Tabela 4: histórico de consumo de energia elétrica na UFCG [KWH]

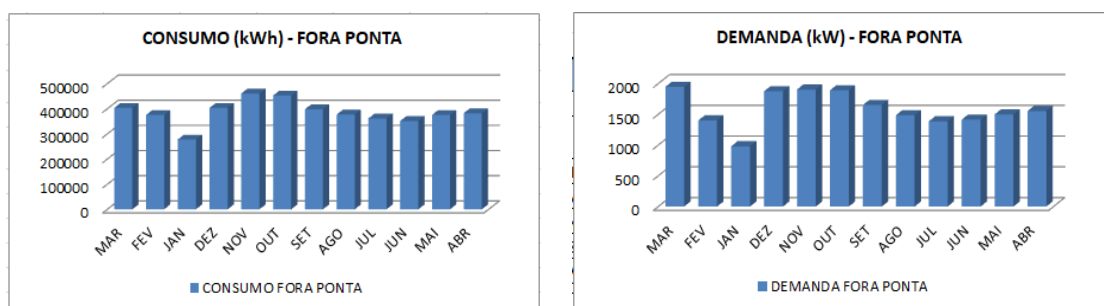
F Ponta	382200	375200	351400	361200	376600	397600	452200	460600	403200	277200	375200	403200
Ponta	42000	40600	40600	43400	44800	42000	50400	47600	42000	26600	36400	42000
Total	424200	415800	392000	404600	421400	439600	502600	508200	445200	303800	411600	445200

Fonte: Autor (ADAPTADO ENERGISA PARAÍBA)

Com os dados apresentados na tabela 4, o cálculo do consumo médio mensal para os doze meses em questão é obtido por meio da média aritmética da soma do valor total dividido pelo período considerado como sendo de 1 ano ou 12 meses. Assim, o consumo médio mensal de energia elétrica na UFCG é aproximadamente 426183,3 kWh/mês.

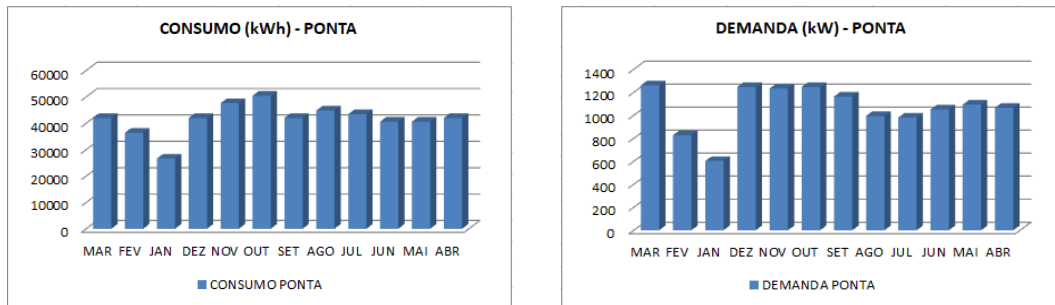
O histórico de consumo apresentado na tabela 4 pode ser visto nas figuras abaixo com mais precisão de detalhe, no caso, aparecem tanto o consumo faturado quanto à demanda medida para o período considerado.

Figura 18 Consumo dos últimos doze meses fora ponta



Fonte: Autoria Própria.

Figura 19: consumo dos últimos doze meses ponta



Fonte: Autoria Própria.

### 3.3 PARTICIPAÇÃO DO SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE AR NO CONSUMO TOTAL DE ENERGIA ELÉTRICA NA UFCG

Atualmente existem aproximadamente 1858 aparelhos de ar condicionado instalados na UFCG, do total; 1437 são do tipo Split e 421 são do tipo Janela. Os aparelhos de ar condicionado existentes são de diversas marcas e modelos o que dificulta a especificação técnica de cada um dos aparelhos para a obtenção da potência elétrica consumida, trabalho que demandaria muito tempo para ser feito. Assim uma aproximação da potência de refrigeração por tipo de aparelho existente é bastante relevante e traça um perfil de demanda que se aproxima da realidade.

