

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

BERNARDO MENEGUINI RIBEIRO
PLÍNIO FIGUEIRA BRAGA

**AVALIAÇÃO ENERGÉTICA E ECONÔMICA DA CLIMATIZAÇÃO DE SALAS DE
AULA USANDO UMA COMBINAÇÃO DE VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO
ARTIFICIAL.**

VITÓRIA

2011

BERNARDO MENEGUINI RIBEIRO

PLÍNIO FIGUEIRA BRAGA

AVALIAÇÃO ENERGÉTICA E ECONÔMICA DA CLIMATIZAÇÃO DE SALAS DE
AULA USANDO UMA COMBINAÇÃO DE VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO
ARTIFICIAL.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Departamento de Engenharia Mecânica do Centro
Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo
como requisito parcial para obtenção do grau de
Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Dr. João Luiz Marcon Donatelli.

VITÓRIA

2011

BERNARDO MENEGUINI RIBEIRO

PLÍNIO FIGUEIRA BRAGA

**AVALIAÇÃO ENERGÉTICA E ECONÔMICA DA CLIMATIZAÇÃO DE SALAS DE
AULA USANDO UMA COMBINAÇÃO DE VENTILAÇÃO E AR CONDICIONADO
ARTIFICIAL.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Mecânico.

Aprovada em 22 de novembro de 2011.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. João Luiz Marcon Donatelli
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Prof. MSc. Elias Antônio Dalvi
Universidade Federal do Espírito Santo

Engº. Atílio Barbosa Lourenço
Universidade Federal do Espírito Santo

Agradecimentos:

Agradecemos em primeiro lugar a Deus.

Agradecemos as nossas famílias pela paciência e compreensão durante todo o período de elaboração do projeto.

A Prof. Carla Martins por nos ter cedido toda a documentação acerca do faturamento da UFES.

Ao nosso orientador, o Prof. Dr. João Luiz Marcon Donatelli, pela paciência e pelas orientações, visando sempre extrair o melhor de nós.

RESUMO

A climatização das salas de aula contribui na manutenção de um bom desempenho dos alunos no processo educacional, que é o objetivo principal a ser alcançado. Normalmente, o ambiente das salas de aula é climatizado através de ar condicionado artificial (ar condicionado de janela (ACJ) ou tipo “*split*”), com grande demanda de energia elétrica, inclusive nos horários de ponta do sistema elétrico, e, conseqüentemente, com um custo razoável. O dimensionamento do sistema de ar condicionado, nos projetos típicos, considera a carga térmica máxima para uma condição de conforto térmico (interna) de 24 °C e 50% de umidade relativa. Porém, existem pesquisas indicando a manutenção de ambientes adequados para salas de aula com temperaturas superiores a 24 °C, podendo atingir 29 °C, que poderia ser obtida, em alguns momentos ao longo dos dias do ano, com a utilização somente de ventilação. Considerando que a demanda de energia elétrica nos sistemas de ventilação é bem menor que nos sistemas de ar condicionado artificial, sempre que possível a substituição operacional deste último sistema pela ventilação, se obtém considerável economia financeira e energética. Assim, neste trabalho, foi concebido um sistema de climatização considerando a sala 21 do CT-III da UFES, combinando ventilação e ar condicionado artificial, no qual teve seu desempenho energético e econômico avaliado, apresentando retorno de investimento considerado promissor.

Palavras-chave: Conforto térmico, ventilação, economia de energia elétrica.

ENERGY AND ECONOMIC ASSESSMENT OF THE CLIMATE IN CLASSROOMS WITH VENTILATION AND ARTIFICIAL AIR CONDITIONER COMBINATION.

ABSTRACT

The air conditioning in the classrooms is very important for the students to have a good performance in the educational process, which is the main objective to be reached. The classrooms usually use artificial air-conditioner (like window air conditioner or split air-conditioning), that requires a great deal of energy, especially during the peak time in the electric system, and therefore a reasonable cost. The air-conditioning system sizing, in the typical projects, considers the maximum thermal load for thermal comfort (internal) 24° C and 50% related humidity. But there are some researches referring to the need for maintaining of appropriate environments for classrooms with temperatures over 24° C, reaching 29° C, which could be obtained, in some moments over the days of the year using only the ventilation. Considering that the energy demand is lower on the ventilation system than in the artificial air-conditioning system, if it is replaced wherever possible by the ventilation, obtain considerable economic and energy saving. Thus, in this research, a new air-conditioning was created thinking about room 21 on CT-III at UFES, using ventilation and artificial air-conditioning, which energy and economic performance were evaluated, and characterized by a promising investment.

Key words: thermal comfort, ventilation, energy saving.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1:	Vista frontal da sala	16
Figura 2:	Vista lateral esquerda.	17
Figura 3:	Vista lateral direita.	17
Figura 4:	Carta bioclimática brasileira e suas regiões	26
Figura 5:	Região oito e carta bioclimática para esta região.	29
Figura 6:	Balanço de energia na sala de aula para retirada de calor sensível	33
Figura 7:	Vista frontal da sala	43
Figura 8:	Vista lateral esquerda: janelas e dampers de entrada de ar.	44
Figura 9:	Vista lateral direita: Saída de ar com dampers e ventiladores.	45
Figura 10:	Dados técnicos do fabricante do filtro para ventilação e ar condicionado.	48
Figura 11:	Especificações do ventilador axial.	49
Figura 12:	Damper de alumínio para as aberturas de entrada e saída de ar para ventilação.	52
Figura 13:	Curva de carga típica e demanda ativa, máxima, média e contratada.	52
Figura 14:	Feriados nacionais.	54
Figura 15:	Valores para a demanda em R\$/kW.	55
Figura 16:	Valores para o consumo em R\$/kW.	56
Figura 17:	Resumo da tarifação horo-sazonal.	57
Figura 18:	Etiqueta do aparelho de ar condicionado instalado na sala 21.	59
Figura 19:	Relação entre quantidade de ventiladores e o gasto final com energia elétrica	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:	Variação da temperatura nos meses extremos (mais frio e mais quente) no período de ocupação.	17
Tabela 2:	Área das paredes que fazem fronteira com o ambiente externo.	17
Tabela 3:	Coeficiente Global de transmissão de calor (U).	18
Tabela 4:	Variação horária de U nos vidros.	19
Tabela 5:	Carga térmica por pessoa e por ocupação da sala de aula.	20
Tabela 6:	Carga térmica por equipamentos.	20
Tabela 7:	Coeficientes caso exista proteção interna ou externa.	21
Tabela 8:	Carga térmica total em fevereiro e julho, com proteção interna e externa, sem considerar infiltração e renovação.	21
Tabela 9:	Infiltração e renovação na sala de aula da UFES.	22
Tabela 10:	Carga térmica total incluindo infiltração e renovação de ar.	22
Tabela 11:	Calor sensível e latente.	29
Tabela 12:	Carga térmica para ventilação sem proteção alguma	30
Tabela 13:	Carga térmica para ventilação com proteção externa	31
Tabela 14:	Variação da massa específica do ar na entrada (exterior) e os valores constantes da saída (interior)	34
Tabela 15:	Vazão de ar nas entradas e saídas para uma temperatura interna de 28°C (m³/s)	35
Tabela 16:	Vazão de ar e velocidade de escoamento para três temperaturas distintas com proteção interna	38
Tabela 17:	Vazão de ar e velocidade de escoamento para três temperaturas distintas com proteção externa.	38
Tabela 18:	Eficiência dos filtros e suas classes	42
Tabela 19:	Grupos tarifários	50
Tabela 20:	Tempo de funcionamento do sistema de ar condicionado por mês, em horas	57

Tabela 21	Dias letivos	
Tabela 22:	Período de utilização do ar condicionado ou ventilação	58
Tabela 23:	Consumo mensal ao longo do ano utilizando apenas ar condicionado	59
Tabela 24:	Custo com energia elétrica mensal ao longo do ano para utilização do ar condicionado.	60
Tabela 25:	Custo mensal ao longo do ano do uso combinado de ventilação e refrigeração	61
Tabela 26:	Investimentos em equipamentos	63

LISTA DE SIGLAS

A – área da parede, em m^2 ; ou economia anual, em R\$.

U – Coeficiente Global de transmissão de calor, em $kcal/h.m^2.^\circ C$

t_e – temperatura exterior, em $^\circ C$

t_i – temperatura interna, em $^\circ C$

Δt_i – acréscimo de temperatura em decorrência da insolação, em $^\circ C$.

Q_J – Quantidade de frestas nas Janelas

Q_P – Quantidade de frestas nas Portas

F_J – Frestas nas Janelas

F_P – Frestas nas portas

Ocup. – Taxa de ocupação na sala.

Infiltração – Taxa de infiltração na sala.

Q_E – Vazão de ar na entrada, m^3/h

Q_S – Vazão de ar na saída, m^3/h

\dot{q}_T – Carga térmica total do recinto, W ;

ρ_e – Massa específica do ar na entrada da sala, kg/m^3

ρ_s – Massa específica do ar na saída da sala, em kg/m^3

c_p – Calor específico do ar, $J/(kg.^\circ C)$; e

ΔT – Variação de temperatura entre o interior e o exterior da sala, $^\circ C$.

R_{ar} – Constante Universal dos gases e vale $287 J/kg.K$

P – Pressão ao nível do mar, que é de $101.300 Pa$

T_E – Temperatura de entrada do ar, em K

T_s – Temperatura de saída, em K.

\dot{q}_T , $Q_{carg.térmica}$ – Carga térmica total do recinto.

\dot{q}_{ext} – Carga térmica que ultrapassa as barreiras da sala

\dot{q}_{int} – Carga térmica interna ao recinto em estudo.

VPF – É o valor parcial da fatura de energia elétrica (R\$)

CF – É o consumo em kWh: Quantidade de energia elétrica faturada.

TC – É a tarifa de consumo, em R\$/kW

DF – É a demanda contratada, em kW

TD – É a tarifa da demanda, em R\$/kW

ICMS – Imposto sobre circulação de mercadorias e serviços e corresponde a 25%.

FDU – Faturamento de Ultrapassagem da demanda, em R\$

DM – Demanda Medida, em kW

DC – Demanda Contratada, em kW

TU – Tarifa de Ultrapassagem, em R\$/kW.

W – Energia consumida, em kWh

P – Potência, em kW

Δt – Tempo de utilização do equipamento, em horas.

$Q_{equipamento}$ – Capacidade térmica do aparelho de ar condicionado

T_{func} – Tempo de funcionamento em uma hora do aparelho de condicionamento de ar

n – Taxa de retorno do capital

I – Investimento

i – Taxa de juros

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ANNEEL – Agência Nacional da Energia Elétrica

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers.

ESCELSA – Espírito Santo Centrais Elétricas AS

ICMS – Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

ISO – International Organization for Standardization

MME – Ministério das Minas e Energia

NBR – Norma Brasileira Registrada

PROCEL – Programa

SELIC – Sistema Especial de Liquidação e de Custódia

TUSD – Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. AVALIAÇÃO HORÁRIA DA CARGA TÉRMICA AO LONGO DO ANO.....	16
2.1. VARIAÇÕES CLIMÁTICAS	16
2.2. CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO.....	17
2.3. OUTROS PARÂMETROS DE PROJETO	18
2.4. DETERMINAÇÃO DA CARGA TÉRMICA PELA NORMA NBR 16401	21
3. VENTILAÇÃO	28
3.1. CARTA BIOCLIMÁTICA	29
3.2. RETIRADA DE CALOR SENSÍVEL E CALOR LATENTE.....	33
3.3. VENTILADORES.....	42
3.4. ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS	44
3.4.1. Especificação do filtro.....	45
3.4.2. Especificação do ventilador	48
3.4.3. Especificação dos dampers	49
4. ANÁLISE ECONÔMICA.....	50
4.4. TARIFAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA.....	50
4.4.1. Demanda.....	51
4.4.2. Horário de ponta e fora de ponta	52
4.4.3. Período Seco e Úmido.....	53
4.4.4. Grupos tarifários	53
4.4.5. Estrutura tarifária	55
4.5. TARIFAÇÃO DA UFES.....	55
4.6. FATURAMENTO	56
4.7. CUSTO COM CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	59
4.7.1. Tempo de Funcionamento.....	60
4.7.1.1. Ar condicionado.....	60
4.7.1.2. Ventiladores	62
4.7.2. Custo de Energia do Sistema	63
4.7.3. Retorno do Investimento ou “payback”	67
5. CONCLUSÃO	68
6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	69
REFERÊNCIAS	70
APÊNDICE A.1 – Tabelas da variação horária da carga térmica ao longo de um dia típico de cada mês nas condições da norma NBR 16401-1 – Com Proteção Interna. ..	72

APÊNDICE A.2 – Tabelas da variação horária da carga térmica ao longo de um dia típico de cada mês nas condições da norma NBR 16401-1 – Com Proteção Externa. .	73
APÊNDICE B.1 – Tabelas da variação horária da carga térmica ao longo de um dia típico de cada mês nas condições de projeto para ventilação (28°C) – Com Proteção Interna.....	74
APÊNDICE B.2 – Tabelas da variação horária da carga térmica ao longo de um dia típico de cada mês nas condições de projeto para ventilação (28°C) – Com Proteção Externa.	75
APÊNDICE C.1 – Gráficos da variação horária da carga térmica ao longo de um dia típico de cada mês. Nas condições da NBR 16401 com proteção interna.....	76
APÊNDICE C.2 – Gráficos da variação horária da carga térmica ao longo de um dia típico de cada mês. Nas condições da NBR 16401 com proteção externa.....	77
APÊNDICE C.3 – Gráficos da variação horária da carga térmica ao longo de um dia típico de cada mês. Nas condições de ventilação com proteção interna.....	78
APÊNDICE C.4 – Gráficos da variação horária da carga térmica ao longo de um dia típico de cada mês. Nas condições de ventilação com proteção externa.....	79
ANEXO A – Tabela da variação horária da temperatura ao longo de um dia típico de cada mês.	80
ANEXO B – Catálogo do fabricante Aeroglass para especificação dos filtros.	82
ANEXO C – Catálogo do fabricante TROX technik de especificação dos dampers.....	84
ANEXO D – Catálogo do Ar Natural “Ventilação Industrial” de especificação do exaustor.....	86
ANEXO E – Resolução Homologatória Nº 1.184, de 2 de agosto de 2011.....	87

1. INTRODUÇÃO

Cada vez mais a escola tem se tornado um ambiente de fundamental importância para o desenvolvimento dos futuros profissionais, e não apenas mais uma edificação dentro do espaço urbano. Aliadas a essa significativa participação está a necessidade crescente em se utilizar racionalmente a energia.

Mas para que a qualidade do ensino não seja comprometida é necessário que certas condições básicas de conforto sejam atendidas. Entre estes condicionantes está o conforto térmico. Segundo Frota (2003, p. 17) "o homem tem melhores condições de vida e saúde quando seu organismo pode funcionar sem ser submetido à fadiga ou estresse, inclusive térmico". E em muitas regiões, o conforto térmico tem sido obtido diretamente com a utilização de equipamentos de ar condicionado, que muitas vezes elevam consideravelmente os custos das instituições com energia elétrica.

Tendo em vista esta necessidade em se fazer o uso racional da energia em prol do meio-ambiente, torna-se satisfatório aplicar medidas para redução dos fatores que influenciam diretamente no aumento da temperatura no interior das salas de aula reduzindo a carga térmica. Segundo a NBR 16401, um método prático de se fazer isso é a utilização de proteção interna da área que sofre insolação ou a proteção externa, podendo ser de duas maneiras: pintura das paredes externas de cor clara; sombrear essas áreas (2008).

Baseando-se na normatização técnica específica, calculou-se a carga térmica levando em consideração alguns desses fatores como a ocupação (quantidade de pessoas e suas atividades), regime de funcionamento e o desempenho térmico, ou seja, a forma com que a edificação troca calor com o ambiente externo. Este comportamento depende de fatores como a sua orientação, pois o sol aquece diferentemente cada lado do prédio. Deve-se levar em consideração também a constituição do telhado, das janelas, paredes e pisos afinal, uma vez que funcionarão como um invólucro no edifício e pela qual o calor deverá passar. Além destes fatores, as cores os tipos de materiais e as suas espessuras também

contribuem com um aumento no consumo de energia elétrica de uma edificação (SIGNOR, 1999).

Como o objetivo deste trabalho é estimar a economia de energia em função da variação da carga térmica, mas sabendo-se que ela varia ao longo do ano, foi necessário conhecer os dados climáticos para a cidade de Vitória – ES, que foram obtidos segundo a metodologia da ASHRAE, que é baseada na suposição de que o nível de frequência de uma temperatura específica em um determinado período de tempo se repetirá no futuro. (GOULART, 1997)

Unindo os dois pontos principais de interesse, o bem estar térmico e o uso racional da energia, adotou-se além de proteção externa às áreas que sofrem de insolação, a aplicação de um sistema de ventilação para reduzir o uso de aparelhos de ar condicionado nos intervalos que se tenham uma grande variação de temperatura entre o exterior e a temperatura de conforto térmico que se deseja obter, de modo a conseguir uma velocidade de ventilação que condiz com a norma.

Conhecendo-se da variação horária da carga térmica, consegue-se calcular a vazão de ar necessária para se retirar o calor, atingindo uma temperatura de conforto térmico plausível. Estudos comprovam que para instituições de ensino, a temperatura de conforto térmico necessária para que não afete consideravelmente o desempenho do aluno fica entre 18°C e 29°C. (GIVONI, 1992)

Outro fator que deve ser levado em consideração e que justifica a escolha de um sistema de ventilação para obtenção de conforto térmico é explicado por Lamberts (1997, p. 134) afirmando que a ventilação resolve os problemas de desconforto por calor em até 61% das horas do ano, o que justifica a escolha por tal método.

Através da aplicação das técnicas de engenharia econômica, se verificará a aplicabilidade do método e os seus benefícios a curto e a longo prazo.

2. AVALIAÇÃO HORÁRIA DA CARGA TÉRMICA AO LONGO DO ANO

Esta análise é de extrema importância, pois mostrará como se comporta a carga térmica na sala em função da variação da temperatura externa para a região de Vitória – ES. Analisa-se a variação da temperatura para um dia típico em cada um dos meses do ano para uma dada frequência de ocorrência, ou seja, para as chances de recorrência desta temperatura ao longo do ano. (ASHRAE, 1993)

Além do levantamento dos dias típicos de cada mês ao longo do ano é necessário também definir um valor para a temperatura interna do recinto, que obviamente será superior à temperatura exigida pela norma caso fosse aplicado somente refrigeração, mas que não atrapalhe consideravelmente o desempenho escolar dos alunos.

