



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - PB
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

KLÊNIO ANTONOVISK DAMASCENA SILVA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

CAMPINA GRANDE – PB

2018

KLÊNIO ANTONOVISK DAMASCENA SILVA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

*Relatório de estágio supervisionado
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: Cálculo de carga térmica

Orientador:

Professor Leimar Oliveira, M. Sc.

CAMPINA GRANDE – PB

2018

KLÊNIO ANTONOVISK DAMASCENA SILVA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

*Relatório de estágio 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: Cálculo de carga térmica

Aprovado em / /

Professor Ubirajara Meira, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador, UFCG

Professor Leimar Oliveira, D. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico esse trabalho a todos que
contribuíram de forma direta e indireta
nessa conquista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a DEUS, por ter me dado serenidade nesta jornada de trabalho e estudos;

Aos meus familiares e amigos por ter me oferecido palavras de motivação e conforto, em especial minha mãe e minha filha;

Ao meu orientador Leimar Oliveira que me forneceu as informações necessárias para terminar este trabalho e pela paciência que teve ao longo desse percurso.

RESUMO

Este relatório descreve o que foi desenvolvido durante o estágio curricular obrigatório, cuja carga horária foi de 180 horas, ocorrido na prefeitura universitária da UFCG. Nele são descritas as atividades desenvolvidas e os resultados obtidos durante o tempo de trabalho. O estágio ocorreu basicamente no levantamento do cálculo de carga térmica de algumas salas da Unidade Acadêmica de Ciências Sociais e do PRODATIVA anexos ao bloco Reenge. Utilizando o conhecimento adquirido no decorrer da graduação, cujo foram de grande importância para as atividades realizadas no decorrer deste texto.

Palavras-chave: Ar condicionado, cálculo carga térmica, atividade estágio.

ABSTRACT

This report describes what was developed during the compulsory curricular traineeship, whose workload was 180 hours, held in the UFCG prefecture. It describes the activities developed and the results obtained during working time. The stage basically occurred in the survey of the calculation of thermal load of some rooms of the Academic Unit of Social Sciences and annexes to the Reenge block. Using the knowledge of several standards, whose main parts are described in the course of this text.

Keywords: Air conditioning, thermal load calculation, stage activity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Prefeitura Universitária.....	13
Figura 2 – Equipamento de proteção individual.	14
Figura 3 – Selo Procel.....	15
Figura 4 – Eficiência energética.	17
Figura 5 – Willys Carrier.....	21
Figura 6 – Refrigeração com água gelada	22
Figura 7 – Escalas: Celsius, Fahrenheit e Kelvin	23
Figura 8 – Funcionamento condicionador de ar	24
Figura 9 – Condensador tipo janela	25
Figura 10 – Condensador tipo Split.....	25
Figura 11 – Evaporador tipo Split.....	26
Figura 12 – Evaporador tipo janela	26
Figura 13 – Equipamento com expansão direta	27
Figura 14 – Equipamento com expansão indireta.	28
Figura 15 – Sistema com inverter.....	29
Figura 16 – Sistema auto-contido.....	30
Figura 17 – Hall das placas.....	32
Figura 18 – PRODATIVA.	32
Figura 19 – Planta baixa do conjunto A do UACS.....	33
Figura 20 – Planta baixa do conjunto B do UACS.....	33
Figura 21 – Planta baixa do conjunto C e D do UACS	33
Figura 22 – Planta baixa do térreo do PRODATIVA.....	34
Figura 23 – Planta baixa do 1ª andar PRADATIVA.....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Conforto térmico.....	19
Tabela 2 – Preço dos condicionadores de ar.....	35
Tabela 3 – Quantidade dos condicionadores de ar.....	35
Tabela 4 – Custo unitário de consumo.....	36
Tabela 5 – Custo por horas desperdiçadas.....	36

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
MME	Ministério de Minas e Energia
CGIEE	Comitê Gestor de Eficiência Energética
UACS	Unidade Acadêmica de Ciências Sociais
PRODATIVA	Unidade anexo ao bloco Reenge
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BTU	Unidade Térmica Britânica
PMOC	Plano de Manutenção, Operação e Controle
TR	Tonelada de Refrigeração
NBR	Norma Brasileira
NR	Norma Regulamentadora
CHILLER	Resfriadores
R\$	Símbolo do Real
KWH	Quilowatt Hora.
J	Joule
CAL	Caloria
°C	Graus Celsius
g	Grama

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO	12
1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO	12
1.3 O LOCAL DE ESTÁGIO	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 PROCEL	14
2.2 A LEI DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	15
2.3 NORMAS TÉCNICAS E REGULAMENTADORAS.....	16
2.3.1 NBR 5410 – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO	16
2.3.2 NR 10 – SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS.....	17
2.3.3 PROJETO DAS INSTALAÇÕES: ABNT 16401-1	18
2.3.4 CONFORTO TÉRMICO: ABNT 16401-2	19
2.3.5 QUALIDADE DO AR INTERIOR: ABNT 16401-3	20
2.4 HISTÓRIA DO AR CONDICIONADO	21
2.4.1 TEMPERATURA.....	23
2.4.2 CALOR.....	23
2.4.3 FUNCIONAMENTO DO CONDICIONADOR DE AR	24
2.4.4 CONDENSADOR.....	25
2.4.5 EVAPORADOR	26
2.4.6 SISTEMA DE EXPANSÃO DIRETA.....	27
2.4.7 SISTEMA DE EXPANSÃO INDIRETA.....	28
2.4.7 SISTEMA INVERTER.....	29
2.2.8 AUTO-CONTIDO	30
3 ATIVIDADES REALIZADAS	31
3.1 LOCAIS DE IMPLANTAÇÃO	32
3.1.1 UACS.....	33
3.1.2 PRODATIVA.....	34
3.2 ESTIMATIVAS DE VALORES	35
4 CONCLUSÃO	37

REFERÊNCIAS	38
ANEXOS.....	39
ANEXO A: CÁLCULO SIMPLIFICADO DE CARGA TÉRMICA.....	40

1. INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia revolucionou de forma drástica e definitiva a forma como o ser humano encarava a sua vida e a sua relação com o mundo em que vivia, na qual ocorreram mudanças climáticas do planeta fazendo assim com que acontecesse uma busca por um controle de temperatura em ambientes na qual surgiu o condicionador de ar ou mais popularmente conhecido ar condicionado. Qualquer organização em busca de qualidade procura cada vez mais aperfeiçoar qualquer sistema diretamente ligado as atividades, onde a qualidade do ambiente se torna fator imprescindível aos colaboradores do mesmo.

Neste documento são relatadas as atividades desenvolvidas no Estágio Supervisionado realizado no setor de projetos da prefeitura universitária da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Esse estágio é curricular e obrigatório cuja carga horária cumprida foi de 180 horas dentro de um período compreendido entre os dias 01/10/2018 e 12/11/2018. As atividades foram supervisionadas pelo Engenheiro Eletricista Jonas Agapito Medeiros.

1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO

O principal objetivo desse estágio foi o levantamento de cargas térmicas de salas da Unidade Acadêmica de Ciência Sociais (UACS) e o PRODATIVA, visando qualidade do ar em interiores de ambientes climatizados, obtendo assim um ar puro, livre de bactérias as quais podem ser responsáveis por doenças respiratórias, busca também reduzir o consumo de energia e prolongar a vida útil do equipamento evitando quebras e reduzindo os gastos com troca de peças, o dimensionamento de aparelhos condicionadores de ar a serem instalados nas referidas salas, Levando em consideração o estudo da norma NBR 16401, avaliação da eficiência a ser alcançada dos aparelhos disponíveis na instituição seguindo as orientações do PROCEL.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Assim o relatório é organizado da seguinte maneira: no capítulo 2 é feita uma breve revisão teórica sobre as normas regulamentadoras e descrito o funcionamento do aparelho condicionador de ar e os dispositivos que o compõem, no capítulo 3 é descrito com mais detalhes como ocorreu o desenvolvimento das atividades citadas e no capítulo 4 são feitas as considerações finais. Em anexo estão os resultados práticos obtidos da tabela de cálculo da carga térmica.