Diante do exposto, o consumo médio mensal devido à carga de aparelhos de ar condicionado levantados nessa pesquisa, é feito mediante a adoção da potência média de consumo fornecida pelo PROCEL. Na figura a seguir, a potência média de refrigeração fornecida pelo PROCEL para a estimação do cálculo da capacidade instalada do sistema de climatização artificial na UFCG.

Figura 20: consumo médio mensal de eletrodomésticos

Aparelhos Elétricos	Dias Estimados Uso/Mês	Média Utilização/Dia	Consumo Médio Mensal (kWh)
Aparelho de blu ray	8	2 h	0,19
Aparelho de DVD	8	2 h	0,24
Aparelho de som	20	3 h	6,60
Aquecedor de ambiente	15	8 h	193,44
Aquecedor de mamadeira	30	15 min	0,75
Aquecedor de marmita	20	30 min	0,60
Ar-condicionado tipo janela menor ou igual a 9.000 BTU/h	30	8 h	128,80
Ar-condicionado tipo janela de 9.001 a 14.000 BTU/h	30	8 h	181,60
Ar-condicionado tipo janela maior que 14.000 BTU/h	30	8 h	374,00
Ar-condicionado tipo split menor ou igual a 10.000 BTU/h	30	8 h	142,28
Ar-condicionado tipo split de 10.001 a 15.000 BTU/h	30	8 h	193,76
Ar-condicionado tipo split de 15.001 a 20.000 BTU/h	30	8 h	293,68
Ar-condicionado tipo split de 20.001 a 30.000 BTU/h	30	8 h	439,20
Ar-condicionado tipo split maior que 30.000 BTU/h	30	8 h	679,20

Fonte: PROCEL INFO

Da tabela acima, na coluna “Consumo médio mensal (kWh)” há equipamentos em que o resultado da multiplicação acima: “Potência (W) x número de horas x número de dias de uso no mês/1000”, resultará em valores diferentes do calculado. Isso se dá devido ao funcionamento desses equipamentos que “ligam e desligam” periodicamente, é o caso dos condicionadores de ar.

Para o cálculo do consumo mensal dos equipamentos de ar condicionado da UFCG, foi estimado um tempo de utilização de 8 (oito) horas diárias devido a suas condições de utilização. Neste levantamento, considerou-se um período de funcionamento geralmente compreendido entre as 8:00 e às 18:00, com uma pausa das 12:00 às 14:00. Na UFCG, a utilização desses equipamentos ocorre apenas em dias úteis, ou seja, 21 dias por mês para fins de cálculo.

No cálculo do consumo médio mensal da carga instalada de aparelhos de ar condicionado foi levado em consideração dois grupos de condicionadores de ar com diferente potência de refrigeração como mostrados nas tabelas 5 e 6 respectivamente.

O grupo 1 que constitui o cenário otimista e é apresentado na tabela 5 a seguir, leva em consideração a potência de refrigeração mínima possível dos condicionadores catalogados na figura 20 e que fazem parte do sistema que existe atualmente na UFCG.

Tabela 5: Potência estimada para aparelhos de ar condicionado grupo 1

	$\leq 9.000$ BTU
Ar tipo Split	$\leq 10.000$ BTU

Fonte: PRÓPRIO AUTOR.

De posse da Tabela 5 e dos valores fornecidos na Figura 20, o consumo médio estimado para os 1437 aparelhos de ar condicionado do tipo Split funcionando com as condições já descritas anteriormente foi calculado como sendo 143127,4992 kWh/mês. Já para os 421 aparelhos de ar condicionado tipo janela, adotou-se uma potência de refrigeração menor ou igual a 9.000 BTU, resultando em um consumo médio mensal de aproximadamente 37957,36 kWh/mês o que totaliza para o primeiro grupo levado em consideração um consumo médio mensal total igual a 181084,8592 kWh/mês.

O consumo do grupo 2 que constitui o cenário pessimista, distintamente do primeiro, adotou-se valores estimados de consumo apresentados na Figura 20 para aparelhos cuja potência de refrigeração foi estimada como sendo a apresentada na Tabela 6.

