



CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal
de Campina Grande

LUCA ALVES MORAES



Centro de Engenharia
Elétrica e Informática



Departamento de
Engenharia Elétrica

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO
PREFEITURA UNIVERSITÁRIA - UFCG



Campina Grande
2016

LUCA ALVES MORAES

Relatório de Estagio Supervisionado Prefeitura Universitária - UFCG

*Relatório de Estagio Supervisionado submetido
à Unidade Acadêmica 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: Eficiência Energética

Orientador:
Professor Ubirajara Rocha Meira, M. Sc.

Campina Grande, Paraíba
Junho de 2016

LUCA ALVES MORAES

Relatório de Estagio Supervisionado Prefeitura Universitária - UFCG

*Relatório de Estagio Supervisionado submetido à
Unidade Acadêmica 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: Eficiência Energética

Aprovado em / /

Professor Leimar de Oliveira, M. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador, UFCG

Professor Ubirajara Rocha Meira, M. Sc.
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

Dedico este trabalho aos meus pais: Rejane
Maria Alves Reis e Jurandyr Moraes de
Oliveira Junior

AGRADECIMENTOS

Agradeço a essa Instituição, em primeiro lugar, pela minha acolhida e pelas condições oferecidas, que me permitiram concluir este trabalho.

Agradeço também à minha mãe, Rejane Maria Alves Reis e ao meu pai, Jurandyr Moraes de Oliveira Junior por terem se esforçado tanto para me proporcionar uma boa educação, por ter me alimentado com saúde, força e coragem, as quais que foram essenciais para superação de todas as adversidades ao longo desta caminhada.

Agradeço muito aos engenheiros Camila Guedes e Jonas Agápito, por terem me auxiliado tanto no decorrer deste estágio e por terem me ensinado muito da experiência de trabalho que os mesmos possuíam. Obrigado pela paciência.

Agradeço aos mestres dessa jornada, em especial à: Ubirajara Meira, por ter me orientado e aceitado de imediato realizar este trabalho; Leimar Oliveira por ter sido mestre e amigo, sempre disposto a ajudar.

Agradeço também aos funcionários do departamento, Damásio Fernandes, Adail Ferreira e Tchaikowsky Oliveira, que principalmente nesta reta final auxiliaram imensamente em todas as questões burocráticas da faculdade.

Por fim, agradeço a toda minha família e amigos, que com todo carinho e apoio, não mediu esforços para eu chegar a esta etapa da minha vida.

*“A Feira de Caruaru,
Faz gosto a gente vê.
De tudo que há no mundo,
Nela tem pra vendê,
Na feira de Caruaru.”*

Luiz Gonzaga.

RESUMO

Este trabalho consiste no relatório de estágio do estudante de engenharia elétrica Luca Alves Moraes na Prefeitura Universitária da Universidade Federal de Campina Grande. Este foi concebido com o propósito de reduzir gastos da universidade com energia elétrica, verificando ao final a diminuição da energia consumida. Foram utilizados o regulamento técnico do PROCEL EPP, as normas NBR 16401, NBR 6401 e a NBR 15220 como bases para modificação do sistema de ar condicionado na edificação escolhida. A partir do projeto experimental realizado, foi possível a obtenção da nota máxima de classificação segundo o selo PROCEL, como também uma redução de gastos significativa caso as medidas propostas sejam aplicadas.

Palavras-chave: PROCEL EPP, NBR 16401, NBR 6401, NBR 15220, Eficiência Energética, Otimização de Sistemas de Ar Condicionado.

ABSTRACT

This paper consists in the internship report of the electrical engineering student Luca Alves Moraesin the Federal University of Campina Grande Campus Administration. This was idealized aiming to reduce the university expenses with electrical energy, verifying the final consumed energy attenuation. There were used the technical regulation of PROCEL EPP, the normative references NBR 16401, NBR 6401 and NBR 15220 as basis to modify the air conditioning system in the chosen building. From the performed experimental design, it was possible to obtain the maximum score of classification according to the PROCEL seal, as well as a significant reduction of expenses with electric energy if the proposed measures are implemented.

Keywords: PROCEL EPP, NBR 16401, NBR 6401, NBR 15220, Energy Efficiency, Air Conditioning Systems Optimization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Prefeitura Universitária	17
Figura 2.1 – Sistema de ar condicionado padrão	20
Figura 2.2 – Logo PROCEL EPP	26
Figura 2.3 – Modelo ENCE.....	27
Figura 3.1 – Condições do ar exterior	39
Figura 3.2 – Condições internas do recinto	39
Figura 3.3 – Temperatura durante o dia num dia típico de maio	44
Figura A.1 – Configuração das paredes.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Rendimento de motores elétricos.....	23
Tabela 2.2 – Equivalente Numérico da Ventilação Natural	28
Tabela 2.3 – Classificação da Envoltória	29
Tabela 2.4 – Classificação da Iluminação	30
Tabela 2.5 – Classificação Geral da Edificação	32
Tabela 3.1 - Tarifas, economia mensal e economia anual considerando o aumento de 5% ao ano.....	46
Tabela 3.2 - Cálculo do valor presente a uma taxa de atratividade de 7,94% ao ano	47
Tabela A.1 – Radiação solar (W/m ²) latitude 8° Sul	68
Tabela A.2 – Calor liberado por pessoas (kcal/h).....	69
Tabela A.3 - Ar exterior para renovação, parte 1	69
Tabela A.4 – Ar exterior para renovação, parte 2.....	70
Tabela A.5 – Condições internas para conforto.....	70
Tabela A.6 – Dados técnicos – Vidro temperado	71
Tabela A.7 - Índice condicionadores de ar Split piso-teto.....	72
Tabela A.8 – Temperatura diária mês de maio	73
Tabela A.9 - Temperatura diária mês de junho	73
Tabela A.10 - Temperatura diária mês de julho	74
Tabela A.11 - Temperatura diária mês de agosto	74

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

A – Área

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

CAA – Nome referente ao edifício da central de aulas

COND – Classificação parcial do condicionamento de ar

EPP – Eficiência Energética em Prédios Públicos

ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

ENV – Classificação parcial da envoltória

h_{ex} - Entalpia do ar exterior

h_{sala} - Entalpia do ar do recinto

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

ILU – Classificação parcial da iluminação

Kcal – Kilo caloria, Unidade de calor

NBR – Denominação de Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas

η – Rendimento dos Motores

n – Número de lâmpadas

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PU – Prefeitura Universitária

P_L - Potencia das lâmpadas

P – Potencia

Q_m - Calor Emitido pelos Motores

RTQ-C – Regulamento Técnico de Qualidade para o Nível de Eficiência de Edifícios Comerciais

r - Porcentagem de calor dissipado pelos reatores

SHGF – Fator de Ganho de Calor Solar

SC – Coeficiente de Sombreamento

TBU – Temperatura de Bulbo Úmido

TBS – Temperatura de Bulbo Seco

TIR - Taxa Interna de Retorno

UFMG – Universidade Federal de Campina Grande

U – Transmitância Térmica

V – Vazão de ar de renovação

VPL - Valor Presente Líquido

W - Watts

ΔT – Diferença de Temperatura

°C - Temperatura em Graus Celsius

ρ_{ex} - Massa específica do ar exterior

h_{ex} - Entalpia do ar exterior

h_{sala} - Entalpia do ar do recinto

Sumário

1.	Introdução	15
1.1.	Motivações do Estágio	15
1.2.	Objetivos do Estágio	16
1.3.	Prefeitura Universitária	16
2.	Fundamentação Teórica.....	19
2.1	Carga Térmica e Seleção do Ar Condicionado.....	19
2.2	Descrição do PROCEL.....	24
2.3	Processo de Etiquetagem.....	26
3	Atividades Realizadas Durante o Estágio	33
3.1	Estudo do PROCEL	33
3.2	Determinação da carga térmica	34
3.3	Aplicação da Classificação PROCEL	40
3.4	Análise da Viabilidade Econômica	45
4	Conclusão	49
5	Referências	50
	Apêndice A - Cálculo da Transmitância Térmica	52
	Apêndice B - Cálculo da Carga térmica	55
	Apêndice C - Cálculo da Vazão de Ar	66
	Anexo A - Tabelas.....	68

1. Introdução

O estágio supervisionado cujas atividades são descritas neste relatório, teve duração de 200 horas e foi realizado na Prefeitura Universitária (PU) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) junto ao setor de Engenharia, durante o período de 27 de abril de 2016 até 30 de maio de 2016, sob a supervisão dos engenheiros eletricitas Jonas Agápio, Camila Guedes e João Helder.

O estágio supervisionado tem como objetivo o cumprimento das exigências da disciplina integrante da grade curricular, Estágio Curricular, do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande. Essa disciplina é indispensável para a formação profissional, já que consolida os conhecimentos adquiridos durante o curso além de ser obrigatória para a obtenção do diploma de Engenheiro Eletricista.

Nesse estágio foram realizadas atividades referentes à aquisição de dados relacionados ao desempenho energético do prédio CAA, projeto do sistema de ar condicionado de salas de aula, implementação de melhorias baseadas no Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e no manual de Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C)[1], além da avaliação do nível de eficiência atual.

1.1. Motivações do Estágio

Devido à situação energética em que se encontra o país e, conseqüentemente, à implementação de bandeiras tarifárias, o aumento do custo da energia elétrica vem aumentando os gastos necessários para a operação de prédios públicos da UFCG. Visando reduzir esses gastos, a Prefeitura Universitária propôs a análise do desperdício energético nas edificações, com o intuito de torná-las mais eficientes, diminuindo assim o custo de operação das mesmas.

Em paralelo a isso, o PROCEL está lançando uma nova etiqueta, agora relacionada a prédios públicos, para o programa EPP (Eficiência energética nos Prédios Públicos). A ENCE (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia) será uma forma de avaliação dessas edificações, modelo ao qual deve ser almejado o nível A, desta forma fornecendo rumo aos órgãos que desejem tornar suas construções mais eficientes.

O estagio, portanto, tem como objetivo fazer um estudo sobre a climatização utilizada nas salas de aula do bloco CAA e, baseado no PROCEL, implementar medidas para o aumento da eficiência energética e, conseqüentemente, redução de gastos.

1.2. Objetivos do Estagio

O estágio supervisionado na Prefeitura Universitária teve por objetivos principais:

- Estudo da viabilidade da adequação do prédio CAA às normas do PROCEL EPP, programa implementado pela ELETROBRAS;
- Adequação do edifício a soluções informadas no manual supracitado [1];
- Estudo do corte de gastos com energia elétrica em conjunto com a equipe de engenheiros;

1.3. Prefeitura Universitária

A Prefeitura Universitária, antes subprefeitura, passou a ter esse *status* após o desmembramento da UFPB pela Lei 10.419/2002 e criação da UFCG. Ela pertence à estrutura da Reitoria da UFCG e tem suas atribuições definidas pela resolução 06/2005 do Colegiado Pleno do Conselho Universitário [2].

As competências da Prefeitura Universitária estão dispostas no artigo 26 da Resolução 06/2005 do Colegiado Pleno do Conselho Universitário da UFCG e são as seguintes [2]:

- I – colaborar com a Secretaria de Planejamento e Orçamento, no planejamento e desenvolvimento físico dos campi da Universidade;
- II – elaborar estudos e projetos de edificações e infraestruturas nos campi ou fora deles quando do interesse da Universidade;
- III – solicitar a contratação, fiscalizar, executar e controlar obras e serviços de engenharia;
- VI – manter e conservar bens móveis e imóveis da universidade;
- V – gerenciar o setor de transportes;
- VI – planejar, fiscalizar, controlar e operar os serviços públicos de água, energia e comunicações;

- VII – determinar o setor de exercício dos servidores lotados na Secretaria;
- VIII – zelar pela segurança da comunidade acadêmica, no âmbito dos campi, bem como pelo patrimônio da Universidade;
- IX – gerir os créditos provisionados e os recursos repassados, que se destinem à execução de suas atividades.

A missão da Prefeitura Universitária da UFCG é promover ações de melhoria das condições ambientais de infraestrutura do Campus, implementando ações de planejamento, conservação, segurança, logística de transporte e telefonia [2].

Uma fotografia é representada na Figura 1.1:

Figura 1.1 – Prefeitura Universitária



Fonte : disponível em www.ufcg.edu.br, acessado em 05/05/2016

1.4. Estrutura do Trabalho

O Capítulo 1 é introdutório e trata dos objetivos, motivação e contextualiza o ambiente em que o estágio foi desenvolvido. O Capítulo 2 trata da fundamentação teórica, abrangendo conceitos que facilitam a compreensão e realização do que foi proposto no estágio. O Capítulo 3 aborda as atividades realizadas durante o estágio e, no Capítulo 4, é feita a conclusão do trabalho.

2. Fundamentação Teórica

Neste capítulo são apresentados conceitos que auxiliarão a compreensão e execução do que foi proposto no estágio. Serão abordados conceitos sobre carga térmica, descrição do PROCEL e do processo de etiquetagem.

2.1 Carga Térmica e Seleção do Ar Condicionado

A estimativa da carga térmica desenvolvida nesse relatório foi baseada no ASHRAE Fundamental Handbook e na NBR 16401, que fornecem dados necessários para a realização dos cálculos.

Primeiramente, devem ser definidas as características do recinto a ser calculado, que são, em geral, as seguintes:

- Orientação do ambiente (posição geográfica, sombreamento, insolação);
- Tipo de recinto (residencial, escritório, hotel, entre outros);
- Dimensões físicas do ambiente (altura, comprimento e largura);
- Tipo de materiais utilizados (tipos de tijolo, janela, telhado ou laje, entre outros);
- Condições exteriores (tipo de fachada, cores, sombras);
- Equipamentos (quantidade e potência);
- Pessoas (quantidade, sexo);
- Iluminação (tipo e quantidade);
- Portas (localização e quantidade).