1.3 O LOCAL DE ESTÁGIO

A prefeitura universitária da UFCG existe desde os tempos em que a universidade ainda era um campus pertencente à UFPB, com a condição de subprefeitura. A partir de 2002, com a lei que determinava a criação da UFCG, passou a condição atual de prefeitura.

Figura 1 – Prefeitura Universitária



Fonte: Autor (2018).

É de competência da prefeitura uma série de atribuições, segundo o regimento interno da UFCG. Dentre elas se destacam: colaborar com a secretaria de planejamento e orçamento; elaborar estudos e projetos de edificações e infraestrutura nos campus; solicitar a contratação, fiscalizar, executar e controlar obras e serviços de engenharia; manter e conservar bens móveis e imóveis da universidade; planejar. Fiscalizar, controlar e operar os serviços públicos de água, energia e comunicações.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

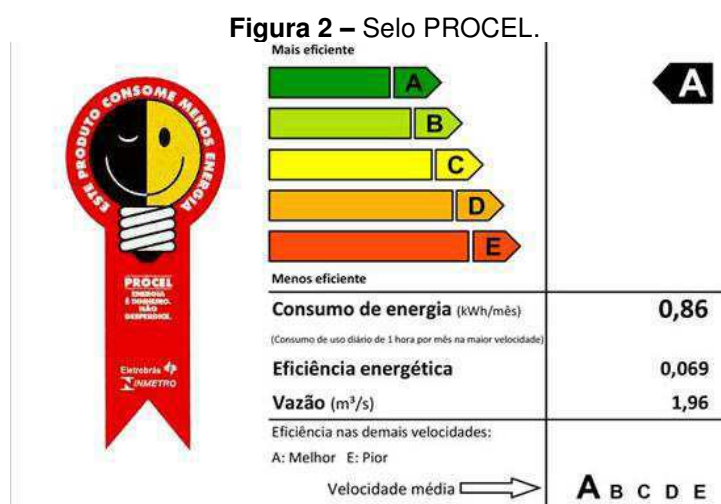
2.1 PROCEL

O Selo Procel é uma forma de orientar o consumidor na hora da compra, indicando quais produtos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética dentro de cada categoria, resultando em economia na conta de energia elétrica.

Criado em 1985, coordenado pelo MME e operacionalizado pela Eletrobrás, o Procel é constituído por diversos subprogramas, dentre os quais se destacam ações nas áreas de iluminação pública, industrial, saneamento, educação, edificações, prédios públicos, gestão energética municipal, informações, desenvolvimento tecnológico e divulgação.

Desde sua criação já foram investidos mais de R\$ 1,4 bilhão, sendo o Programa responsável pela economia estimada de cerca de 70 TW·h, equivalente ao suprimento de 35 milhões de residências durante um ano.

Cerca de 70% do consumo de energia elétrica nos prédios públicos se deve ao uso dos sistemas de iluminação e climatização dessas edificações. Por essa razão, projetos de eficiência energética costumam atuar, em um primeiro momento, na substituição de equipamentos ineficientes e também na mudança de hábitos de seus usuários. O Procel, em parceria com os administradores públicos de todas as esferas do governo, tem incentivado ações não apenas para o uso de equipamentos mais eficientes, como também para o desenvolvimento de projetos e utilização de práticas visando o combate ao desperdício e o incremento da eficiência energética nessas edificações públicas.



Fonte: <www.procelinfo.com.br> (2018).

2.2 A LEI DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A Eficiência energética é uma atividade que procura melhorar o uso das fontes de energia, a utilização de forma racional de energia, às vezes chamada simplesmente de eficiência energética, consiste em usar de modo eficiente a energia para se obter um determinado resultado. Por definição, a eficiência energética consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização.

Figura 3 – Eficiência energética.



Fonte: <www.inee.org.br> (2018).

Avaliação da eficiência energética de edificações residenciais, comerciais, de serviços e públicas, em parceria com o Inmetro, que confere a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para as edificações, a Etiqueta PBE Edifica. Já são mais de 4.500 etiquetas desse tipo concedidas desde 2009.

2.3 NORMAS TÉCNICAS E REGULAMENTADORAS

As NBR's são normas técnicas, concebidas através de consensos e estudos relacionados ao tema, elas estipulam requisitos de qualidade, desempenho, segurança e etc.

As NR's são normas regulamentadoras para temas relacionados à segurança e medicina do trabalho no território nacional, publicadas unicamente pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE).

2.3.1 NBR 5410 – INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO

A NBR-5410 é a norma a ser seguida na grande maioria dos projetos é a que se refere às instalações elétricas de baixa tensão, que traz recomendações acerca de dimensionamentos (condutores, condutos, quadros, proteção), aterramento, fatores de segurança, entre outros.

Estipula as condições adequadas para o funcionamento usual e seguro das instalações elétricas de baixa tensão, ou seja, até 1000V em tensão alternada e 1500V em tensão contínua. Esta norma é aplicada principalmente em instalações prediais, públicas, comerciais, etc. Para o profissional da área funciona como um guia, sobre o que se deve ou não fazer, ela traz um texto diferenciado explicando e colocando regras em instalações de baixa tensão, e faz grande diferença conhecê-la e acima de tudo aplicá-la.

Os tópicos abaixo esclarecem e exemplificam a aplicação desta norma:

- Áreas descobertas externas a edificações;
- Áreas residenciais, comerciais, prediais e etc;
- Locais de acampamento, marinha e instalações análogas;
- Instalações temporárias como canteiros de obras, feiras, etc.;
- Circuitos elétricos alimentados sobtensão nominal igual ou inferior a 1000 V em corrente alternada (CA), frequência inferior a 400 Hz, ou a 1500 V e corrente contínua (CC) (modificação vinda da norma NR-10, que estabelece o que é baixa tensão);

2.3.2 NR 10 – SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Esta é uma norma regulamentadora que trata das providências a serem tomadas de modo que se garanta a segurança e a saúde dos trabalhadores que de alguma forma interajam com instalações elétricas ou serviços de eletricidade. Um dos pontos dessa norma diz respeito à segurança em projetos, em que o projetista deve aplicar em seu trabalho medidas que possam garantir as recomendações exigidas nessa norma, como dispositivos de proteção contra choques e etc.

Figura 4 – Equipamento de proteção individual.



Fonte: <<http://www.engenhariacfb.com.br>> (2018).

Para os profissionais que se envolvam diretamente nas atividades de instalação, manutenção e operação de máquinas e instalações elétricas as mudanças proporcionadas pela NR10 vieram a reduzir drástica e positivamente os índices de acidentes que envolvem eletricidade. Entre as principais mudanças se destacam a obrigatoriedade de todos os profissionais que se envolvam com as atividades elétricas passem por um treinamento de 40h (para o curso básico), em que será apresentada a normas e suas características, e que no mínimo a cada dois anos esse mesmo profissional terá de passar por uma reciclagem deste mesmo treinamento.

2.3.3 PROJETO DAS INSTALAÇÕES: ABNT 16401-1

Um Projeto Elétrico é a previsão escrita da instalação, com todos os seus detalhes, localização dos pontos de utilização da energia elétrica, comandos, trajeto dos condutores, divisão em circuitos, seção dos condutores, dispositivos de manobra, carga de cada circuito, carga total, etc.

Estabelece os parâmetros básicos e os requisitos mínimos de projeto para sistemas de ar-condicionado central e unitários, se aplica a instalações de ar-condicionado especiais que são regidas por normas específicas (salas limpas, laboratórios, centros cirúrgicos e outras).