2.1. VARIAÇÕES CLIMÁTICAS

Ainda segundo Lamberts *et al*, o conforto térmico é conseguido em 17,8% das horas do ano e o desconforto em 82,1%, sendo 64% de calor e 18% de frio. (1997, p. 134). Analisando-se a variação da temperatura horária ao longo do ano, nota-se que no período compreendido entre junho e setembro têm-se temperaturas amenas, tendo-se uma temperatura máxima de 29,8°C às 13 horas, entretanto, com uma rápida diminuição, visto que, ela cai para 25,5 graus às 18 horas. O mês de julho caracteriza-se como o mais frio, onde a temperatura máxima ao longo do dia ocorre às 13 horas e mede-se 28°C. Por outro lado, o mês mais quente é o de Fevereiro, onde a temperatura máxima fica em 33,8°C às 13 horas e o mínimo fica em 25,3°C. (GOULART, 1997)

2.2. CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO

Levando-se em consideração que o conforto térmico é algo muito subjetivo, pois depende de diversos fatores individuais, fisiológicos e psicológicos, então é aceitável que as condições de conforto térmico de projeto não atendam a 100% das pessoas que ocupam o local. Portanto, segundo a NBR 16401-2, é considerado um local de conforto térmico aquele que atenda as exigências de 80% da ocupação, que tem que ser adulta, em boa saúde e que esteja no local há um tempo superior a 15 minutos. Ainda segundo a NBR 16401-2, a condição de conforto térmico é afetada por alguns parâmetros: a temperatura operativa, a velocidade do ar e a umidade relativa do ar. E tais parâmetros são afetados pelos seguintes fatores pessoais:

- O tipo de roupa usada pela pessoa, o que determina a resistência térmica à troca de calor com o corpo. Expressa em “clo” ($1 \text{ clo} = 0.155 \text{ m}^2 \text{K/W}$);
- O nível de atividade física, que determina a taxa de metabolismo;

Desta maneira, levando-se em consideração as vestimentas, para um dia típico de verão (roupas de verão = 0,5 clo), um valor aceitável para a temperatura interna é de 25,5°C para uma umidade relativa de 65% e de 26°C para uma umidade de 35%, e para ambos os casos, a velocidade do ar dentro do recinto não pode ser superior a 0,20 m/s. Ao analisar a temperatura interna em um dia típico de inverno, cuja resistência térmica para uma roupa de inverno é de 0,9 clo, tem-se como aceitável os valores de 23,5°C para uma umidade relativa de 60% e 24°C para umidade de 30%. Em ambos os casos adota-se como velocidade máxima do ar no interior do recinto como sendo de 0,15 m/s.

A NBR 16401-2 ainda fala sobre uma possível elevação na velocidade do ar para compensar um aumento de temperatura, cuja variação máxima não ultrapasse 3 K e a velocidade do ar não pode ser elevada acima de 0,8 m/s. (2008, p. 8).

Entretanto, segundo Givoni é admissível para países em desenvolvimento sem que haja considerável perda de rendimento, temperaturas entre 18°C e 29°C com umidade relativa entre 20% e 80%, pois os alunos apresentam aclimação às condições locais. (GIVONI, 1994).

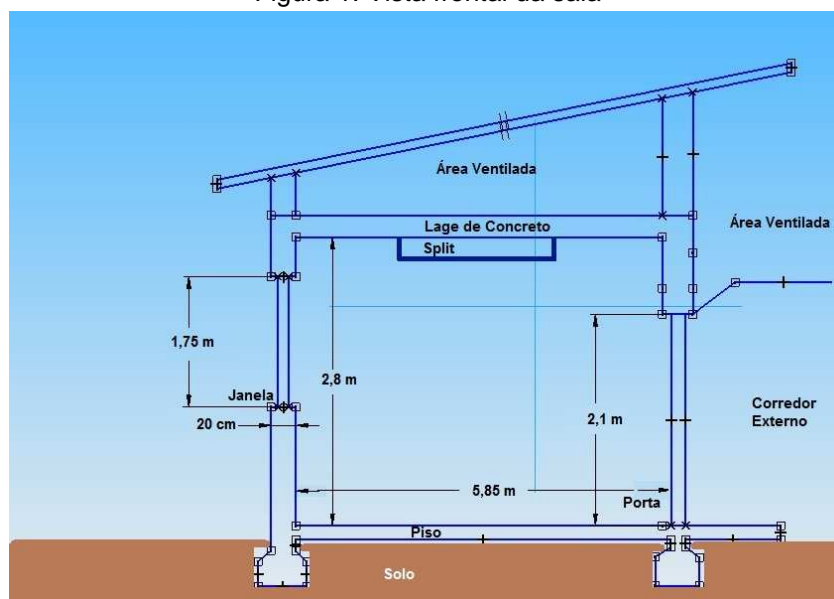
Portanto, pode ser considerada como referência, uma temperatura superior a temperatura estipulada pela norma NBR 16401, uma temperatura de até 29°C. Desta forma, neste trabalho, se abordarão temperatura máxima admissível no interior do recinto, de 28°C.

2.3. OUTROS PARÂMETROS DE PROJETO

São vários os parâmetros que influenciam diretamente na determinação da carga térmica de um recinto, dentre eles destacam-se: ocupação típica (número de pessoas), atividade física destas pessoas, período de ocupação, equipamentos, insolação, transferência de calor por condução entre as paredes, localização geográfica, equipamentos, iluminação, infiltração e renovação de ar.

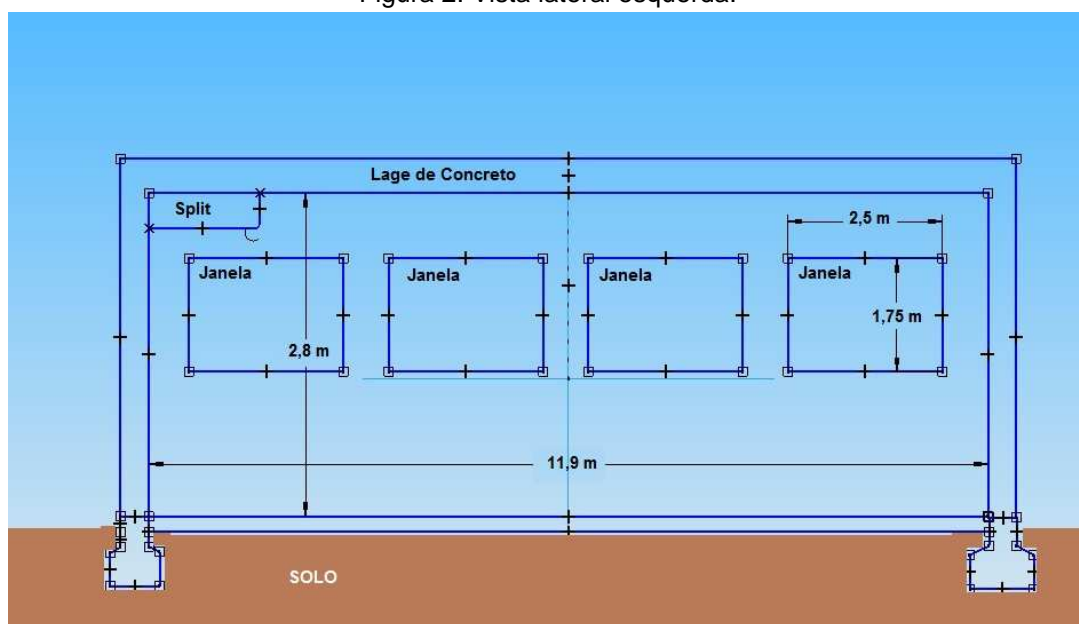
Considerando-se a sala de aula número 21 do Centro Tecnológico III da UFES como o ambiente a se determinar a carga térmica. Como mostra a Figura 1, a Figura 2 e a Figura 3 a seguir.

Figura 1: Vista frontal da sala



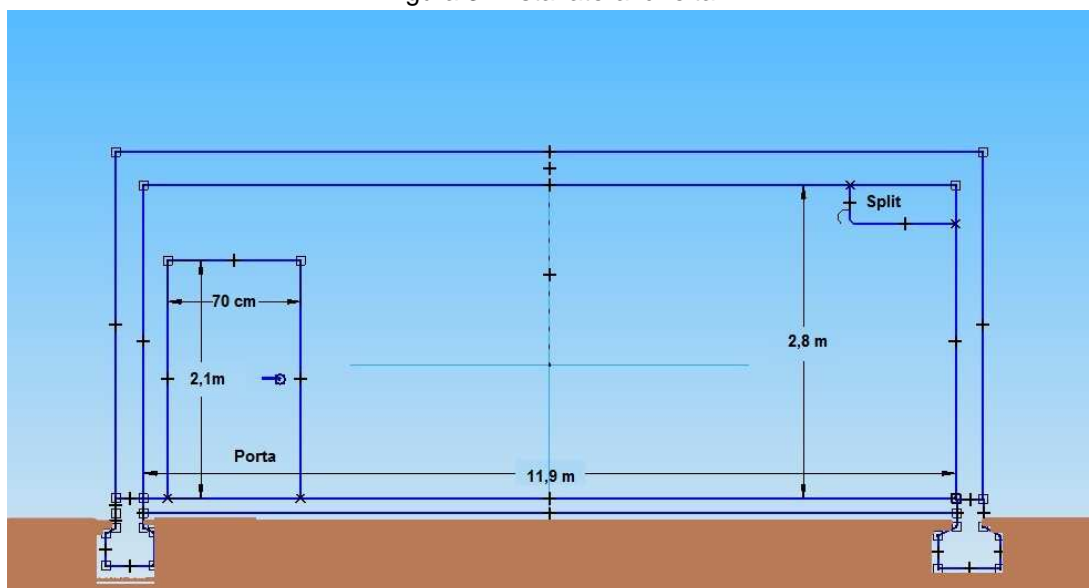
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 2: Vista lateral esquerda.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3: Vista lateral direita.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Todo período entra por meio de vestibular 40 estudantes, se considerará como ocupação típica do recinto, quarenta alunos e um professor.

Entretanto, a ocupação não se caracteriza apenas pelo número de pessoas, mas também pela atividade que elas exercem. E como os alunos encontram-se

sentados a todo o tempo, se considera que eles estão em atividade leve, portanto, os adotou-se segundo a norma NBR 16401-1 – Anexo C, um valor de 70 W de calor sensível e 45 W de calor latente, enquanto que o professor se encontra em atividade moderada, liberando 75 W de calor sensível e 55 W de calor latente.

Além destes fatores, o tempo de ocupação também deve ser levado em consideração para se calcular a carga térmica ao longo de um dia típico de um mês ao longo do ano. E para isso, considerando os horários letivos da UFES, estipulou-se como período de funcionamento a faixa horária que se inicia às 7 horas e termina às 22.

O número de equipamentos eletro-eletrônicos no interior da sala foi calculado com base na observação de alguns colegas durante as aulas, e estipulou-se uma média de 15 notebooks, cuja potência de suas fontes não ultrapassa 85 W. Foi considerado que o professor ministrasse a aula em um datashow. Não existe nenhum outro equipamento elétrico, cuja carga térmica seja considerável, no recinto, exceto de iluminação.

Segundo a norma NBR 16401-2 e a ASHRAE, a taxa típica de dissipação de calor para uma escola é de 16 W/m². Sabe-se que a área da sala é de 70,2 m². Portanto, a taxa de dissipação de calor na sala de aula é de: 1123,2 W.

A localização geográfica é importante, pois a incidência solar difere de uma região para outra do globo terrestre. Outro fator importante que deve ser levado em consideração é a orientação geográfica do ambiente de estudo, visto que, os raios solares atingem as paredes de formas diferentes, afetando mais ou menos uma parede de acordo com a sua orientação. Segundo Creder (1994, p. 93), no Brasil, as a face que recebe maior insolação, encontra-se voltadas para oeste e no horário entre 16 e 17 horas. Sabendo-se identificar estas paredes críticas, tomam-se cuidados para evitar que a insolação influencie consideravelmente no cálculo final, visto que, a insolação é responsável pela maior parcela da carga térmica. (CREDER, 1994). Segundo Frota (2003, p. 75), há várias formas para se evitar a insolação direta, utilizando barreiras, como vegetação ou construções físicas, sombreando a área crítica ou utilizando pinturas externas de cor clara.

Outro fator importante na determinação da carga térmica é a infiltração. Pois o a entrada de ar externo, geralmente em condições diferentes da interna que se deseja manter, constitui uma entrada a mais de calor sensível e latente (Creder, 1994).

2.4. DETERMINAÇÃO DA CARGA TÉRMICA PELA NORMA NBR 16401

Segundo a norma NBR 16401-1, a carga térmica deve ser calculada em quantas horas do dia de projeto forem necessárias para calcular a carga máxima. Além disso, foi calculada a carga térmica horária para cada mês do ano, com intuito de se avaliar a variação desta carga térmica ao longo do ano.

Entretanto, como o que varia ao longo do dia é a temperatura externa e a umidade relativa do ar, se admitirá como parâmetro mais importante para a determinação da carga, a temperatura externa. E para isso, através de Goulart (1997, p. 195), conseguiu-se a variação horária para um dia típico mensal da temperatura. A Tabela 1 a seguir irá mostrar a variação horária da temperatura externa para dois meses distintos, sendo março o mês mais quente e julho o mês mais frio, levando em consideração a ocupação diária da sala.

Tabela 1: Variação da temperatura nos meses extremos (mais frio e mais quente) no período de ocupação.

Mês	Horário de ocupação														
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Fevereiro	29,3	31	32,2	33,1	33,8	33,8	33,3	32,7	31,7	30,7	29,3	28,2	27,6	27,1	27
Julho	21,9	24,3	26,3	27,4	27,8	28	27,7	27,2	26,3	25,2	23,8	22,9	22,4	22,1	21,7

. Fonte: Goulart (1997).

Baseando-se nesta variação horária nos meses mais frio e mais quente, consegue-se estimar a carga térmica, baseado na temperatura externa, para o dia típico de cada mês, em cada mês do ano.

A princípio determinam-se as áreas das paredes que fazem fronteira com o exterior, e a Tabela 2 irá mostrar os valores para as áreas das paredes:

Tabela 2: Área das paredes que fazem fronteira com o ambiente externo.

Parede	Área	Unidade	Observação
Parede Norte	16,1	m ²	Sem proteção externa - cor clara
Parede Sul	16,1	m ²	Interna sem condicionamento
Parede Leste	33,32	m ²	Interna sem condicionamento
Parede Oeste	13,496	m ²	Sem proteção externa - cor escura
Janelas	19,824	m ²	Sem proteção - insolação
Telhado	68,425	m ²	Ventilado

Fonte: Elaborado(a) pelo autor.

De acordo com a NBR 16401-1 e com a NBR 15220-2, outra variável que deve ser considerada é o coeficiente de transferência de calor (U), que segundo CREDER (2009) é um parâmetro mais fácil de ser obtido e que leva em consideração apenas a diferença de temperatura nos dois lados da superfície em estudo. Entretanto, ele varia dependendo se a parede faz fronteira com a área externa ou se é fronteira com alguma área interna ao prédio, mas externa ao recinto que se deseja refrigerar. Para ambos os casos considera-se uma parede formada por tijolo furado, meia-vez e com reboco dos dois lados. Portanto, para a parede que fica voltada para o interior do prédio, o calor que passará por ele será menor, desta forma o coeficiente U também será inferior ao da parede que fica voltado para o lado externo. A seguir, na Tabela 3 têm-se tais valores:

Tabela 3: Coeficiente Global de transmissão de calor (U).

Coeficiente Global de transmissão de calor (U)				
Parede interna, tijolo furado, meia-vez + 2 rebocos	2,1	$\frac{kcal}{h.m^2.^{\circ}C}$	8,32790034	$\frac{BTU}{h.m^2.^{\circ}C}$
Parede externa, tijolo furado, meia-vez + 2 rebocos	2,59	$\frac{kcal}{h.m^2.^{\circ}C}$	10,2710771	$\frac{BTU}{h.m^2.^{\circ}C}$

Fonte: NBR 16401-1

Desta maneira, através da seguinte equação é possível quantificar o calor que atravessa cada parede:

$$Q = A \times U \times [(t_e - t_i) + \Delta t] \quad (2.1)$$

Onde:

A é a área da parede, em m²;

U é o coeficiente Global de transmissão de calor, em kcal/h.m².°C;

t_e é a temperatura exterior, em °C;

t_i é a temperatura interna, em °C e;

Δt é o acréscimo de temperatura em decorrência da insolação, em °C.

De acordo com os autores Frota (2003) e Creder (2009), a latitude, a hora e a época do ano influenciam diretamente na incidência solar sobre a Terra, atingindo com maior ou menor intensidade a construção ao longo dos meses do ano. Tendo em vista que a insolação age diferentemente em cada mês e que no verão há uma maior incidência de raios solares e que em regiões quentes como Vitória, deve-se sombrear todas as regiões onde há incidência direta dos raios solares, diminuindo consideravelmente a carga térmica. Para o caso da sala 21 da UFES, onde a maioria delas não possui proteção externa, apenas interna, também se devem aplicar fatores de correção ao cálculo das trocas térmicas nas paredes.

Portanto, o acréscimo de temperatura pela insolação se dá nas paredes norte e oeste, da sala em estudo, e em valores diferentes, visto que, a parede norte tem uma cor externa clara, portanto, de acordo com as tabelas da norma e do Creder (2009) o acréscimo é de 5,5°C, enquanto que para a parede oeste, que é considerada a crítica para o Hemisfério Sul, este acréscimo é de 16,6°C.

Além do fato da parede oeste ser a crítica, é nela que se encontram as janelas. E conforme a norma, a insolação é maior quando se há áreas envidraçadas. Segundo Creder (2009), o valor do coeficiente de transmissão de calor solar através de vidros (Fator Solar), varia de acordo com a incidência dos raios solares, portanto, varia-se ao longo do dia. Para os meses de fevereiro e julho, respectivamente o mês

mais quente e o mês mais frio, a Tabela 4 traz os valores de U ao longo de um dia típico em cada mês.

Tabela 4: Variação horária do Fator Solar nos vidros. [kcal/h.m²]

Mês	Horas														
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Fevereiro	30	35	38	38	38	152	285	440	448	415	168	0	0	0	0
Julho	19	30	11	35	35	111	250	350	334	122	0	0	0	0	0

Fonte: Creder (2004)

Foi resolvido em uma planilha do Microsoft Excel 2007, a equação do calor que ultrapassa as paredes para cada temperatura ao longo do dia, para cada mês do ano. E quantificou-se também a carga térmica que se obtém através das superfícies translúcidas.

Foi acrescido a estes valores as cargas térmicas devido a ocupação. Considera-se a sala ocupada das 7:00 até às 22:00 e ocupadas por 40 alunos sentados e 1 professor em atividade moderada. Segundo a norma NBR 16401, o calor gerado por seres humanos nestas condições é representado pela Tabela 5 à seguir:

Tabela 5: Carga térmica por pessoa e por ocupação da sala de aula.

Ocupação		1 pessoa	40 pessoas		Carga Térmica
40 Alunos sentados (exercício leve)	Latente	45	1800	W	6137,4 BTU/h
	Sensível	70	2800	W	9547,1 BTU/h
1 Professor (exercício moderado)	Latente	55	-	W	187,53 BTU/h
	Sensível	75	-	W	255,73 BTU/h
				Total	16128 BTU/h

Fonte: NBR 16401-1

Além da carga térmica por ocupação, também há a carga térmica por equipamentos e é apresentada na Tabela 6:

Tabela 6: Carga térmica por equipamentos.

Equipamento	Qtd.	Potência	Carga térmica
Datashow	1	100 W	340,968 BTU/h
Notebook	15	65 W	3324,438 BTU/h
Iluminação (fluorescente)	24	15 W	1227,485 BTU/h
Total:			4892,891 BTU/h

Fonte: Manuais de fabricantes.

A carga térmica total é dada pelo somatório de todas as cargas térmicas envolvidas no ambiente, ou seja, a carga térmica que cada parede deixa entrar ou sair, a carga térmica introduzida por insolação nas paredes a que entra pelas superfícies translúcidas, a carga térmica dos equipamentos, da ocupação, da infiltração e da renovação de ar. Portanto, como a maioria desses fatores é influenciada principalmente pela diferença de temperatura entre o ambiente externo e o interno, sendo ajustada devido à existência ou não de proteção interna (cortina, persiana) ou da proteção externa (árvores, sombra de prédios vizinhos, sombras planejadas), que alteram consideravelmente a carga térmica. No presente estudo, foi calculada a carga térmica para dois casos principais, o primeiro com proteção interna (que é o caso das salas do centro tecnológico da UFES) e no caso de haver proteção externa das áreas de entrada (sombras na parede oeste), neste caso, desconsidera-se a existência da proteção interna e calcula-se utilizando-se os fatores adequados, de acordo com a Tabela 7 à seguir. E a Tabela 8, traz as informações para o mês de fevereiro e julho das cargas térmicas ao longo do dia para ambos os casos:

Tabela 7: Coeficientes caso exista proteção interna ou externa.