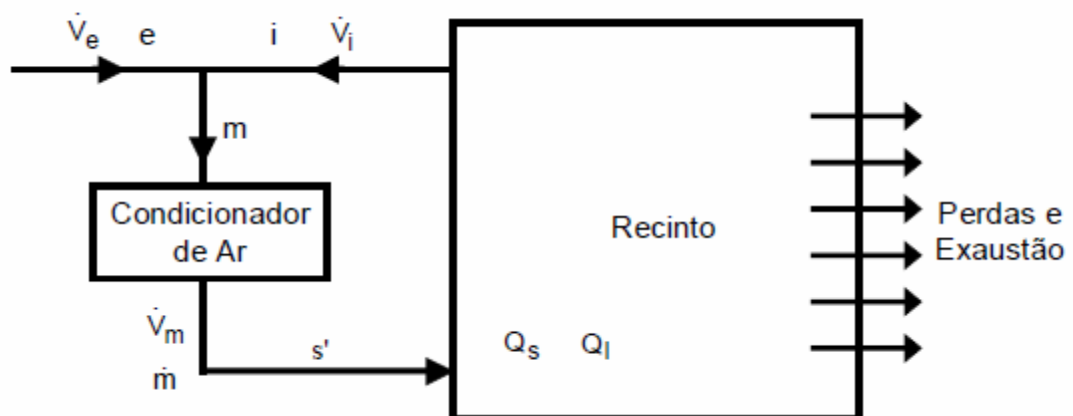
Todos estes aspectos são importantes, pois influenciam diretamente nos fatores da carga térmica do recinto, que são:

- Temperatura de bulbo seco, úmido e umidade relativa;
- Transmissão de calor pela insolação;
- Transmissão de calor na parede externa e telhado;
- Transmissão de calor no vidro, parede e piso internos;

- Iluminação;
- Carga de ocupantes;
- Carga de motores elétricos;
- Equipamentos eletrônicos;
- Calor de ar exterior para renovação.

De acordo com (PIRANI, 2004), de maneira geral, as instalações de ar condicionado podem ser compostas por: equipamento que promove o condicionamento do ar, dutos de insuflamento de ar nos recintos, dutos para retorno do ar dos recintos; dutos de exaustão de ar; e dutos de renovação de ar. Na Figura 2.1 é apresentado o desenho esquemático de uma instalação de ar condicionado.

Figura 2.1 – Sistema de ar condicionado padrão



Fonte - PIRANI, 2004

Para esse relatório, será determinada apenas a carga térmica para que possa ser feita a seleção do número e da potência dos condicionadores de ar que seriam necessários para o sistema de condicionamento de ar ideal.

2.1.1 Conceitos Fundamentais Para o Cálculo da Carga Térmica

- Temperatura de bulbo seco, úmido e umidade relativa :

Após definidas as características do recinto, devem ser definidas as temperaturas de bulbo seco e de bulbo úmido externas e a temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ambiente a ser condicionado. Para as condições externas utiliza-se da norma NBR 16401, que, a partir da região e cidade escolhida definem a TBS e TBU nas condições externas para verão. Já as condições internas para conforto são definidas pela norma Tabela A.5(anexo A) da NBR 6401.

- Transmissão de calor pela insolação:

A insolação para o ambiente se dá através da presença dos vidros das janelas no recinto que permitem a entrada da radiação solar no ambiente, essa insolação é definida como fator de ganho de calor solar e é dada pela sigla (SHGF).

A partir de tabelas que indicam a radiação solar ,é possível dimensionar o valor da insolação.

O valor da insolação através de vidros pode ser calculado a partir da Equação (1):

$$Q_{insolação} = A * SHGF * SC \quad (1)$$

Onde o coeficiente de sombreamento (SC) é um multiplicador que ajusta o valor do ganho solar de um vidro colorido em comparação com um vidro transparente, A representa a área do vidro e SHGF é o fator de ganho de calor solar.

A partir das tabelas, com a latitude, orientação do vidro e mês, é possível encontrar o maior valor para radiação solar. O coeficiente de sombreamento também pode ser encontrado em tabelas fornecidas pelos próprios fabricantes do vidro. Então, com esses dados em mãos é possível calcular a transmissão de calor pela insolação.

- Transmissão de calor na parede externa e telhado:

Para o cálculo da transmissão de calor na parede externa e teto, primeiramente definem-se os coeficientes globais de transferência de calor (U) para ambos que estão associados ao tipo de parede e teto utilizado. Caso não seja fornecido este coeficiente, as tabelas da NBR 15220 fornecem valores de U para alguns tipos de paredes e telhados ou então é possível calcular o coeficiente global de transferência de calor seguindo o

modelo de cálculo apresentado também na NBR 15220. Depois de definido este coeficiente, calcula-se a área da parede externa. Aplicando a Equação (2), determina-se a transferência de calor na parede :

$$Q = A * U * \Delta T \quad (2)$$

Onde ΔT é a diferença de temperatura entre ambientes, A é a área da parede e U a transmitância térmica.

- Transmissão de calor no vidro, parede e piso internos:

A equação utilizada para determinar a troca de calor pela parede interna, vidro interno e piso é a mesma, pois são baseadas no mesmo princípio, da simples transmissão de calor entre o meio externo e a sala, já vista pela Equação (3). Já os coeficientes globais são encontrados a partir dos tipos de paredes, vidros e pisos utilizados no recinto.

- Iluminação:

A iluminação utilizada no recinto pode ser de dois tipos: fluorescente e incandescente. A carga térmica para iluminação por lâmpadas fluorescentes é dada por:

$$Q = n(1 + r)P_L * 0.86 \text{ kcal/h} \quad (3)$$

Já para as lâmpadas incandescentes é dada por:

$$Q = n * P_L * 0.86 \text{ kcal/h} \quad (4)$$

Onde:

n = Número de lâmpadas;

P_L = Potência da lâmpada, em watts;

r = porcentagem de calor dissipado pelos reatores, sendo:

r = 0,250 para reatores eletromagnéticos;

r = 0,075 para reatores eletrônicos.

- Carga de ocupantes:

A carga térmica de ocupantes é dada pela NBR 16401, pelo calor sensível e latente liberado pelas pessoas em um determinado tipo de recinto, para uma determinada temperatura de bulbo seco das condições internas.

- Carga de motores elétricos:

O calor dissipado por motores para o ambiente é função de sua potência e de suas características. Em geral, os motores de potência mais baixa têm menor rendimento. Os motores que operam dentro do espaço climatizado promovem a seguinte carga térmica:

$$Q_m = \frac{P}{n} \quad (5)$$

Mas quando operam dentro do recinto e jogam calor para fora, como elevadores, etc, tem-se:

$$Q_m = \frac{P(1-n)}{n} \quad (6)$$

Onde:

Q_m = Calor emitido pelos motores, em W;

P = Potência dos motores, em W;

n = Rendimento aproximado do motor

Tabela 2.1 – Rendimento de motores elétricos

Potência do motor (W)	η
< 368	0,60
368 a 2208	0,68
2209 a 14720	0,85

Fonte - http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/EngMec_NOTURNO/TM374/Aula%2009%20-%20Carga%20T%20E9rmica%20de%20Climatiza%20E7%20E3o%20-%20Refrigera%20E7%20E3o%20e%20Ar%20condicionado.docx

- Equipamentos eletrônicos:

Segundo (PIRANI, 2004), a potência nominal de todos os equipamentos eletrônicos existentes no ambiente, tais como, máquinas de escrever, equipamentos de

som e vídeo, computadores, impressoras, entre outros, deverá ser considerada como carga térmica sensível para o ambiente. Assim o ganho de calor é dado por:

$$Q_E = \sum P_{Eq} * 0.86 \text{ kcal/h} \quad (7)$$

- Calor do ar exterior para renovação:

Outra carga térmica importante é causada pela vazão de ar exterior para renovação. Segundo (PIRANI, 2004), é possível definir a vazão para cada tipo de ambiente, a partir do número de pessoas que se encontram no recinto. Obtendo a massa específica, entalpia externa e a entalpia interna a partir da utilização do psicrométrico, tem-se a carga térmica devido a vazão de ar exterior para renovação:

$$Q = V * \rho_{ex} * (h_{ex} - h_{sala}) \quad (8)$$

Onde:

V = Vazão de ar de renovação;

ρ_{ex} = Massa específica do ar exterior;

h_{ex} = Entalpia do ar exterior;

h_{sala} = Entalpia do ar do recinto

Com todos os parâmetros da estimativa de carga térmica detalhada e com os dados necessários para a seleção do equipamento de ar condicionado é possível fazer o estudo de caso proposto no estágio.

2.2 Descrição do PROCEL

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) promove a racionalização do consumo de energia elétrica, combater o desperdício e reduzir os custos e os investimentos setoriais, aumentando a eficiência energética. Foi criado em 1985 pelos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio, e é gerido por uma secretaria executiva subordinada à Eletrobrás. O PROCEL conta com diversos subprogramas, todos eles com foco na conservação de energia. Estes subprogramas são:

- PROCEL Avaliação – Programa que verifica os resultados das ações de eficiência energética realizados pelo PROCEL. Engloba o resultado de todas as vertentes mencionadas;
- PROCEL Edifica – Programa que trata da “Eficiência Energética em Edificações” age em parceria com universidades conscientizando e criando propostas para que ocorram melhorias na esfera da construção civil;
- PROCEL Educação – Programa vinculado à disseminação da informação e da formação da cidadania, conscientizando estudantes e o público em geral para os benefícios acerca da conservação de energia;
- PROCEL GEM – Vertente que trata especificamente da “Gestão Energética Municipal”. Atua como colaborador do administrador público municipal, na gestão e no uso eficiente de energia elétrica, nos centros consumidores pertencentes às prefeituras do país. Assim, identifica oportunidades de economia e geração de energia, que reduzam desperdícios, elevando ganhos, obtendo, conseqüentemente, maiores recursos para serem utilizados em setores considerados prioritários para a comunidade;
- PROCEL Indústria - Se trata do programa de eficiência energética em escala industrial;
- PROCEL Info – Centro brasileiro de informação em eficiência energética;
- PROCEL Marketing – Aliado ao PROCEL Educação trabalha com a conscientização e informação dos cidadãos e ainda trata da imagem do programa perante a sociedade;
- PROCEL Reluz – Trata da eficiência energética na iluminação pública. Tem como principal objetivo promover o desenvolvimento de sistemas eficientes de iluminação pública e sinalização de semáforos, bem como a valorização noturna dos espaços urbanos, contribuindo para melhorar as condições de segurança e qualidade de vida nas cidades brasileiras;
- PROCEL Sanear – Esfera relacionada à eficiência energética no saneamento ambiental. Promove ações que visem o uso eficiente de energia elétrica e água em sistemas de saneamento ambiental, incluindo os consumidores, segundo uma visão integrada de utilização desses recursos hídricos, como estratégia de prevenção à escassez de água destinada à geração hidroelétrica;
- PROCEL Selo – Trata da eficiência energética em equipamentos.

- PROCEL EPP – Se trata da “Eficiência Energética nos Prédios Públicos”, onde visa à implementação de medidas de eficiência energética. Para isso os prédios públicos devem promover:
 1. A economia de energia;
 2. A melhoria na qualidade nos sistemas de iluminação, refrigeração e demais sistemas relevantes que visem à redução dos gastos com energia elétrica;
 3. A atualização tecnológica em laboratórios de pesquisa voltados para este seguimento.

O logo do programa é mostrado na Figura 2.2.

Figura 2.2 – Logo PROCEL EPP



Fonte – PROCEL, PROCEL EPP. Disponível em :

<http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMID5C0D828A5E894B4AA0280C96CCED1760PTBRIE.htm> Acessado em 17/05/2016

2.3 Processo de Etiquetagem

Existe um selo atrelado ao desempenho energético que o prédio possui, a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), que é obtida pela avaliação dos requisitos contidos no regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Esta etiqueta pôde ser vista na Figura 2.3. A classificação de edifícios é obtida a através da determinação da eficiência de três sistemas:

Figura 2.3 – Modelo ENCE



Fonte – PROCEL, PROCEL EPP. Disponível em : <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7BF48ABFE1-2335-4951-9FF9-C5E9B27815AC%7D.htm> Acessado em : 17/05/2016

- Envoltória: Está relacionado ao tipo de isolamento da construção;
- Iluminação: Sistema atrelado à forma como a iluminação do edifício é dada;
- Condicionamento de ar: Sistema relacionado ao conforto dos usuários da edificação.

A etiqueta pode ser parcial ou completa, dependendo de quais níveis forem atingidos e também do pedido do órgão que está requisitando a etiqueta. Para que se tenha uma etiqueta parcial, é necessário que a avaliação da envoltória esteja inclusa em todas as três possibilidades: parcial somente com a envoltória, parcial com envoltória e iluminação, e parcial com envoltória e condicionamento de ar. A etiqueta total leva em conta os três sistemas.

2.3.1 Classificação da Envoltória

A envoltória deve atender a pré-requisitos específicos para cada nível de eficiência. Quanto mais elevado o nível pretendido, mais restritivos são os requisitos a serem atendidos.

Os pré-requisitos são:

- O nível da transmitância térmica da cobertura e das paredes exteriores, levando em consideração a zona bioclimática em que a edificação se encontra.
- Cores e absorvância das superfícies.
- Iluminação zenital. Caso o sistema possua iluminação zenital, o mesmo deve ter fator solar adequado a fim de atingir uma boa classificação.

O cálculo da classificação parcial da envoltória é dado seguindo a equação (9):

$$ENV = \left\{ \left(Eq_{NumENV} \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} 5 + \frac{ANC}{AU} Eq_{NumV} \right) \right\}; \quad (9)$$

Onde ENV é a classificação parcial da envoltória, que varia de 1 a 5; Eq_{NumENV} é o equivalente numérico da envoltória que varia entre 1 e 5; AC é a área útil dos ambientes condicionados [m^2]; AU é a área útil total [m^2]; APT é a área útil dos ambientes com permanência transitória [m^2]; ANC é a área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada [m^2]; Eq_{NumV} é o equivalente numérico dos ambientes não condicionados ou ventilados naturalmente, variando entre 1 e 5.

O valor de Eq_{NumV} é função da parcela do tempo comprovada em que um local é ventilado, então fornecendo conforto. Seu valor pode ser encontrado ao analisar-se a Tabela 2.2.

Tabela 1.2 – Equivalente Numérico da Ventilação Natural

Eq_{NumV}	Porcentagem do Tempo Ventilado
5	≥ 80% a 100%
4	≥ 60% a < 80%
3	≥ 40% a < 60%
2	≥ 20% a < 40%
1	< 20%

Fonte – Manual RTQ-C

O valor de Eq_{NumENV} é encontrado a partir da Tabela 2.3, que trata dos pré-requisitos:

Tabela 2.3 – Classificação da Envoltória

Classificação Final	$E_{q_{NumENV}}$	Transmitância Térmica da Cobertura e Paredes Exteriores	Cores e Absortância de Superfícies	Iluminação Zenital
A	5	Presente	Presente	Presente
B	4	Presente	Presente	-
C	3	Presente	-	-
D	2	Presente	-	-
E	1	-	-	-

Fonte – Manual RTQ-C

Tratando-se de “Transmitância Térmica da Cobertura e Paredes Exteriores”, a diferença entre a rigorosidade do nível A para o B em relação à transmitância é que para ambientes condicionados artificialmente a cobertura deve ter transmitância de no máximo $1W/m^2K$ para o nível A e de $1,5W/m^2K$ para o B. Já entre o nível entre o C e o D não existe distinção de ambiente condicionado ou não dentro da zona bioclimática 8, onde as duas transmitâncias máximas correspondem a $2W/m^2K$.