A elaboração do projeto deve ocorrer em etapas sucessivas, dividindo-se o processo de desenvolvimento das atividades técnicas de modo a se obter uma evolução positiva e consistente da concepção adotada para as instalações e da integração destas com a edificação e seus componentes, garantindo o atendimento as exigências de desempenho e definidas pelo contratante, etapas para uma concepção inicial da instalação:

- a) Análise conjunta entre o projetista, empreendedor e escritórios de arquitetura sobre os impactos das soluções envolvendo o consumo de energia da edificação e os aspectos ambientais;
- b) Análise junto ao empreendedor da diretriz de enquadramento desejada por ele para a obtenção de etiquetagem de eficiência energética do respectivo empreendimento;
- c) Análise comparativa de sistemas viáveis de serem aplicados, a partir de um levantamento preliminar de carga térmica;
- d) Indicação preliminar das necessidades de áreas e espaços técnicos, com estimativa de carga estática e consumo elétrico dos equipamentos;
- e) Memorial descritivo da instalação contendo a relação dos equipamentos com as seguintes informações de cada equipamento e instrumentos de medição: (fabricante, modelo, tipo, número de série, características elétricas, curvas características e dados operação);
- f) Resumo geral dos dados resultantes dos cálculos de carga térmica para cada ambiente ou zona térmica, relacionando os parâmetros adotados;

2.3.4 CONFORTO TÉRMICO: ABNT 16401-2

Especifica os parâmetros do ambiente interno que proporcionem conforto térmico aos ocupantes de recintos providos de ar-condicionado, os parâmetros estipulados nessa parte da ABNT NBR 16401 definem o ambiente térmico em que uma maioria de 80% ou mais das pessoas, de um grupo homogêneo em termos de atividade física e tipo de roupa usada, é suscetível de expressar satisfação em relação ao conforto térmico.

Tabela 1- Conforto térmico

	Sensação térmica	Grau de satisfação
+3	Muito quente	Desconfortável calor
+2	Quente	Desconfortável calor
+1	Ligeiramente Quente	Satisfeito
0	Neutro / Confortável	Satisfeito
+1	Ligeiramente Frio	Satisfeito
+2	Frio	Desconfortável frio
+3	Muito Frio	Desconfortável frio

Fonte: ABNT 16401-3 conforto térmico (2018).

O conforto térmico é muito importante em relação a fatores relacionados ao trabalho. Ele pode afetar os níveis de distração dos trabalhadores, afetando o seu desempenho e produtividade, sendo o estado mental que expressa satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda.

Alguns fatores que determinam o conforto térmico:

- a) Nível de atividade;
- b) Temperatura do ar;
- c) Radiação térmica;
- d) Roupas;
- e) Umidade do ar;
- f) Velocidade do ar;

2.3.5 QUALIDADE DO AR INTERIOR: ABNT 16401-3

Esta parte da ABNT NBR 16401 especifica os parâmetros básicos e os requisitos mínimos para sistemas de ar-condicionado, visando a obtenção de qualidade aceitável de ar interior para conforto, verificando vazões mínimas de ar exterior para ventilação, níveis mínimos de filtragem do ar e requisitos técnicos dos sistemas e componentes relativos a qualidade do ar interior.

- Vazões mínimas de ar exterior para ventilação;
- Níveis mínimos de filtragem do ar;
- Requisitos técnicos dos sistemas e componentes relativos a qualidade do ar interior;

O PMOC é o Plano de Manutenção Operação e Controle, o qual é uma medida estipulada pelo Ministério da saúde em conjunto com o Ministério do Trabalho e Emprego para monitorar e adequar a qualidade do ar em ambientes de uso coletivo; considerando a preocupação mundial com a qualidade do ar de interiores em ambientes climatizados e a ampla e crescente utilização de sistemas de ar condicionado no país, em função das condições climáticas.

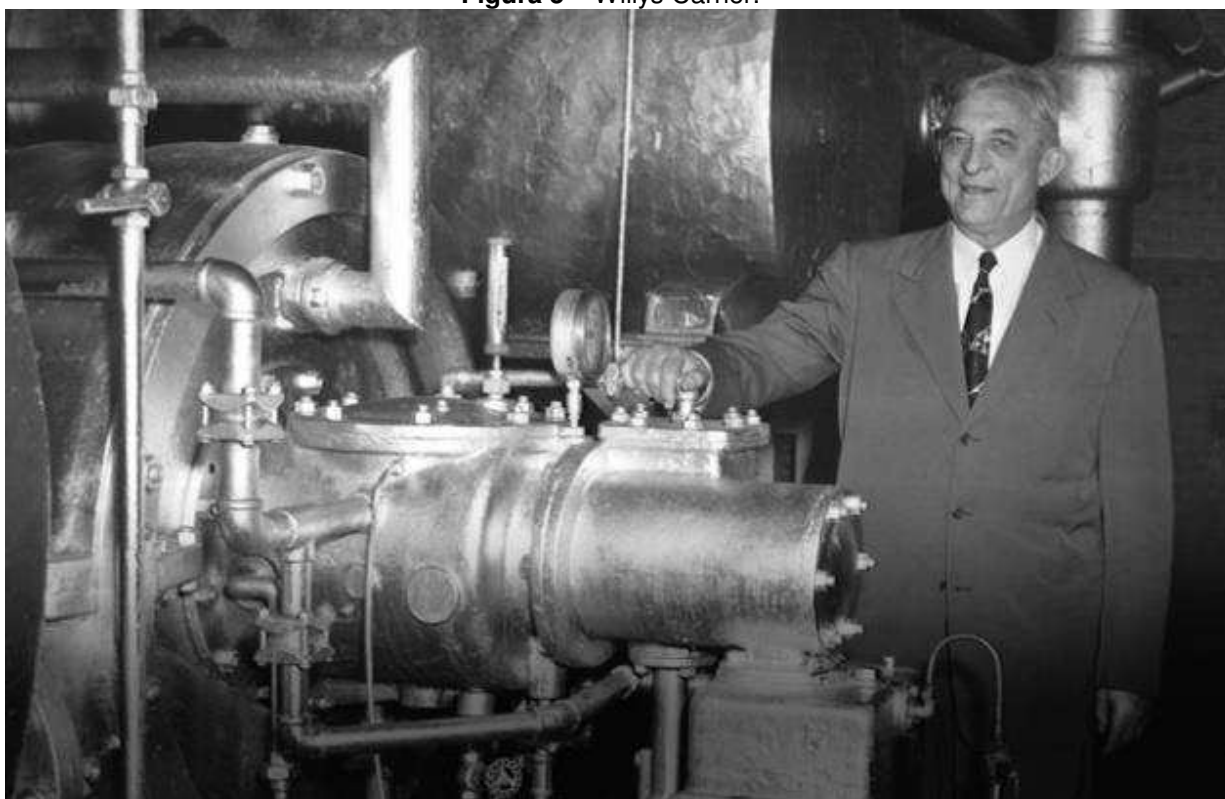
É obrigatório quando um estabelecimento ultrapassa a carga térmica de 60.000 Btu/h (ou 5 TR). É especificado também qual o número de ocupantes de cada ambiente refrigerado e o tipo de atividade desenvolvida no local. A empresa é analisada num panorama geral, e não apenas por setores. Ou seja, se ela atingiu a carga térmica mínima, terá de providenciar o PMOC. Antes de iniciar o projeto, recomenda-se que o profissional entre em contato com o CREA de seu estado solicitando as informações necessárias para o procedimento, pois podem haver complementações da legislação em estados diferentes.

A falta da observância a elas, bem como a manutenção inadequada dos sistemas de ar condicionado e dutos pode levar as empresas (industriais e comerciais), hospitais, consultórios, clínicas, centro médicos, ambulatórios, laboratórios, ambulâncias, transportes terrestres, aéreos e marítimos a terem um prejuízo considerável com multas acima de R\$ 200.000,00 (duzentos mil reais), além de serem processadas por indenizações por não cumprirem a legislação vigente frente aos empregados, pacientes e visitantes.