Fator de multiplicação devido a existência de persiana:	0,66
Fator de multiplicação devido a proteção externa	0,20

Fonte: NBR 15220

Nota-se que com o uso de proteção externa, a carga térmica reduziu-se consideravelmente, devido ao fator de multiplicação. Portanto, quando se calcula a carga térmica provocada pela insolação, multiplica-se por um dos fatores apresentados na Tabela 7, e caso não tenha proteção alguma, não se faz correções.

Tabela 8: Carga térmica total em fevereiro e julho, com proteção interna e externa, sem considerar infiltração e renovação.

Hora	Com Proteção Interna		Com Proteção Externa		Unidade
	Fevereiro	Julho	Fevereiro	Julho	
8	36297,51	21052,88	35212,61	20365,78	BTU/h
9	39927,97	26382,72	38662,26	25297,83	BTU/h
10	42463,17	31490,13	41088,98	29609,65	BTU/h
11	44247,83	38860,00	42873,64	33363,21	BTU/h
12	45635,90	46138,95	44261,71	36121,78	BTU/h
13	51550,92	53021,31	46054,14	38483,75	BTU/h
14	57460,30	55487,71	47153,83	38816,53	BTU/h
15	64312,88	54911,32	48401,13	37950,84	BTU/h
16	62745,02	49909,71	46543,96	35191,34	BTU/h
17	59049,82	33252,23	44042,14	28623,35	BTU/h
18	43457,80	23834,66	37382,40	23834,66	BTU/h
19	32559,67	22050,00	32559,67	22050,00	BTU/h
20	31369,90	21058,52	31369,90	21058,52	BTU/h
21	30378,42	20463,63	30378,42	20463,63	BTU/h
22	30180,12	19670,45	30180,12	19670,45	BTU/h

Fonte: Elaborado pelo autor

Entretanto, a carga térmica total do recinto ainda não está concluída, pois falta a carga térmica devido a infiltração e a renovação de ar. O método utilizado para determinação dessa carga térmica foi o método das frestas. Quantificaram-se todas as frestas da sala. Segundo a norma, a equação para se calcular as frestas é mostrada a seguir:

$$Q_j = 3 \cdot F_j \quad (2.2)$$

$$Q_p = 13 \cdot F_p + 7 \cdot Ocup. \quad (2.3)$$

Portanto, a Infiltração é dada pelas infiltrações nas janelas mais as infiltrações pela porta.

$$Infiltração = Q_j + Q_p \quad (2.4)$$

A Tabela 9 traz os valores das frestas que foram aplicados nas equações e os seus resultados, bem como o valor da renovação estipulado pela norma NBR 16401.

Tabela 9: Infiltração e renovação na sala de aula da UFES.

Infiltração				
Frestas da Janela	F _J	38	m	Total
Frestas da Porta	F _P	6	m	
Ocupação	Ocup.	41	pessoas	
Q _J = 3.F _J		114	m³/h	479
Q _P = 13.F _P +7.ocup		365	m³/h	
Renovação				
Pela norma		2050	m³/h	

Fonte: Elaborado pelo autor

Os valores de carga térmica com infiltração e renovação são demonstrados na Tabela 10 a seguir:

Tabela 10: Carga térmica total incluindo infiltração e renovação de ar.

Hora	Com Proteção Interna		Com Proteção Externa		Unidade
	Fevereiro	Julho	Fevereiro	Julho	
8	39104,96	19912,58	38020,06	19225,48	BTU/h
9	43615,18	26544,31	42349,47	25459,41	BTU/h
10	46765,50	32720,67	45391,30	30840,19	BTU/h
11	49008,33	40672,40	47634,13	35175,61	BTU/h
12	50750,90	48161,88	49376,70	38144,70	BTU/h
13	56665,92	55149,29	51169,13	40611,74	BTU/h
14	62322,25	57458,05	52015,77	40786,88	BTU/h
15	68870,08	56618,24	52958,33	39657,76	BTU/h
16	66791,64	51140,25	50590,58	36421,88	BTU/h
17	62582,49	33896,61	47574,82	29267,74	BTU/h
18	46265,25	23726,75	40189,85	23726,75	BTU/h
19	34792,57	21454,72	34792,57	21454,72	BTU/h
20	33287,63	20191,19	33287,63	20191,19	BTU/h
21	32032,55	19432,63	32032,55	19432,63	BTU/h
22	31781,43	18420,70	31781,43	18420,70	BTU/h

Fonte: Elaborado pelo autor

A carga térmica variou de acordo com o tipo de proteção utilizada. E quando se incluiu a renovação e as infiltrações, houve um aumento considerável no valor da carga térmica, visto que, ar externo entra ao interior da sala sem um controle, trazendo consigo calor, elevando a carga térmica.

A taxa de renovação de ar foi calculada com base nas indicações da razão de ar por pessoa em ambiente escolar. Portanto, o valor unitário é de 50 m³/h, sendo 41 pessoas na sala, a renovação calculada é de 2050 m³/h.

3. VENTILAÇÃO

Segundo MACINTYRE (1990, p. 74), a ventilação forçada pode ser de três tipos: Insuflação mecânica e exaustão natural, insuflação natural e exaustão mecânica e insuflação mecânica e exaustão mecânica. Há ainda a ventilação natural, onde, segundo CLEZAR (2009, p. 83) onde “a diferença de pressão necessária para movimentação do ar é decorrente da diferença de temperatura entre o ar interior e exterior e do vento”, sem a necessidade de uma fonte mecânica para garantir a insuflação ou a exaustão.

Ainda de acordo com CLEZAR (2009), “os resultados obtidos com a ventilação natural podem variar consideravelmente devido à variação da intensidade e direção do vento”. Por esta razão, foi escolhido um sistema que não dependesse tanto das alterações climáticas, pois são fatores que fogem ao controle, desta maneira, escolheu-se um sistema de ventilação mecânico. Portanto, dentre os três tipos de ventilação, foi escolhido um sistema de exaustão mecânica e insuflação natural, por ser menos custoso que os demais MACINTYRE (2009) e, com o uso de filtros na entrada garante um controle eficaz da qualidade do ar.

Vale ressaltar, que para a utilização de ventiladores axiais na exaustão, eles devem localizar-se na parede oposta à das entradas de ar, garantindo assim a ventilação cruzada exigida pela norma e em nível o mais alto possível em relação ao piso, potencializando o efeito chaminé na retirada de calor sensível.

A ventilação cruzada, segundo a norma, caracteriza-se pela abertura de entrada do ar em uma parede e as saídas em uma parede oposta, obrigando que o vento cruze a área a ser refrigerada, retirando calor e controlando a umidade.

3.1. CARTA BIOCLIMÁTICA

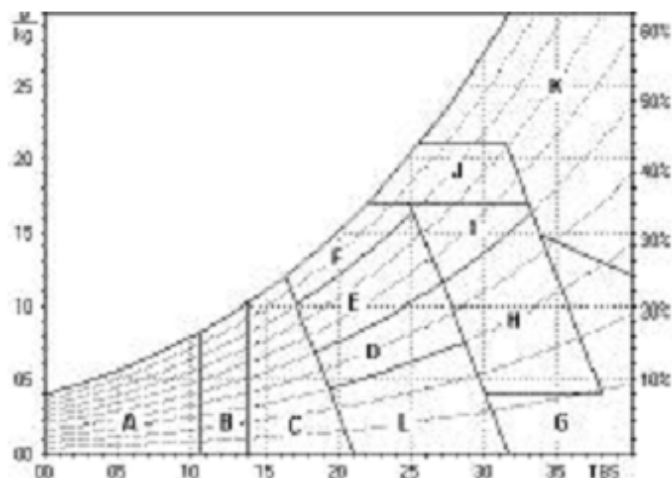
Em uma análise da carta bioclimáticas do Rio de Janeiro, elaborada por LAMBERTS *et al* (1997, p. 124) e também presente na NBR 15220-3, comprova-se que a maior concentração de pontos encontra-se na faixa ventilação e conforto térmico, massa térmica para aquecimento e alguns na área de ar condicionado, sendo estas as estratégias mais indicadas para obtenção de conforto térmico na capital fluminense. Ainda segundo LAMBERTS *et al* (1997, p. 134), a proximidade geográfica entre Vitória e Rio de Janeiro e a proximidade de ambas em relação ao mar, as cartas bioclimáticas delas tendem a ser equivalentes, e por isso, as estratégias para obtenção de conforto térmico também o são.

Desta maneira, para a cidade de Vitória, segundo Lamberts, obteremos com a ventilação, conforto térmico em um total de 56,9% das horas anuais, que representa quase a totalidade das horas de desconforto térmico por calor (64%). Por isso, a técnica de ventilação é uma boa alternativa para Vitória.

Isto se comprova ao analisar-se a NBR 15220-3 que traz a carta bioclimática para 8 zonas brasileiras e as principais estratégias de refrigeração adotada em cada zona. Vitória – ES localiza-se na zona 8 e tem como principal estratégia de refrigeração, a ventilação cruzada. A ventilação cruzada, segundo a norma, caracteriza-se pela abertura de entrada do ar em uma parede e as saídas em uma parede oposta, obrigando que o vento cruze a área a ser refrigerada, retirando calor e controlando a umidade.

A figura 4 traz um modelo geral para a carta bioclimática:

Figura 4: Carta bioclimática brasileira e suas regiões



Fonte: NBR 15220-3

A carta é dividida em várias regiões, de acordo com a melhor estratégia de climatização de ar a ser aplicada e são apresentadas a seguir:

A – Zona de aquecimento artificial (calefação);

O uso de aquecimento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por frio.

B – Zona de aquecimento solar da edificação;

A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio através da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes através do aproveitamento da radiação solar.

C – Zona de massa térmica para aquecimento;

A adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido.

D – Zona de conforto térmico (baixa umidade);

E – Zona de conforto térmico (não precisa fazer nada);

F – Zona de desumidificação (renovação do ar);

As sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida através da renovação do ar interno por ar externo através da ventilação dos ambientes.

G + H – Zona de resfriamento evaporativo;

Em regiões quentes e secas, a sensação térmica no período de verão pode ser amenizada através da evaporação da água. O resfriamento evaporativo pode ser obtido através do uso de vegetação, fontes de água ou outros recursos que permitam a evaporação da água diretamente no ambiente que se deseja resfriar.

H + I – Zona de massa térmica de refrigeração;

Temperaturas internas mais agradáveis também podem ser obtidas através do uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite, quando as temperaturas externas diminuem.

I + J – Zona de Ventilação;

A ventilação cruzada é obtida através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deveria ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois o entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos.

K – Zona de refrigeração artificial (ar condicionado);

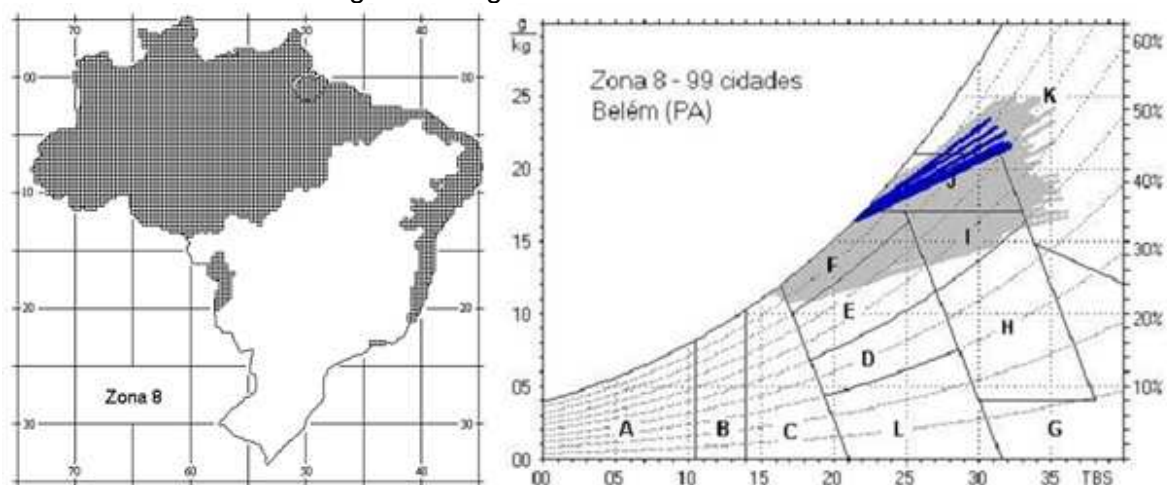
O uso de resfriamento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por calor.

L – Zona de umidificação do ar.

Nas situações em que a umidade relativa do ar for muito baixa e a temperatura do ar estiver entre 21°C e 30°C, a umidificação do ar proporcionará sensações térmicas mais agradáveis. Essa estratégia pode ser obtida através da utilização de recipientes com água e do controle da ventilação, pois esta é indesejável por eliminar o vapor proveniente de plantas e atividades domésticas.

E ainda de acordo com a norma NBR 15220-3, as cidades são classificadas em 8 zonas distintas, e cada zona possui uma peculiaridade. E para cada uma dessas zonas, a norma dita algumas diretrizes a serem seguidas em projetos de ventilação. Vitória – ES localiza-se na zona 8. A zona 8 e a carta bioclimática característica para essa zona são mostrados na Figura 5 a seguir:

Figura 5: Região 8 e carta bioclimática brasileira



Fonte: NBR 15220-3

Portanto, analisando-se a carta bioclimática para a cidade de Vitória – ES conclui-se que as maiores concentrações de pontos estão nas regiões de conforto térmico, de ventilação, de desumidificação e na de refrigeração artificial.

3.2. RETIRADA DE CALOR SENSÍVEL E CALOR LATENTE

Estudos acerca das condições do conforto térmico já foram abordados neste trabalho no capítulo 2.2 e conforme ele, a temperatura de conforto térmico nem sempre é aquela estipulada pela norma. Conforme demonstrado, há um *range* de temperatura ao qual não há perda significativa de rendimento por parte do aluno e no qual facilita o projeto de instalações de ventilação. Esta temperatura, segundo GIVONI (1992), para países em desenvolvimento se situa entre 18 e 29 graus Celsius com uma umidade relativa variando entre 20% e 80%.

Assim, para efeitos práticos, foram estipulados três valores de temperatura para determinação das condições de conforto térmico no interior de uma sala de aula, respeitando-se os parâmetros descritos por Givoni. Os valores escolhidos foram de 26°C, 27°C e 28°C.

O objetivo principal de um sistema de ventilação é a remoção de calor sensível, entretanto, ele também remove o calor latente, uma vez que, melhora o grau de umidade relativa. Outro ponto importante, é que à medida que a temperatura de bulbo seco aumenta, o calor sensível liberado por um ser humano diminui, pois a diferença de temperatura entre o corpo humano e o ambiente também diminui, todavia, há um aumento na transpiração, pois o sistema termo-regulador do corpo atua, liberando suor e pela evaporação dele, retira calor do corpo. Mas este calor resultante da evaporação do suor passa para o ambiente e é o chamado calor latente. Desta maneira, à medida que se aumenta a temperatura ambiente há um aumento do calor latente gerado e uma diminuição do calor sensível. Considerando-se que o nível de atividade física dessa pessoa permaneça constante, independente da temperatura, ela perderá a mesma quantidade de calor, variando-se apenas a proporção de calor sensível ou calor latente.

A Tabela 8 traz as taxas de calor sensível e de calor latente para várias temperaturas usuais e algumas atividades físicas. Os valores desta tabela se assemelham com os valores encontrados na norma, que se encontram na Tabela 5 (p. 22).

Tabela 11: calor sensível e latente.

Local	Metabolismo médio S + L (kcal/h)	Temperatura em °C									
		28		27		26		24		21	
		S	L	S	L	S	L	S	L	S	L
Escritório	113	45	68	50	63	54	59	61	52	71	42
Restaurante	139	48	91	55	84	61	78	71	68	81	58
Fábrica (trabalho leve)	189	48	141	55	134	62	127	74	115	92	97
Fábrica (trabalho pesado)	252	68	184	76	176	83	169	96	156	116	136
Auditórios	113	45	68	50	63	54	59	61	52	71	42
S = calor sensível L = calor latente [kcal/h]											

Fonte: Macintyre (1990)

Entretanto, o objetivo principal de quando se utiliza das técnicas de ventilação industrial é a retirada de calor sensível, visto que, para a retirada do calor latente dependerá das condições ambientais externas, otimizando a umidade relativa no recinto e reduzindo o desconforto causado pelo calor latente da transpiração. (MACINTYRE, 1990).

Como o presente trabalho considera a condição de conforto térmico um pouco acima da estipulada pela norma, conforme foi explicado em GIVONI (1992), considerou-se então, três temperaturas para obtenção do conforto térmico por ventilação, conforme já explicado. Desta maneira, para o sistema de ventilação, calculou-se a carga térmica no recinto para as três temperaturas (26°C, 27°C e 28°C).

Salienta-se que as cargas térmicas nestas três temperaturas são inferior à carga térmica calculada baseada na norma NBR 16401, visto que, para as condições de conforto seguindo a norma é de 24°C com 50% de umidade relativa. Fica claro, que com o aumento da temperatura interna da sala, a carga térmica a ser tirada por ventilação também diminuirá. Portanto, a Tabela 9 a seguir traz os valores da carga térmica a ser retirada por ventilação para o mês mais quente (fevereiro) e para o mês mais frio (julho).

Tabela 12: Carga térmica para ventilação com Proteção Interna.

Hora	Carga Térmica Total com Proteção Interna [BTU/h]					
	26°C		27°C		28°C	
	Fev	Jul	Fev	Jul	Fev	Jul
8	32331,59	17086,96	30348,64	15104,00	28365,68	13121,05
9	35962,05	22416,81	33979,09	20433,85	31996,14	18450,89
10	38497,26	27524,22	36514,30	25541,26	34531,34	23558,30
11	40281,92	34894,08	38298,96	32911,13	36316,00	30928,17
12	41669,99	42173,04	39687,03	40190,08	37704,07	38207,12
13	47585,01	49055,40	45602,05	47072,44	43619,10	45089,48
14	53494,39	51521,79	51511,43	49538,83	49528,48	47555,88
15	60346,97	50945,40	58364,01	48962,45	56381,05	46979,49
16	58779,10	45943,80	56796,14	43960,84	54813,19	41977,89
17	55083,90	29286,31	53100,94	27303,35	51117,99	25320,40
18	39491,88	19868,74	37508,92	17885,79	35525,97	15902,83
19	28593,76	18084,08	26610,80	16101,13	24627,84	14118,17
20	27403,98	17092,60	25421,02	15109,65	23438,07	13126,69
21	26412,50	16497,72	24429,55	14514,76	22446,59	12531,80
22	26214,21	15704,53	24231,25	13721,58	22248,29	11738,62

Fonte: Elaborado pelo autor

A tabela acima se refere aos valores de carga térmica para a ocupação típica da sala de aula e sem proteção, enquanto que a tabela à seguir, Tabela 10, traz os valores da carga térmica levando-se em consideração que houvesse uma proteção externa nas áreas de ventilação e/ou de maior incidência solar (parede oeste).