Tabela 6: Potência estimada para aparelhos de ar condicionado grupo 2

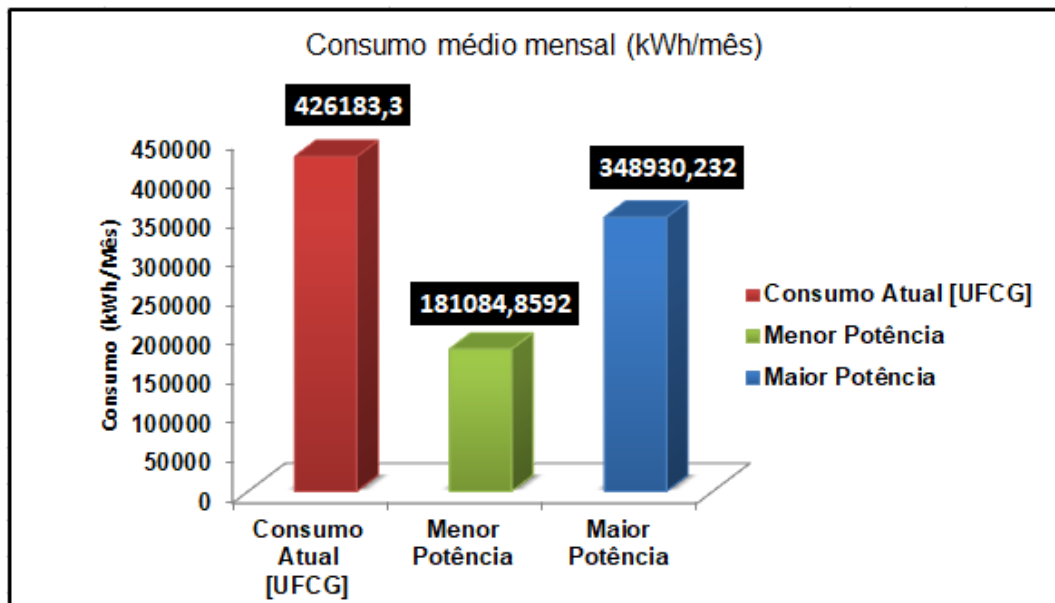
Ar tipo Janela	9.001 a 14.000 BTU
Ar tipo Split	15.001 a 20.000 BTU

Fonte: PRÓPRIO AUTOR.

Diante dos valores estimados para as possíveis potências dos condicionadores de ar e de posse da figura 20, o consumo dos 1437 aparelhos de ar condicionado tipo Split é estimado em 295412,712 kWh/mês já para os 421 condicionadores de ar tipo janela o consumo estimado é aproximadamente igual a 53517,52 kWh/mês o que resulta em um consumo total igual a 348930,232 kWh/mês.

O gráfico a seguir resume basicamente o consumo estimado da carga de aparelhos de ar condicionados por grupo de maior e menor potência calculado logo acima frente ao consumo médio total da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

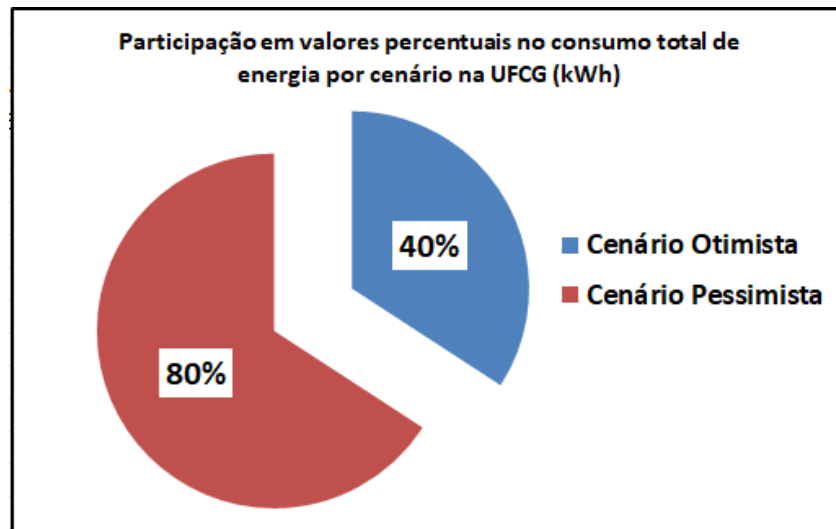
Figura 21: Consumo médio mensal em kwh/mês



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.