2.4 HISTÓRIA DO AR CONDICIONADO

Os aparelhos de ar condicionado atuais, que são utilizados para controlar a temperatura de ambientes fechados, provêm da criação de um processo mecânico para condicionar o ar, criado em 1902 pelo engenheiro norte-americano Willys Carrier.

Figura 5 – Willys Carrier.



Fonte: < <https://brasil.elpais.com> > (2018).

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.

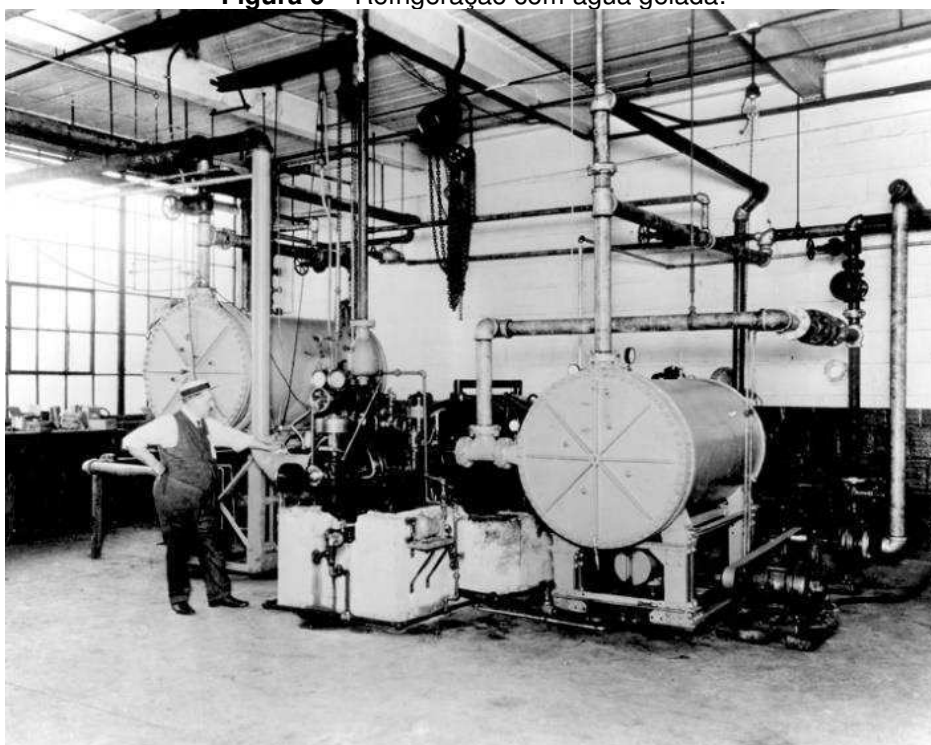
Com isso, foi desenvolvido um equipamento que resfriava o ar desta fábrica, que funcionava através da sua circulação por dutos resfriados artificialmente. Esse foi o primeiro modelo mecânico de condicionamento de ar, ou seja, a primeira aplicação prática do ar condicionado atual. A partir desta experiência, o sistema foi adotado por muitas indústrias de diversos segmentos, como têxtil, indústrias de papel, farmacêuticos, tabaco e alguns estabelecimentos comerciais.

Em 1914, Carrier desenvolveu um aparelho para aplicação residencial, que era muito maior e mais simples do que o ar condicionado de hoje em dia, e também desenhou o primeiro condicionador de ar para hospitais, que foi desenvolvido com o objetivo de aumentar a umidade de um berçário (para bebês nascidos de forma prematura), no Allegheny Hospital de Pittsburg.

Foi a partir da década de 1920 que o ar condicionado começou a se popularizar nos Estados Unidos, foi colocado em diversos prédios públicos, tais 13 como a Câmara dos Deputados, o Senado Americano, os escritórios da Casa Branca. Além disso, foi de grande utilidade para ajudar a indústria cinematográfica, pois, antes de serem instalados os aparelhos de ar condicionados, as salas de cinema ficavam vazias devido ao clima muito quente, nas temporadas de verão americano.

Os modelos de aparelhos de ar condicionados residenciais começaram a ser produzidos em massa nos meados de 1950, ano em que Willis Carrier faleceu. Nessa época a empresa Carrier lançou unidades centrais de condicionadores de ar para residências. A demanda foi muito grande, acabando com os estoques em apenas duas semanas. Na década seguinte, estes produtos já não eram mais novidade. A partir disso, se inicia um mercado de amplitude mundial em constante expansão, com muito espaço para desenvolvimento tecnológico e novidades em produtos, até os dias de hoje.

Figura 6 – Refrigeração com água gelada.



Fonte: <<http://www.arcondicionado.refrigeracao.net>> (2018).

2.4.1 TEMPERATURA

A temperatura é uma grandeza física utilizada para medir o grau de agitação ou a energia cinética das moléculas de uma determinada quantidade de matéria. Quanto mais agitadas essas moléculas estiverem, maior será sua temperatura. O aparelho utilizado para fazer medidas de temperatura é o termômetro, que pode ser encontrado em três escalas: Celsius, Kelvin e Fahrenheit.

Figura 7 – Escalas: Celsius, Fahrenheit e Kelvin.



Fonte: <<http://fiscomputer.blogspot.com>> (2018).

A menor temperatura a que os corpos podem chegar é chamada Zero absoluto, que corresponde a um ponto onde a agitação molecular é zero, ou seja, as moléculas ficam completamente em repouso. Essa temperatura foi definida no século XIX pelo cientista inglês Willian Thompson, mais conhecido como Lord Kelvin. O zero absoluto tem os seguintes valores: 0K – escala Kelvin e -273,15 °C – na escala Celsius.

2.4.2 CALOR

O calor, que também pode ser chamado de energia térmica, corresponde à energia em trânsito que se transfere de um corpo para outro em razão da diferença de temperatura. Essa transferência ocorre sempre do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura até que atinjam o equilíbrio térmico.

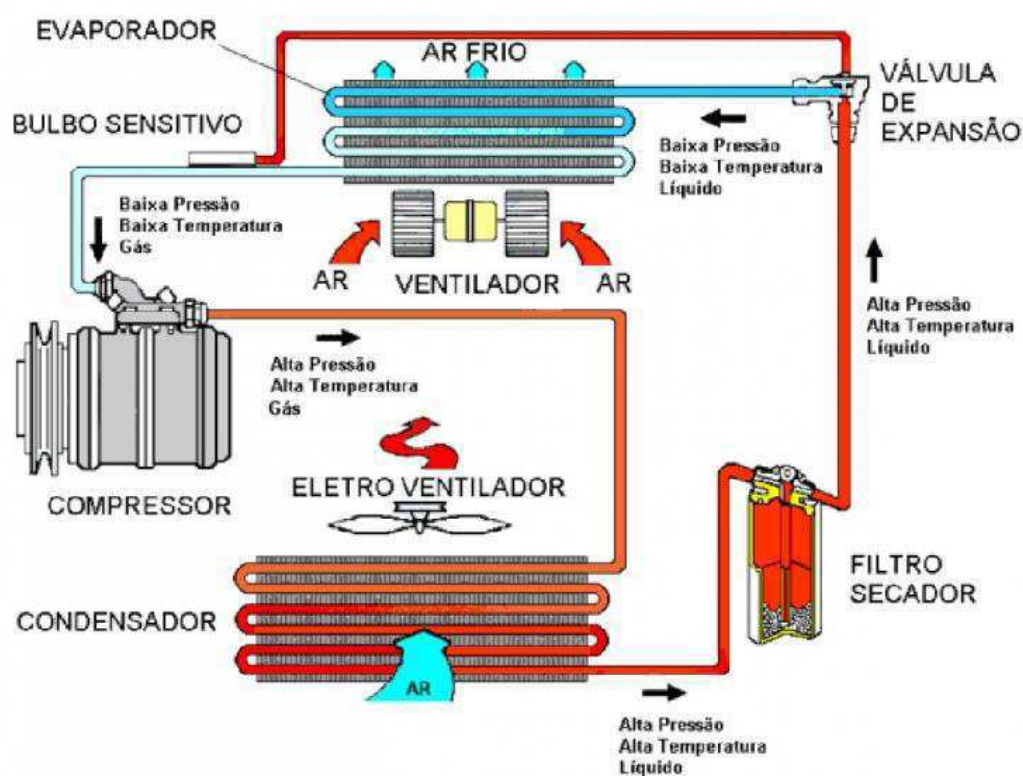
A unidade de medida mais utilizada para o calor é a caloria (cal), mas a sua unidade no Sistema Internacional é o Joule (J). A caloria é definida como a quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de 1g de água em 1°C.