Em termos de “Cores e Absortância de Superfícies” não existem diferenças entre os níveis A e B, apenas se os mesmo preenchem o requisito de que a razão não ultrapasse o nível máximo de 0,4 para as zonas bioclimáticas de 2 a 8.

2.3.2 Classificação da Iluminação

Quanto a classificação do sistema de iluminação, os pré-requisitos a serem atendidos são:

- Divisão dos circuitos de iluminação : Os circuitos de iluminação, caso o ambiente seja muito grande, devem possuir divisão, sendo assim possível iluminar apenas a área desejada.
- Contribuição da luz natural : Luminárias próxima as janelas devem possuir um dispositivo de desligamento independente. Isso torna possível reduzir a necessidade iluminação artificial quando há luz natural suficiente para iluminar o plano de trabalho.
- Desligamento automático do sistema de iluminação.

O cálculo da classificação parcial da iluminação é dado seguindo a equação (10).

$$ILU = (Eq_{NumDPI}) ; \quad (10)$$

Onde ILU é a classificação parcial da iluminação, que varia de 1 a 5; Eq_{NumDPI} é o equivalente numérico do sistema de iluminação, variando entre 1 e 5.

O valor de Eq_{NumDPI} é encontrado a partir de um dos dois métodos a seguir: DPI NumEq

- Método das Áreas: são avaliados de forma conjunta os ambientes do edifício.
- Método das Atividades: as áreas são divididas e então analisadas de forma separada.

Após a execução de um dos métodos verifica-se se o nível encontrado está de acordo com a Tabela 2.4, que trata dos pré-requisitos. Caso o nível resultante do método selecionado seja superior ao da tabela, o mesmo é reduzido ao nível dela.

Tabela 2.4 – Classificação da Iluminação

Classificação Final	Eq_{NumDPI}	Divisão dos Circuitos de Iluminação	Contribuição da Luz Natural	Desligamento Automático do Sistema de Iluminação
A	5	Presente	Presente	Presente
B	4	Presente	Presente	-
C	3	Presente	-	-
D	2	-	-	-
E	1	-	-	-

Fonte – Manual RTQ-C

2.3.3 Classificação do Sistema de Ar Condicionado

Para o sistema de ar condicionado, a determinação do seu nível de eficiência depende do nível de eficiência do equipamento utilizado e também do cumprimento de alguns pré-requisitos. Estes pré-requisitos são:

- Isolamento térmico para os dutos de ar

- Caso haja condicionamento de ar por aquecimento artificial, o mesmo deve atender aos indicadores mínimos de eficiência energética segundo o RTQ-C

Caso estes pré-requisitos não sejam seguidos, o nível de eficiência do sistema de ar condicionado não poderá ser A

O valor do Eq_{NumCA} é encontrado utilizando-se as indicações do INMETRO acerca dos aparelhos utilizados nas salas de aula. É então realizada uma média ponderada das avaliações onde o peso é a potência de cada aparelho em relação à soma do total da sala.

O cálculo da classificação parcial do condicionamento de ar é dado seguindo a Equação (11).

$$COND = \left\{ \left(Eq_{NumCA} \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} 5 + \frac{ANC}{AU} Eq_{NumV} \right) \right\}; \quad (11)$$

Onde $COND$ é a classificação parcial do condicionamento de ar, que varia de 1 a 5; Eq_{NumCA} é o equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar que varia de 1 a 5; AC é a área útil dos sistemas condicionados [m^2]; AU é a área útil total [m^2]; APT é a área útil os ambientes com permanência transitória [m^2]; ANC é a área útil dos ambientes não condicionados ou ventilados naturalmente, variando de 1 a 5.

2.3.4 Classificação Geral

Alguns pré-requisitos são necessários para a obtenção da classificação do nível de eficiência geral da edificação. O não atendimento não impede as classificações parciais, mas impede a obtenção de uma etiqueta completa de nível de eficiência A, B ou C. Ou seja, a classificação final poderá ser alterada e seu nível de eficiência energética reduzido dependendo do pré-requisito que não for atendido, onde poderá obter eficiência D na classificação geral mesmo que as etiquetas parciais indiquem nível de eficiência A. Estes pré-requisitos são associados a separação dos circuitos elétricos por finalidade e ao sistema utilizado para o aquecimento de água, caso este esteja presente na edificação.

De acordo com [2], a Equação utilizada para o cálculo da classificação geral do projeto é:

$$PT = 0,3ENV + 0,3ILU + 0,4COND + b_0^1; \quad (12)$$

Onde PT é a pontuação geral da edificação que varia entre 1 e 5; ENV é a classificação parcial da envoltória, que varia entre 1 e 5; ILU é a classificação parcial da iluminação, que varia entre 1 e 5; $COND$ é a classificação parcial do condicionamento de ar, que varia entre 1 e 5; b_0^1 é o bônus pela implementação de pontos adicionais no projeto, variando entre 0 e 1.

O bônus é alcançado quando se utiliza sistemas ou fontes renováveis de energia, para aquecimento de água utilizada como sendo superior a 70% do total. É alcançado também ao utilizar-se fontes renováveis de energia para geração de energia elétrica a partir de painéis fotovoltaicos ou com a instalação de aerogeradores para captação de energia eólica. Sistemas de cogeração são classificados da mesma forma.

Abaixo na Tabela 2.5, encontra-se a classificação da edificação de acordo com o valor de PT encontrado. A classificação varia de A (para a mais energeticamente eficiente) e E (para uma menos energeticamente eficiente).

Tabela 2.2 – Classificação Geral da Edificação

Classificação Final	PT
A	$\geq 4,5$ a 5
B	$\geq 3,5$ a $< 4,5$
C	$\geq 2,5$ a $< 3,5$
D	$\geq 1,5$ a $< 2,5$
E	$< 1,5$

Fonte – Manual RTQ-C

3 Atividades Realizadas Durante o Estágio

Durante o período de estágio, o estagiário ficou responsável por algumas incumbências, todas girando em torno da tarefa principal, que foi a proposta de adequação do prédio CAA localizado na UFCG. Essas foram:

- Estudo do PROCEL
- Cálculo das cargas térmicas das salas do CAA
- Aplicação do PROCEL
- Análise da econômica das medidas sugeridas
- Proposta PROCEL para projetos futuros

3.1 Estudo do PROCEL

Devido aos elevados custos da energia elétrica no Brasil, a análise de alternativas que evitam o desperdício energético se faz necessária. Desse modo, com o intuito de contribuir para a redução dos gastos públicos com energia, a PU da UFCG iniciou um estudo sobre a viabilidade da aplicação das normas do PROCEL-EPP.

Esse programa fornece guias de conduta que auxiliam na implementação de projetos novos ou modernização de antigos (Retrofit). Um desses guias é o Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética em Edificações Comerciais e de Serviço Público (RTQ-C), que fornece diretrizes para construção de uma edificação energeticamente eficiente e indica os critérios de avaliação para o processo de etiquetagem. Toda a etapa de avaliação empregada nesse trabalho foi fundamentada no RTQ-C, pois este será o mesmo método exercido no momento da aquisição da etiqueta.

3.2 Determinação da carga térmica

Como foi mencionado anteriormente na fundamentação teórica, é preciso que sejam definidas as características do ambiente que será analisado. Serão definidas, portanto, as características gerais da edificação e, posteriormente, serão calculadas as cargas térmicas das salas presentes na edificação.

A edificação em questão se trata de uma central de aulas (CAA). Esta central possui, no total, 24 salas de aulas distribuídas ao longo dos seus três andares e térreo. A descrição detalhada de cada uma dessas salas de aula pode ser encontrada no apêndice B, junto com o cálculo da carga térmica das mesmas. A central está localizada na cidade de Campina Grande (Latitude 07° 13' 50" Sul – 551m acima do nível do mar) cujas condições externas para projeto são TBS=32°C e TBU=25°C. Como condições ideais das salas, temos TBS=24°C e umidade relativa do ar de 50%, segundo a NBR 16401.

A partir de estudos realizados, chegou-se a conclusão que o horário base para determinação da radiação global será 15:00 horas, uma vez que, ao se calcular a carga térmica para todas as horas do dia, das 8:00 às 18:00 horas, foi observado que o maior valor da carga térmica acontece as 15:00 horas. Vale salientar também que, os valores utilizados para radiação solar são aproximados pois, Campina Grande se encontra na latitude 07° 13' 50" Sul e, dentre as tabelas disponíveis, foi utilizada como base para cálculos a tabela que expõe os valores da radiação para a latitude 8° Sul (anexo A).

Outra observação que pode ser feita quanto ao cálculo da carga térmica é que, se um ambiente é construído diretamente sobre o piso, podemos desconsiderar a troca de calor por transmissão entre o piso e o ambiente. Se um ambiente climatizado está localizado ao lado de outro ambiente climatizado, desconsidera-se as trocas de calor por transmissão entre estas duas superfícies.

O cálculo da carga térmica da sala 101 descrito abaixo será exibido na sua totalidade para servir de exemplo ilustrativo do modo como é feito o cálculo da carga térmica detalhada. Para as demais salas, as suas respectivas descrições e carga térmica se encontram no apêndice B, e o cálculo das suas cargas térmicas foi feito com o auxílio de uma planilha de cálculo de carga criada no Microsoft Excel.

Configuração Sala 101 :

- Parede Norte : Parede externa

Janelas : 3 janelas 2.85m*1.4m e 1 Janela 4.3m*1.4m - Vidro temperado 8mm fumê

Área parede : $18.4*3.6= 66.24\text{m}^2$

Área janelas : $3*2.85*1.4 + 4.3*1.4 = 17.99\text{m}^2$

Área efetiva da parede : $66.24-17.99= 48.25\text{m}^2$

- Parede Sul : Parede para ambiente não refrigerado

Janelas : 1 Janela 4.3m*0.7m e 2 Janelas 3.3m*0.7m - Vidro temperado 8mm fumê

Área parede : $18.4*3.6= 66.24\text{m}^2$

Área janelas : $4.3*0.7 + 2*3.3*0.7 = 7.63\text{m}^2$

Área efetiva da parede : $66.24-7.63= 58.61\text{m}^2$

- Parede Leste : Parede para ambiente refrigerado

Área parede: $9.8*3.6 = 35.28\text{m}^2$

- Parede Oeste : Parede externa

Área parede: $9.8*3.6 = 35.28\text{m}^2$

- Piso – Ambiente construído diretamente sobre o piso

Área do piso : 171.95m^2

- Teto – Teto para ambiente refrigerado

Área do teto : 171.95m^2

- Iluminação :

32 luminárias 2x40W

- Equipamentos :

Computador pessoal – 200W

Retroprojeter – 200W

- Numero de pessoas : 100

Carga térmica sala 101

- Insolação através de vidros

As janelas que se encontram expostas estão localizadas na parede norte da sala e possuem um coeficiente de sombreamento $SC = 0.55$ (Anexo A - Tabela 13 – grey

tinted). A partir da Tabela 8 (Anexo A) o valor da radiação solar utilizado para cálculo é $SHGF = 454 \text{ W/m}^2$. Assim, a carga térmica devido a insolação é dada por :

$$Q_1 = A * SC * SHGF = 17.99 * 0.55 * 454 = 4494.1 \text{ W/h} \equiv 3864.9 \text{ kcal/h} \quad (13)$$

- Transmissão de calor através de vidros

Considerando que as janelas são feitas de vidro temperado ($U = 5.4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$) e que, as janelas na parede norte, de área $A_{JN} = 17.99 \text{ m}^2$, estão em contato com o ambiente exterior (diferença de temperatura dada por : $T_e - T_i = 32 - 24 = 8^\circ \text{C}$) e as janelas na parede sul, de área $A_{JS} = 7.63 \text{ m}^2$, estão em contato com o ambiente interno da central de aulas ($T_e - T_i = 27 - 24 = 3^\circ \text{C}$), a transmissão de calor por essas janelas é dada por :

$$Q_2 = A_{JN} * U * (T_e - T_i) = 17.99 * 5.4 * 8 = 777.168 \text{ W/h} \equiv 668.36 \text{ kcal/h} \quad (14)$$

$$Q_3 = A_{JS} * U * (T_e - T_i) = 7.63 * 5.4 * 3 = 126.6 \text{ W/h} \equiv 106,3 \text{ kcal/h} \quad (15)$$

- Transmissão de calor através de paredes, piso e teto

Para efetuar os cálculos para as paredes, piso e teto, deve-se se considerar a disposição dos mesmos. As paredes norte e oeste estão em contato com o ambiente externo, a parede sul está em contato com o hall (ambiente interno não refrigerado), e a parede leste está em contato com ambiente refrigerado da sala adjacente. Como o ambiente é construído diretamente sobre o piso e, o teto e a parede leste estão em contato com o ambiente climatizado das salas do primeiro andar, os mesmos serão desconsiderados no cálculo da carga térmica. Quanto a transmitância térmica da parede, o calcula da mesma se encontra no Apêndice A. Tem-se, então:

Paredes norte e oeste: $U = 2.472 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, $A_{PN} = 48.25 \text{ m}^2$, $A_{PO} = 35.28 \text{ m}^2$, onde A_{PN} é a área da parede norte e A_{PO} a área da parede oeste.

$$Q_4 = A_{PN} * U * (T_e - T_i) = 48.25 * 2.472 * 8 = 954.19 \text{ W/h} \equiv 820.6 \text{ kcal/h} \quad (16)$$

$$Q_5 = A_{PO} * U * (T_e - T_i) = 35.28 * 2.472 * 8 = 697.69 \text{ W/h} \equiv 600.01 \text{ kcal/h} \quad (17)$$

Parede sul : $U = 2.472 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, $A_{PS} = 58.61 \text{ m}^2$, onde A_{PS} é a área da parede sul.

$$Q_6 = A_{PS} * U * (T_e - T_i) = 58.61 * 2.472 * 3 = 434.65W/h \equiv 373.8 kcal/h \quad (18)$$

- Iluminação

Para o cálculo da carga térmica gerada pela iluminação, temos:

$$Q_7 = n(1 + r)P \quad (19)$$

Onde:

n = numero de lâmpadas = $2 * 32 = 64$

r = porcentagem de calor dissipado pelos reatores, sendo:

$r = 0.250$ para reatores eletromagnéticos

$r = 0.075$ para reatores eletrônicos

P = Potencia da lâmpada em watts

$$Q_7 = 64 * (1 + 0.075) * 40 = 2752 W/h \equiv 2366.7 kcal/h$$

- Carga térmica devido a quantidade de pessoas

A partir da Tabela 9 do anexo A, para um ambiente de universidade, é possível determinar os valores do calor latente e sensível para cada pessoa para uma TBS=24°C nas condições internas do recinto.

$$\text{Calor sensível : } Q_S = n * S \quad (19)$$

Onde n é o numero de pessoas e S o calor sensível liberado por cada pessoa.

$$\text{Calor latente : } Q_L = n * L \quad (20)$$

Onde L é o calor latente liberado por cada pessoa.

$$Q_S = 100 * 71 = 7100 W/h \equiv 6106 kcal/h$$

$$Q_L = 100 * 60 = 6000 W/h \equiv 5160 kcal/h$$

- Carga térmica devido a equipamentos elétricos

Cada sala possui um computador pessoal e um retroprojektor. A carga térmica devido aos equipamentos é dada pela potencia nominal de cada equipamento. Temos então:

Projektor – 200 W

Computador – 200 W

$$Q_8 = 400W \equiv 344kcal/h$$

- Carga térmica associada à vazão de ar exterior para renovação

É necessário levar em consideração, no calculo da carga térmica, a parcela gerada pela renovação do ar interior. A partir dos dados nas Tabelas A.3 e A.4 (Anexo A) e da Equação (21), calcula-se a vazão de ar a ser suprida.

$$V_{renovação} = P_z * F_p + A_z * F_a \quad (21)$$

Onde:

P_z = Numero máximo de pessoas na zona de ventilação

F_p = Vazão por pessoa

A_z = Área útil ocupada pelas pessoas

F_a = Vazão por área útil ocupada

$$V_{renovação} = 100 * 7.5 + 171.95 * 0.9 = 3257.118m^3/h$$

Foi utilizado o software Grapsi para se extrair do psicrométrico as condições externas (TBS=32°C e TBU=25°C) e internas (TBS=24°C e umidade relativa de 50%).