Tabela 13: Carga térmica para ventilação com proteção externa

Hora	Carga térmica com proteção externa [BTU/h]					
	26°C		27°C		28°C	
	Fev	Jul	Fev	Jul	Fev	Jul
8	31246,70	16399,86	29263,74	14416,91	27280,79	12433,95
9	34696,34	21331,91	32713,39	19348,96	30730,43	17366,00
10	37123,06	25643,74	35140,10	23660,78	33157,15	21677,82
11	38907,72	29397,30	36924,77	27414,34	34941,81	25431,38
12	40295,79	32155,86	38312,84	30172,91	36329,88	28189,95
13	42088,22	34517,84	40105,27	32534,88	38122,31	30551,93
14	43187,91	34850,61	41204,96	32867,66	39222,00	30884,70
15	44435,22	33984,92	42452,26	32001,96	40469,30	30019,01
16	42578,04	31225,43	40595,09	29242,47	38612,13	27259,51
17	40076,22	24657,44	38093,27	22674,48	36110,31	20691,52

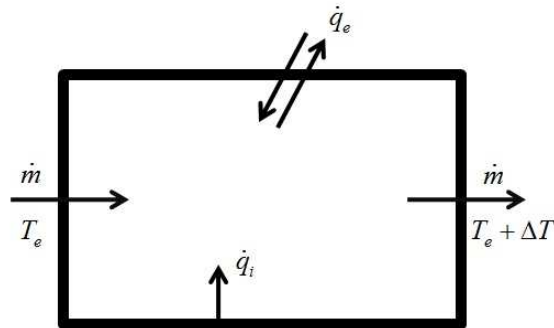
18	33416,48	19868,74	31433,53	17885,79	29450,57	15902,83
19	28593,76	18084,08	26610,80	16101,13	24627,84	14118,17
20	27403,98	17092,60	25421,02	15109,65	23438,07	13126,69
21	26412,50	16497,72	24429,55	14514,76	22446,59	12531,80
22	26214,21	15704,53	24231,25	13721,58	22248,29	11738,62

Fonte: Elaborado pelo autor

Analisando-se a variação da carga térmica para ventilação ao longo do tempo de ocupação e para as três temperaturas propostas, nota-se a sua diminuição indo do mês de fevereiro para o mês de julho, igualmente observada quando há a existência de uma proteção externa ou não.

Após quantificar-se a carga térmica total presente no ambiente, tem-se informações suficientes para se determinar a vazão de ar necessária para retirar o calor sensível. Segundo CLEZAR (2009, p. 68), o balanço de energia para a sala é mostrado na Figura 6 a seguir:

Figura 6: Balanço de energia na sala de aula para retirada de calor sensível



Fonte: Elaborado pelo autor

Baseado na Figura 6 tem-se:

$$\dot{q}_T = \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \quad (3.1)$$

E sabendo-se que:

$$\dot{q}_T = \dot{q}_{ext} + \dot{q}_{int} \quad (3.2)$$

$$\dot{m} = (\rho \cdot Q)_E = (\rho \cdot Q)_S \quad (3.3)$$

Substituindo as equações (3.2) e a (3.3) na equação (3.1) tem-se:

$$Q_E = \frac{\dot{q}_T}{\rho_E \cdot c_p \cdot \Delta T} \quad (3.4)$$

Onde:

Q_e é a vazão de ar a ser insuflada, m³/h;

\dot{q}_T é a carga térmica total do recinto, W;

ρ_e é a massa específica do ar na entrada da sala, kg/m³;

c_p é o calor específico do ar, J/(kg.°C); e

ΔT é a variação de temperatura entre o interior e o exterior da sala, °C.

Entretanto, a massa específica do ar varia em função da temperatura, e como a temperatura varia durante o dia inteiro, o valor do também variará. O cálculo de vazão se dá da seguinte maneira:

$$\rho_E = \frac{P}{R_{ar} \cdot T_E} \quad \text{e} \quad \rho_S = \frac{P}{R_{ar} \cdot T_S} \quad (3.5) \text{ e } (3.6)$$

Onde R_{ar} é uma constante e vale 287 J/kg.K, P é a pressão ao nível do mar, que é de 101.300 Pa e T_E e T_S são a temperatura de entrada e saída, respectivamente, em K. Como T_S tem que se manter constante, pois é a temperatura que se deseja manter no interior da sala, o ρ_S também se manterá constante.

A vazão de ar na entrada da sala é dada por:

$$Q_E = \frac{\dot{q}_T}{\rho_E \cdot c_p \cdot \Delta T} \quad (3.7)$$

E a vazão na saída é dada por:

$$Q_S = Q_E \cdot \left(\frac{\rho_E}{\rho_S} \right) \quad (3.8)$$

Assim como no cálculo da carga térmica, o cálculo da vazão também foi feito para três temperaturas de *set point*, ou seja, para três condições distintas, sendo 26°C, 27°C e para 28°C. Também se levou em consideração, a existência ou não da proteção externa.

A Tabela 14 traz as informações dos valores de ρ_E e do ρ_S para o horário de ocupação da sala nos meses de fevereiro e julho, assim como foi feito para o estudo da carga térmica.

Tabela 14: Variação da massa específica do ar na entrada (exterior) e os valores constantes da saída (interior)

da Sarda (MKS-197)					
Hora	ρ_E [kg/m³]				
	Fevereiro		Julho		
8	1,167587405		1,19688597		
9	1,161058133		1,187223924		
10	1,156493029		1,179290586		
11	1,15309269		1,174972279		
12	1,150461775		1,173409815		
13	1,150461775		1,172630141		
14	1,152339773		1,173800041		
15	1,15460148		1,175755072		
16	1,158390786		1,179290586		
17	1,162205046		1,183640753		
18	1,167587405		1,189223964		
19	1,171851502		1,19284107		
20	1,174190527		1,194860096		
21	1,176146859		1,196074797		
22	1,176538908		1,197698244		
ρ_S [kg/m³]					
26°C (299K)	1,1805	27°C (300K)	1,176539	28°C (301K)	1,1726301

Fonte: Elaborado pelo autor

Sabendo-se a variação das temperaturas e conseqüente variação da massa específica do ar no ambiente externo, ou seja, na entrada, é possível calcular a vazão de ar necessária para obter o conforto térmico para cada uma das temperaturas estabelecidas, 26°C, 27°C e 28°C. Entretanto, a partir desse ponto, trabalhar-se-á apenas com a temperatura de 28°C (301K), pois é a temperatura mais elevada, segundo GIVONI (1992), que se pode obter conforto térmico em ambientes de estudo.

Na Tabela 15 a seguir, tem-se os valores das vazões de entrada e saída para a sala de aula em estudo, em m³/s, levando-se em consideração a existência de proteção externa nas áreas críticas ou apenas a proteção interna, da forma com que está instalada na sala. Conforme já descrito, a vazão de entrada é em função da carga térmica total da sala e da variação de temperatura entre o ambiente interno e externo. Por este fato, quando a temperatura externa for superior a temperatura interna, o ΔT será negativo, de modo que a vazão também seja. Neste caso, o sistema de ventilação deverá ser interrompido e o sistema de condicionamento de ar deverá ser ligado.

E como o ΔT está no denominador, quanto menor for a diferença de temperatura entre o exterior e o interior, maior será a vazão necessária de ar para manter o equilíbrio térmico no interior da sala, todavia, quando o valor do ΔT for igual a zero, a vazão de ar tenderá para infinito. Na Tabela 14, ele encontra-se como MAX.

Tabela 15: Vazão de ar nas entradas e saídas para uma temperatura interna de 28°C [m³/s]

Hora	Vazão Com Proteção Interna [m ³ /s]				Vazão Com Proteção Externa [m ³ /s]			
	Entrada		Saída		Entrada		Saída	
	FEV	JUL	FEV	JUL	FEV	JUL	FEV	JUL
8	-4,2587	0,2730	-4,2404	0,2786	-4,0491	0,2454	-4,0317	0,2505
9	-2,1615	0,8096	-2,1402	0,8197	-2,0549	0,7372	-2,0347	0,7463
10	-1,7031	2,5211	-1,6797	2,5354	-1,6201	2,2460	-1,5978	2,2587
11	-1,4957	10,2353	-1,4708	10,2557	-1,4272	7,9485	-1,4034	7,9644
12	-1,3792	39,8432	-1,3531	39,8697	-1,3188	27,3247	-1,2939	27,3429
13	-1,6392	MAX	-1,6082	MAX	-1,3976	MAX	-1,3712	MAX
14	-2,0747	34,3395	-2,0388	34,3738	-1,5797	20,4548	-1,5524	20,4752
15	-2,7053	12,6762	-2,6637	12,7100	-1,8453	7,3879	-1,8170	7,4075

16	-3,3179	5,2157	-3,2776	5,2453	-2,2093	3,0625	-2,1825	3,0799
17	-4,1865	1,6810	-4,1493	1,6967	-2,7838	1,2713	-2,7591	1,2833
18	-5,6422	0,5624	-5,6180	0,5704	-4,4683	0,5624	-4,4491	0,5704
19	-22,9036	0,3757	-22,8884	0,3822	-22,9036	0,3757	-22,8884	0,3822
20	10,6860	0,2981	10,7003	0,3038	10,6860	0,2981	10,7003	0,3038
21	4,4667	0,2580	4,4801	0,2631	4,4667	0,2580	4,4801	0,2631
22	3,9693	0,2104	3,9825	0,2149	3,9693	0,2104	3,9825	0,2149

Fonte: Elaborado pelo autor

Ao analisar os dados apresentados, e tomando com base o mês mais quente (fevereiro) e sabendo-se que o horário de ponta para a UFES é das 19 às 22 horas, portanto, ela ocupa a 20^a, 21^a e 22^a hora da tabela e fica evidente, que no período de ponta, independente do mês do ano, a ventilação pode ser aplicada a contento.

Uma vez determinada as vazões horárias ao longo do ano para as condições de conforto térmico, deve-se levar em consideração outros fatores, que influenciarão no convívio intra-sala, como a velocidade de deslocamento do ar no interior dela.

Segundo a norma NBR 16401-2 (2008, p. 8), a velocidade no interior da sala não pode ser superior a 0,8 m/s. E como a velocidade está diretamente ligada à vazão de ar, visto que, a velocidade é a razão entre a vazão e a área da sala, a vazão máxima suportada sem que haja conflitos com a norma e com a condição de conforto térmico é de 26,66 m³/s, considerando-se que a área da seção da sala é de 33,32 m².

Nestas condições, de acordo com as tabelas geradas para ventilação com e sem a proteção externa, em todo o tempo de ocupação da sala 21 de aula, poderá ser aplicado às técnicas de ventilação industrial, entretanto, a utilização da ventilação fica ainda restrita aos critérios técnicos, pois quanto menor for a variação entre a temperatura interna e a externa, maior será a vazão necessária para manter a temperatura estável na temperatura de *set point* (26°C, 27°C ou 28°C), elevando consideravelmente os custos e as dimensões dos ventiladores.

Desta maneira, estabeleceu-se um intervalo mínimo e um máximo para um ΔT de operação, ficando limitados pelos dois critérios descritos acima. Outro fator é quando a temperatura externa for superior à temperatura que se deseja manter dentro da sala. Neste caso, a ventilação não resolveria o problema, devendo-se

aplicar a refrigeração artificial. Neste último caso, a vazão está com sinal negativo justamente por isso.

Nas Tabelas 16 e 17 a seguir, as células hachuradas são as que respeitam todas as condições de contorno, ou seja, são nesses horários que a ventilação pode ser perfeitamente aplicada, respeitando tanto o parâmetro de velocidade máxima no interior do recinto quanto o parâmetro da mínima variação de temperatura entre o ambiente externo e o interno.

Tabela 16: Vazão de ar e Velocidade do escoamento para três temperaturas distintas com proteção interna.

Proteção Interna												
Hora	26°C				27°C				28°C			
	Vazão [m³/s]		Velocidade [m/s]		Vazão [m³/s]		Velocidade [m/s]		Vazão [m³/s]		Velocidade [m/s]	
	FEV	JUL	FEV	JUL	FEV	JUL	FEV	JUL	FEV	JUL	FEV	JUL
8	-1,958	0,652	-0,059	0,020	-2,604	0,429	-0,078	0,013	-4,240	0,279	-0,127	0,008
9	-1,473	2,352	-0,044	0,071	-1,723	1,303	-0,052	0,039	-2,140	0,820	-0,064	0,025
10	-1,289	-17,556	-0,039	-0,527	-1,447	6,843	-0,043	0,205	-1,680	2,535	-0,050	0,076
11	-1,188	-5,070	-0,036	-0,152	-1,307	-16,568	-0,039	-0,497	-1,471	10,256	-0,044	0,308
12	-1,126	-4,948	-0,034	-0,148	-1,223	-10,552	-0,037	-0,317	-1,353	39,870	-0,041	1,197
13	-1,314	-5,308	-0,039	-0,159	-1,440	-10,157	-0,043	-0,305	-1,608	∞	-0,048	∞
14	-1,605	-6,605	-0,048	-0,198	-1,788	-15,389	-0,054	-0,462	-2,039	34,374	-0,061	1,032
15	-2,003	-9,238	-0,060	-0,277	-2,276	-53,142	-0,068	-1,595	-2,664	12,710	-0,080	0,381
16	-2,286	-32,810	-0,069	-0,985	-2,677	13,402	-0,080	0,402	-3,278	5,245	-0,098	0,157
17	-2,577	7,131	-0,077	0,214	-3,151	2,905	-0,095	0,087	-4,149	1,697	-0,125	0,051
18	-2,497	1,529	-0,075	0,046	-3,380	0,901	-0,101	0,027	-5,618	0,570	-0,169	0,017
19	-2,515	0,942	-0,075	0,028	-4,214	0,594	-0,126	0,018	-22,888	0,382	-0,687	0,011
20	-3,273	0,743	-0,098	0,022	-7,934	0,476	-0,238	0,014	10,700	0,304	0,321	0,009
21	-4,537	0,648	-0,136	0,019	-45,130	0,417	-1,354	0,013	4,480	0,263	0,134	0,008
22	-4,941	0,542	-0,148	0,016	∞	0,348	∞	0,010	3,983	0,215	0,120	0,006

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 17: Vazão de ar e Velocidade do escoamento para três temperaturas distintas com proteção externa.

Proteção Externa												
Hora	26°C				27°C				28°C			
	Vazão [m³/s]		Velocidade [m/s]		Vazão [m³/s]		Velocidade [m/s]		Vazão [m³/s]		Velocidade [m/s]	
	FEV	JUL	FEV	JUL	FEV	JUL	FEV	JUL	FEV	JUL	FEV	JUL
8	-1,876	0,611	-0,056	0,018	-2,486	0,396	-0,075	0,012	-4,032	0,250	-0,121	0,008
9	-1,410	2,193	-0,042	0,066	-1,644	1,202	-0,049	0,036	-2,035	0,746	-0,061	0,022

10	-1,234	-15,999	-0,037	-0,480	-1,381	6,173	-0,041	0,185	-1,598	2,259	-0,048	0,068
11	-1,140	-4,094	-0,034	-0,123	-1,250	-13,143	-0,038	-0,394	-1,403	7,964	-0,042	0,239
12	-1,082	-3,565	-0,032	-0,107	-1,173	-7,431	-0,035	-0,223	-1,294	27,343	-0,039	0,821
13	-1,139	-3,502	-0,034	-0,105	-1,238	-6,533	-0,037	-0,196	-1,371	∞	-0,041	∞
14	-1,255	-4,169	-0,038	-0,125	-1,380	-9,452	-0,041	-0,284	-1,552	20,475	-0,047	0,615
15	-1,413	-5,727	-0,042	-0,172	-1,580	-32,003	-0,047	-0,960	-1,817	7,408	-0,055	0,222
16	-1,580	-20,621	-0,047	-0,619	-1,818	8,161	-0,055	0,245	-2,182	3,080	-0,066	0,092
17	-1,784	5,693	-0,054	0,171	-2,140	2,264	-0,064	0,068	-2,759	1,283	-0,083	0,039
18	-2,040	1,529	-0,061	0,046	-2,721	0,901	-0,082	0,027	-4,449	0,570	-0,134	0,017
19	-2,515	0,942	-0,075	0,028	-4,214	0,594	-0,126	0,018	-22,888	0,382	-0,687	0,011
20	-3,273	0,743	-0,098	0,022	-7,934	0,476	-0,238	0,014	10,700	0,304	0,321	0,009
21	-4,537	0,648	-0,136	0,019	-45,130	0,417	-1,354	0,013	4,480	0,263	0,134	0,008
22	-4,941	0,542	-0,148	0,016	∞	0,348	∞	0,010	3,983	0,215	0,120	0,006

Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando-se o comportamento da vazão em função da variação da temperatura externa, para o mês mais quente e mais frio, em três condições de temperatura diferentes dentro da sala, a que se mostrou mais favorável para aplicação da ventilação geral diluidora, foi para a temperatura interna de 28°C, pois se conseguiu balancear todos os parâmetros envolvidos, como a velocidade máxima de escoamento e o ΔT relativamente grande, de modo que não comprometa o dimensionamento mais econômico dos ventiladores e de todo os demais equipamentos.

Além desses fatores, a temperatura interna de 28° mostrou-se mais favorável para se aplicar ventilação no horário de ponta, pois foi o único que manteve a área totalmente hachurada durante o horário de ponta (de 19 às 22 horas) em todos os meses do ano.

3.3. VENTILADORES

De acordo com Macintyre (1990), ventiladores são máquinas turbodinâmicas destinadas a produzir o deslocamento de gases, através da rotação de um rotor dotados de pás adequadas, acionados geralmente por um motor elétrico, transformando a energia potência de pressão em energia cinética. E de acordo com

Creder (2009), o ventilador pode ser considerado uma bomba de ar funcionando de modo a vencer as pressões de resistência imposta pelos dutos e acessórios presentes no sistema.

Novamente de acordo com Macintyre, os ventiladores podem ser classificados por vários critérios, sendo eles: Segundo o nível energético de pressão que estabelecem; Segundo a modalidade construtiva; Pela forma das pás; De acordo com o número de entradas de aspiração no rotor; E de acordo com o número de rotores.

- I. Segundo o nível energético de pressão que estabelecem: Eles se subdividem em quatro categorias, ou seja, de baixa pressão (até 200 mmH₂O), de média pressão (200 até 800 mmH₂O), de alta pressão (800 até 2.500 mmH₂O) e de muito alta pressão (2.500 até 10.000 mmH₂O).
- II. Segundo a modalidade construtiva: podem ser centrífugos, hélico-centrífugos e axiais.
 - a. Centrífugos: Quando a trajetória de uma partícula gasosa no rotor se realiza em uma superfície que é aproximadamente um plano normal ao eixo, portanto, uma espiral.
 - b. Hélico-centrífugos: Quando a partícula em sua passagem no interior do rotor descreve uma hélice sobre uma superfície de revolução cônica cuja geratriz é uma linha curva.
 - c. Axiais: Quando a trajetória descrita por uma partícula em sua passagem pelo rotor é uma hélice descrita em uma superfície de revolução aproximadamente cilíndrica.
- III. Segundo a forma das pás: podem ser radiais retas, inclinadas para trás, inclinadas para frente, planas ou curvas, etc..
- IV. Segundo o número de entradas de aspiração: Ele pode ter entrada unilateral (simples aspiração) ou entrada bilateral (dupla aspiração).
- V. Segundo o número de rotores: pode ser de simples estágio, ou seja, com apenas um rotor (mais usual) ou de duplo estágio, com dois rotores

montados em um mesmo eixo. Nesta última configuração, o primeiro estágio serve para alimentar o segundo estágio, atingindo pressões bem acima do convencional (3.000 até 4.000 mmH₂O).