A relação entre a caloria e o Joule é dada por: 1 cal = 4,186 J

2.4.3 FUNCIONAMENTO DO CONDICIONADOR DE AR

Os condicionadores de ar são basicamente uma geladeira sem seu gabinete. Ele usa a evaporação de um fluido refrigerante para fornecer refrigeração. Os mecanismos do ciclo de refrigeração são os mesmos da geladeira e do ar condicionado. O termo Fréon é genericamente usado para qualquer dos vários fluorcarbonos não inflamáveis utilizados como refrigerantes e combustíveis nos aerossóis.

Figura 8 – Funcionamento condicionador de ar.



Fonte: <<http://refrigeracaomarechal.com.br>> (2018)

Na figura 2 o compressor comprime o gás frio, fazendo com que ele se torne gás quente de alta pressão. Este gás quente corre através de um trocador de calor para dissipar o calor e se condensa para o estado líquido. O líquido escoar através de uma válvula de expansão e no processo ele vaporiza para se tornar gás frio de baixa pressão. Este gás frio corre através de trocador de calor que permite que o gás absorva calor e esfrie o ar de dentro do ambiente. Misturado com o fluido refrigerante, existe uma pequena quantidade de um óleo de baixa densidade que tem por função lubrifica o compressor junto com o processo.

2.4.4 CONDENSADOR

O Condensador é um trocador de calor do sistema de refrigeração, que têm a função de transformar o vapor superaquecido, que é descarregado do compressor a alta pressão, em líquido. Para isso, rejeita calor contido no fluido refrigerante para alguma fonte de resfriamento. O Dispositivo de expansão, que pode ser um tubo capilar ou uma válvula de expansão, cria uma redução na seção da tubulação que liga o condensador ao evaporador, provocando uma elevação da pressão no condensador e uma brusca diminuição da pressão no evaporador, além de controlar o fluxo de refrigerante que chega ao evaporador.

Figura 9 – Condensador tipo janela.



Fonte: <www.refrigeracaomarechal.com.br> (2018)

Figura 10 – Condensador tipo Split.



Fonte: <www.refrigeracaomarechal.com.br> (2018)

2.4.5 EVAPORADOR

O Evaporador absorve calor latente de vaporização dos produtos a serem refrigerados, ou do ar, dependendo do caso. O fluido refrigerante vai transformando-se totalmente em vapor enquanto vai percorrendo a tubulação do evaporador. Nesse processo, o calor latente de vaporização dos produtos a serem refrigerados passa através das paredes da tubulação do evaporador e, ao entrar em contato com o fluido refrigerante, que sai do dispositivo de expansão e entra no evaporador no estado líquido, vaporiza-o, à pressão e temperatura constantes. É o componente do sistema de refrigeração onde o fluido refrigerante sofre uma mudança de estado, saindo da fase líquida para a fase gasosa. É chamado, às vezes, de serpentina de resfriamento, serpentina de congelamento, congelador, entre outras.

Figura 11 – Evaporador tipo Split.



Fonte: <www.portaleletricista.com.br> (2018)

Figura 12 – Evaporador tipo Janela.



Fonte: <www.portaleletricista.com.br> (2018)

2.4.6 SISTEMAS DE EXPANSÃO DIRETA

Os sistemas de expansão direta de refrigeração em que o fluido refrigerante (fonte fria) expande-se em contato com o fluxo de ar do ambiente à climatizar (fonte quente). Esta expansão se refere ao processo de evaporação do fluido refrigerante no interior da serpentina evaporadora do equipamento, a qual absorve para promover tal mudança de estado físico, o calor contido no fluxo de ar do ambiente que passa pelo equipamento promovendo assim o resfriamento do ar ambiente.

O ar é forçado, através de ventiladores, a passar pela serpentina, o qual transfere calor para o fluido refrigerante que circula por entre a tubulação da serpentina evaporadora e respectivas aletas. O fluido refrigerante expandiu-se diretamente com o meio ao qual se deseja climatizar, no caso a massa de ar do ambiente; Por isso chamado de expansão direta.

Figura 13 – Equipamentos com expansão direta.



Fonte: <<http://swarcondicionado.com.br>> (2018)

Este sistema possui a capacidade de funcionar com temperaturas e velocidades de ventilação diferentes em espaços individuais, e possui mais algumas vantagens, como: vários tipos, combinações livres, poupança de energia, controlador central, tubagens de grande comprimento, dimensões compactas e fácil instalação.

2.4.7 SISTEMA DE EXPANSÃO INDIRETA

Os sistemas de expansão indireta de refrigeração em que há a transferência de calor em mais de um meio antes de chegar a transferir o calor contido no meio que deseja-se resfriar, no caso o ar do ambiente. Quando tratamos deste tipo de sistema, fazem-se uso de equipamentos de resfriamento de água, chamado Chillers. Ele efetua o resfriamento da água que circula no interior das tubulações hidráulicas que alimentam as unidades de tratamento do ar dos ambientes, chamados de FanCoil. São esses fancoils responsáveis por promover o arrefecimento dos ambientes, através da transferência de calor contido no ar do ambiente para a água que circula no interior da serpentina (trocador de calor) do equipamento.

O Calor que foi absorvido pela água, é transferido para o fluido refrigerante que circula do sistema fechado de refrigeração do Chiller, o qual pelo terceiro processo de transferência de calor, rejeita o calor retirado do ambiente, somado às perdas do processo, ao ar externo (Atmosfera). Por isso chamado de expansão indireta, pois o fluido refrigerante é expandido por um meio(água) que não aquele ao qual se deseja resfriar, o ar ambiente.

Figura 14 – Equipamentos com expansão indireta.