Estas condições são apresentadas nas figuras 3.1 e 3.2 abaixo:

Figura 3.1 – Condições do ar exterior

GRAPSI 5.1

Altitude (m)
551

Pressão atmosférica (kPa)
95,100

Gráfico

Tbs (°C) 32

Tbu (°C) 25

UR (%)

Tpo (°C)

Processos

Aquecimento ou resfriamento

Umidificação adiabática (dado umidade relativa final)

Umidificação adiabática (dado razão de mistura final)

Mistura de dois fluxos de ar

Temperatura bulbo seco - ponto 1 (°C)

Temperatura bulbo seco - ponto 2 (°C)

Umidade relativa - ponto 1 (%)

Umidade relativa - ponto 2 (%)

Razão de mistura - ponto 1 (g / kg)

Razão de mistura - ponto 2 (g / kg)

Fluxo de ar - ponto 1 (m³/h)

Fluxo de ar - ponto 2 (m³/h)

Psicrômetro **Calcular**

Ponto de Estado - Conhecidos Tbs e Tbu

Temperatura de bulbo seco(oC) 32,0

Temperatura de bulbo úmido(oC) 25,0

Temperatura do ponto de orvalho(oC) 22,6

Umidade relativa(%)..... 57,62

Razão de mistura (g/kg) 18,46

Grau de saturação 0,56

Pressão de vapor(kPa)..... 2,74

Pressão de vapor de saturação(kPa) 4,76

Pressão atmosférica(kPa) 95,100

Entalpia(kJ/kg) 79,41

Volume específico(m³/kg) 0,948

Limpar **Gravar** **Imprimir**

Sair **Sobre**

Fonte - <http://www.centreinar.org.br/software.php>

Figura 3.2 – Condições internas do recinto

GRAPSI 5.1

Altitude (m)
551

Pressão atmosférica (kPa)
95,100

Gráfico

Tbs (°C) 24

Tbu (°C)

UR (%) 50

Tpo (°C)

Processos

Aquecimento ou resfriamento

Umidificação adiabática (dado umidade relativa final)

Umidificação adiabática (dado razão de mistura final)

Mistura de dois fluxos de ar

Temperatura bulbo seco - ponto 1 (°C)

Temperatura bulbo seco - ponto 2 (°C)

Umidade relativa - ponto 1 (%)

Umidade relativa - ponto 2 (%)

Razão de mistura - ponto 1 (g / kg)

Razão de mistura - ponto 2 (g / kg)

Fluxo de ar - ponto 1 (m³/h)

Fluxo de ar - ponto 2 (m³/h)

Psicrômetro **Calcular**

Ponto de Estado - Conhecidos Tbs e UR

Temperatura de bulbo seco(oC) 24,0

Temperatura de bulbo úmido(oC) 16,8

Temperatura do ponto de orvalho(oC) 12,9

Umidade relativa(%)..... 50,00

Razão de mistura (g/kg) 9,92

Grau de saturação 0,49

Pressão de vapor(kPa)..... 1,49

Pressão de vapor de saturação(kPa) 2,98

Pressão atmosférica(kPa) 95,100

Entalpia(kJ/kg) 49,37

Volume específico(m³/kg) 0,911

Limpar **Gravar** **Imprimir**

Sair **Sobre**

Fonte - <http://www.centreinar.org.br/software.php>

Temos então que:

$$h_e = 79.41 * 0.23885 = 18.967 \text{ kcal/h} \quad (22)$$

$$h_i = 49.37 * 0.23885 = 11.792 \text{ kcal/h} \quad (23)$$

$$\rho_e = \frac{1}{0.948} = 1.0548 \text{ kg/m}^3 \quad (24)$$

Portanto:

$$Q_{renovação} = V_{renovação} * \rho_e * (h_e - h_i) \quad (25)$$

$$= 3527.118 * 1.0548 * (18.967 - 11.792)$$

$$Q_{renovação} = 24650.48 \text{ kcal/h}$$

- Carga térmica total no recinto

A carga térmica total no recinto é dada pela soma de todas as parcelas. Temos então :

$$Q_{Total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_S + Q_L + Q_{renovação} \quad (26)$$

$$Q_{Total} = 3864.9 + 668.36 + 373.8 + 820.6 + 600.01 + 106.3 + 2366.7 + 6106 + 5160 + 344 + 24650.48$$

$$Q_{Total} = 45061.15 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{Total} = 45061.15 * 3.968 = 178802.67 \text{ Btu/h}$$

3.3 Aplicação da Classificação PROCEL

Sabendo que o RTQ-C [2] fornece uma classificação de edifícios através da determinação da eficiência de três sistemas:

- Envoltória;
- Iluminação;
- Condicionamento de ar.

o prédio CAA, teve seus sistemas estudados para uma avaliação.

Através do zoneamento bioclimático brasileiro [8], pode-se constatar que Campina Grande encontra-se na zona bioclimática 8, em posse dessa informação e sabendo dos materiais utilizados para construção do prédio CAA, foi entendido que a etiqueta da envoltória seria nível A. Existem melhorias para envoltória, como uma dupla camada de tijolos com revestimento térmico, mas teria um alto custo e não alteraria o nível da etiqueta.

Quanto à iluminação, as salas do bloco CAA não satisfazem as condições de iluminação natural e desligamento automático do sistema de iluminação. As salas além de possuírem circuitos separados para a iluminação eram menores do que 250 m², o que concede uma classificação de nível C para a iluminação.

Para o sistema de condicionamento de ar viu-se que os aparelhos nas salas de aula possuem nível D em eficiência energética, relatado pelo INMETRO. Temos então um sistema de ar condicionado com uma classificação de nível D.

Como o foco do estagio é a otimização do sistema de ar condicionado visando a adequação do mesmo as normas do PROCEL, foram avaliadas possíveis opções de mudanças a serem realizadas no sistema de ar condicionado que possibilitassem a evolução do nível de etiquetagem do mesmo, como também a redução do consumo energético.

Segundo o RTQ-C, os sistemas de condicionamento de ar devem proporcionar adequada qualidade de ar interno, conforme norma NBR 16401. A carga térmica do sistema, por sua vez, deve ser calculada de acordo com normas e manuais da engenharia com aceitação nacional e internacional.

O cálculo da carga térmica realizado no tópico anterior é referente ao sistema de condicionamento de ar ideal para um ambiente. Entretanto, após uma verificação da situação real da central de aulas (CAA), foi constatado que nenhuma das salas de aula possui a quantidade ideal de condicionadores de ar para suprir a carga térmica estimada (sistema de ar condicionado subdimensionado). Além disso, outro fato que pode ser observado é que os condicionadores de ar presentes são de baixa eficiência energética, o que ocasiona um maior consumo de energia elétrica.

A partir da carga térmica calculada visando o conforto térmico do ambiente e considerando que os condicionadores de ar que serão usados são de 60.000 Btu, seriam necessários 3 ar condicionados em cada uma das salas do térreo e primeiro andar, e 2 ar condicionados em cada sala do segundo e terceiro andar. Entretanto, são utilizados

apenas 2 Ar condicionados em cada uma das salas do térreo e primeiro andar, e 1 ar condicionado em cada sala do segundo e terceiro andar.

Para se realizar mudanças no sistema de condicionamento de ar que o tornariam ideal para o ambiente em estudo, seria necessária uma reforma completa no bloco, uma vez que seriam um condicionador de ar em todas as salas do CAA. Devido ao fato de que, para se implementar essas mudanças, seria necessária a paralização do CAA, junto aos altos gastos para reforma, a implementação de um sistema ideal se torna inviável.

Para que seja possível melhorar o sistema de condicionamento de ar atual, sem a necessidade de mudanças drásticas na estrutura do CAA, uma opção seria a substituição dos condicionadores de ar atuais por outros que possuem uma maior eficiência energética. Tal medida traria uma evolução no nível de etiquetagem, como também uma redução no consumo de energia, uma vez que o sistema de condicionamento de ar atual é responsável por uma grande parcela do consumo energético da edificação em questão.

Levando em consideração a possível implementação da segunda opção de mudanças, se faz necessária uma análise econômica da sua viabilidade, levando em consideração os gastos para aquisição de novas unidades de ar condicionado e a consequente economia de energia propiciada pelo uso dessas novas unidades, de alta eficiência energética, no lugar das unidades de ar condicionado atuais.

Na Tabela A.7 (anexo A) podem ser encontrados os modelos de ar condicionados disponíveis que foram aprovados pelo INMETRO e possuem o selo PROCEL de eficiência energética. O modelo que se encontra em uso nas salas do CAA é o KOP60QC G2 UE380 da KOMECO que possui classificação nível D. Utilizando os dados de consumo de energia disponíveis na Tabela A.7, admitindo que os ar condicionados permanecem ligados durante 8 horas por dia, 22 dias por mês e a tarifa 0.24599 R\$/kWh em horário normal (8 as 17) e 0.96672 R\$/kWh em horário de ponta(17 as 18), pode ser calculado o consumo devido a utilização dos 32 ar condicionados presentes na edificação.

Consumo por unidade: $C = 103,325 * 7 * 0,24599 + 103,325 * 0,96672 = 277,8R\$$

Consumo total mensal: $C_T = 277.8 * 32 = 8889,6 R\$$

Considerando que, caso houvesse uma troca, o novo modelo a ser utilizado seria o 2MCX0560C10ROAL da TRANE, que possui classificação nível A, o novo consumo mensal seria:

$$\text{Consumo por unidade: } C = 74,21 * 7 * 0,24599 + 74,21 * 0,96672 = 199,52 \text{ R\$}$$

$$\text{Consumo total mensal: } C_T = 199,52 * 32 = 6384,8 \text{ R\$}$$

Pode-se ver então que, caso haja a substituição das unidades de ar condicionado, haveria uma redução no consumo total mensal de, aproximadamente, 2504.8 R\$ e, ao se utilizar os novos condicionadores de ar, uma nova etiquetagem do sistema de condicionamento de ar resultaria em nível A, caso haja isolamento térmico para os dutos de ar, ou nível B caso o isolamento térmico não esteja presente.

Outra possível medida a ser tomada visando a redução no consumo de energia elétrica é a utilização de janelas para suprir a demanda de ar exterior para renovação. Tal medida seria utilizada apenas nos meses de maio, junho e julho, durante os horários de 8 às 10 horas e 16 às 18 horas. A justificativa por trás dessa medida se deve ao fato de que, durante esses três meses, nos horários mencionados, a temperatura exterior se encontra abaixo da temperatura interna desejada.

A partir de dados meteorológicos disponíveis, chegou-se a conclusão de que aplicação de tal medida deve se limitar apenas as salas que possuem paredes expostas ao ambiente externo na orientação sul, pois os ventos sopram na direção sudeste (SE).

Seguindo o manual da ASHRAE para calcular o fluxo de vento através das janelas, temos as seguintes equações:

$$Q = C_v * A * V \quad (13)$$

$$Q = \frac{q}{c_p * \rho * (t_i - t_e)} \quad (14)$$

Q = Fluxo de ar devido ao vento, m³/h;

q = Calor a ser removido, W/

c_p = Calor específico do ar, 1007 J/kg*K;

$t_i - t_e$ = Diferença de temperatura, K;

ρ = Densidade do ar, aproximadamente 1.2;

C_v = Efetividade da abertura (0,5 a 0,6 para ventos perpendiculares e 0,25 a 0,35 para ventos diagonais);

A = Área da abertura de entrada, m²;

V = Velocidade do vento, m/s.

Os cálculos feitos se encontram no Apêndice C, e neles as áreas necessárias das janelas de acordo com a temperatura do ar exterior. Caso a temperatura exterior seja inferior a, aproximadamente, 24°C, a ventilação por meio de janelas pode ser realizada em todas as salas que possuem parede exterior voltada para o sul. Vale salientar que as janelas podem ser apenas parcialmente abertas. Se as janelas das salas de aula pudessem ser completamente abertas, o valor limite da temperatura exterior aumentaria, permitindo que a ventilação por meio de janelas fosse feita para temperaturas exteriores de até 25°C.

Figura 3.3 – Temperatura durante o dia num dia típico de maio



Fonte – <http://www.accuweather.com/pt/br/campina-grande/34634/weather-forecast/34634>

Como pode ser visto na Figura 3.3, um dia típico em Campina Grande, durante o mês de maio as temperaturas as 10 e às 16 horas não ultrapassam 26°C e, as 8, 9, 17 e 18 horas são inferiores a esse valor. É, portanto, justificável a utilização de ventilação natural durante os horários mencionados. A utilização dos condicionadores de ar seria

iniciada antes das 10 horas e seria encerrada após as 16 horas para os dias mais quentes ou, após as 10 e antes das 16 horas para dias mais frios.

No anexo A se encontram as temperaturas máximas e mínimas diárias dos meses de maio, junho, julho e agosto. Como pode ser observado, maio é o mês mais quente dentre os mencionados então, conseqüentemente, a utilização de ventilação natural também é justificada para os meses de junho, julho e agosto.

A economia ideal obtida com o uso da ventilação natural será obtida quando os condicionadores de ar permanecerem desligados durante os períodos de 8 as 10 e 16 as 18. A economia obtida depende do modelo do equipamento utilizado, como pode ser visto abaixo.