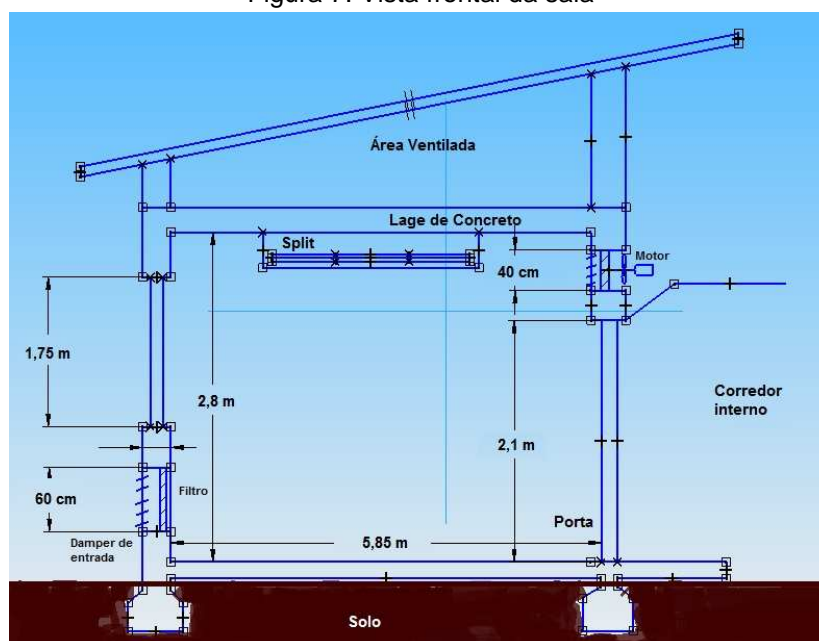
O Clezar (2009) resume bem a definição de ventiladores centrífugos e axiais: Os ventiladores centrífugos são aqueles cujo escoamento é substancialmente radial, enquanto que os axiais, o escoamento é paralelo ao eixo.

A escolha por ventiladores axiais se deu, pela necessidade em se ter ventiladores pequenos, pois o espaço onde eles estarão inseridos é pequeno e principalmente por ser este tipo de ventilador o de menor custo. Entretanto, ele é mais ruidoso e menos eficiente do que os demais.

3.4. ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

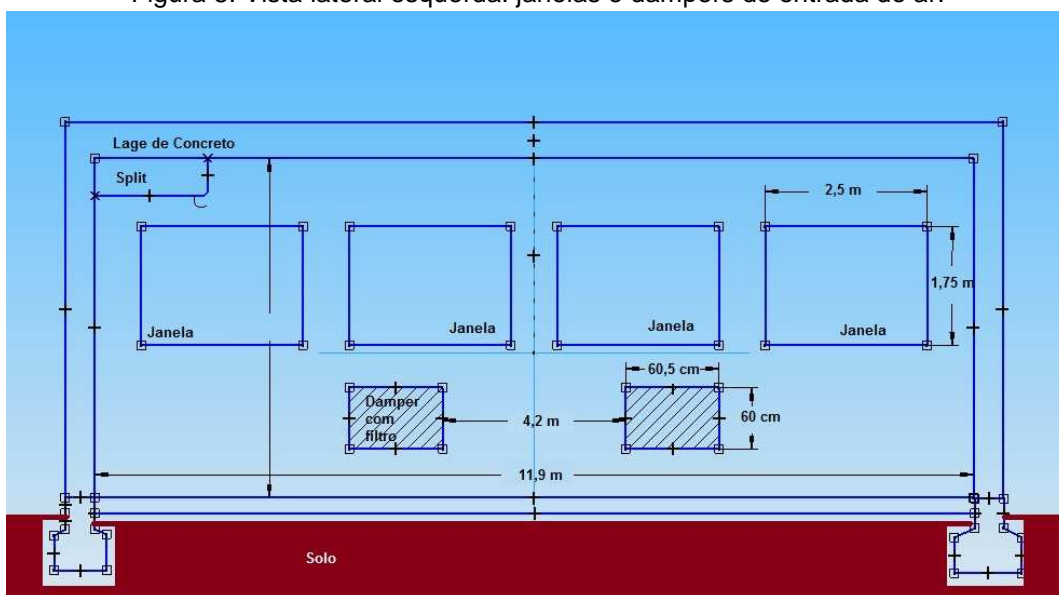
A especificação dos equipamentos é feita de acordo com a necessidade do projeto, neste caso em questão seria os filtros, ventiladores e dampers. As figuras abaixo esquematizam estes equipamentos e suas respectivas localidades.

Figura 7: Vista frontal da sala



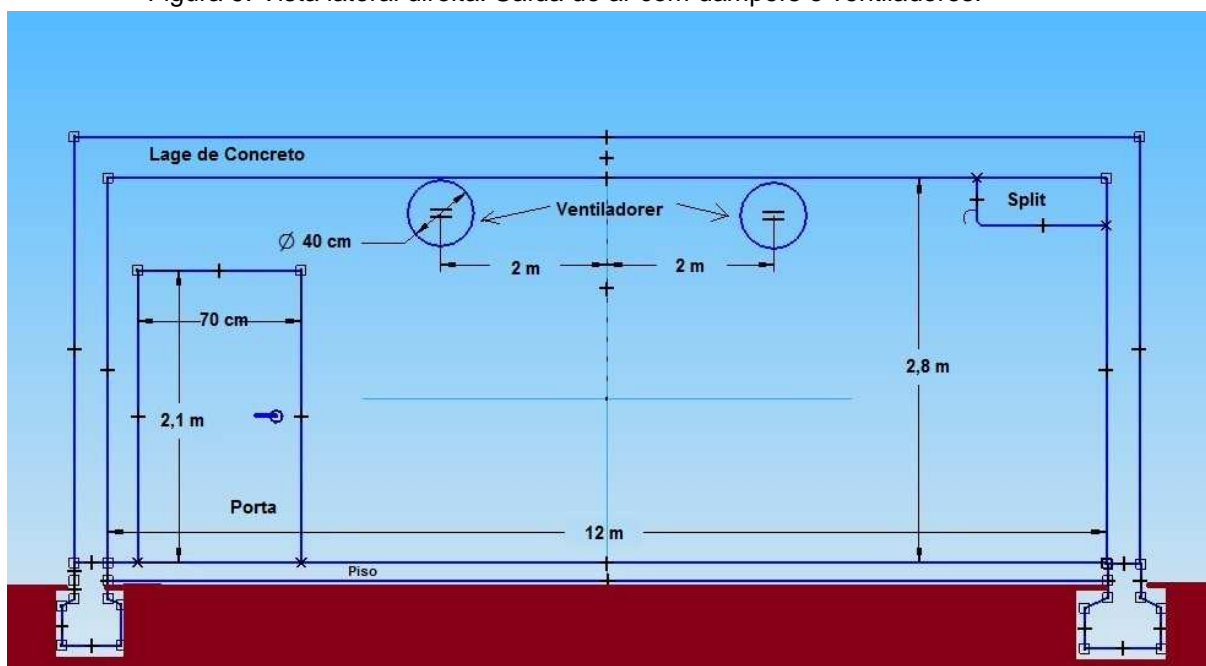
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 8: Vista lateral esquerda: janelas e dampers de entrada de ar.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 9: Vista lateral direita: Saída de ar com dampers e ventiladores.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4.1. Especificação do filtro

Segundo Macintyre (1990), os filtros são meios porosos capazes de coletar material particulado ou névoas que os atravessam. Em geral, para ventilação

industrial, os filtros são constituídos de materiais fibrosos dispostos sob a forma de tecido ou compactado, formando placas ou painéis.

Eles podem ser classificados em: Filtros em painéis compactados, filtros de tecido (em forma de sacos, tubos, etc...), filtros de fibra de vidro, filtros de carvão ativado e filtros de tecido de arame de aço sob a forma de mantas.

A escolha do filtro depende do tipo de material particulado que se deseja reter e do diâmetro dele.

Deve-se dimensionar primeiro o filtro antes do ventilador, a perda de carga imposta pelo elemento filtrante é fator decisivo para o dimensionamento correto do ventilador.

De acordo com a NBR 16401-3, é adotada a classificação de filtros de acordo com a EN 779 que determina a eficiência dos filtros grossos por ensaio gravimétrico com poeira padronizada e a eficiência para filtros finos com capacidade de retenção de particulado da ordem de 0,4 μm produzida pela dispersão de aerossol líquido.

A Tabela 18 a seguir traz os valores das eficiências dos filtros e as suas classes, de acordo com a EN 779, extraído da NBR 16401-3.

Tabela 18: Eficiência dos filtros e suas classes

Tipos de Filtros	Classe	Eficiência gravimétrica média Eg %	Eficiência média para partículas de 0,4 μm Ef %
		Eg %	Ef %
Grossos	G1	$50 \leq \text{Eg} < 65$	---
	G2	$65 \leq \text{Eg} < 80$	---
	G3	$80 \leq \text{Eg} < 90$	---
	G4	$90 \leq \text{Eg}$	---
Finos	F5	---	$40 \leq \text{Ef} < 60$
	F6	---	$60 \leq \text{Ef} < 80$
	F7	---	$80 \leq \text{Ef} < 90$
	F8	---	$90 \leq \text{Ef} < 95$
	F9	---	$95 \leq \text{Ef}$

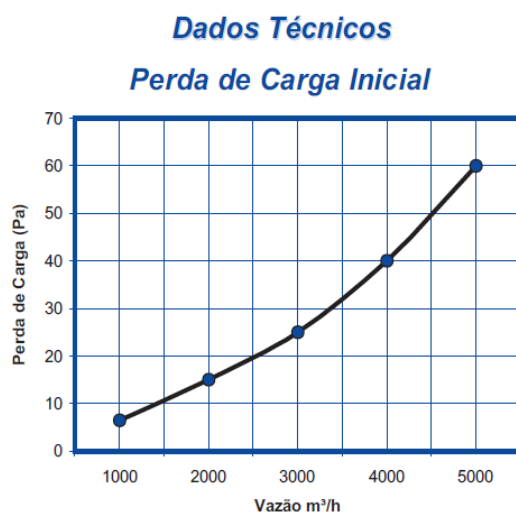
Fonte: NBR 16401-3 (EN 779)

Baseados na norma NBR 16401-3 (p. 11), o filtro mais indicado para sistemas de ventilação e ar condicionado em salas de aula é o de classe F5.

E segundo o catálogo do fabricante aeroglass, o elemento filtrante mais indicado para ventilação e ar condicionado é o filtro do tipo multibolsa (baseado na NBR 16401 – EN 779) que são confeccionados com fibras sintéticas de densidade progressiva, permitindo grandes vazões de ar filtrado em relação a sua área frontal disponível. Na Figura 10 abaixo se tem o gráfico da perda de carga pela vazão em m^3/h no filtro e algumas de suas características como dimensões, eficiências e capacidade de acúmulos de pó, entre outras.

Portanto, segundo o fabricante, o filtro que melhor se aplica às condições impostas pelo ambiente é o de modelo AEROBAG – 618.

Figura 10: Dados técnicos do fabricante do filtro para ventilação e ar condicionado.



Filtro MB 618

Características	AEROBAG - 618	
Dimensões (B x H x P)	595 x 595 x 600	289 x 595 x 600
Eficiência Arrestance (%)	97,0	97,0
Eficiência DEHS (0,4 μ) (%)	50,0	50,0
Vazão para Longa Vida (m^3/h)	4.250	2.125
Perda de Carga (Pa)		
Inicial	45	45
Final	400	400
Resistência a chama (DIN 53438)	F – 1	F – 1
Resistência térmica	80°C	80°C
Capacidade de Acumulação de pó (g)	1.065	535
Classe de Filtragem (conf. EN 779/ NBR 16401)	F – 5	F – 5

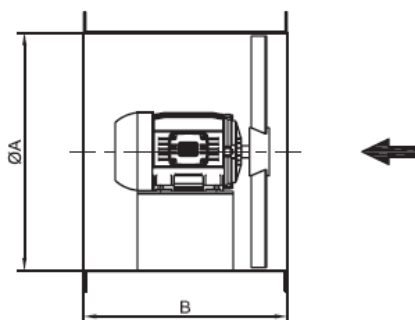
Fonte: Manual da Aeroglass Brasileira S.A. (2011)

3.4.2. Especificação do ventilador

Uma vez determinado a perda de carga do sistema, que neste caso consiste na perda de carga nos filtros de entrada, através dos catálogos de fabricantes, faz-se a escolha daquele ventilador que melhor se adéqua às condições da sala.

O maior empecilho para a escolha de um ventilador, neste caso, são as dimensões de onde eles ficarão instalados, pois o diâmetro máximo suportado é de 40 cm e a perda de carga dos filtros depende da vazão que for determinado para cada um deles, mas para fins de facilitar os cálculos é estipulada uma perda de carga inicial de 4,5mmca (45Pa). Tendo estas condições, faz-se a seleção do ventilador no catálogo do fabricante a seguir – Figura 11.

Figura 11: Especificações do ventilador axial



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E DIMENSIONAIS DOS EXAUSTORES TRIFÁSICOS																							
TIPO ATD	Ø A	B	VAZÃO (m³ / min.) x PRESSÃO ESTÁTICA (mmCA)																PÁS	RPM	HP	PESO Kg	NÍVEL DE RUÍDO
			0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	35	40	45	50						
300/8-4	300	270	32	28	24	12	3,8											8	1750	0,33	12,8	72 dba	
300/8-6	300	270	21	14														8	1150	0,16	12,8	60 dba	
350/8-4	350	300	52	47	42	37	20	11										8	1750	0,33	14	74 dba	
350/8-6	350	300	35	28	09													8	1150	0,16	13,5	67 dba	
400/8-4	400	305	78	73	69	63	55	32	24	11								8	1750	0,33	14,9	79 dba	
400/8-6	400	305	51	43	30	08												8	1150	0,16	15	72 dba	
450/8-4	450	310	111	105	100	95	89	79	54	40	27	20						8	1750	0,5	21	83 dba	
450/8-6	450	310	73	66	56	22	10											8	1150	0,33	22,2	72 dba	
500/8-4	500	390	154	147	143	137	130	123	115	101	65	33	20					8	1750	0,75	24,4	85 dba	
500/8-6	500	390	117	95	83	66	33	11										8	1150	0,33	25	71 dba	
500/8-8	500	390	87	70														8	850	0,16	22	65 dba	
600/8-4	600	440	273	267	261	255	246	234	228	222	210	195	180	160	114	90	66	8	1750	2,0	36,6	92 dba	
600/8-6	600	440	177	168	165	160	147	126	75	48	24							8	1150	1,0	29	80 dba	
600/8-8	600	440	132	120	98	49												8	850	0,33	30,2	71 dba	
700/8-4	700	480	436	432	422	418	408	398	389	380	365	360	350	322	288	192	173	8	1750	6	68,5	94 dba	
700/8-6	700	480	283	269	255	240	230	216	187	120	87	53						8	1150	1,5	44,5	84 dba	
700/8-8	700	480	210	197	178	153	89	41										8	850	0,75	42,2	79 dba	
800/8-6	800	505	422	408	390	370	357	342	328	300	279	179	130	80				8	1150	2,0	64,5	88 dba	
800/8-8	800	505	312	301	288	273	263	242	232	221	206	132	96	59				8	850	1,0	54	79 dba	
900/8-6	900	510	600	585	562	545	524	511	491	486	455	424	400	252	181	112		8	1150	4	97	92 dba	
900/8-8	900	510	444	431	418	401	385	375	351	337	324	315	298	200	188		298	8	850	2	85,8	88 dba	
1050/8-6	1050	590	824	806	781	768	740	719	703	683	664	648	615	559	447	302	205	8	1150	7,5	134	105dba	
1050/8-8	1050	590	610	595	577	566	545	527	517	493	468	458	445	419	380	195		8	850	3	126	92dba	

Fonte: Ar Natural – Ventilação Industrial, (2007)

Para cada diâmetro oferecido a tabela fornece dados como potência, peso, nível de ruído e a vazão com relação à perda de carga do sistema. No caso analisado, para se ter um melhor aproveitamento, foi escolhido o maior diâmetro suportado de 400 mm e uma vazão de 71 m³/min (4260 m³/h). Portanto, o modelo especificado é o 400/8-4.

3.4.3. Especificação dos dampers

Os Dampers são uma espécie de grade aletada, móvel, que pode ser aberta ou fechada de acordo com a necessidade. Ou seja, se estiver utilizando o sistema de ar-condicionado, os dampers devem estar fechados, para evitar que haja infiltrações e eleve a carga térmica do recinto, entretanto, quando se estiver utilizando a ventilação, os dampers deverão estar abertos, para permitir a circulação cruzada do vento, retirando o calor sensível e a umidade do ambiente.

Os dampers selecionados foram da marca TROX, série RL. O dimensionamento irá variar de acordo com sua localização, nos ventiladores e nos filtros terão tamanhos diferentes, sendo B=400mm; H=405mm e B=600mm; H=605mm respectivamente.

Figura 12: Damper de alumínio para as aberturas de entrada e saída de ar para ventilação.



Fonte: TROX Technik do Brasil, (2011)

4. ANÁLISE ECONÔMICA

Segundo Santos et al (2006), muitas vezes as técnicas para otimização da eficiência energéticas não são postas em prática devido a pouca economia que elas gerarão se comparadas ao custo inicial de investimento nessas melhorias.

Mas deve-se pensar que, para uma melhoria geral das condições de fornecimento e geração da energia, cada parte que compõe o todo necessita se conscientizar de que a eficientização do seu sistema somado a eficientização dos outros melhorará de forma considerável todo o sistema envolvido.

Portanto, compreender como funciona o sistema de tarifação da energia elétrica e saber como tirar proveito disso em função das melhorias que se propõe para o seu projeto de racionalização do uso na energia elétrica.

Em uma análise sobre os elementos que compõe esta estrutura, seja convencional ou horo-sazonal, traz informações importantes para a tomada correta de decisão sobre a estratégia adequada para a aplicação da conservação da energia. Esta análise correta permitirá que as partes envolvidas no contrato de fornecimento de energia tomem decisões adequadas às necessidades de cada um, resultando até em uma redução de despesas com eletricidade.

4.4. TARIFAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA

Ao longo dos anos, a tarifação da energia elétrica sempre se fez presente na história do país, seja por parte do consumidor, preocupado com o pagamento da sua conta das concessionárias de energia elétrica, preocupadas com o equilíbrio econômico-financeiro e a rentabilidade de seus negócios.

Esta presença do estado na tarifação da energia elétrica é bem antiga e já foi motivo de crises no setor energético, como os ocorridos na década de 80. Somente em 1993, que uma nova fase na tarifação da energia elétrica teve início, com a inauguração de um novo modelo de tarifas, visando o equilíbrio econômico-financeiro das empresas do setor.

Buscou-se o fim da equalização tarifária, o principal responsável pela crise energética da década de 80, onde a tarifa deixava de ser baseada nos custos de manutenção/operação do sistema e passava a aplicar um equacionamento que garantisse às concessionárias o reajuste das tarifas anuais baseados nos seus custos através de indicadores reais destes custos, e não mais de maneira tão subjetiva quanto antes.

Segundo Santos et al (2006), as tarifas passariam a ser reajustadas a cada 3 anos, garantindo aos concessionários um repasse para as tarifas das variações ocorridas no seu custo neste período.

Em 1981, o sistema de tarifação horo-sazonal foi introduzido, para diferenciar na tarifação os horários ao longo dos anos e os períodos de utilização da energia, de acordo com as condições de maior ou menor demanda. Este novo sistema, gerou um incentivo por parte do governo, para que a população consumisse mais energia nos horários de menor demanda, ou seja, quando o sistema tivesse uma maior oferta.

O sistema horo-sazonal permitiu a diferenciação da cobrança no consumo de acordo com os períodos do dia (ponta ou fora de ponta) e ao longo do ano (seco e úmido), e como vantagem, esse modo de tarifação levou a uma utilização mais racional da energia elétrica SANTOS et al (2006)

O órgão regulamentador da tarifação da energia elétrica no Brasil é a ANEEL – Agência Nacional da Energia Elétrica, vinculada ao MME – Ministério das Minas e energia.