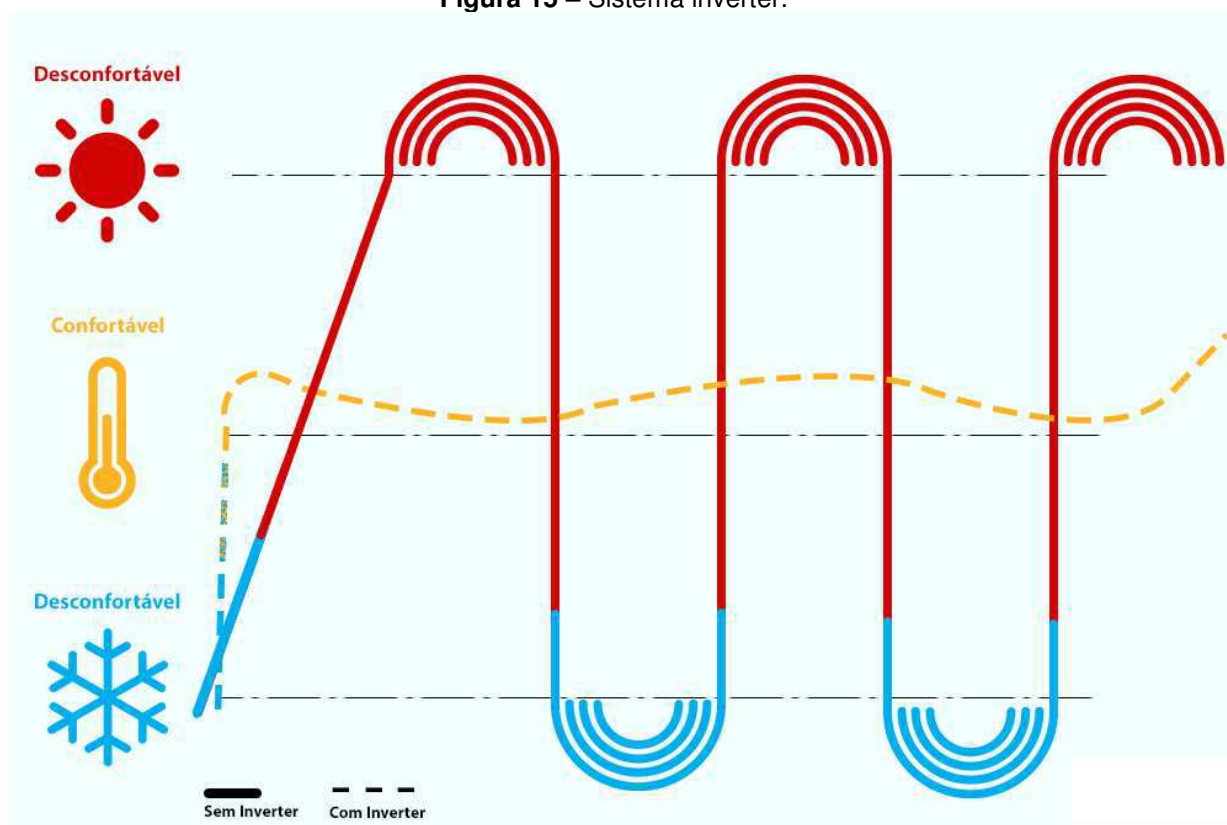
Fonte: <<http://www.profrío.com.br>> (2018)

Os Chillers são, basicamente, resfriadores de água. A água gelada produzida por eles é utilizada com o objetivo de arrefecer o ar, produtos ou equipamentos conforme necessidade.

2.4.7 SISTEMA INVERTER

Quando o sistema de ar condicionado é ativado, o compressor irá funcionar à velocidade máxima para atingir rapidamente a temperatura desejada. Uma vez alcançada essa temperatura, ao contrário dos sistemas de ar condicionado convencionais que ligam e desligam o compressor, as unidades inverter constantemente ajustam e variam a velocidade do compressor para manter a temperatura desejada com uma flutuação mínima para garantir que o seu conforto não fique comprometido. 29 A capacidade de um sistema inverter irá flutuar para ir de encontro às exigências do espaço a climatizar, por isso este sistema consegue ter uma eficiência energética superior à de um compressor de velocidade constante.

Figura 15 – Sistema inverter.



Fonte: <www.dufrio.com.br> (2018)

Os aparelhos de ar condicionado split inverter (utilizam freon R 410a) são capazes de atingir a temperatura desejada rapidamente e a mantêm constante, com pouca oscilação de energia. O que resulta em uma economia de energia de até 40% com relação ao Split "convencional" (na grande maioria utiliza freon R 22).

2.2.8 AUTO-CONTIDO

Os Auto-contido são condicionadores de ar que em seu gabinete estão contidos todos os equipamentos necessários para promover o tratamento de ar, tais como: filtragem, refrigeração, umidificação, aquecimento, desumidificação e movimentação do ar. Este ar então é distribuído através da rede de dutos para as áreas desejadas. Sua potência normalmente situa-se na faixa de 5 TR a 30 TR. Possui vantagem de ter menor custo de manutenção, fácil reposição de peças e grande versatilidade para projetos.

Figura 16 – Sistema auto-contido.



Fonte: <<http://www.climafrio.com.br>> (2018)

Apesar de terem obviamente as mesmas funções, a principal diferença entre os modelos de ar condicionado Split e self contained, é o fato de que no Split o compressor fica na unidade condensadora externa. Já no Self, o compressor fica junto da unidade evaporadora. Dessa forma, os Split são mais silenciosos. Contudo, há também diferenças na estrutura dos aparelhos, por isso esse post mostra as principais características de cada um para ajudá-lo a escolher o melhor ar condicionado para sua empresa ou para a refrigeração residencial.

3. ATIVIDADES REALIZADAS

O planejamento deve ser realizado de acordo com as normas técnicas, para preencher a tabela de cálculo simplificado de carga térmica precisamos de dados que são obtidos com os seguintes procedimentos:

- 1) Medir paredes, janelas e portas;
- 2) Contar equipamentos, verificar consumo;
- 3) Verificar tipo e número de luminárias;
- 4) Observar orientação solar;
- 5) Proteção nas janelas;
- 6) Tipo de tijolo e de cobertura;

É de grande importância o cálculo de carga térmica antes da aquisição do seu condicionador de ar, efetuando o cálculo de carga térmica baseado nas condições internas e externas do ambiente, o propósito deste cálculo é obter a estimativa de:

- 1) Transmissão de calor através de paredes, janelas, piso e teto.
- 2) Carga de iluminação, pessoas e outras fontes de calor.

Após a conclusão desse cálculo é possível identificar-se a capacidade adequada que deve ter o equipamento a ser adquirido, também deve-se analisar outros aspectos como:

- 1) Descarga do ar que o aparelho lança no ambiente (insuflação);
- 2) Espaço para circulação de ar na entrada e saída do condensador;
- 3) Localização do ponto de força (tomada);
- 4) Instalação de dreno;
- 5) Espaço para manutenção.
- 6) Localização do aparelho no recinto;

3.1 LOCAIS DE IMPLANTAÇÃO

Fizemos o cálculo de carga térmica da Unidade Acadêmica de Ciências Sociais que fica no Hall das placas e o PRODATIVA que fica ao lado do bloco Reenge.

Figura 17 – Hall das placas.



Fonte: Autor (2018)

Figura 18 – PRODATIVA.

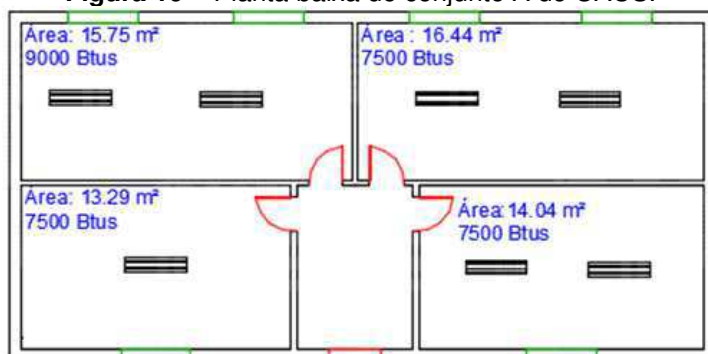


Fonte: Autor (2018)

3.1.1 UACS

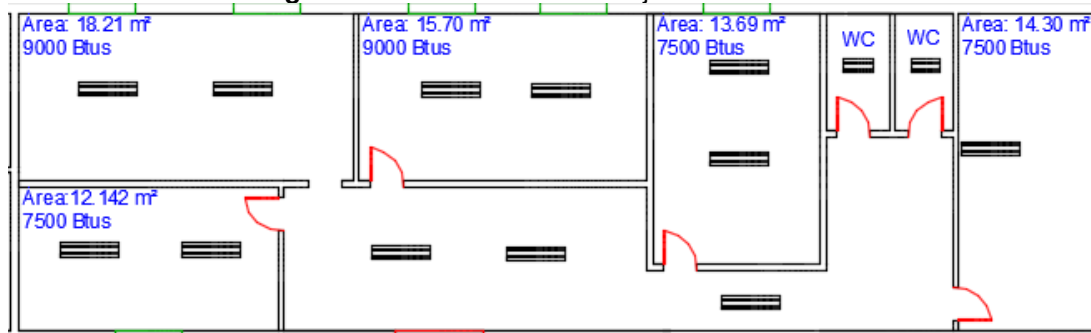
Unidade Acadêmica de Ciências Sociais é composto por 4 conjuntos, A, B, C e D com um total de 17 salas com média de 9 m² até 18 m², conforme é mostrado nas figuras abaixo cada sala contém o valor de sua área e a quantidade de Btu's do aparelho que será instalado.