KOP60QC G2 UE380 da KOMECO:

Economia por unidade:

$$C = 103,325 * 3 * 0,24599 + 103,325 * 0,96672 = R\$ 176.13$$

$$\text{Economia total mensal: } C_T = 16 * 176.13 = R\$ 2818.19$$

2MCX0560C10ROAL da TRANE:

$$\text{Economia por unidade: } C = 74.21 * 3 * 0.24599 + 74.21 * 0.96672 = R\$ 126.52$$

$$\text{Economia total mensal: } C_T = 126.52 * 16 = R\$ 2024.08$$

3.4 Análise da Viabilidade Econômica

A fim de verificar a viabilidade econômica da troca do modelo de ar condicionado utilizado, foi consultado o preço do modelo 2MCX0560C10ROAL da TRANE.

De acordo com o orçamento realizado pela TRANE, a custo dos equipamentos para a instalação de uma unidade mini Split piso teto de 60000 Btu é R\$ 8464(anexo A), totalizando R\$270848 para 32 unidades. Sabendo que a taxa média de contrato é de 0,2316 R\$/kWh em horário fora de ponta para consumidor do tipo A4 classe serviço público da Energisa Paraíba, obtida no site da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), e considerando ainda um aumento anual na taxa de energia elétrica de 5% ao ano até o fim do projeto que tem previsão de duração de 25 anos, é possível se fazer a

análise do investimento através dos métodos financeiros do VPL, TIR e Payback. Para tal análise, foi utilizado o software Excel.

Os ganhos mensais com o projeto são calculados na Tabela 3.1, conforme a tarifa anteriormente citada, considerando o aumento anual na taxa de energia de 5% ao ano até o fim do projeto e uma economia de 7453.44 kWh mensais.

Tabela 3.1 - Tarifas, economia mensal e economia anual considerando o aumento de 5% ao ano na tarifa.

t	Ano	Tarifa (R\$/kWh)	Valor Economizado Mensal	Valor Economizado Anualmente
				-270848
1	2017	0,231610947	1726,298299	20715,57959
2	2018	0,243191495	1812,613214	21751,35857
3	2019	0,255351069	1903,243875	22838,92649
4	2020	0,268118623	1998,406068	23980,87282
5	2021	0,281524554	2098,326372	25179,91646
6	2022	0,295600782	2203,24269	26438,91228
7	2023	0,310380821	2313,404825	27760,8579
8	2024	0,325899862	2429,075066	29148,90079
9	2025	0,342194855	2550,528819	30606,34583
10	2026	0,359304598	2678,05526	32136,66312
11	2027	0,377269828	2811,958023	33743,49628
12	2028	0,396133319	2952,555924	35430,67109
13	2029	0,415939985	3100,183721	37202,20465
14	2030	0,436736984	3255,192907	39062,31488
15	2031	0,458573833	3417,952552	41015,43062
16	2032	0,481502525	3588,85018	43066,20216
17	2033	0,505577651	3768,292689	45219,51226
18	2034	0,530856534	3956,707323	47480,48788
19	2035	0,55739936	4154,542689	49854,51227
20	2036	0,585269328	4362,269824	52347,23788
21	2037	0,614532795	4580,383315	54964,59978
22	2038	0,645259435	4809,402481	57712,82977
23	2039	0,677522406	5049,872605	60598,47126
24	2040	0,711398527	5302,366235	63628,39482
25	2041	0,746968453	5567,484547	66809,81456
			Total	988694,514

Fonte – Própria do Autor

Para o estudo de viabilidade do sistema de ar condicionado será considerado como custo de oportunidade de capital o rendimento anual da poupança de 2015 que foi de 7,9448%. Esse meio de comparação foi utilizado por se tratar de um fundo de fácil acesso e com baixo rendimento. Sendo assim se o projeto não for viável em comparação com este tipo de investimento, dificilmente será viável em comparação com outros investimentos.

Considerando o método de análise VPL, para que o investimento seja viável financeiramente é necessário que os ganhos econômicos recebidos em todo o período de validade do projeto deslocados para o seu início por uma taxa de 7,9448% e somados, seja maior que o investimento total do projeto deslocado para o mesmo período de

tempo. Caso isso não ocorra o projeto não será viável. Fazendo os deslocamentos de todos os retornos anuais para a data inicial do investimento obtemos a Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Cálculo do valor presente a uma taxa de atratividade de 7,94% ao ano

Valor do dinheiro no presente em 2016
-270.848
19190,90089
18667,36141
18158,1044
17662,74023
17180,8899
16712,18475
16256,26615
15812,78529
15381,40286
14961,78881
14553,62208
14156,59039
13770,38997
13394,72533
13029,30905
12673,86155
12328,11088
11991,79249
11664,64907
11346,43033
11036,89279
10735,79962
10442,92046
10158,03122
9880,913927
351148,4639

Fonte – Própria do Autor

O cálculo do VPL será feito no cenário de investimento de acordo com o valor de orçamento obtido que foi de R\$ 270848.

$$VPL = -270848,00 + 351148,4639 = 80300,46$$

Percebe-se que o VPL é positivo, tornando assim o projeto viável economicamente. Pela análise da taxa interna de retorno o valor calculado é aproximadamente 11%, que por ser maior do que 7,94% indica que o projeto é economicamente viável. Já pela análise do payback, o retorno para o projeto com investimento inicial de R\$ 270848 seria de aproximadamente 10 anos e 4 meses.

4 Conclusão

A partir do projeto experimental, pode-se observar que a economia de recursos é factível, além de necessária para o reinvestimento na obra e realização de futuras modificações. O projeto experimental, caso aplicado, possibilita a obtenção da nota máxima para a classificação parcial do sistema de ar condicionado.

Portanto, com os estudos apresentados, verificou-se a viabilidade financeira e energética em tornar-se mais eficiente o prédio público em questão. Visto que somente a otimização do sistema de ar condicionado foi realizada, a contenção de gastos seria maior caso o sistema de iluminação também fosse otimizado seguindo as medidas sugeridas pelo PROCEL, o que poderá ser viável em estudos futuros.

Considerando que seja realizada a troca de modelos de ar condicionado no bloco CAA, é possível economizar 7453.44 kWh, o que resultaria numa economia de R\$ 2504,00 mensais para a instituição.

O estudo econômico realizado evidencia a viabilidade da implementação da mudança sugerida foi justificada, dado o fato de que o investimento inicial se paga em aproximadamente 10 anos e 4 meses.

Segundo cálculos experimentais conclui-se que a utilização da ventilação natural durante certa época do ano também se provou efetiva. Vale salientar que para a implementação de tal medida, seria necessário um investimento inicial, pois durante a época do ano em que será utilizada a ventilação natural, ocorre o período de chuvas em Campina Grande. Faz-se necessário, portanto, uma pequena reforma nas salas de aulas, para proteger o ambiente de possíveis chuvas que atrapalhariam a continuidade das aulas. Devido ao baixo custo para a realização da reforma em comparação com a redução de gastos proporcionada, essa medida também é justificada economicamente.

Em se tratando do estágio, este foi importante para a formação acadêmica do estagiário, pois contribuiu substancialmente para o desenvolvimento do caráter prático do aluno, que por meio da realização de atividades e do acompanhamento de uma excelente equipe de engenharia pôde se envolver em uma área dinâmica do curso, além de auxiliar no desenvolvimento da universidade em que estudou.

5 Referências

- [1] Manual para aplicação do RTQ-C. Disponível em: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manual-rtqc_V4.pdf Acesso em 01/04/2015;
- [2] Prefeitura Universitária – UFCG. Disponível em: <http://www.prefeitura.ufcg.edu.br/index.php/sobre> Acesso em 16/04/2015;
- [3] PIRANI, MARCELO JOSÉ. Apostila de Refrigeração e Ar Condicionado. 2004.
- [4] STOECKER, W. F., E JONES, J. W., “Refrigeração e Ar Condicionado”, Editora Mcgraw-Hill do Brasil, 1985.
- [5] CARVALHO, Leonardo. Estudo Comparativo Entre Carga Térmica Detalhada e Simplificada para Climatização Ambiental. Trabalho de Conclusão de Curso, UFBA, 2009.
- [6] ABNT NBR 15220:2005. Desempenho térmico de edificações.
- [7] ABNT NBR 16401:2008 , Instalações de ar-condicionado - Sistemas centrais e unitários.
- [8] ABNT NBR 6401 Instalações centrais de ar-condicionado para conforto - Parâmetros básicos de projeto
- [9] PROCEL, Apresentação do programa. Disponível em: https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj6veve7MXJAhUKDJAKHRUvAP4QFggdMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.cdes.gov.br%2Fdocumento%2F1340428%2Fprocel-programa-nacional-de-conservacao-de-energia-eletrica-.html&usq=AFQjCNFIgB_e_RYFnXNeBrxSiHr3D6VLxw Acesso em: 20/04/2015;

[10] ASHRAE Fundamentals Handbook – 1997

[11] Anexo da portaria INMETRO N° 50/2013, Anexo Geral V
<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtosPBE/regulamentos/AnexoV.pdf>

APÊNDICE A - CÁLCULO DA TRANSMITÂNCIA TÉRMICA

Dados para o cálculo da transmitância térmica

Material :

Janelas : Vidro temperado 8mm

Telhado : Laje pré-fabricada, câmara de ar e telha de fibrocimento

Paredes : Argamassa 0.025m + Tijolos cerâmicos 9x19x24 + Argamassa 0.025m +
Revestimento Cerâmico 0.0075m

Piso : 0.08m concreto + argamassa 0.025m + granilite polido 0.01m

Cálculo da resistência térmica e transmitância térmica :

Dados :

$$\rho_{cerâmica} = 1600 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{argamassa} = 2000 \text{ kg/m}^3$$

$$\lambda_{cerâmica} = 0.90 \text{ W/(m.K)}$$

$$\lambda_{argamassa} = 1.15 \text{ W/(m.K)}$$

$$c_{cerâmica} = 0.92 \text{ kJ/(kg.K)}$$

$$c_{argamassa} = 1 \text{ kJ/(kg.K)}$$

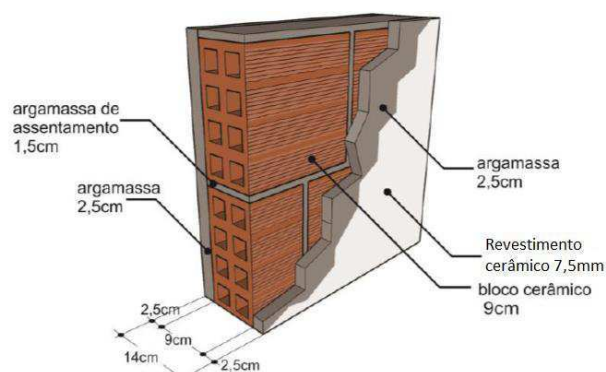
$$\rho_{concreto} = 2400 \text{ kg/m}^3$$

$$\lambda_{concreto} = 1.75 \text{ W/(m.K)}$$

$$c_{concreto} = 1 \text{ kJ/(kg.K)}$$

PAREDES

Figura A.1 – Configuração das paredes



Fonte – Anexo da portaria INMETRO N° 50/2013, Anexo Geral V

Composição : Argamassa, tijolo cerâmico e revestimento cerâmico.

Observação : A camada de tinta não será utilizada no calculo da transmitância por possuir uma espessura muito pequena.

Resistencia Térmica da parede :

Seção A (argamassa+ argamassa de assentamento+ argamassa+ revestimento cerâmico)

$$A_a = 0.015*0.24 + 0.015*0.205 = 0.006675 \text{ m}^2$$

$$R_a = \frac{\epsilon_{Argamassa}}{\lambda_{Argamassa}} + \frac{\epsilon_{Argamassa}}{\lambda_{Argamassa}} + \frac{\epsilon_{Argamassa}}{\lambda_{Argamassa}} + \frac{\epsilon_{Cerâmica}}{\lambda_{Cerâmica}}$$

$$R_a = \frac{0.025}{1.15} + \frac{0.09}{1.15} + \frac{0.025}{1.15} + \frac{0.0075}{0.9}$$

$$R_a = 0.1300 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

Seção B (argamassa+ tijolo+ argamassa+ revestimento cerâmico)

$$A_b = 0.01*0.24 = 0.0024 \text{ m}^2$$

$$R_b = \frac{\epsilon_{Argamassa}}{\lambda_{Argamassa}} + \frac{\epsilon_{Cerâmica}}{\lambda_{Cerâmica}} + \frac{\epsilon_{Argamassa}}{\lambda_{Argamassa}} + \frac{\epsilon_{Cerâmica}}{\lambda_{Cerâmica}}$$

$$R_b = \frac{0.025}{1.15} + \frac{0.09}{0.9} + \frac{0.025}{1.15} + \frac{0.0075}{0.9}$$

$$R_b = 0.1518 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

Seção C (argamassa+ tijolo+ câmara de ar+ tijolo+ câmara de ar+ tijolo + argamassa+ revestimento cerâmico)

$$A_c = 0.038*0.24 = 0.00912 \text{ m}^2$$

$$R_c = \frac{\epsilon_{Argamassa}}{\lambda_{Argamassa}} + \frac{\epsilon_{Cerâmica}}{\lambda_{Cerâmica}} + R_{Ar} + \frac{\epsilon_{Cerâmica}}{\lambda_{Cerâmica}} + R_{Ar} + \frac{\epsilon_{Cerâmica}}{\lambda_{Cerâmica}} + \frac{\epsilon_{Argamassa}}{\lambda_{Argamassa}}$$

$$+ \frac{\epsilon_{Cerâmica}}{\lambda_{Cerâmica}}$$

$$R_c = \frac{0.025}{1.15} + \frac{0.0066}{0.9} + R_{Ar} + \frac{0.0066}{0.9} + R_{Ar} + \frac{0.0066}{0.9} + \frac{0.025}{1.15} + \frac{0.0075}{0.9}$$

$$R_c = 0.3938 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

A resistência térmica da parede é dada pela expressão:

$$R_t = \frac{A_a + 5A_b + 4A_c}{\frac{A_a}{R_a} + \frac{5A_b}{R_b} + \frac{4A_c}{R_c}}$$

$$R_t = \frac{0.006675+5*0.0024+4*0.00912}{\frac{0.006675}{0.13} + \frac{5*0.0024}{0.1518} + \frac{4*0.00912}{0.3938}} = \frac{0.052275}{0.2230} = 0.2344 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

Resistencia térmica total

$$R_T = R_{sl} + R_t + R_{se} = 0.13 + 0.2344 + 0.04 = 0.4044 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$$

Transmitância térmica

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{0.4044} = 2.472 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$$