Em termos percentuais, a figura a seguir apresenta a parcela de consumo por cenário considerando os dois cenários bases utilizados para o cálculo do consumo médio da carga de aparelhos de ar condicionado na UFCG.

Figura 22: Participação em valores percentuais no consumo total de energia por cenário na UFCG



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA

### 3.4 PERSPECTIVAS DE CRESCIMENTO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA PARA CONDICIONAMENTO DE AR NA UFCG

A crescente mudança na estrutura física da UFCG associado à busca pelo conforto térmico são fatores decisivos para o crescimento da carga de aparelhos de ar condicionados.

Dados da Prefeitura Universitária mostram a previsão da carga de equipamentos de climatização que já estão licitados e que serão instalados em breve, tudo para atender a demanda de novos prédios que estão sendo construídos com previsão de serem inaugurados até o fim do próximo ano.

A Tabela 7 refere-se à carga de aparelhos de ar condicionados que serão instalados na UFCG.

Tabela 7 Novos Aparelhos de Ar Condicionado que Serão Instalados na UFCG

Qt	Capacidade de refrigeração (Btu)	Potência elétrica consumida (W)	Consumo de energia kWh/mês
4	9.000	814	17
124	18.000	1.630	33,9
32	24.000	2.485	45,6
14	30.000	3.170	64,1
6	36.000	3.482	68,5

Fonte: PRÓPRIO AUTOR

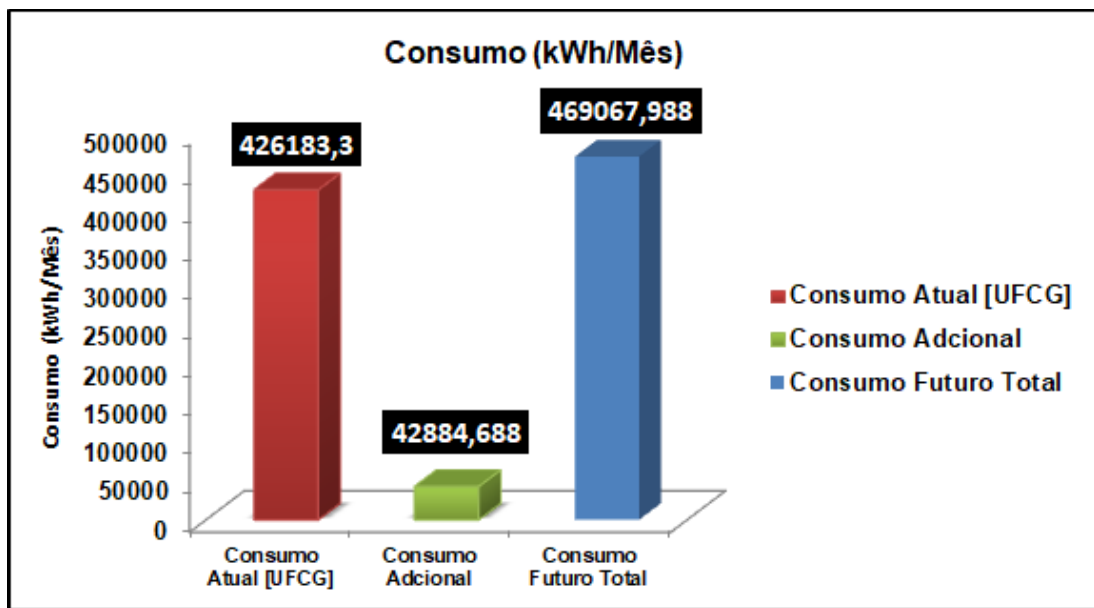


Os valores de potência elétrica consumida e consumo de energia elétrica, ambos apresentados na tabela acima, foram estimados a partir de valores encontrados em (PROCEL INFO, 2019) [19].

Com o levantamento dos dados, estima-se que há uma capacidade a ser instalada de aparelhos de ar condicionados igual a 42884,688 kWh/mês o que corresponde a um acréscimo de 10% no consumo total de energia elétrica da Universidade Federal de Campina Grande para os próximos anos.