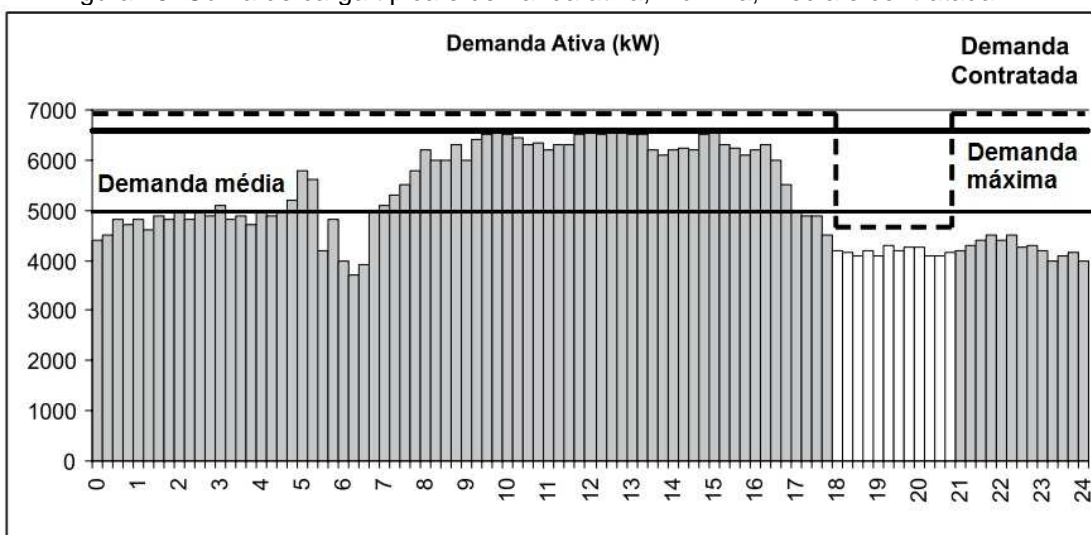
4.4.1.Demanda

É a média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela unidade consumidora em um determinado período de tempo. É expressa em quilowatt (kW).

- Demanda Máxima: É a demanda de maior valor medida em um dado período de tempo (dia, mês, ano, etc.).

- **Demanda Medida:** É o maior valor medido em um intervalo de 15 minutos durante o período de faturamento, em quilowatt (kW). Geralmente, o período de faturamento é de 30 dias (720 horas), ou seja, 2880 intervalos de 15 minutos.
- **Demanda Contratada:** É a quantidade de potência ativa a ser obrigatoriamente e continuamente fornecida pela concessionária, conforme valor e período de vigência, formalizados em contrato de fornecimento. SANTOS (2009). Ela deverá ser integralmente paga, mesmo que não seja integralmente utilizada. É expressa em (kW).

Figura 13: Curva de carga típica e demanda ativa, máxima, média e contratada



Fonte: Santos et al, (2009)

4.4.2. Horário de ponta e fora de ponta

É um período definido pela concessionária de energia elétrica, de 3 horas consecutivas, com exceção dos sábados, domingos e feriados nacionais (Figura 14).

Figura 14: Feriados nacionais.

Dia e mês	Feriados nacionais	Leis federais
01 de janeiro	Confraternização Universal	10.607, de 19/12/2002
21 de abril	Tiradentes	10.607, de 19/12/2002
01 de maio	Dia do Trabalho	10.607, de 19/12/2002
07 de setembro	Independência	10.607, de 19/12/2002
12 de outubro	Nossa Senhora Aparecida	6.802, de 30/06/1980
02 de novembro	Finados	10.607, de 19/12/2002
15 de novembro	Proclamação da República	10.607, de 19/12/2002
25 de dezembro	Natal	10.607, de 19/12/2002

Fonte: Resolução Normativa 414 (2010)

O horário de ponta existe, pois nesse horário que vai de 17 às 22 é onde há uma maior demanda por energia, pois é o horário em que a maior parte das famílias estão em casa e fazem uso dos equipamentos elétricos, e em virtude disto, as concessionárias ficam com a sua capacidade de geração e fornecimento de energia elétrica comprometidos. Desta maneira, ela escolhe 3 horas dentro destas 5 horas propostas para as empresas, e cobram a mais por elas.

4.4.3. Período Seco e Úmido

Estes períodos são baseados nos períodos de cheia dos rios, pois elevam o nível dos reservatórios das usinas hidrelétricas, responsável pela geração da maior parte da energia elétrica brasileira (BEN, 2010).

O período seco corresponde a 7 meses consecutivos, de maio até novembro, que é o período de inverno e primavera, no hemisfério sul, que corresponde ao período de estiagem. O período úmido, por sua vez, corresponde aos outros meses, indo de dezembro até abril do ano seguinte.

4.4.4. Grupos tarifários

Os grupos tarifários são agrupamentos de unidades consumidoras de acordo com a tensão de fornecimento e conseqüentemente da demanda. Existem dois grupos básicos, os de baixa tensão (tensão de fornecimento inferior a 2,3 kV) denominados “Grupo B” e o grupo de alta tensão (onde a tensão é maior ou igual a 2,3kV), denominado “Grupo A”.

- Grupo A: Neste grupo encontram-se todas aquelas unidades consumidoras cuja tensão de fornecimento é superior a 2,3 kV, ou, ainda, aquelas inferiores a 2,3 kV cuja transmissão é subterrânea.
- Grupo B: Composto por unidades consumidoras cuja tensão de fornecimento é inferior a 2,3 kV, ou, ainda, para tensões superiores a 2,3 kV quando definidos na resolução 456 da ANEEL. Eles estão divididos nos seguintes subgrupos:

A Tabela 19 traz os valores de tensão que diferenciam os sistemas do grupo A e as diferentes aplicações dadas para os sistemas do grupo B.

Tabela 19: Grupos tarifários

Subgrupos		Tensão de fornecimento		Subgrupos		Tipo	
A1		≥ 230 kV		B1		Residencial	
A2		88 kV a 130 kV				Residencial Baixa Renda	
A3		69 kV		B2		Rural	
A3a		30 kV a 44 kV				Cooperativa de Eletrificação Rural	
A4		2,3 kV a 25 kV				Serviço público de irrigação	
AS		Subterrâneo		B3		Demais classes	
				B4		Iluminação pública	

Fonte: Resolução Normativa 414 (2010)

O grupo B4 ainda subdivide-se em B4a e B4b. O B4a é aplicado quando o dono do sistema de iluminação pública for o poder público, enquanto que, o B4b é

aplicado quando o dono do sistema de iluminação pública for a concessionária de energia.

4.4.5. Estrutura tarifária

Ela pode ser convencional ou horo-sazonal, A convencional é o modelo aplicado para as residências, o que independe do período de utilização ao longo do dia ou do período do ano. Enquanto que o horo-sazonal leva em consideração estes fatores para determinação das tarifas. A estrutura horo-sazonal divide-se em: Azul e Verde.

Ambas as tarifas aplicam diferenciações nos valores cobrados nas horas dos dias e nos períodos do ano, conforme já citado, onde varia ao longo do dia nos horários de ponta e fora de ponta, e ao longo do ano nos períodos secos e úmidos. Diferenciam-se entre si, na forma de cobrança da demanda, onde a estrutura tarifária horo-sazonal azul também diferencia ao longo do dia e do ano essa cobrança enquanto que a estrutura verde cobra um valor fixo pela demanda.

4.5. TARIFAÇÃO DA UFES

A resolução homologatória Nº 1.184, de 2 de agosto de 2011, fornece as tarifas de fornecimento da energia elétrica, as tarifas de uso do sistema de distribuição (TUSD) e demais impostos da Espírito Santo Centrais Elétricas AS (Escelsa).

O Art. 3º da resolução homologatória diz que “as tarifas constantes no anexo I da resolução, contemplam o reajuste tarifário anual econômico e os componentes financeiros pertinentes, e estarão em vigor no período de 7 de agosto de 2011 a 6 de agosto de 2012”, portanto, foi considerado os valores das tabelas do Anexo I como valores para os cálculos da análise econômica.

A estrutura tarifária a qual a UFES está inserida é a Horo-sazonal Verde, e o grupo ao qual ela pertence é o A3a, ou seja, é um grupo de alta tensão, e segundo a Tabela 18, a faixa de tensão para este grupo vai de 30 kV até 44 kV.

A Figura 15 traz o valor da demanda, que no caso da horo-sazonal verde é fixa, e a Figura 16 traz os valores para o consumo, subdividido pelo horário de ponta e fora de ponta, além do período úmido e seco.

Figura 15: Valores para a demanda em R\$/kW

TARIFA HORO-SAZONAL VERDE	QUADRO E		
	TUSD + TE	TUSD	TE
SUBGRUPO	DEMANDA (R\$/kW)	DEMANDA (R\$/kW)	DEMANDA (R\$/kW)
A3a (30 a 44 kV)	11,86	11,86	0,00
A4 (2,3 a 25 kV)	14,97	14,97	0,00

Fonte: Resolução Homologatória nº 1.184 (2011)

Figura 16: Valores para o consumo em R\$/kW

TARIFA HORO-SAZONAL VERDE	QUADRO F											
	TUSD + TE				TUSD				TE			
	ENERGIA (R\$/MWh)				ENERGIA (R\$/MWh)				ENERGIA (R\$/MWh)			
	PONTA		F. PONTA		PONTA		F. PONTA		PONTA		F. PONTA	
SUBGRUPO	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA
A3a (30 a 44 kV)	1.118,53	1.095,86	158,25	145,10	905,85	905,85	34,85	34,85	212,68	190,01	123,40	110,25
A4 (2,3 a 25 kV)	1.337,05	1.314,38	158,25	145,10	1.124,37	1.124,37	34,85	34,85	212,68	190,01	123,40	110,25

Fonte: Resolução Homologatória nº 1.184 (2011)

4.6. FATURAMENTO

Para uma unidade consumidora do Grupo A, o faturamento quando se utilizado o sistema de distribuição horo-sazonal será realizado com base nos seguintes critérios:

- Demanda faturável: Será o maior valor medido durante todo o período de faturamento.
- Consumo de energia elétrica ativa: Será o maior valor entre o valor contratado ou o maior valor medido durante o período de faturamento.

- c) Consumo de energia elétrica e demanda de potência reativa excedente:
Quando o fator de potência da unidade receptora, seja indutivo ou capacitivo, for inferior a 0,92.

O faturamento para uma unidade consumidora do Grupo A que utilize a estrutura tarifária horo-sazonal verde é calculado de acordo com o período de utilização, sendo o período seco e o período úmido e é dado pela equação a seguir:

I. Seco:

$$VPF_s = (CF_{fs} \cdot TC_{fs} + CF_{ps} \cdot TC_{ps} + DF \cdot TD) \cdot \left(\frac{1}{1 - ICMS} \right) \quad (4.1)$$

II. Úmido:

$$VPF_u = (CF_{fu} \cdot TC_{fu} + CF_{pu} \cdot TC_{pu} + DF \cdot TD) \cdot \left(\frac{1}{1 - ICMS} \right) \quad (4.2)$$

Onde:

VPF é o valor parcial da fatura de energia elétrica (R\$)

CF é o consumo em kWh: Quantidade de energia elétrica faturada.

TC é a tarifa de consumo, em R\$/kW

DF é a demanda contratada, em kW

TD é a tarifa da demanda, em R\$/kW

ICMS é o imposto sobre circulação de mercadorias e serviços e corresponde a 25%.

E os índices correspondentes:

s – período seco

u – período úmido

f – fora de ponta

p – ponta

Em casos onde o valor da demanda medida ultrapasse a demanda contratada, superando os valores de tolerâncias de:

- I. 5% para unidades consumidoras cuja tensão de fornecimento seja igual ou superior a 69 kV
- II. 10% para unidades consumidoras cuja tensão de fornecimento seja inferior a 69 kV.

No caso da UFES, onde o grupo tarifário é o A3a (30 a 44 kV), a tolerância é de 10% e o valor da tarifa de ultrapassem é de três vezes o valor da tarifa de demanda. Portanto, se a tarifa de demanda é de 11,86 R\$/kW, a tarifa de ultrapassagem será de 35,58 R\$/kW.

A equação para o cálculo do Faturamento de Ultrapassagem da Demanda é mostrado a seguir:

$$FDU = (DM - DC) \times TU \quad (4.3)$$

Onde:

FDU é o Faturamento de Ultrapassagem da demanda, em R\$

DM é a Demanda Medida, em kW

DC é a Demanda Contratada, em kW

TU é a Tarifa de ultrapassagem, em R\$/kW.

A Figura 17 a seguir resume bem como funciona a tarifação horo-sazonal.

Figura 17: Resumo da tarifação horo-sazonal

	AZUL	VERDE	CONVENCIONAL
Demanda (kW)	Um preço para ponta Um preço para fora de ponta	Preço único	Preço único
Consumo (kWh)	Um preço - ponta - período úmido Um preço - fora de ponta - período úmido Um preço - ponta - período seco Um preço - fora de ponta - período seco		Preço único

Fonte: Santos (2002)

4.7. CUSTO COM CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

O custo da energia dependerá da demanda contratada (KW) e do consumo de energia (KWh) total de cada mês, de acordo com as Eq. 4.1 e 4.2.

Foram analisados dois casos diferentes, primeiro um sistema de ar condicionado e depois um sistema combinado de ar condicionado e de ventilação.

Como ambos farão o uso do sistema de ar condicionado é plausível afirmar que as demandas contratadas nos dois casos serão as mesmas, pois a potência máxima ainda será a do ar condicionado e o fator variante será apenas o consumo de energia que os sistemas utilizarem. Sendo assim, os gastos de demanda não serão avaliados, somente o de consumo.

Consumo tal que podem mudar de acordo com a variação de alguns parâmetros, como a utilização de proteção interna e externa, a quantidade de ventiladores instalados na sala de aula e a potência do ar condicionado.

A expressão para o consumo de energia é:

$$W = P \cdot \Delta t \quad (4.3)$$

Onde:

W é a energia consumida, em kWh

P é a potência, em kW

Δt é o tempo de utilização do equipamento, em horas.

Vale ressaltar que, o sistema de condicionamento de ar já instalado é feito por um split piso-teto, cujo fabricante é ELECTROLUX, modelo CFI60-CFE60 de 60 mil BTU/h, no qual segundo a PROCEL, sua potência é de 6.261 W. Enquanto que o modelo do ventilado especificado, o 800/8-4 têm como potência, 0,33 HP, o que equivale a 246 W. (Figura 18)

Figura 18: Etiqueta do aparelho de ar condicionado instalado na sala 21.

Electrolux	
Importador/Distribuidor: ELECTROLUX DO BRASIL S.A. Rua Min. Gabriel Passos, 360 CURITIBA - PR - BRASIL CNPJ 76.487.032/0001-25 MADE IN CHINA	
CONDICIONADOR DE AR TIPO PISO-TETO	
MODELO	CFE60
CODIGO	5980ECBA285
PNC	948372433
TIPO	A NBR5858
CAPACIDADE RESFR.	60000 BTU/h 63300 kJ/h
CAPACIDADE AQUEC.	-
GÁS REFRIGERANTE	R22
CARGA DE GÁS REFRIGERANTE	3500 g
PRESSAO DE PROJETO	Alta 2.8 MPa
TENSAO NOMINAL/FASE	Baixa 1.2 MPa
FREQUENCIA	220 V ~ / 3
CORRENTE	RESFR. 29.1A
NOMINAL	AQUEC. -
POTENCIA	RESFR. 6261W
NOMINAL	AQUEC. -
RECIRCULACAO DE AR INT.	2200 m³/h
GRAU DE PROTEÇÃO DA UNIDADE EXTERNA	IPX4
NUMERO SERIE	00900143

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.7.1. Tempo de Funcionamento

Para o calculo do consumo é necessário que se tenha o tempo em que os equipamentos estarão em funcionamento. Considerou-se o período do ano letivo da Universidade Federal do Espírito Santo de 2011 com aulas das 7hs às 22hs. A análise foi feita para cada hora do mês separadamente.

4.7.1.1. Ar condicionado

Devido ao fato do equipamento de ar condicionado ter uma capacidade bem acima do solicitado, em alguns momentos ele se desliga para manter a temperatura

do recinto. Logo, o tempo de funcionamento é igual à razão entre a capacidade do equipamento pela carga térmica do recinto.

$$T_{func} = \frac{Q_{equipamento}}{Q_{carg.térmica}} \quad (4.4)$$

Determina-se a razão para cada hora de funcionamento do equipamento em um mês, em seguida os valores são somados e multiplicados pelo número de dias letivos correspondente ao mês em questão. O valor obtido corresponde ao tempo total de funcionamento no mês caso esteja ligado integralmente durante todo o horário letivo.

A Tabela 20 a seguir traz os valores do tempo de funcionamento do sistema de ar condicionado em cada mês, levando-se em consideração os dias letivos por mês:

Tabela 20: Tempo de funcionamento do sistema de ar condicionado por mês, em horas.

		Horas de funcionamento/Mês												
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Proteção Interna	Ponta	0,00	1,62	35,12	30,96	31,02	27,09	3,87	27,94	24,16	28,87	31,34	12,48	Tempo Total Anual
	Fora Ponta	0,00	10,46	232,87	214,84	226,27	200,47	31,16	220,81	177,44	192,96	193,37	73,76	
	Total	0,00	12,08	267,99	245,79	257,30	227,56	35,03	248,75	201,60	221,83	224,71	86,24	
Proteção Externa	Ponta	0,00	1,62	35,12	30,96	31,02	27,09	3,87	27,94	24,16	28,87	31,34	12,48	Tempo Total Anual
	Fora Ponta	0,00	9,20	203,42	182,12	190,16	167,38	25,38	182,40	150,45	165,28	175,42	68,22	
	Total	0,00	10,82	238,54	213,08	221,18	194,47	29,25	210,34	174,60	194,16	206,76	80,69	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 21: Dias letivos

Dias letivos em cada mês (ano de 2011)											
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
0	1	24	23	25	23	4	27	22	22	23	8

Fonte: Elaborado pelo autor

4.7.1.2. Ventiladores

O princípio é muito parecido com o anterior, mas com apenas um detalhe diferente, pois quando requisitado o equipamento terá um funcionamento constante, sem nenhum tipo de desligamento, portanto, o ventilador funcionará durante toda a hora que for colocada em funcionamento.

Como o uso da ventilação e do ar condicionado fica variando em função da variação da temperatura externa e da temperatura que se deseja manter no interior da sala, ora se utilizará a ventilação para retirada do calor sensível e ora o ar condicionado. Por isso, tem-se a Tabela 22 a seguir que determinará quando se utilizará o ar condicionado e quando se utilizará somente a ventilação.

Tabela 22: Utilização do ar condicionado ou ventilação. (1) – Ar Condicionado; (2) – Ventilação – Com Proteção Interna

Hora	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
8	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1
19	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1
20	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
21	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1
22	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Fonte: Elaborado pelo autor.

Portanto, onde estiver com o número 2, é que se usará ventilação e, portanto, o sistema de ar condicionado ficará desligado.

Quando se utiliza a proteção externa, o período de utilização do ar condicionado diminui, o que refletirá nos gastos com energia elétrica.

4.7.2.Custo de Energia do Sistema

Tem-se o custo da energia multiplicando-se o consumo pelo custo da energia, levando em consideração se é ou não horário de ponta, período seco ou úmido. Nas tabelas, tem-se o custo de cada equipamento em função da hora e do mês.

Alterou-se também o consumo de energia nos meses típicos em função do número de dias letivos, ou seja, em janeiro, de acordo com o calendário acadêmico do presente ano, não teve um dia letivo sequer, enquanto que em fevereiro teve apenas um, assim, como em julho, que teve apenas quatro dias letivo no último ano. Em dezembro, a exemplo de julho, teve também poucos dias letivo neste caso foram apenas oito dias. E essa variação de dias letivos ao longo dos meses foi baseada no calendário acadêmico da UFES.