TELHADO

Composição : Laje pré-fabricada ,câmara de ar e telha de fibrocimento

Transmitância térmica :

$$U = 1.79 \text{ W/m}^2\text{K}$$

PISO

Composição : Concreto, argamassa, granilite polido

JANELAS

Composição : Vidro temperado fumê 8mm

Coefficiente de sombreamento :

$$SC = 0.55$$

Transmitância térmica :

$$U = 5.4 \text{ W/m}^2\text{K}$$

APÊNDICE B - CÁLCULO DA CARGA TÉRMICA

Sala 102 :

- Parede Norte : Parede para ambiente não refrigerado

Janelas : 1 Janela 4.3m*0.7m e 2 Janelas 3.3m*0.7m - Vidro temperado 8mm fumê

Área parede : $18.4*3.6 = 66.24\text{m}^2$

Área janelas : $4.3*0.7 + 2*3.3*0.7 = 7.63\text{m}^2$

Área efetiva da parede : $66.24-7.63 = 58.61\text{m}^2$

- Parede Sul : Parede externa

Janelas : 3 janelas 2.85m*1.4m e 1 Janela 4.3m*1.4m - Vidro temperado 8mm fumê

Área parede : $18.4*3.6 = 66.24\text{m}^2$

Área janelas : $3*2.85*1.4 + 4.3*1.4 = 17.99\text{m}^2$

Área efetiva da parede : $66.24-17.99 = 48.25\text{m}^2$

SHGF = 331 W/m^2

- Parede Leste : Parede para ambiente refrigerado

Área parede: $9.8*3.6 = 35.28\text{m}^2$

- Parede Oeste : Parede externa

Área parede: $9.8*3.6 = 35.28\text{m}^2$

- Piso – Ambiente construído diretamente sobre o piso

Área do piso : 171.95m^2

- Teto – Teto para ambiente refrigerado

Área do teto : 171.95m^2

- Iluminação :

32 luminárias 2x40W

- Equipamentos :

Computador pessoal – 200 W

Retroprojeter – 200 W

- Número de pessoas : 100

$$Q_{Total} = 174643.8 \text{ Btu/h}$$

Sala 103

- Parede Norte : Parede externa

Janelas : 3 janelas 2.85m*1.4m e 1 Janela 4.3m*1.4m - Vidro temperado 8mm fumê

Área parede : $18.4*3.6= 66.24\text{m}^2$

Área janelas : $3*2.85*1.4 + 4.3*1.4 = 17.99\text{m}^2$

Área efetiva da parede : $66.24-17.99= 48.25\text{m}^2$

SHGF = 454 W/m^2

- Parede Sul : Parede para nao ambiente refrigerado

Janelas : 2 Janelas 3.3m*0.7m - Vidro temperado 8mm fumê

Área parede : $18.4*3.6= 66.24\text{m}^2$

Área janelas : $2*3.3*0.7 = 4.62\text{m}^2$

Área efetiva da parede : $66.24 - 4.62= 61.62\text{m}^2$

- Parede Leste : Parede externa

Área parede: $9.8*3.6 = 35.28\text{m}^2$

- Parede Oeste : Parede para ambiente refrigerado

Área parede: $9.8*3.6 = 35.28\text{m}^2$

- Piso – Ambiente construído diretamente sobre o piso

Área do piso : 171.95m^2

- Teto – Teto para ambiente refrigerado

Área do teto : 171.95m^2

- Iluminação :

32 luminárias 2x40W

- Equipamentos :

Computador pessoal – 200 W

Retroprojeter – 200 W

- Número de pessoas : 100

$$Q_{Total} = 178706.4 \text{ Btu/h}$$

Sala 104 :

- Parede Norte : Parede interna para ambiente não refrigerado

Janelas : 2 Janelas 3.3m*0.7m - Vidro temperado 8mm fumê

Área parede : $18.4*3.6= 66.24\text{m}^2$

Área janelas : $2*3.3*0.7 = 4.62\text{m}^2$

Área efetiva da parede : $66.24 - 4.62= 61.62\text{m}^2$

- Parede Sul : Parede externa

Janelas : 3 janelas 2.85m*1.4m e 1 Janela 4.3m*1.4m - Vidro temperado 8mm fumê

Área parede : $18.4*3.6= 66.24\text{m}^2$

Área janelas : $3*2.85*1.4 + 4.3*1.4 = 17.99\text{m}^2$

Área efetiva da parede : $66.24-17.99= 48.25\text{m}^2$

SHGF = 331 W/m^2

- Parede Leste : Parede externa

Área parede: $9.8*3.6 = 35.28\text{m}^2$

- Parede Oeste : Parede interna para ambiente refrigerado

Área parede: $9.8*3.6 = 35.28\text{m}^2$

- Piso – Ambiente construído diretamente sobre o piso

Área do piso : 171.95m^2

- Teto – Teto interno para ambiente refrigerado

Área do teto : 171.95m^2

- Iluminação :

32 luminárias 2x40W

- Equipamentos :

Computador pessoal – 200 W

Retroprojektor – 200 W

- Número de pessoas : 100

$$Q_{Total} = 174553.6 \text{ Btu/h}$$

PRIMEIRO ANDAR

Exceto pelo piso que agora é faz a divisão entre dois ambientes refrigerados, as configurações das salas do primeiro andar são idênticas as salas do térreo.

Sala 201

$$Q_{Total} = 178802.6 \text{ Btu/h}$$

Sala 202

$$Q_{Total} = 174643.8 \text{ Btu/h}$$

Sala 203

$$Q_{Total} = 178706.4 \text{ Btu/h}$$

Sala 204

$$Q_{Total} = 174553.6 \text{ Btu/h}$$

SEGUNDO ANDAR

Sala 301 :

- Parede Norte : Parede externa

Janelas : 2 janelas 2.85m*1.4m - Vidro temperado 8mm fumê

Área parede : $9.2*3.6= 33.12\text{m}^2$ Área janelas : $2*2.85*1.4 = 7.98\text{m}^2$ Área efetiva da parede : $33.12 - 7.98 = 25.14\text{m}^2$ SHGF = 454 W/m^2

- Parede Sul : Parede para ambiente não refrigerado

Janelas : 1 Janelas 3.3m*0.7m - Vidro temperado 8mm fumê

Área parede : $9.2*3.6= 33.12\text{m}^2$ Área janelas : $3.3*0.7 = 2.31\text{m}^2$ Área efetiva da parede : $33.12 - 2.31 = 30.81\text{m}^2$

- Parede Leste : Parede para ambiente refrigerado

Área parede: $9.8*3.6 = 35.28\text{m}^2$

- Parede Oeste : Parede externa

Área parede: $9.8*3.6 = 35.28\text{m}^2$

- Piso – Para ambiente refrigerado

Área do piso : 84.11m^2

- Teto – Teto para ambiente refrigerado

Área do teto : 84.11m^2

- Iluminação :

19 luminárias 2x40W

- Equipamentos :

Computador pessoal – 200W

Retroprojektor – 200W

- Número de pessoas : 70

$$Q_{Total} = 96653.9 \text{ Btu/h}$$

Sala 302 :

- Parede Norte : Parede interna para ambiente não refrigerado

Janelas : 1 Janelas 4.3m*0.7m - Vidro temperado 8mm fumê

Área parede : $9.2*3.6= 33.12\text{m}^2$

Área janelas : $4.3*0.7= 3.01\text{m}^2$

Área efetiva da parede : $33.12 - 3.01 = 30.11\text{m}^2$

- Parede Sul : Parede externa

Janelas : 2 janelas 2.85m*1.4m - Vidro temperado 8mm fumê

Área parede : $9.2*3.6= 33.12\text{m}^2$

Área janelas : $2*2.85*1.4 = 7.98\text{m}^2$

Área efetiva da parede : $33.12 - 7.98 = 25.14\text{m}^2$

SHGF = 331 W/m^2

- Parede Leste : Parede interna para ambiente refrigerado

Área parede: $9.8*3.6 = 35.28\text{m}^2$

- Parede Oeste : Parede externa

Área parede: $9.8*3.6 = 35.28\text{m}^2$

- Piso – Para ambiente refrigerado

Área do piso : 84.11m^2

- Teto – Teto para ambiente refrigerado

Área do teto : 84.11m^2

- Iluminação :

19 luminárias 2x40W

- Equipamentos :

Computador pessoal – 200 W

Retroprojektor – 200 W

- Número de pessoas : 70

$$Q_{Total} = 94832.5 \text{ Btu/h}$$

Sala 303 :

- Parede Norte : Parede externa

Janelas : 1 Janelas 2.85m*1.4m e 1 Janela 4.3m*1.4m - Vidro temperado 8mm fumê

Área parede : $9.2*3.6= 33.12\text{m}^2$

Área janelas : $2.85*1.4 + 4.3*1.4 = 10.01 \text{ m}^2$

Área efetiva da parede : $33.12 - 10.01 = 23.11\text{m}^2$

SHGF = 454 W/m^2

- Parede Sul : Parede interna para ambiente não refrigerado

Janelas : 1 Janelas 4.3m*0.7m - Vidro temperado 8mm fumê

Área parede : $9.2*3.6= 33.12\text{m}^2$

Área janelas : $4.3*0.7= 3.01\text{m}^2$

Área efetiva da parede : $33.12 - 3.01 = 30.11\text{m}^2$

- Parede Leste : Parede interna para ambiente refrigerado

Área parede: $9.8*3.6 = 35.28\text{m}^2$

- Parede Oeste : Parede interna para ambiente refrigerado

Área parede: $9.8*3.6 = 35.28\text{m}^2$

- Piso – Para ambiente refrigerado

Área do piso : 84.11m^2

- Teto – Teto para ambiente refrigerado

Área do teto : 84.11m^2

- Iluminação :

19 luminárias 2x40W

- Equipamentos :

Computador pessoal – 200 W

Retroprojeter – 200W

- Número de pessoas : 70

$$Q_{Total} = 98566.7 \text{ Btu/h}$$

Sala 304 :

- Parede Norte : Parede interna para ambiente não refrigerado

Janelas : 1 Janelas 4.3m*0.7m - Vidro temperado 8mm fumê

Área parede : $9.2*3.6= 33.12\text{m}^2$

Área janelas : $4.3*0.7= 3.01\text{m}^2$

Área efetiva da parede : $33.12 - 3.01 = 30.11\text{m}^2$

- Parede Sul : Parede externa

Janelas : 1 Janelas 2.85m*1.4m e 1 Janela 4.3m*1.4m - Vidro temperado 8mm fumê

Área parede : $9.2*3.6= 33.12\text{m}^2$

Área janelas : $2.85*1.4 + 4.3*1.4 = 10.01 \text{ m}^2$

Área efetiva da parede : $33.12 - 10.01 = 23.11\text{m}^2$

SHGF = 331 W/m^2

- Parede Leste : Parede interna para ambiente refrigerado

Área parede: $9.8*3.6 = 35.28\text{m}^2$

- Parede Oeste : Parede interna para ambiente refrigerado

Área parede: $9.8*3.6 = 35.28\text{m}^2$

- Piso – Para ambiente refrigerado

Área do piso : 84.11m^2

- Teto – Teto para ambiente refrigerado

Área do teto : 84.11m^2

- Iluminação :

19 luminárias 2x40W

- Equipamentos :

Computador pessoal – 200 W

Retroprojeter – 200 W

- Número de pessoas : 70

$$Q_{Total} = 96256.9 \text{ Btu/h}$$

Sala 305 :

- Idêntica a sala 303

$$Q_{Total} = 98566.7 \text{ Btu/h}$$

Sala 306 :

- Idêntica a sala 304

$$Q_{Total} = 96256.9 \text{ Btu/h}$$

Sala 307

- Parede Norte : Parede externa

Janelas : 2 janelas 2.85m*1.4m - Vidro temperado 8mm fumê

Área parede : 9.2*3.6= 33.12m²

Área janelas : 2*2.85*1.4 = 7.98 m²

Área efetiva da parede : 33.12 – 7.98 = 25.14m²

SHGF = 454 W/m²

- Parede Sul : Parede interna para ambiente não refrigerado

Área efetiva da parede : 9.2*3.6 = 33.12m²

- Parede Leste : Parede externa

Área parede: 9.8*3.6 = 35.28m²

- Parede Oeste : Parede interna para ambiente refrigerado

Área parede: 9.8*3.6 = 35.28m²

- Piso – Para ambiente refrigerado

Área do piso : 84.11m²

- Teto – Teto para ambiente refrigerado

Área do teto : 84.11m²

- Iluminação :

19 luminárias 2x40W

- Equipamentos :

Computador pessoal – 200 W

Retroprojektor – 200 W

- Número de pessoas : 70

$$Q_{Total} = 96584.4 \text{ Btu/h}$$

Sala 308

- Parede Norte : Parede interna para ambiente não refrigerado

Área efetiva da parede : $9.2 \times 3.6 = 33.12 \text{m}^2$

- Parede Sul : Parede externa

Janelas : 2 janelas $2.85 \text{m} \times 1.4 \text{m}$ - Vidro temperado 8mm fumê

Área parede : $9.2 \times 3.6 = 33.12 \text{m}^2$

Área janelas : $2 \times 2.85 \times 1.4 = 7.98 \text{m}^2$

Área efetiva da parede : $33.12 - 7.98 = 25.14 \text{m}^2$

SHGF = 331 W/m^2

- Parede Leste : Parede externa

Área parede: $9.8 \times 3.6 = 35.28 \text{m}^2$

- Parede Oeste : Parede interna para ambiente refrigerado

Área parede: $9.8 \times 3.6 = 35.28 \text{m}^2$

- Piso – Para ambiente refrigerado

Área do piso : 84.11m^2

- Teto – Teto para ambiente refrigerado

Área do teto : 84.11m^2

- Iluminação :

19 luminárias $2 \times 40 \text{W}$

- Equipamentos :

Computador pessoal – 200 W

Retroprojeter – 200 W

- Número de pessoas : 70

$$Q_{Total} = 94742.3 \text{ Btu/h}$$

TERCEIRO ANDAR

Exceto o teto, que agora é um teto externo, as configurações das salas do terceiro andar são idênticas as das salas do segundo andar.

Sala 401

$$Q_{Total} = 100764 \text{ Btu/h}$$

Sala 402

$$Q_{Total} = 98942.65 \text{ Btu/h}$$

Sala 403

$$Q_{Total} = 102676.85 \text{ Btu/h}$$

Sala 404

$$Q_{Total} = 100367.05 \text{ Btu/h}$$

Sala 405

$$Q_{Total} = 102676.85 \text{ Btu/h}$$

Sala 406

$$Q_{Total} = 100367.05 \text{ Btu/h}$$

Sala 407

$$Q_{Total} = 100694.55 \text{ Btu/h}$$

Sala 408

$$Q_{Total} = 98852.45 \text{ Btu/h}$$

APÊNDICE C - CALCULO DA VAZÃO DE AR

Para realizar o calculo da área necessária para utilizar as janelas das salas do CAA para a ventilação de ar exterior, será considerado que as salas maiores possuem uma carga térmica de, aproximadamente, 23300 W e, as salas menores 14900 W. Quanto as constantes, a velocidade média dos ventos é $V = 4.16$ m/s, efetividade da abertura $C_v=0.3$, calor especifico do ar $c_p= 1007$ J/kg*K e densidade do ar $\rho = 1.2$. Também será adotado o valor máximo da temperatura interna determinado pela NBR 6401, TBS = 26°C.