Observe no gráfico a seguir, o consumo médio mensal de energia elétrica da UFCG, além do consumo que será adicionado com as novas instalações de condicionadores de ar. Ainda no gráfico, é possível observar o consumo total após a adição da nova carga de aparelhos de ar condicionado.

Figura 23: Consumo total após a adição de uma nova carga de ar condicionado



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.

### 3.5 ELEMENTOS PARA PROMOÇÃO DE UM PLANO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO USO DE APARELHOS DE AR CONDICIONADO NA UFCG

A redução do consumo de energia elétrica devido ao sistema de climatização da UFCG passa por diversos aspectos que dizem respeito ao uso eficiente do sistema em

discursão. Neste contexto, a redução do tempo de uso dos aparelhos apresenta-se como uma variável de grande importância para minimizar o consumo.

Ainda baseado nos insumos para o plano de ação em eficiência energética proposto pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2018), podemos listar algumas ações que intensifica a promoção de um plano de ação de efficientização energética para o sistema de condicionamento ambiental na UFCG. Tais ações visam contribuir para a redução do consumo de energia elétrica de maneira clara e eficiente sem que haja a necessidade de redução do conforto térmico nos ambientes de trabalho.

Dentro desse contexto, baseando-se nas ações sugeridas pela (EPE, 2018) com base em estudos de alguns autores, aonde destacamos Mitsidi e adaptando-as para a presente pesquisa, ou seja, para o ambiente da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), listam-se algumas ações presente na tabela 8 que fortalecem a eficiência energética do sistema de climatização ambiental da UFCG e que impactam diretamente no consumo de energia elétrica.

Tabela 8: Insumos para plano de ação em eficiência energética no uso de

LINHAS DE AÇÃO	PRINCIPAIS PROPOSTAS
<b>Reforço da base de dados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar diagnóstico de lacunas de dados necessários à promoção e avaliação de políticas de eficiência energética</li> <li>• Estabelecer protocolos de intercâmbio de dados com fabricantes de equipamentos</li> </ul>
<b>Plano de educação e comunicação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estabelecer plano de comunicação integrado específicos para cada público</li> <li>• Realizar campanhas de divulgação em mídias sociais</li> <li>• Manter ambiente climatizados sempre fechados</li> </ul>
<b>Edificações eficientes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar diagnostic de lacunas de dados necessários à avaliação promoção e de penetração de edificações eficientes</li> <li>• Promover a disseminação de curso e treinamentos em projetos de edificações eficientes adequadas a UFCG</li> </ul>

Fonte: Adaptado (EPE, 2018)

Outras medidas a serem adotadas e que intensificam um plano de ação de eficiência energética na UFCG, são elaboradas pela MITSIDI PROJETOS [20], uma empresa especializada em consultoria energética e que foi fundada em São Paulo em janeiro de 2014.

Assim pode-se destacar dentre essas medidas as que definimos como mais importantes na efetivação da melhoria dos índices de eficiência energética e consequentemente irão contribuir para uma redução no consumo de energia elétrica na UFCG.

- Desligar o aparelho quando o ambiente estiver desocupado;
- Adequar horários a realidade do prédio, programados com timer ou procedimento formal;
- Procurar manter janelas e portas fechadas durante o uso do equipamento;
- Limpar os filtros periodicamente, de acordo com o manual do aparelho;
- Fazer limpeza periódica dos trocadores de calor e serpentinas, evitando perdas de carga adicionais;
- Manter a regulação dos termostatos do aparelho em 23°C, temperatura de conforto, ou quando aplicável, manter a regulação em 50% do botão de giro do termostato;

Todas essas ações se configuram como elementos para promoção de um plano de eficiência energética no uso de aparelhos de ar condicionado na UFCG.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As análises feitas nessa pesquisa refletem a projeção de consumo de energia elétrica atribuída à carga de aparelhos de ar condicionado existente na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) – Campus de Campina Grande frente ao consumo médio mensal de todo o campus.

Diante dos resultados apresentados nas sessões anteriores, podemos destacar a importante parcela de consumo do sistema de climatização artificial existente na UFCG tomando como base de cálculo os dois cenários já apresentados em sessões anteriores.