Ao se analisar o custo gerado apenas com a utilização do ar condicionado, foi gerado a Tabela 23, que se baseia no consumo de energia elétrica pela unidade de condicionamento de ar da Electrolux ligada integralmente durante todo o período de ocupação do recinto, ou seja, das 8 horas até às 22 horas. Os valores do consumo são apresentados a seguir, na Tabela 23:

Tabela 23: Consumo mensal ao longo do ano quando utilizado apenas ar condicionado.

		Consumo de energia do Ar Cond./Mês (Kwh)												
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Proteção Interna	Ponta	0,00	10,13	219,90	193,82	194,24	169,62	24,23	174,93	151,24	180,77	196,24	78,13	Consumo Total Anual
	Fora Ponta	0,00	65,48	1457,98	1345,10	1416,71	1255,15	195,12	1382,48	1110,97	1208,11	1210,70	461,82	
	Total	0,00	75,62	1677,88	1538,92	1610,95	1424,77	219,34	1557,41	1262,21	1388,88	1406,94	539,95	
Proteção Externa	Ponta	0,00	10,13	219,90	193,82	194,24	169,62	24,23	174,93	151,24	180,77	196,24	78,13	Consumo Total Anual
	Fora Ponta	0,00	57,61	1273,58	1140,26	1190,57	1047,97	158,93	1142,02	941,95	1034,84	1098,30	427,10	
	Total	0,00	67,74	1493,48	1334,09	1384,82	1217,59	183,16	1316,96	1093,18	1215,62	1294,54	505,23	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Baseando-se os cálculos nas equações (4.1) e (4.2), considerando-se a sazonalidade, obteve-se a Tabela 24, referente ao custo em reais (R\$) mensal e

anual do sistema de ar condicionado. Nos mesmos padrões, foi elaborado a Tabela 25, referente aos custos com ventilação.

Tabela 24: Custo com energia elétrica mensal e ao longo do ano para utilização do ar condicionado.

		Custo do Ar Cond./Mês (R\$)												
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Proteção Interna	Ponta	0,00	11,10	240,98	212,40	217,27	189,73	27,10	195,67	169,17	202,20	219,50	85,61	Custo Total Anual
	Fora Ponta	0,00	9,50	211,55	195,17	224,19	198,63	30,88	218,78	175,81	191,18	191,59	67,01	
	Total	0,00	20,61	452,53	407,58	441,46	388,36	57,98	414,45	344,98	393,38	411,09	152,62	3485,03
Proteção Externa	Ponta	0,00	11,10	241,00	212,42	217,27	189,73	27,10	195,67	169,17	202,20	219,50	85,62	Custo Total Anual
	Fora Ponta	0,00	8,36	184,80	165,45	188,41	165,84	25,15	180,73	149,06	163,76	173,81	61,97	
	Total	0,00	19,46	425,80	377,87	405,67	355,57	52,25	376,40	318,23	365,96	393,31	147,59	3238,12

Fonte: Elaborado pelo autor.

A determinação dos custos com ventilação, apesar de seguir os mesmos critérios que para ar condicionado, diferencia-se na determinação da potência consumida pelos ventiladores, pois se consegue obter a vazão necessária com um arranjo de mais de um ventilador em paralelo.

Para isto, foi elaborado um estudo da influência do número de ventiladores na retirada de calor sensível do ambiente. Foi feito no Excel, uma planilha que, de acordo com a variação da temperatura (externa menos a interna), determinava a necessidade ou não de utilizar ventilação ou condicionamento de ar. Uma vez determinada a vazão de ar necessária para manter o conforto térmico durante todo o período de ocupação, foi necessário determinar a quantidade de ventiladores a ser utilizado.

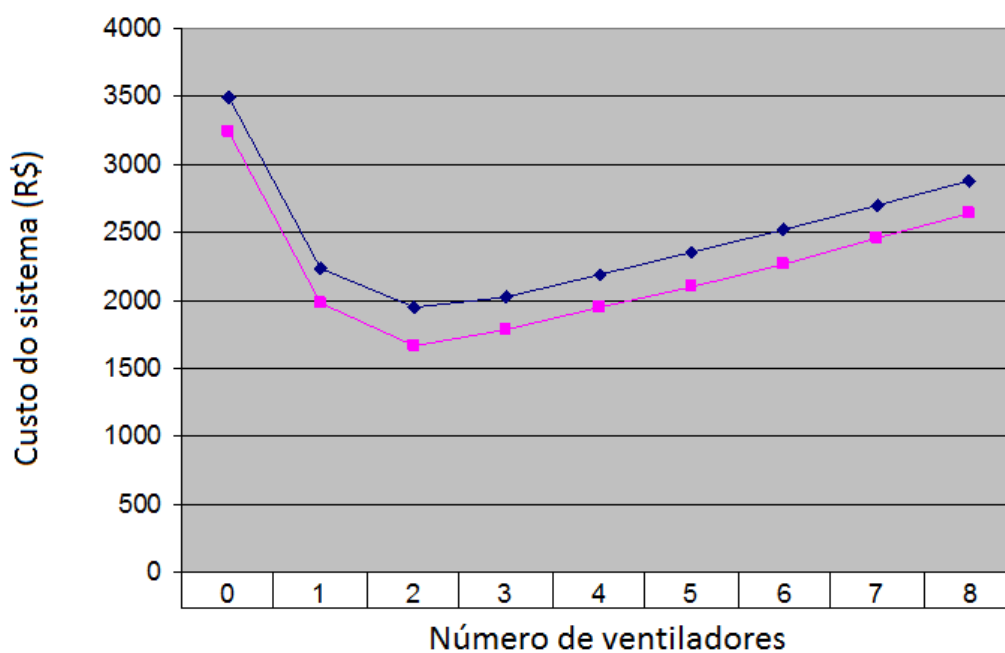
Entretanto, como a quantidade de ventilador influencia diretamente no custo de instalação desse novo sistema, foi necessário traçar uma curva que relacionava a quantidade de ventiladores ao custo do sistema. Pois, se o número de ventiladores for igual a zero, apenas o sistema de ar condicionado funcionaria, tendo um custo máximo de R\$ 3486,03 (com proteção interna) ou de R\$ 3238,12 (com proteção externa).

A proteção externa influenciará pouco na economia de energia quando se utilizando o sistema combinado ao puramente de condicionamento de ar, pois o período de maior utilização da ventilação será no período de ponta (à noite), quando não há mais incidência solar, portanto, esta proteção torna-se indiferente, com exceção de poucas horas em que ela atuará. Isto explica a pouca diferença.

De acordo com a Figura 19, podemos observar que o número ótimo de ventiladores, que alia eficiência na remoção de calor sensível (estabilizando a temperatura em 28°C) com menor custo de instalação, resultando em uma maior economia.

Figura 19: Relação entre quantidade de ventiladores e o gasto final com energia elétrica

Custo do sistema X quantidade de Ventiladores



—◆— Custo Proteção Interna	3485	2229,3	1950	2017,4	2191,1	2349,1	2523,1	2703,8	2873,8
—■— Custo Proteção Externa	3238,1	1983,7	1661,4	1783,5	1948,4	2099,9	2265,7	2451,6	2638,2

Fonte: Elaborado pelo autor.

Comparando os valores da Figura 19 com os da Tabela 25 abaixo, pode-se observar que a curva superior é quando não há proteção externa contra insolação.

Tabela 25: Custo mensal e ao longo do ano com uso combinado de refrigeração e ventilação

Custo com sistema de ventilação (R\$)														
		JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	
Proteção Interna	Ponta	0,00	9,50	211,55	177,64	195,04	174,30	24,14	181,99	153,06	182,72	182,36	67,01	Total Anual
	Fora Ponta	0,00	11,10	38,85	37,23	41,30	38,00	6,61	44,61	36,35	36,35	38,00	62,24	
	Total	0,00	20,61	250,40	214,87	236,35	212,30	30,75	226,59	189,41	219,07	220,36	129,25	
Proteção Externa	Ponta	0,00	8,36	184,80	148,22	159,54	131,92	17,12	132,51	116,34	145,42	164,58	61,97	Total Anual
	Fora Ponta	0,00	11,10	38,85	37,23	41,30	38,00	6,61	44,61	36,35	36,35	38,00	62,24	
	Total	0,00	19,46	223,65	185,45	200,85	169,92	23,72	177,12	152,69	181,77	202,58	124,21	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Compara-se as vazões achadas para se ter a temperatura de conforto térmico de 28°C, em cada hora de cada mês com a vazão gerada pelos ventiladores, caso a vazão necessária para conforto for maior que a obtida pelos ventiladores então será utilizado o ar condicionado, caso contrário a ventilação.

Considerando-se o estado em que se encontram as dependências da sala 21, com persiana interna, mas sem qualquer proteção externa, pode-se avaliar quantitativamente a economia, ao se avaliar o custo de energia elétrica de quando se usa somente o ar condicionado, que é de R\$ 3.485,03 (Tabela 24) com o valor de quando se usa a combinação da ventilação com a refrigeração, R\$ 1.949,96 (Tabela 25), tem-se uma economia de R\$ 1.535,07, que representa uma diminuição de aproximadamente 44%. Entretanto, quando se faz valer a proteção externa, há uma diminuição de R\$ 3.238,12 para R\$ 1.661,41, ou seja, R\$ 1.576,71 (48,7%).

Por outro lado, sabendo-se que as salas da UFES não apresentam proteção externa contra insolação, caso fosse utilizada a proteção externa aliada à ventilação mecânica, consegue-se uma redução de custos da ordem de R\$ 1.823,62, representando uma diminuição de 52,3%.

4.7.3.Retorno do Investimento ou “payback”

Para se estabelecer em quanto tempo o investimento será pago foi utilizado o método do *payback* descontado. O método consiste em achar o ponto onde o VPL é nulo a uma determinada taxa de juros, tal ponto será o tempo em que ocorrerá o retorno do capital.

$$n = - \left(\frac{\ln \left(\frac{1 - I}{A \cdot i} \right)}{\ln(1 + i)} \right) \quad (4.5)$$

Onde:

n é a taxa de retorno do capital

I é o investimento

A é a economia anual

i é a taxa de juros

A economia que o sistema terá é de R\$1550, 00 a taxa de juros considerada é a taxa SELIC estabelecida no dia 20/10/2011 pelo Banco Central do Brasil, com valor de 11,5% a.a. e o investimento será considerado apenas como a compra dos equipamentos. Sendo assim, o tempo de retorno é de aproximadamente um ano e onze meses.

O investimento é dado pela Tabela 26 a seguir:

Tabela 26: Investimentos com equipamentos

Equipamento	Quantidade	Custo unitário	Total
Ventilador 400/8-4	2	R\$ 850,00	R\$ 1.700,00
Filtro bolsa AEROBAG – 618	2	R\$ 150,00	R\$ 300,00
Damper 400x405	2	R\$ 110,00	R\$ 220,00
Damper 600x605	2	R\$ 130,00	R\$ 260,00
Total			R\$ 2.480,00

Fonte: Elaborado pelo autor.

Caso sejam consideradas as influências de uma proteção externa às áreas que recebem maior insolação, o *payback* será de 1 ano e 7 meses.

5. CONCLUSÃO

As temperaturas nas salas de aula precisam fornecer ao aluno certa condição própria para o estudo, ou seja, oferecer um conforto térmico, que pode chegar até aos 29°C. Tendo em vista temperaturas desta magnitude, pode-se concluir que um sistema de ventilação poderia ser utilizado em determinadas ocasiões do ano para alcançar tal objetivo e então reduzir o consumo de energia elétrica. Esse consumo é reduzido pelos seguintes fatores:

- A potência demandada pelos ventiladores é bem menor do que a do ar condicionado;
- O Horário de ponta da UFES se encaixa num intervalo favorável a implementação da ventilação, pois seu horário de implementação coincide com os de cargas térmicas mais baixas, pois não há insolação;
- Diminuição da carga térmica da sala de aula com intuito de aumentar o tempo de utilização dos ventiladores
- Implementações simples para a redução da carga térmica da sala de aula como a instalação de lâmpadas mais eficientes, vidros isolantes, pintura de paredes para cores claras e o uso de proteção externa nas janelas.

Neste estudo de caso, da sala de aula número 21 do Centro Tecnológico III da UFES, devido a análise da implementação destas melhorias, observou-se um retorno do investimento inferior a 2 anos, o que pode ser considerado bastante proveitoso.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Alguns estudos mais aprofundados seriam de grande utilidade tendo como base este projeto, de forma a melhorar seu desempenho ou até mesmo ampliar sua implementação. Seguirão algumas destas sugestões:

- Estudo da viabilidade de adicionar um resfriamento evaporativos ao sistema proposto.
- Automatização do sistema, sendo que através de um termostato controlar seja possível controlar o ligamento e desligamento dos ventiladores e do ar condicionado, assim como os dampers.
- A expansão do projeto para as demais salas de aulas do Centro Tecnológico ou até mesmo de toda a UFES.
- Estudo do nível de ruído gerado pelos ventiladores e suas conseqüências para com os alunos.
- Substituição dos ventiladores axiais na parede da sala por um único, de maior vazão, interligado às tomadas de ar por tubulações.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº **414, de 9 de Setembro de 2010**. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº **1.184, de 2 de agosto de 2011**. Homologa as tarifas de fornecimento de energia elétrica, as Tarifas de Uso dos Sistemas de Distribuição – TUSD, estabelece a receita anual das instalações de conexão e fixa o valor anual da Taxa de Fiscalização de Serviços de Energia Elétrica – TFSEE, referentes à Espírito Santo Centrais Elétricas S/A – ESCELSA, bem como homologa as tarifas de suprimento para a distribuidora Empresa Luz e Força Santa Maria S.A – ELFSM.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.401-1**: Instalações de Ar Condicionado – Sistemas centrais e unitários – Parte 1: Projeto das Instalações. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.401-2**: Instalações de Ar Condicionado – Sistemas centrais e unitários – Parte 2: Parâmetros de Conforto Térmico. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16.401-3**: Instalações de Ar Condicionado – Sistemas centrais e unitários – Parte 3: Qualidade do Ar Interior. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220-1**: Desempenho Térmico de Edificações – Parte 1: Definições, Símbolos e Unidades. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220-2**: Desempenho Térmico de Edificações – Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220-3**: Desempenho Térmico de Edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2008.

BANCO Central do Brasil. **Taxa Selic**. 2011. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/?SELICTAXA>>. Acesso em: 15 de novembro de 2011.

CLEZAR, Carlos A.; NOGUEIRA, Antônio Carlos R. **Ventilação Industrial**. 2ª ed. revisada. Florianópolis: UFSC, 2009.

COSTA, Ennio Cruz da. **Física aplicada à construção: conforto térmico**. 3ªed. São Paulo: Blücher, 1974.

CREDER, Hélio, 1926-2005. **Instalações de Ar Condicionado**. 6ªed. reimpr. Rio de Janeiro: LTC. 2009.

DIAS, Adriana. **Avaliação das condições de conforto térmico e acústico em salas de aula de tempo integral: Estudo de caso da escola Padre Josimo em Palmas (TO).** Dissertação de mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Brasília: Ed. UnB, 2009.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual do Conforto Térmico: Arquitetura, Urbanismo.** 7ªed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

GIVONI, Baruch. **Comfort Climate Analysis and building design guidelines. Energy and Buildings.** 1992

GOULART, Solange V.G. e LAMBERTS, Roberto. **Dados climáticos de 14 cidades brasileiras para projeto e avaliação de sistemas de ar condicionado.** Núcleo de pesquisa em construção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1997.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura.** 1ª Ed. São Paulo: PW, 1997.

MACINTYRE, Archibald J, 1920-2005. **Ventilação Industrial e Controle da Poluição.** 2ªed. reimpr. Rio de Janeiro: LTC, 1990.

MATOS, Michele et al. **Análise do desempenho térmico de edificações residenciais através de simulação computacional no energyplus baseados nos requisitos da norma NBR 15220.** Florianópolis: Ed. UFSC.

MESQUITA, Armando Luis de Souza. **Engenharia de Ventilação Industrial.** 1ªed. 2ª reimpr. São Paulo: CETESB, 1988.

SANTOS, Afonso Henrique Moreira et al. **Conservação da Energia: Eficiência Energética de Equipamentos e Instalações.** 3ªed. Itajubá: FUPAI, 2006.

SIGNOR, Régis. **Análise de regressão do consumo de energia elétrica frente a variável arquitetônica para edifícios comerciais climatizados em 14 capitais brasileiras.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Florianópolis: Ed. UFSC, 1999.

APÊNDICE A.1 – Tabelas da variação horária da carga térmica ao longo de um dia típico de cada mês nas condições da norma NBR 16401-1 – Com Proteção Interna.

Hora	Variação típica da carga termica ao longo do dia / mês											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
	Com proteção Interna – Considerando Infiltração e Renovação – Valores expressos em BTU/h											
1	30273,96	30022,59	26499,69	23726,75	20949,42	19432,63	15634,82	16901,69	18926,74	23222,11	24231,25	28513,63
2	29771,19	29519,75	25743,87	22969,74	20443,97	18167,63	14620,65	16141,68	18167,63	22464,88	23474,45	28010,36
3	29016,76	29016,76	24987,72	22212,39	19685,52	17408,18	13859,63	15381,34	17408,18	21959,87	22969,74	27255,19
4	28765,21	28262,01	24483,44	21454,72	18926,74	16395,06	13098,26	14620,65	16901,69	21454,72	22464,88	26499,69
5	28262,01	27506,95	23726,75	20949,42	18420,70	16395,06	12590,49	14367,01	16395,06	21202,08	22464,88	26247,78
6	30090,49	28521,45	23222,11	20696,71	18167,63	16141,68	12082,57	13605,87	16395,06	22724,31	24802,00	29084,38
7	34783,80	33676,18	28085,37	24549,77	20703,40	18323,28	14372,77	17219,14	21274,15	27641,18	30262,03	34437,61
8	39260,62	39104,96	34593,27	30765,01	27485,53	24453,16	19912,58	23457,66	27048,44	32333,17	34748,92	38759,87
9	42865,76	43615,18	39614,71	36504,81	34091,27	31579,17	26544,31	29722,60	32089,97	35605,43	37861,74	42771,54
10	45767,82	46765,50	43271,26	40676,78	39244,83	38320,82	32720,67	34662,02	35259,30	38518,42	40771,30	45268,78
11	48011,85	49008,33	46494,22	45634,80	46686,33	47241,97	40672,40	39626,67	38242,65	40521,12	42521,63	47014,84
12	49257,37	50750,90	52670,43	53638,87	54422,50	54747,14	48161,88	47634,04	44424,47	41521,65	43021,42	48271,28
13	53190,29	56665,92	60007,78	60685,73	61408,19	59502,21	55149,29	55433,30	51264,43	47436,67	46705,33	50149,41
14	56552,51	62322,25	63690,45	63379,86	63719,54	62530,06	57458,05	58625,07	54941,15	53337,00	50314,04	52939,95
15	58014,70	68870,08	64236,70	63530,73	62383,58	61278,46	56618,24	58271,09	55728,66	59877,53	51270,77	54151,17
16	55364,17	66791,64	60181,86	59306,79	56912,83	54664,96	51140,25	54291,71	51662,10	57786,83	48360,44	52059,16
17	51153,67	62582,49	51835,18	46276,76	39427,13	34894,60	33896,61	40750,92	43552,77	53314,18	44140,32	48063,01
18	42486,63	46265,25	34040,25	31027,85	29771,19	28010,36	23726,75	25239,81	25743,87	37985,14	35713,91	40473,75
19	35043,27	34792,57	31530,27	29016,76	27506,95	25743,87	21454,72	22969,74	23979,02	28010,36	29016,76	33287,63
20	34040,25	33287,63	30022,59	28010,36	25995,84	24735,60	20191,19	21454,72	22717,32	26751,56	27758,67	32283,63
21	32534,68	32032,55	29268,27	26751,56	24735,60	23474,45	19432,63	20696,71	21959,87	26247,78	27255,19	31027,85
22	31781,43	31781,43	28513,63	25995,84	23726,75	22464,88	18420,70	19938,37	21202,08	25743,87	26751,56	30273,96
23	31279,08	31279,08	28010,36	25239,81	22969,74	21202,08	17661,36	19432,63	20696,71	25239,81	26247,78	29771,19
24	30776,59	30776,59	27255,19	24231,25	21959,87	20191,19	16395,06	17661,36	19685,52	23474,45	24735,60	29268,27

APÊNDICE A.2 – Tabelas da variação horária da carga térmica ao longo de um dia típico de cada mês nas condições da norma NBR 16401-1 – Com Proteção Externa.