- $t_i - t_e = 1$

Sala Grande:

$$Q = \frac{23330}{1007 * 1.2 * 1} = 19.3 \text{ m}^3/h$$

$$A = \frac{19.28}{4.16 * 0.3} = 15.45 \text{ m}^2$$

Sala Pequena:

$$Q = \frac{14900}{1007 * 1.2 * 1} = 12.33 \text{ m}^3/h$$

$$A = \frac{12.33}{4.16 * 0.3} = 9.88 \text{ m}^2$$

- $t_i - t_e = 2$

Sala Grande:

$$Q = 9.65 \text{ m}^3/h$$

$$A = 7.73 \text{ m}^2$$

Sala Pequena:

$$Q = 6.615 \text{ m}^3/h$$

$$A = 4.94 \text{ m}^2$$

- $t_i - t_e = 3$

Sala Grande:

$$Q = 6.43 \text{ m}^3/h$$

$$A = 5.15 \text{ m}^2$$

Sala Pequena:

$$Q = 4.11 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A = 3.29 \text{ m}^2$$

- $t_i - t_e = 4$

Sala Grande:

$$Q = 4.85 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A = 3.86 \text{ m}^2$$

Sala Pequena:

$$Q = 3.08 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A = 2.47 \text{ m}^2$$

- $t_i - t_e = 5$

Sala Grande:

$$Q = 3.86 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A = 3.09 \text{ m}^2$$

Sala Pequena:

$$Q = 2.46 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$A = 1.97 \text{ m}^2$$

ANEXO A - TABELAS

Tabela A.1 – Radiação solar (W/m²) latitude 8° Sul

	06h	07h	08h	09h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	
S	59	220	301	331	336	332	327	332	336	331	301	220	59	22 de dezembro
SE	124	492	661	665	571	420	251	89	63	58	48	33	10	
L	121	495	663	645	509	302	68	68	63	58	48	33	10	
NE	53	228	304	279	185	68	68	68	63	58	48	33	10	
N	10	33	48	58	63	68	68	68	63	58	48	33	10	
NO	10	33	48	58	63	68	68	68	185	279	304	228	53	
O	10	33	48	58	63	68	68	302	509	645	663	495	121	
SO	10	33	48	58	63	89	251	420	571	665	661	492	124	
H	30	214	484	730	930	1062	1103	1062	930	730	484	214	30	
S	0	30	48	55	63	68	65	68	63	55	48	30	0	22 de março 22 de setembro
SE	16	342	473	439	322	154	65	68	63	55	48	30	0	
L	22	490	705	689	547	326	65	68	63	55	48	30	0	
NE	16	368	552	567	488	347	164	68	63	55	48	30	0	
N	0	49	104	146	181	204	205	204	488	146	104	49	0	
NO	0	30	48	55	63	68	164	347	488	567	552	368	16	
O	0	30	48	55	63	68	65	326	547	689	705	490	22	
SO	0	30	48	55	63	68	65	154	322	439	473	342	16	
H	0	185	466	739	954	1091	1129	1091	954	739	466	185	0	
S	-	23	43	50	58	60	63	60	58	50	43	23	-	21 de junho
SE	-	130	201	143	58	60	63	60	58	50	43	23	-	
L	-	316	573	586	477	285	63	60	58	50	43	23	-	
NE	-	329	634	714	682	568	421	250	89	50	43	23	-	
N	-	163	349	454	521	553	569	553	521	454	349	163	-	
NO	-	23	43	50	89	250	421	568	682	714	634	329	-	
O	-	23	43	50	58	60	63	285	477	586	573	316	-	
SO	-	23	43	50	58	60	63	60	58	143	201	130	-	
H	-	105	351	587	773	904	946	904	773	587	351	105	-	

Fonte - Gonçalves

Tabela A.2 – Calor liberado por pessoas (kcal/h)

Local	Metabolismo homem adulto	Metabolismo médio ^(A)	TBS									
			28		27		26		24		21	
			S	L	S	L	S	L	S	L	S	L
Teatro, escola primária	98	88	44	44	49	39	53	35	58	30	65	23
Escola secundária	113	100	45	55	48	52	54	46	60	40	68	32
Esqr., hotéis, apartamentos, Univ.	120	113	45	68	50	63	54	59	61	52	71	42
Supermercados varejistas, lojas	139											
Farmácias, drogarias	139	126	45	81	50	76	55	71	64	62	73	53
Bancos	139											
Restaurante ^(B)	126	139	48	91	55	84	61	78	71	68	81	58
Fábrica, trabalho leve	202	189	48	141	55	134	62	127	74	115	92	97
Salão de baile	227	214	55	159	62	152	69	145	82	132	101	113
Fábrica, trabalho moderadamente pesado	252	252	68	184	76	176	83	169	96	156	116	136
Boliche, fábricas, ginásios ^(C)	378	365	113	252	117	248	122	243	132	233	152	213

S = sensível

L = latente

Fonte – ASHRAE Handbook of fundamentals 1997, Capítulo 25

Tabela A.3 - Ar exterior para renovação, parte 1

Local	D pessoas/ 100 m ²	Nível 1		Nível 2		Nível 3		Exaustão mecânica L/s* m ² ¹
		F _p L/s* pess.	F _a L/s* m ²	F _p L/s* pess.	F _a L/s* m ²	F _p L/s* pess.	F _a L/s* m ²	
Edifícios públicos								
Aeroporto – saguão ^c	15	3,8	0,3	5,3	0,4	5,7	0,5	--
Aeroporto – sala de embarque ^e	100	3,8	0,3	5,3	0,4	5,7	0,5	--
Biblioteca	10	2,5	0,6	3,5	0,8	3,8	0,9	--
Museu, galeria de arte ^d	40	3,8	0,3	5,3	0,4	5,7	0,5	--
Local de culto	120	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Legislativo – plenário	50	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Teatro, cinema, auditório – lobby	150	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Teatro, cinema, auditório e platéia	150	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Teatro, cinema, auditório – palco	70	5	0,3	6,3	0,4	7,5	0,5	--
Tribunal – sala de audiências	70	2,5	0,3	3,5	0,4	3,8	0,5	--
Esportes								
Boliche – área do público	40	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--
Ginásio coberto (área do público)	150	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Ginásio coberto (quadra)	--	--	0,3	--	0,4	--	0,5	--
Piscina coberta ^a	--	--	2,4	--	3,0	--	3,6	2,5
"Fitness center" – aeróbica	40	10	0,3	12,5	0,4	15,0	0,5	--
"Fitness center" – aparelhos	10	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--
Estabelecimentos de ensino								
Sala de aula	35	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--
Laboratório de informática	25	5	0,6	6,3	0,8	7,5	0,9	--
Laboratório de ciências	25	5	0,9	6,3	1,1	7,5	1,4	5,0
Hotéis								
Apartamento de hóspedes	--	5,5	--	6,9	--	10,3	--	--
Banheiro privativo	--	--	--	--	--	--	--	2,5 unid.
Lobby, sala de estar	30	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Sala de convenções	120	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Dormitório coletivo	20	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Restaurantes, bares, diversão								
Restaurante – salão de refeições	70	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	--
Bar, salão de coquetel	100	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	--
Cafeteria, lanchonete, refeitório	100	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	--
Salão de jogos	120	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	--
Discoteca, danceteria	100	10,0	0,3	12,5	0,4	15,0	0,5	--
Jogos eletrônicos	20	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	--

Fonte – NBR 16401 parte 3

Tabela A.4 – Ar exterior para renovação, parte 2

Local	D pessoas/ 100 m ²	Nível 1		Nível 2		Nível 3		Exaustão mecânica L/s* m ² ^a
		F _p L/s* <i>pers.</i>	F _s L/s*m ²	F _p L/s* <i>pers.</i>	F _s L/s*m ²	F _p L/s* <i>pers.</i>	F _s L/s*m ²	
Comércio varejista								
Supermercado de alto padrão	8	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Supermercado de padrão médio	10	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Supermercado popular	12	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Mall de centros comerciais	40	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Lojas (exceto abaixo)	15	3,8	0,6	4,8	0,8	5,7	0,9	--
Salão de beleza e/ou barbearia ^b	25	10	0,6	12,5	0,8	15,0	0,9	--
Animais de estimação ^b	10	3,8	0,9	4,8	1,1	5,7	1,4	4,5
Lavanderia "self-service"	20	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Edifícios de escritórios								
Hall do edifício, recepção	10	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritórios de diretoria	6	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritório com baixa densidade	11	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritório com média densidade	14	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Escritório com alta densidade	20	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Sala de reunião	50	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
CPD (exceto impressoras)	4	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
Sala impressoras, copiadoras	--	--	--	--	--	--	--	2,5
Sala digitação	60	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--
"Call center"	60	3,8	0,6	4,8	0,8	5,7	0,9	--
Bancos								
Bancos (área do público)	41	3,8	0,3	4,8	0,4	5,7	0,5	--
Caixa forte	5	2,5	0,3	3,1	0,4	3,8	0,5	--

Fonte – NBR 16401 parte 3

Tabela A.5 – Condições internas para conforto

Finalidade	Local	Recomendável		Máxima	
		(A) TBS (°C)	(B) UR (%)	(A) TBS (°C)	(B) UR (%)
Conforto	Residências Hotéis Escritórios Escolas	23 a 25	40 a 60	26,5	65
Lojas de curto tempo de ocupação	Bancos Barbearias Cabeleireiros Lojas Magazines Supermercados	24 a 26	40 a 60	27	65
Ambientes com grandes cargas de calor latente e/ou sensível	Teatros Auditórios Templos Cinemas Bares Lanchonetes Restaurantes Bibliotecas Estúdios de TV	24 a 26	40 a 65	27	65
Locais de reuniões com movimento	Boates Salões de baile	24 a 26	40 a 65	27	65
Ambientes de Arte	Depósitos de livros, manuscritos, obras raras	21 a 23 ^(a)	40 a 50 ^(a)	-	-
	Museus e galerias de arte	21 a 23 ^(a)	50 a 55 ^(a)	-	-
Acesso	Halls de elevadores	-	-	28	70

Fonte – NBR 6401

Tabela A.6 – Dados técnicos – Vidro temperado

TECHNICAL DATA – PREL-POINT TEMPERED GLASS											
Type of Glass	Nominal Thickness		Visible Light		Total Solar Energy		UV Rays	U Value ³		Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) ⁴	Shading Coefficient (SC) ⁵
	inch	mm	Transmission ¹ %	Reflection ² %	Transmission ¹ %	Reflection ² %	Transmission ¹ %	Summer	Winter		
Clear	3/8	10	86	8	70	7	54	.91	1.00	.77	.89
	1/2	12	84	8	64	6	48	.89	.99	.73	.84
	5/8	15	82	8	59	6	44	.88	.97	.70	.81
	3/4	19	81	7	55	6	41	.86	.95	.67	.78
Ultra-Clear	3/8	10	90	8	87	8	80	.90	1.00	.89	1.01
	1/2	12	90	8	86	8	79	.89	.99	.88	1.01
Grey Tinted	3/8	10	28	5	26	5	11	.91	1.00	.47	.55
	1/2	12	19	4	17	4	7	.89	.99	.42	.49
Bronze Tinted	3/8	10	39	5	34	5	13	.91	1.00	.53	.61
	1/2	12	29	5	25	5	8	.89	.99	.47	.55
Blue-Green Tinted	3/8	10	66	6	36	5	21	.91	1.00	.54	.63
Arctic Blue Tinted	3/8	10	40	5	21	5	13	.91	1.00	.44	.52

Fonte - <http://www.prelco.ca/old/pdf/production/prel-point-en.pdf>

Tabela A.7 - Índice condicionadores de ar Split piso-teto



INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA
PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM

INMETRO

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - CONDICIONADORES DE AR SPLIT PISO-TETO COM ROTAÇÃO FIXA MONOFÁSICOS

Data atualização: 13/05/2016




(*) A capacidade de refrigeração expressa em kW é calculada por esta tabela de acordo com a informação na ENCE.

(**) Consumo de Energia com base nos resultados do ciclo normalizado pelo INMETRO, de 1 hora por dia por mês.

Para consultar os modelos contemplados com o Selo Procel de Economia de Energia, acesse a página eletrônica do PROCEL: www.elektrobras.com/procel.