Observa-se que para o cenário otimista, onde a carga de aparelhos de ar condicionado foi estimada a partir de uma potência de refrigeração mínima, obteve-se um consumo mensal médio aproximadamente igual a 181084,8592 kWh/mês o que corresponde a 40% do consumo médio mensal de todo o campus que no caso é de 426183,3 kWh/mês.

Já para o cenário considerado pessimista, onde a carga de aparelhos de ar condicionado foi estimada com uma potência de refrigeração média, obteve-se um consumo aproximadamente igual a 348930,232 kWh/mês, o que corresponde em valores percentuais ao consumo total do campus já apresentado a 80% do valor total.

Ainda segundo a projeção de crescimento do número de aparelhos de ar condicionado que serão instalados na UFCG nos próximos anos, é estimado um acréscimo da capacidade instalada. Assim, estima-se que o consumo médio mensal adicional correspondente a nova carga de aparelhos de ar condicionado que será instalada é aproximadamente igual a 42884,688 kWh/mês, fato este que aumentará em valores correspondentes o consumo total da UFCG – Campus de Campina Grande em 10% resultando em um consumo total de 469067,988 kWh/mês.

Para o cenário que levou em consideração a redução do tempo de funcionamento dos condicionadores de ar, destacamos um ponto muito relevante e que impacta diretamente na economia do consumo de energia elétrica e como consequência na redução do valor da conta de energia elétrica da UFCG – Campus de Campina Grande.

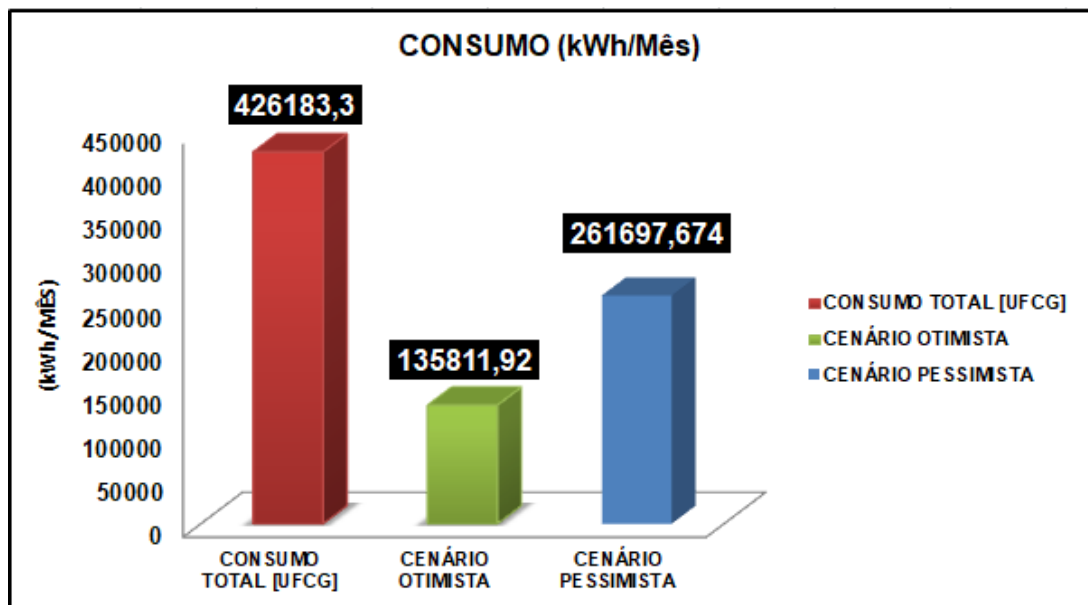
Considerando as mesmas condições de utilização do sistema de climatização dentro da UFCG já descritas anteriormente, os cálculos seguintes serão feitos mediante a redução de duas horas de uso dos aparelhos de ar condicionados que antes eram de oito horas diárias de

funcionamento agora passará a ser apenas seis horas de uso. Uma observação importante, é a diminuição desse tempo de uso no início do dia, visto que nesse horário as temperaturas ainda se encontram amenas e o conforto térmico do ambiente não será tão afetado devido ao desligamento dos aparelhos de ar condicionado presentes no espaço de trabalho.

Considerando ainda uma abordagem de cálculo do consumo dos aparelhos feita levando em consideração os dois cenários apresentados para efeito de cálculo, ou seja, cenário otimista consideram-se as potências mínimas dos aparelhos, já diante do cenário pessimista consideram-se os aparelhos possuindo uma potência média.