Figura 19 – Planta baixa do conjunto A do UACS.



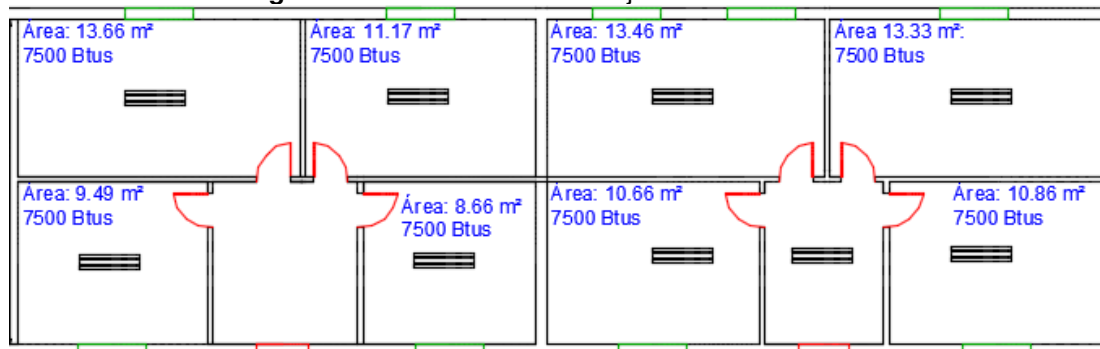
Fonte: Autor (2018)

Figura 20 – Planta baixa do conjunto B do UACS.



Fonte: Autor (2018)

Figura 21 – Planta baixa do conjunto C e D do UACS.

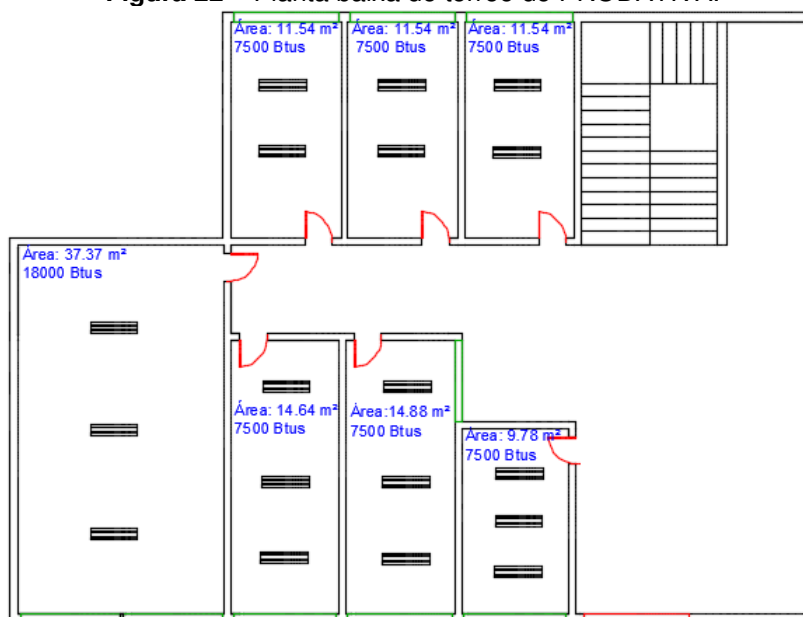


Fonte: Autor (2018)

3.1.2 PRODATIVA

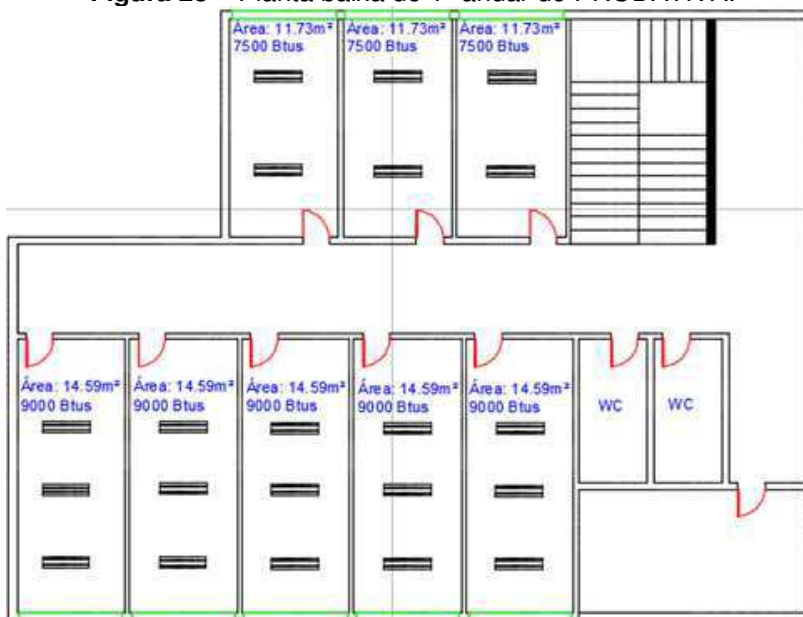
O PRODATIVA é composto por 2 pavimentos contendo um total de 15 salas, sendo 7 salas no térreo e 8 salas no 1ª andar, conforme é mostrado nas figuras abaixo cada sala contém o valor de sua área e a quantidade de Btu's do aparelho que será instalado.

Figura 22 – Planta baixa do térreo do PRODATIVA.



Fonte: Autor (2018)

Figura 23 – Planta baixa do 1ª andar do PRODATIVA.



Fonte: Autor (2018)

3.2 ESTIMATIVAS DE VALORES

Na tabela abaixo foi feito um levantamento de preços dos condicionadores de ar que serão instalados na Unidade Acadêmica de Ciências Sociais e no PRODATIVA.

Tabela 2 – Preço dos condicionadores de ar.

Modelo	Quantidade	Custo do aparelho + instalação(R\$)
AR CONDICIONADO JANELA 7500 BTUS/H CONSUL FRIO CCN07DB	1 unidade	769,00 + 200,00 R\$
AR CONDICIONADO SPLIT ELECTROLUX ECOTURBO 9000 BTUS FRIO R410 HI WALL	1 unidade	1099,00 + 400,00

Fonte: Autor (2018).

A instalação dos condicionadores de ar do tipo janela poderiam ser mais vantajosa caso os blocos UACS e PRODATIVA tivessem em seu projeto de construção, a instalação do suporte para receber o aparelho janela, pois o cálculo da carga térmica determinou condicionadores de 7500 Btu's, mas como não contém, será necessário gastar com mão-de-obra, material de construção e o suporte para receber o aparelho.

Tabela 3 – Quantidade de condicionadores de ar por bloco.

Bloco	Split 9000 Btu's	Janela 7500 Btu's
UACS	2 unidades	15 unidades
PRODATIVA	3 unidades	12 unidades

Fonte: Autor (2018).

Foi gasto no bloco UACS o equivalente a 14535,00 R\$ referente a 15 unidades do tipo janela e 2998,00 R\$ referente a 2 unidades do tipo Split, no bloco PRODATIVA foi gasto o equivalente a 11628,00 R\$ referente a 12 unidades do tipo janela e 4497,00 R\$ referente a 3 unidades do tipo Split, totalizando 33658,00 R\$ dos aparelhos com instalação.