FORNECEDOR	MARCA	MODELO		TIPO	TENSÃO V	CAPACIDADE DE REFRIGERAÇÃO NOMINAL			POTÊNCIA ELÉTRICA CONSUMIDA		EFICIÊNCIA ENERGÉTICA W/W	FAIXA DE CLASSIFICAÇÃO	CONSUMO DE ENERGIA (**) kWh/mês	REGISTRO INMETRO	DATA DE CONCESSÃO	DATA DE CANCELAMENTO
		UNIDADE INTERNA	UNIDADE EXTERNA			Btu/h	W	kW (*)	W	W						
REFRIGERAÇÃO JR LTDA	ECOFRIO	RP801	RP800	FRIO	220	80.000	17.580	17,58	5.591	3,06	B	117,4	005002/2015	25/8/2015		
ELGIN	ELGIN	PHFI-60000-2	PHFE-60000-3	FRIO	220	60.000	17.580	17,58	6.234	2,82	C	130,9	001969/2012	4/9/2012		
ELGIN	ELGIN	PHFI-60000-2	PHFE-60000-4	FRIO	380	60.000	17.580	17,58	6.242	2,82	C	131,1	001969/2012	4/9/2012		
ELGIN	ELGIN	PHFI-60000-2	PHFEV-60000-3	FRIO	220	60.000	17.580	17,58	6.300	2,79	D	132,3	001969/2012	4/9/2012		
ELGIN	ELGIN	PHFI-60000-2	PHFEV-60000-4	FRIO	380	60.000	17.580	17,58	5.910	2,97	C	124,1	001969/2012	4/9/2012		
ELGIN	ELGIN	PHQI-60.000-2	PHQE-60.000-3	REVERSO	220	60.000	17.580	17,58	5.900	2,98	C	123,9	001969/2012	4/9/2012		
ELGIN	ELGIN	PHQI-60.000-2	PHQE-60.000-4	REVERSO	380	60.000	17.580	17,58	5.900	2,98	C	123,9	001969/2012	4/9/2012		
ELGIN	ELGIN	PHFI-60000-2	PHFE-60000-3	FRIO	220	60.000	17.580	17,58	6.234	2,82	C	130,9	001969/2012	4/9/2012		
ELGIN	ELGIN	PHFI-60000-2	PHFE-60000-4	FRIO	220	60.000	17.580	17,58	6.242	2,82	C	131,1	001969/2012	4/9/2012		
ELGIN	ELGIN	PEFI06B2NA	PEFE06B3NA	FRIO	220	60.000	17.580	17,58	6.000	2,93	C	126,0	001969/2012	4/9/2012		
ELGIN	ELGIN	PEFI06B2NA	PEFE06B4NA	FRIO	380	60.000	17.580	17,58	6.105	2,88	C	126,2	001969/2012	4/9/2012		
ELGIN	ELGIN	PEO160B2NA	PEOE06B3NA	REVERSO	220	60.000	17.580	17,58	6.238	2,82	C	131,0	001969/2012	4/9/2012		
ELGIN	ELGIN	PEO160B2NA	PEOE06B4NA	REVERSO	380	60.000	17.580	17,58	5.800	3,03	B	121,8	001969/2012	4/9/2012		
EXTRA INFORMATICA	VG	EXT60INT	EXT60EXT	FRIO	220	60.000	17.580	17,58	5.700	3,01	C	119,7	002923/2015	7/5/2015		
KOMEKO	KOMEKO	KOP 60FC G4 BZP 60FC G4	KOCF 60FC 220V G4 BZCF 60FC 220V G4	FRIO	220	60.000	17.580	17,58	6.190	2,84	C	130,0	001079/2016	19/2/2016		
KOMEKO	KOMEKO	KOP 60FC G4 BZP 60FC G4	KOCF 60FC 380V G4 BZCF 60FC 380V G4	FRIO	380	60.000	17.580	17,58	6.190	2,84	C	130,0	001079/2016	19/2/2016		
KOMEKO	KOMEKO	KOP 60OC G4 BZP 60OC G4	KOCF 60OC 220V G4 BZCF 60OC 220V G4	FRIO	220	60.000	17.580	17,58	6.184	2,84	C	129,9	001079/2016	19/2/2016		
KOMEKO	KOMEKO	KOP 60OC G4 BZP 60OC G4	KOCF 60OC 380V G4 BZCF 60OC 380V G4	FRIO	380	60.000	17.580	17,58	6.184	2,84	C	129,9	001079/2016	19/2/2016		
KOMLOG	KOMECO	KOP 60OC G2 UE380	KOP 60OC G2 UE380	REVERSO	380	60.000	17.580	17,58	6.710	2,62	D	140,9	005869/2012	7/5/2012		
KOMLOG	KOMECO	BZP 60OC G2 UE220	BZP 60OC G2 UE220	REVERSO	220	60.000	17.580	17,58	6.710	2,62	D	140,9	005869/2012	7/5/2012		
KOMLOG	KOMECO	KOP60OC G3 UE220	KOP60OC G3 UE220	REVERSO	220	60.000	17.580	17,58	6.326	2,78	D	132,8	005869/2012	7/5/2012		
KOMLOG	KOMECO	KOP60OC G3 UE380	KOP60OC G3 UE380	REVERSO	380	60.000	17.580	17,58	6.302	2,79	D	132,3	005869/2012	7/5/2012		
NORDYNE DO BRASIL	WESTINGHOUSE	WFXV(B)-60SVW2	DS48D-060CX	FRIO	220	60.000	17.580	17,58	5.133	3,21	B	107,8	001622/2014	6/3/2014		
PREMIERE	COMFORTSAR	INFO60INT	INFO60EXT	FRIO	220	60.000	17.580	17,58	5.591	3,14	B	117,4	006701/2015	9/12/2015		
REFRIGERAÇÃO JR LTDA	ECOFRIO	RP601	RP600	FRIO	220	60.000	17.580	17,58	5.591	3,06	B	117,4	005002/2015	25/8/2015		
INGERSOLL RAND	TRANE	2MX0560C10ROAL	2TTN0560C6000AL	FRIO	220	58.000	16.994	16,99	4.817	3,26	A	101,2	004346/2014	26/6/2014		

Tabela A.8 – Temperatura diária mês de maio

domingo	segunda-feira	terça-feira	quarta-feira	quinta-feira	sexta-feira	sábado
mai 1	2	3	4	5	6	7
Temp. real 27° Min. 21° Média histórica 28° Min. 21°	Temp. real 25° Min. 21° Média histórica 28° Min. 21°	Temp. real 29° Min. 20° Média histórica 28° Min. 21°	Temp. real 29° Min. 18° Média histórica 28° Min. 21°	Temp. real 28° Min. 19° Média histórica 28° Min. 21°	Temp. real 27° Min. 19° Média histórica 28° Min. 21°	Temp. real 27° Min. 19° Média histórica 28° Min. 21°
8	9	10	11	12	13	14
Temp. real 29° Min. 19° Média histórica 28° Min. 21°	Temp. real 22° Min. 20° Média histórica 28° Min. 21°	Temp. real 27° Min. 19° Média histórica 28° Min. 21°	Temp. real 25° Min. 21° Média histórica 28° Min. 21°	Temp. real 27° Min. 20° Média histórica 28° Min. 21°	Temp. real 29° Min. 21° Média histórica 28° Min. 21°	Temp. real 29° Min. 21° Média histórica 28° Min. 21°
15	16	17	18	19	20	21
Temp. real 29° Min. 20° Média histórica 28° Min. 20°	Temp. real 29° Min. 20° Média histórica 28° Min. 20°	Temp. real 27° Min. 20° Média histórica 28° Min. 20°	Temp. real 29° Min. 20° Média histórica 28° Min. 20°	Temp. real 28° Min. 20° Média histórica 28° Min. 20°	Temp. real 28° Min. 20° Média histórica 28° Min. 20°	Temp. real 28° Min. 20° Média histórica 28° Min. 20°
22	23	24	25	26	27	28
Temp. real 29° Min. 20° Média histórica 28° Min. 20°	Temp. real 28° Min. 20° Média histórica 28° Min. 20°	Temp. real 24° Min. 21° Média histórica 28° Min. 20°	Temp. real 26° Min. 20° Média histórica 28° Min. 20°	Temp. real 28° Min. 18° Média histórica 28° Min. 20°	Temp. real 28° Min. 20° Média histórica 28° Min. 20°	Temp. real 27° Min. 21° Média histórica 28° Min. 20°
29	Ontem 30	Hoje 31	jun 1	2	3	4
Temp. real 28° Min. 19° Média histórica 28° Min. 20°	Temp. real 28° Min. 22° Média histórica 28° Min. 20°	 Chuvvas fracas Média histórica 28° Min. 20°	 Chuvvas fracas Média histórica 27° Min. 20°	 Chuvvas fracas Média histórica 27° Min. 20°	 Possibilidade de chuvvas Média histórica 28° Min. 21°	 Possibilidade de chuvvas Média histórica 28° Min. 21°

Fonte -<http://www.accuweather.com/pt/br/campina-grande/34634/june-weather/34634>

Tabela A.9 - Temperatura diária mês de junho

domingo	segunda-feira	terça-feira	quarta-feira	quinta-feira	sexta-feira	sábado
mai 29	Ontem 30	Hoje 31	jun 1	2	3	4
Temp. real 28° Min. 19° Média histórica 28° Min. 20°	Temp. real 28° Min. 22° Média histórica 28° Min. 20°	 Chuvvas fracas Média histórica 28° Min. 20°	 Chuvvas fracas Média histórica 27° Min. 20°	 Chuvvas fracas Média histórica 27° Min. 20°	 Possibilidade de chuvvas Média histórica 27° Min. 20°	 Possibilidade de chuvvas Média histórica 27° Min. 20°
5	6	7	8	9	10	11
 Possibilidade de aguaceiro ou trovoada Média histórica 27° Min. 20°	 Nuvens e sol Média histórica 27° Min. 20°	 Céu Limpo Média histórica 27° Min. 20°	 Pouco nublado Média histórica 27° Min. 20°	 Alguns aguaceiros Média histórica 27° Min. 20°	 Pouco nublado Média histórica 27° Min. 20°	 Céu Limpo Média histórica 27° Min. 20°
12	13	14	15	16	17	18
 Parcialmente nublado Média histórica 27° Min. 20°	 Possibilidade de chuvvas Média histórica 27° Min. 20°	 Chuvvas fracas Média histórica 27° Min. 20°	 Talvez se registem aguaceiros Média histórica 27° Min. 20°	 Talvez se registem aguaceiros Média histórica 27° Min. 20°	 Pouco nublado Média histórica 27° Min. 20°	 Talvez se registem aguaceiros Média histórica 27° Min. 20°
19	20	21	22	23	24	25
 Talvez se registem aguaceiros Média histórica 27° Min. 20°	 Talvez se registem aguaceiros Média histórica 27° Min. 20°	 Parcialmente nublado Média histórica 27° Min. 20°	 Um aguaceiro Média histórica 27° Min. 20°	 Parcialmente nublado Média histórica 27° Min. 20°	 Talvez se registem aguaceiros Média histórica 27° Min. 20°	 Parcialmente nublado Média histórica 27° Min. 20°
26	27	28	29	30	jul 1	2
 Chuvvas fracas Média histórica 27° Min. 19°	 Um aguaceiro Média histórica 27° Min. 19°	 Pouco nublado Média histórica 27° Min. 19°	 Talvez se registem aguaceiros Média histórica 27° Min. 19°	 Nuvens e sol Média histórica 27° Min. 19°	 Parcialmente nublado Média histórica 27° Min. 19°	 Nuvens e sol Média histórica 27° Min. 19°

Fonte -<http://www.accuweather.com/pt/br/campina-grande/34634/june-weather/34634>

Tabela A.10 - Temperatura diária mês de julho

domingo	segunda-feira	terça-feira	quarta-feira	quinta-feira	sexta-feira	sábado
Jun 26 Chuvvas fracas 26° Min. 19° Média histórica 27° Min. 19°	27 Um aguaceiro 25° Min. 19° Média histórica 27° Min. 19°	28 Pouco nublado 26° Min. 19° Média histórica 27° Min. 19°	29 Talvez se registem aguaceiros 26° Min. 19° Média histórica 27° Min. 19°	30 Nuvens e sol 25° Min. 18° Média histórica 27° Min. 19°	Jul 1 Parcialmente nublado 25° Min. 18° Média histórica 27° Min. 19°	2 Nuvens e sol 26° Min. 19° Média histórica 27° Min. 19°
3 Nublado 25° Min. 18° Média histórica 27° Min. 19°	4 Nublado 24° Min. 18° Média histórica 27° Min. 19°	5 Muito nublado 24° Min. 18° Média histórica 27° Min. 19°	6 Pouco nublado 24° Min. 17° Média histórica 27° Min. 19°	7 Pouco nublado 26° Min. 18° Média histórica 27° Min. 19°	8 Talvez se registem aguaceiros 26° Min. 18° Média histórica 27° Min. 19°	9 Nublado 25° Min. 18° Média histórica 27° Min. 19°
10 Nublado 24° Min. 19° Média histórica 27° Min. 19°	11 Possibilidade de chuvas 24° Min. 19° Média histórica 27° Min. 19°	12 Nublado 24° Min. 18° Média histórica 27° Min. 19°	13 Nuvens e sol 25° Min. 18° Média histórica 27° Min. 19°	14 Nuvens e sol 25° Min. 18° Média histórica 27° Min. 19°	15 Parcialmente nublado 25° Min. 17° Média histórica 27° Min. 19°	16 Pouco nublado 26° Min. 18° Média histórica 27° Min. 19°
17 Pouco nublado 26° Min. 19° Média histórica 27° Min. 19°	18 Pouco nublado 26° Min. 18° Média histórica 27° Min. 19°	19 Nuvens e sol 26° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	20 Nuvens e sol 24° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	21 Nuvens e sol 24° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	22 Parcialmente nublado 25° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	23 Parcialmente nublado 25° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°
24 Pouco nublado 25° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	25 Pouco nublado 25° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	26 Muito nublado 24° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	27 Possibilidade de chuvas 23° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	28 Nuvens com abertas 25° Min. 17° Média histórica 26° Min. 19°	29 Pouco nublado 25° Min. 19° Média histórica 26° Min. 19°	30 Parcialmente nublado 25° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°
31 Nublado 24° Min. 19° Média histórica 26° Min. 19°	ago 1 Muito nublado 24° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	2 Parcialmente nublado 25° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	3 Muito nublado 24° Min. 19° Média histórica 26° Min. 19°	4 Nuvens e sol 24° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	5 Nuvens com abertas 24° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	6 Nuvens e sol 24° Min. 19° Média histórica 26° Min. 19°

Fonte -<http://www.accuweather.com/pt/br/campina-grande/34634/june-weather/34634>

Tabela A.11 - Temperatura diária mês de agosto

domingo	segunda-feira	terça-feira	quarta-feira	quinta-feira	sexta-feira	sábado
Jul 31 Nublado 24° Min. 19° Média histórica 26° Min. 19°	ago 1 Muito nublado 24° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	2 Parcialmente nublado 25° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	3 Muito nublado 24° Min. 19° Média histórica 26° Min. 19°	4 Nuvens e sol 24° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	5 Nuvens com abertas 24° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	6 Nuvens e sol 24° Min. 19° Média histórica 26° Min. 19°
7 Parcialmente nublado 24° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	8 Nuvens e sol 24° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	9 Pouco nublado 25° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	10 Pouco nublado 25° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	11 Nuvens e sol 24° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	12 Nuvens e sol 24° Min. 19° Média histórica 26° Min. 19°	13 Parcialmente nublado 26° Min. 19° Média histórica 26° Min. 19°
14 Nuvens e sol 24° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	15 Nuvens e sol 24° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	16 Pouco nublado 26° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	17 Parcialmente nublado 25° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	18 Pouco nublado 26° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	19 Pouco nublado 25° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	20 Pouco nublado 26° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°
21 Muito nublado 24° Min. 19° Média histórica 26° Min. 19°	22 Parcialmente nublado 25° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	23 Pouco nublado 26° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	24 Pouco nublado 25° Min. 19° Média histórica 26° Min. 19°	25 Muito nublado 25° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	26 Talvez se registem aguaceiros 25° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	27 Nuvens com abertas 26° Min. 19° Média histórica 26° Min. 19°
28 Pouco nublado 26° Min. 18° Média histórica 26° Min. 19°	29 Média histórica 26° Min. 19°	30 Média histórica 27° Min. 19°	31 Média histórica 27° Min. 19°	set 1 Média histórica 27° Min. 19°	2 Média histórica 27° Min. 19°	3 Média histórica 27° Min. 19°

Fonte -<http://www.accuweather.com/pt/br/campina-grande/34634/june-weather/34634>