O gráfico a seguir resume basicamente o consumo estimado da carga de aparelhos de ar condicionados para os cenários otimista e pessimista, ou seja, maior e menor potência levando em consideração a redução do tempo de utilização dos aparelhos de ar condicionado em duas horas de funcionamento como já descrito a cima.

Figura 24: Consumo médio após a redução no tempo de utilização

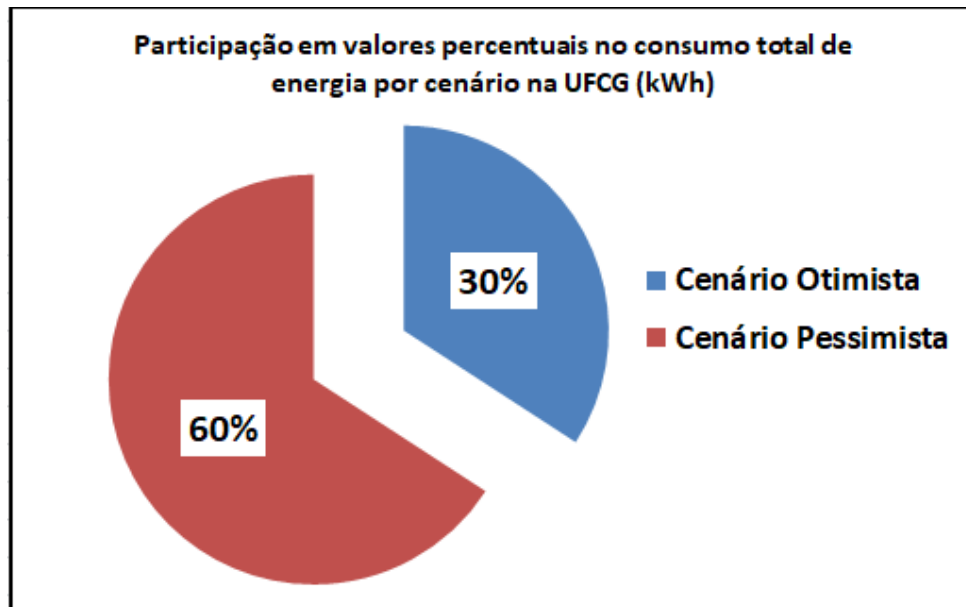


Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.

Frente a esse novo cenário, podemos expressar em valores percentuais o potencial de consumo para ambos os cenários apresentados nesse trabalho. Cenário otimista, onde levamos em consideração a potência dos aparelhos de ar condicionado descrita na tabela 5 e o cenário pessimista para o qual se considerou a potência dos equipamentos como descrita na tabela 6.

O gráfico a seguir ilustra o valor percentual para uma redução do tempo médio de uso dos aparelhos de ar condicionado frente aos cenários considerados.

Figura 25: Participação em valores percentuais no consumo total de energia por cenários na UFCG



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA.

Após uma redução no período de utilização do sistema de climatização artificial da UFCG, observa-se uma economia expressiva em termo de consumo de energia elétrica. Neste caso, para o cenário otimista houve uma redução 181084,8592 kWh/mês para 135811,92 kWh/mês. Já diante do cenário pessimista essa redução foi ainda mais significativa, antes o consumo era de 348930,232 kWh/mês e foi reduzido para 261697,674 kWh/mês. Diante desses valores obtidos, é notável a importância de uma política que vise aumentar os índices de eficiência energética em todos os setores da esfera administrativa da instituição e assim reduza o consumo de energia elétrica, uma vez que o gasto com energia elétrica é muito alto. Só para ter uma ideia, o valor pago pela Universidade Federal de Campina Grande – Campus de Campina Grande pela conta de energia elétrica referente ao mês de Abril de 2019 foi de \$ 310.614,57 reais.

## 5 CONCLUSÃO

O uso de energia elétrica para manter o conforto térmico por meio de aparelhos de ar condicionado está cada vez maior. Assim cresce junto a essa demanda, a preocupação em manter um bem-estar aliado ao consumo eficiente e equilibrado em relação aos valores que são gastos para se ter esse conforto.