Foi feito um levantamento sobre o consumo de cada condicionador de ar funcionando 8 horas por dia durante 22 dias por mês, esta relação pode ser visualizada na tabela a seguir e o valor do kWh da concessionária local é R\$ 0,75.

Tabela 4 – Custo unitário de consumo.

Modelo		Consumo (kWh/mês)	Valor (R\$)
AR	CONDICIONADO		
JANELA	7500 BTUS/H	92,4	69,30
	CONSUL FRIO CCN07DB		
AR	CONDICIONADO		
SPLIT	ELECTROLUX		
ECOTURBO	9000 BTUS	100,3	75,22
	FRIO R410 HI WALL		

Fonte: Autor (2018).

O consumo no bloco UACS foi 184.8 kWh referente a 2 condicionador de ar tipo janela e 1504.5 kWh referente a 15 condicionador de ar tipo Split, totalizando um consumo de 1689,3 kWh que custa o equivalente a 1226,97 R\$ por mês de conta elétrica, já o consumo do bloco PRODATIVA foi de 277.2 kWh referente a 3 condicionador de ar tipo janela e 1203,6 kWh referente a 12 condicionadores de ar tipo Split totalizando um consumo de 1480,80 kWh que custa o equivalente 1110,60 R\$ por mês de conta elétrica.

Para mostrar a importância do uso eficiente dos aparelhos, foi feita uma tabela que mostra o valor referente ao desperdício de 10 horas de energia elétrica, mostrando o valor da economia que o uso eficiente irá proporcionar, é importante que as salas de aulas que não esteja sendo usadas tenha seus condicionadores de ar desligado para contribuir com a economia do consumo de energia elétrica.

Tabela 5 – Custo por horas desperdiçadas

LOCAL	DESPERDÍCIO	kW	ECONOMIA
UACS	10 horas	5,25	R\$ 3,93
RENEW	10 horas	5,68	R\$ 4,26

Fonte: Autor (2018).

4 CONCLUSÃO

Este trabalho abordou todas as etapas de um projeto de sistema de ar condicionado, baseado na norma ABNT NBR 16401, o uso das normas é fundamental para a otimização do consumo de energia, bem como pelo cuidado com a qualidade do ar interno dos ambientes beneficiados, com a manutenção de condições ideais de conforto térmico e preservação da saúde dos ocupantes, trazendo benefício ao meio-ambiente, pois ao reduzir o desperdício do consumo de energia elétrica se contribui para uma redução de emissão de poluentes na atmosfera.

A elaboração de quadros comparativos entre os diversos sistemas possíveis de ar condicionado, apontando vantagens e desvantagens de cada um. A inclusão de mais informações sobre os equipamentos, com especificações de diferentes fabricantes, bem como estimativas de custos de aquisição dos equipamentos, acessórios e serviços ajudam muito na hora de escolher o aparelho que irá apresentar o melhor custo benefício.

Concluir-se que uma das dificuldades encontradas no projeto foi a grande variedades de modelos e fabricantes de aparelhos de ar-condicionados encontrados na fábrica, pois a arquitetura de cada fabricante é diferente e, com isso, depender-se-ia um excessivo tempo para fazer um estudo de todos os modelos. Justifica-se que o projeto do cálculo térmico tem que ser feito juntamente com o projeto da planta baixa pois analisando os resultados do cálculo de carga térmica, a grande maioria das salas precisam de aparelhos de 7500 Btu's, mas nenhuma das salas vinheram com o suporte para receber o aparelho tipo janela o que irá acrescentar um valor considerável na instalação desses suportes pois um aparelho de Split de 9000 Btu's superdimensiona essas salas que precisam apenas de 7500 Btu's.

REFERÊNCIAS

INEE - Instituto Nacional de Eficiência Energética. **Eficiência energética**. Disponível em: <http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia>. Acesso em 20 de novembro de 2018.

PROCEL - Programa Nacional De Conservação de Energia Elétrica. **Centro brasileiro de informação de eficiência energética**. Etiquetagem em edificações. Rio de Janeiro. Disponível em <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=%7B921E566A-536B-4582-AEAF-7D6CD1DF1AFD%7D>>. Acesso em 15 de novembro. 2018.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Legislação**. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/acesso-a-informacao/legislacao>>. Acesso em 19 de novembro de 2018.

SORGATO, M.J. **Desempenho térmico de edificações residenciais e unifamiliares ventiladas naturalmente**. Florianópolis, 2009.

PEIXOTO, Roberto de Aguiar. **Impacto ambiental de refrigerantes em sistemas de refrigeração**. Consultoria ambiental. Disponível em: <http://www.consultoriaambiental.com.br/artigos/impacto_ambiental_de_refrigerantes_em_sistemas_de_refrigeracao_e_ac.pdf>. São Paulo. Acesso em 18 novembro. 2018.

Web Ar-condicionado. **Instaladores e assistência**. Disponível em: <<http://www.webarcondicionado.com.br/instaladores/pb/campina-grande>>. Acesso em 13 de novembro de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16401: Instalações de ar condicionado - Sistemas centrais e unitários, Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão, Rio de Janeiro, 2008.

ANEXOS

ANEXO A: CÁLCULO SIMPLIFICADO DE CARGA TÉRMICA

CÁLCULO SIMPLIFICADO DE CARGA TÉRMICA							
Segundo NBR - 5858/1983							
Local: <input style="width: 100%;" type="text"/>							
1 Janelas: Insolação							
Tipo de Vidro	Localização	Área (m ²)	Sem Proteção	Com Proteção Interna	Com Proteção Externa	Fator	Calor gerado (kcal/h)
	C Norte		240	115	70		-
C Nordeste			240	95	70		-
C Leste			270	130	85		-
C Sudeste		6,52	200	85	70	70	456,40
C Sul			0	0	0		-
C Sudoeste			400	160	115		-
C Oeste			500	220	150		-
C Noroeste			350	150	95		-
2 Janelas: Condução (Deve-se somar todas as áreas de mesmo material)							
		Área (m ²)	Fator				
	Vidro Comum	6,52	50		326,00		
	Tijolo de Vidro	-	25		-		
3 Paredes:							
	paredes externas	Área (m ²)	Construção Leve	Construção Pesada	Fator		
	orientação Sul		13	10		-	
	outra orientação	22,03	20	12	20	440,60	
	paredes internas	Área (m ²)	Fator				
	paredes	46,76	13		607,88		
4 Teto:							
		Área (m ²)	Fator				
	Em laje exposta ao Sol sem isolamento	-	75		-		
	Em laje com 2,5cm de	37,37	30		1.121,10		
	Entre andares		13		-		
	Sob telhado com isolamento		18		-		
	Sob telhado sem isolamento		50		-		
5 Piso (exceto os diretamente sobre o solo)							
		Área (m ²)	Fator				
	Piso	37,37	13		485,81		
6 Número de Pessoas							
		Número	Fator				
	Em atividade normal		150		-		
	Em repouso	10,00	75		750,00		
	Em forte atividade	-	750		-		
7 Outras fontes de Calor							
		Potência (W)	Fator				
	Aparelhos elétricos	580,00	0,86		498,80		
	Forno Elétrico	-	0,86		-		
	Iluminação	Potência (W)	Fator				
	Incandescente	-	1		-		
	Fluorescente	240,00	0,5		120,00		
8 Portas ou vãos continuamente abertos para áreas não condicionadas							
		Área (m ²)	Fator				
	Portas		150		-		
9 Sub - Total						em (kcal/h)	3.685,49
10 Fator Geográfico:						0,95	em (kcal/h) 3.501,22
11 Carga Térmica Total						em (kcal/h)	3.501,22
						em (BTU/h)	13.892,82
						em TR	1,16
						em kW	1,36
12 Número de Equipamentos							
		1,9	7.500 BTU		0,8	18.000 BTU	
		1,4	10.000 BTU		0,5	30.000 BTU	
		1,1	12.500 BTU		0,2	60.000 BTU	