No presente trabalho foi apresentado um estudo de caso referente ao consumo de energia elétrica ocasionado pela expressiva quantidade de aparelhos de ar condicionado que existem atualmente na UFCG – Campus de Campina Grande. Assim, para que fosse possível chegar a um resultado satisfatório e que se aproxime da realidade, foi necessário fazer algumas considerações importantes, dentre elas, destacamos a adoção da tabela de estimativas de consumo médio mensal de eletrodomésticos de acordo com um uso hipotético fornecida pelo PROCEL e que está apresentada de forma resumida na figura 20. Logo, a partir dos dados fornecidos na figura 20 e da estimativa das potências de refrigeração dos dois grupos de aparelhos de ar condicionados apresentados nas tabelas 5 e 6, respectivamente foi possível fazer um cálculo confiável do consumo de energia elétrica atribuído a carga de condicionadores de ar.

Os resultados apresentados estimulam a efetivação de uma política mais eficiente e que alie o bem-estar social aos gastos atribuídos com certos processos dentro da universidade. Neste contexto e diante dos cortes orçamentários das Universidades Federais, nada mais justo do que a criação de medidas intervencionistas que visem à redução de gastos sem por em risco a integridade e o bem-estar nas mais diversas esferas da instituição Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

## 6 REFERÊNCIAS

- [1] Empresa de Pesquisa Energética. EPE N° EPE-DEA-NT-030/2018-r0 – **Uso de Ar Condicionado no Setor Residencial Brasileiro: Perspectivas e contribuições para o avanço em eficiência energética**, Dezembro de 2018.
- [2] MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Guia prático de eficiência energética: reunindo a experiência prática do projeto de etiquetagem**: Ministério do Meio Ambiente e Ministério da Cultura. Brasília: MMA, 2014. 93 p
- [3] Eficiência Energética, Projetando Edificações Energeticamente Eficiências/MMA. <http://projeteee.mma.gov.br/sobre-o-projeteee> Acesso em junho de 2019.
- [4] KREN, Lou, *The History of Air Conditioning*, Properties Magazine Inc. Consultado em abril de 2019.
- [5] FRILON, **Conheça a história da evolução de ar condicionado**, <https://www.frilon.com.br/blogs/7//>. Acesso em 04 de julho de 2019.
- [6] OLGAYAY, V., A. Olgyay; “*Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism*”, Princeton University Press, 1973.
- [7] OLIVEIRA, BEATRIZ.; JOÃO NETO, MARIA, **Conceito de conforto térmico humano**. 26 p. Projeto FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2014/2105.
- [8] SILVA, M. **Controle de sistemas de refrigeração visando conforto térmico e eficiência energética**. 52 p. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018.
- [9] RUAS, Álvaro César. **Conforto térmico nos ambientes de trabalho**. 1. Ed. São Paulo: Fundacentro, 1999.
- [10] Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). **Por dentro da conta de luz: informação de utilidade pública**. Agência Nacional de Energia Elétrica. 7. Ed. – Brasília: ANEEL, 2016.
- [11] ENERGISA, **Tributos, impostos e outros encargos** acesso em 04 de Julho de 2019, disponível em: <https://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/tipos-tarifas.aspx>.
- [12] Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (Brasil). **Relatório de Atividades 2015-2017**. 63 p. Ministério de Minas e Energia, Brasília, Brasil. 2017.



- [13] LIMA, L. **Estudos de eficiência energética em aparelhos condicionadores de ar e técnicas para redução da carga térmica nas edificações.** 132 p. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Universidade Estadual de Londrina, Londrinas, 2017.
- [14] INMETRO. **Tabelas de consumo e eficiência energética,** 2018, disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/condicionadores.asp>.
- [15] RIGOTTI, P. **projeto de aproveitamento de água condensada de sistema de condicionadores de ar.** 42 p. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Panambi, 2014.
- [16] MEDEIROS, YURI. **Quantificação do consumo de energia.** 40 p. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018
- [17] MITSIDI Projetos. **Elaboração de estudos e insumos para auxiliar o desenvolvimento do Plano de Ação de Eficiência Energética. EDIFICAÇÕES. Relatório Final – R01.** 2018