Hora	Variação típica da carga termica ao longo do dia / mês											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Com proteção Externa – Considerando Infiltração e Renovação – Valores expressos em BTU/h												
1	30273,96	30022,59	26499,69	23726,75	20949,42	19432,63	15634,82	16901,69	18926,74	23222,11	24231,25	28513,63
2	29771,19	29519,75	25743,87	22969,74	20443,97	18167,63	14620,65	16141,68	18167,63	22464,88	23474,45	28010,36
3	29016,76	29016,76	24987,72	22212,39	19685,52	17408,18	13859,63	15381,34	17408,18	21959,87	22969,74	27255,19
4	28765,21	28262,01	24483,44	21454,72	18926,74	16395,06	13098,26	14620,65	16901,69	21454,72	22464,88	26499,69
5	28262,01	27506,95	23726,75	20949,42	18420,70	16395,06	12590,49	14367,01	16395,06	21202,08	22464,88	26247,78
6	29692,70	28340,63	23222,11	20696,71	18167,63	16141,68	12082,57	13605,87	16395,06	22543,49	24404,20	28686,59
7	33915,89	32880,59	27506,76	24151,97	20522,58	18214,80	14191,95	16821,35	20695,54	26845,60	29394,11	33461,20
8	38067,23	38020,06	33508,37	29897,10	26798,43	23946,88	19225,48	22589,74	25963,55	31248,28	33555,54	37566,49
9	41600,05	42349,47	38349,00	35311,43	33006,38	30494,28	25459,41	28529,22	30824,27	34339,72	36596,03	41397,34
10	44393,62	45391,30	41897,06	39194,09	37364,35	35861,74	30840,19	33179,33	33885,10	37144,22	39397,11	43894,58
11	46637,65	47634,13	44613,74	42090,82	41189,54	40660,29	35175,61	36082,69	36362,17	39146,92	41147,43	45640,64
12	47883,17	49376,70	47354,46	45212,87	44405,33	43283,45	38144,70	39208,04	39108,50	40147,45	41647,22	46716,27
13	49248,51	51169,13	50099,10	47522,37	46870,63	45073,14	40611,74	42269,94	41355,75	41939,88	42763,56	47111,71
14	49573,04	52015,77	50346,27	47468,11	47048,36	45641,91	40786,88	42713,32	41596,98	43030,52	43334,57	47262,35
15	48973,93	52958,33	49120,53	46642,57	45423,10	44390,30	39657,76	41382,93	40612,50	43965,78	42230,00	46412,27
16	46431,89	50590,58	46150,59	43792,83	42194,45	40814,50	36421,88	38777,75	37630,82	41585,77	39428,16	44211,77
17	43414,77	47574,82	41528,70	37923,09	34798,25	32724,81	29267,74	32397,24	33246,29	38306,50	36401,42	41083,53
18	38870,32	40189,85	34040,25	31027,85	29771,19	28010,36	23726,75	25239,81	25743,87	31909,75	32097,60	37038,26
19	35043,27	34792,57	31530,27	29016,76	27506,95	25743,87	21454,72	22969,74	23979,02	28010,36	29016,76	33287,63
20	34040,25	33287,63	30022,59	28010,36	25995,84	24735,60	20191,19	21454,72	22717,32	26751,56	27758,67	32283,63
21	32534,68	32032,55	29268,27	26751,56	24735,60	23474,45	19432,63	20696,71	21959,87	26247,78	27255,19	31027,85
22	31781,43	31781,43	28513,63	25995,84	23726,75	22464,88	18420,70	19938,37	21202,08	25743,87	26751,56	30273,96
23	31279,08	31279,08	28010,36	25239,81	22969,74	21202,08	17661,36	19432,63	20696,71	25239,81	26247,78	29771,19
24	30776,59	30776,59	27255,19	24231,25	21959,87	20191,19	16395,06	17661,36	19685,52	23474,45	24735,60	29268,27

APÊNDICE B.1 – Tabelas da variação horária da carga térmica ao longo de um dia típico de cada mês nas condições de projeto para ventilação (28°C) – Com Proteção Interna.

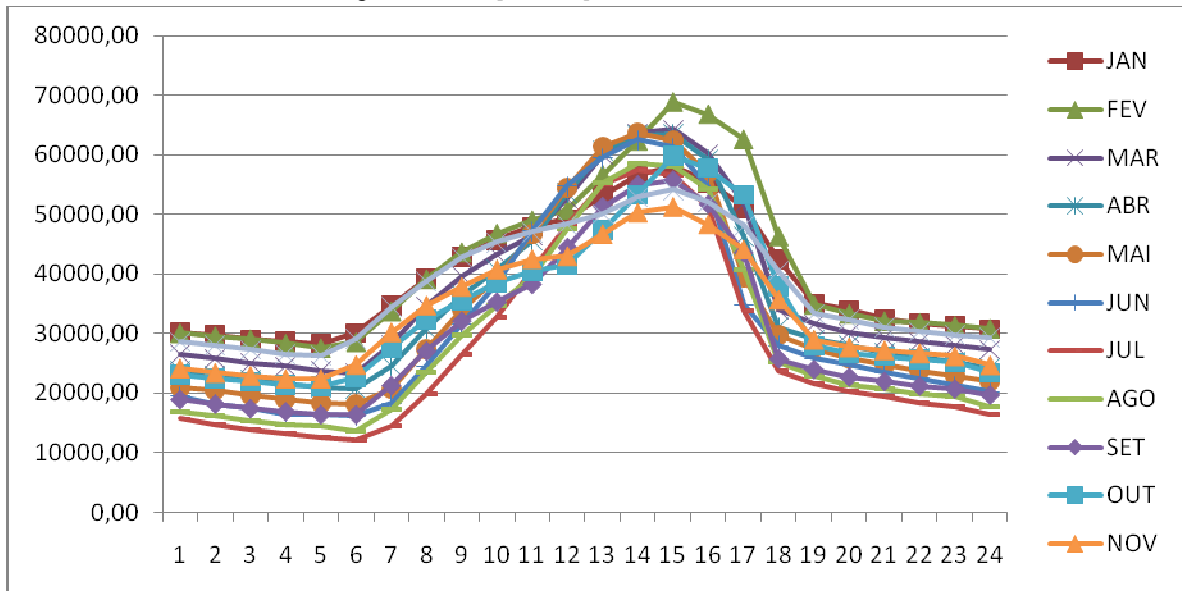
Hora	Variação típica da carga termica ao longo do dia / mês											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
	Com proteção Interna – Considerando Infiltração e Renovação – Valores expressos em BTU/h											
1	435,76	20860,22	18084,08	15902,83	13721,58	12531,80	9557,37	10548,84	12135,21	15506,24	16299,42	19670,45
2	2418,72	20463,63	17489,20	15307,94	13324,99	11540,32	8764,18	9953,96	11540,32	14911,35	15704,53	19273,86
3	4401,68	20067,04	16894,31	14713,06	12730,10	10945,44	8169,30	9359,07	10945,44	14514,76	15307,94	18678,97
4	6384,63	19472,15	16497,72	14118,17	12135,21	10152,25	7574,41	8764,18	10548,84	14118,17	14911,35	18084,08
5	8367,59	18877,27	15902,83	13721,58	11738,62	10152,25	7177,82	8565,89	10152,25	13919,87	14911,35	17885,79
6	10921,30	19731,58	15506,24	13523,28	11540,32	9953,96	6781,23	7971,00	10152,25	15170,78	16870,17	20241,20
7	13578,77	23984,67	19509,15	16671,87	13584,42	11695,98	8627,02	10921,30	14155,16	19225,58	21312,31	24640,70
8	16028,71	28365,68	24796,36	21708,90	19069,92	16629,24	13121,05	15958,32	18847,48	23011,69	24952,01	28124,75
9	18115,44	31996,14	28823,40	26340,08	24399,76	22416,81	18450,89	20986,10	22874,53	25650,67	27435,33	31358,61
10	20254,05	34531,34	31755,20	29729,61	28713,99	28156,10	23558,30	24970,51	25409,74	27987,58	29772,25	33341,57
11	22237,01	36316,00	34464,57	34273,49	35687,27	36450,67	30928,17	29514,39	27920,81	29573,95	31160,32	34729,64
12	24219,97	37704,07	40385,23	42071,30	43164,51	43851,89	38207,12	37312,20	33841,47	30367,13	31556,91	35782,25
13	29886,84	43619,10	47569,66	49066,68	50046,87	48503,15	45089,48	44902,47	40629,31	36282,15	35240,82	37711,29
14	36228,23	49528,48	51507,36	52018,55	52513,27	51634,81	47555,88	48250,93	44567,01	42389,83	39004,37	40705,80
15	41168,70	56381,05	52463,42	52428,00	51540,29	50643,33	46979,49	48263,79	45721,36	49242,41	40375,52	42275,24
16	42996,00	54813,19	48923,88	48671,66	46538,69	44500,24	41977,89	44705,75	42181,82	47674,54	38038,61	40646,23
17	43266,71	51117,99	41200,06	36216,95	29682,90	25361,46	25320,40	31854,44	34656,30	43781,04	34343,41	37219,71
18	39334,65	35525,97	24032,95	21653,41	20661,93	19273,86	15902,83	17092,60	17489,20	28982,21	26445,43	30151,91
19	36128,99	24627,84	22050,00	20067,04	18877,27	17489,20	14118,17	15307,94	16101,13	19273,86	20067,04	23438,07
20	38111,95	23438,07	20860,22	19273,86	17687,49	16696,01	13126,69	14118,17	15109,65	18282,38	19075,56	22644,88
21	40094,91	22446,59	20265,34	18282,38	16696,01	15704,53	12531,80	13523,28	14514,76	17885,79	18678,97	21653,41
22	42077,86	22248,29	19670,45	17687,49	15902,83	14911,35	11738,62	12928,39	13919,87	17489,20	18282,38	21058,52
23	44060,82	21851,70	19273,86	17092,60	15307,94	13919,87	11143,73	12531,80	13523,28	17092,60	17885,79	20661,93
24	46043,78	21455,11	18678,97	16299,42	14514,76	13126,69	10152,25	11143,73	12730,10	15704,53	16696,01	20265,34

APÊNDICE B.2 – Tabelas da variação horária da carga térmica ao longo de um dia típico de cada mês nas condições de projeto para ventilação (28°C) – Com Proteção Externa.

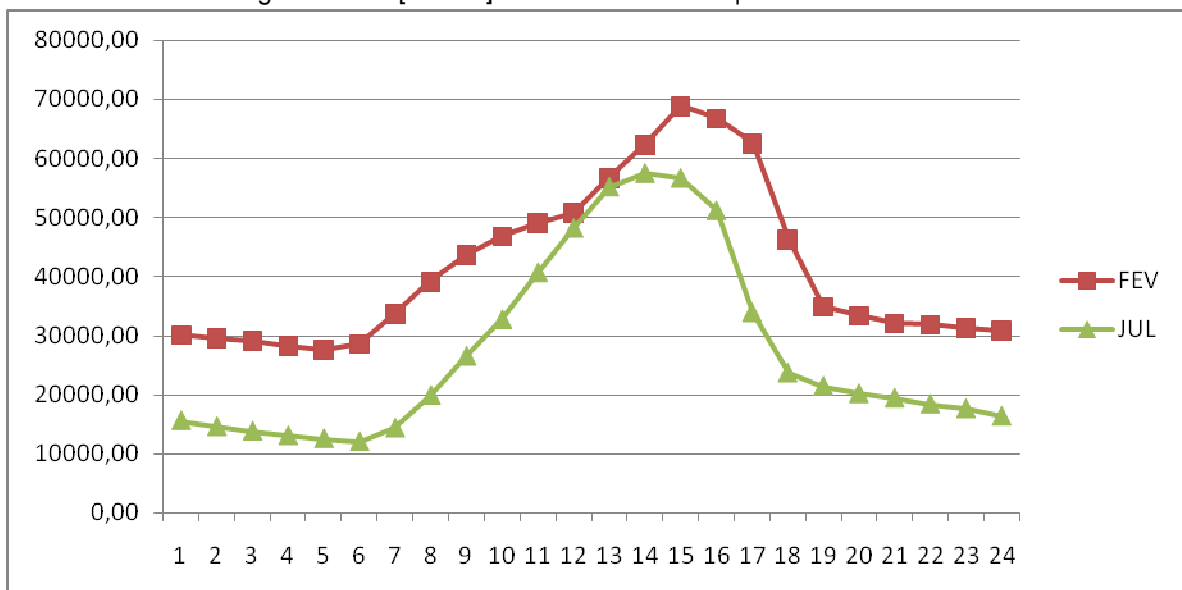
Hora	Variação típica da carga termica ao longo do dia / mês											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Com proteção Interna – Considerando Infiltração e Renovação – Valores expressos em BTU/h												
1	435,76	20860,22	18084,08	15902,83	13721,58	12531,80	9557,37	10548,84	12135,21	15506,24	16299,42	19670,45
2	2418,72	20463,63	17489,20	15307,94	13324,99	11540,32	8764,18	9953,96	11540,32	14911,35	15704,53	19273,86
3	4401,68	20067,04	16894,31	14713,06	12730,10	10945,44	8169,30	9359,07	10945,44	14514,76	15307,94	18678,97
4	6384,63	19472,15	16497,72	14118,17	12135,21	10152,25	7574,41	8764,18	10548,84	14118,17	14911,35	18084,08
5	8367,59	18877,27	15902,83	13721,58	11738,62	10152,25	7177,82	8565,89	10152,25	13919,87	14911,35	17885,79
6	10523,50	19550,77	15506,24	13523,28	11540,32	9953,96	6781,23	7971,00	10152,25	14989,97	16472,37	19843,40
7	12710,86	23189,09	18930,54	16274,08	13403,60	11587,49	8446,21	10523,50	13576,55	18429,99	20444,39	23664,29
8	14835,33	27280,79	23711,46	20840,98	18382,82	16122,95	12433,95	15090,41	17762,59	21926,80	23758,63	26931,36
9	16849,73	30730,43	27557,70	25146,70	23314,87	21331,91	17366,00	19792,72	21608,83	24384,97	26169,63	29984,42
10	18879,85	33157,15	30381,01	28246,92	26833,51	25697,01	21677,82	23487,83	24035,54	26613,39	28398,05	31967,37
11	20862,81	34941,81	32584,09	30729,50	30190,48	29868,99	25431,38	25970,41	26040,33	28199,75	29786,12	33355,44
12	22845,77	36329,88	35069,26	33645,30	33147,34	32388,20	28189,95	28886,20	28525,50	28992,94	30182,71	34227,24
13	25945,06	38122,31	37660,98	35903,32	35509,32	34074,08	30551,93	31739,11	30720,63	30785,37	31299,05	34673,59
14	29248,76	39222,00	38163,19	36106,80	35842,09	34746,66	30884,70	32339,18	31222,84	32083,35	32024,90	35028,19
15	32127,93	40469,30	37347,25	35539,84	34579,81	33755,18	30019,01	31375,63	30605,20	33330,66	31334,75	34536,34
16	34063,72	38612,13	34892,60	33157,70	31820,32	30649,78	27259,51	29191,79	28150,55	31473,48	29106,33	32798,85
17	35527,82	36110,31	30893,58	27863,28	25054,03	23191,68	20691,52	23500,77	24349,82	28773,37	26604,51	30240,24
18	35718,34	29450,57	24032,95	21653,41	20661,93	19273,86	15902,83	17092,60	17489,20	22906,81	22829,12	26716,42
19	36128,99	24627,84	22050,00	20067,04	18877,27	17489,20	14118,17	15307,94	16101,13	19273,86	20067,04	23438,07
20	38111,95	23438,07	20860,22	19273,86	17687,49	16696,01	13126,69	14118,17	15109,65	18282,38	19075,56	22644,88
21	40094,91	22446,59	20265,34	18282,38	16696,01	15704,53	12531,80	13523,28	14514,76	17885,79	18678,97	21653,41
22	42077,86	22248,29	19670,45	17687,49	15902,83	14911,35	11738,62	12928,39	13919,87	17489,20	18282,38	21058,52
23	44060,82	21851,70	19273,86	17092,60	15307,94	13919,87	11143,73	12531,80	13523,28	17092,60	17885,79	20661,93
24	46043,78	21455,11	18678,97	16299,42	14514,76	13126,69	10152,25	11143,73	12730,10	15704,53	16696,01	20265,34

APÊNDICE C.1 – Gráficos da variação horária da carga térmica ao longo de um dia típico de cada mês. Nas condições da NBR 16401 com proteção interna.

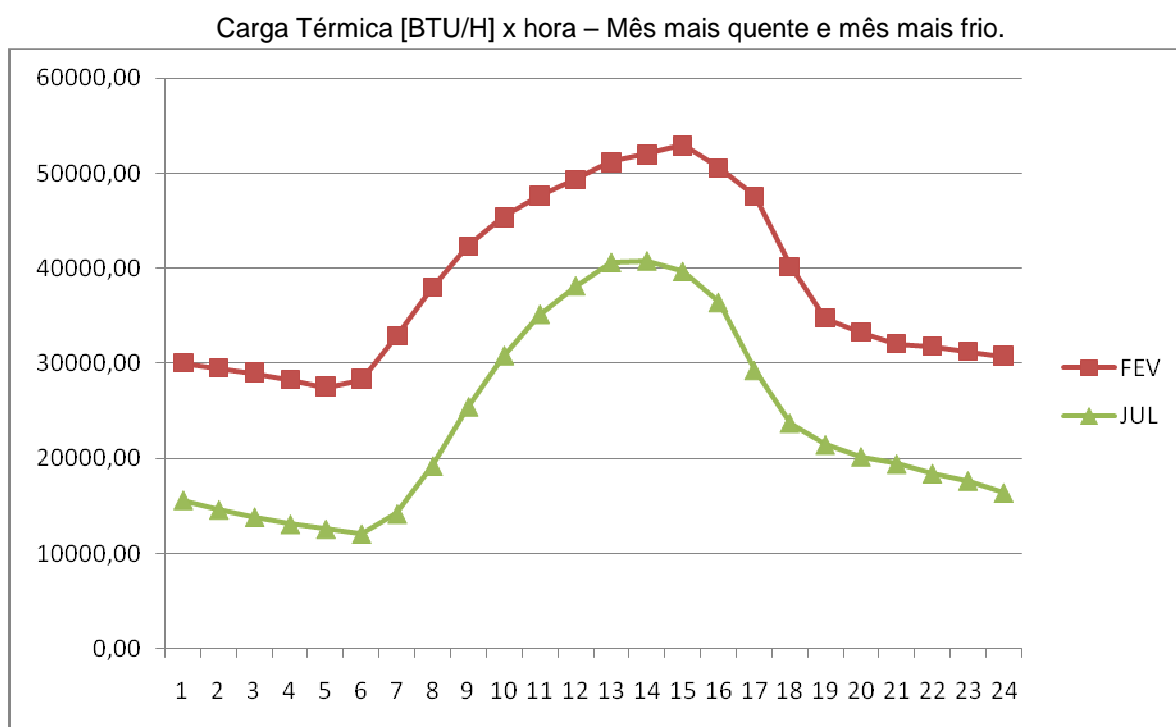
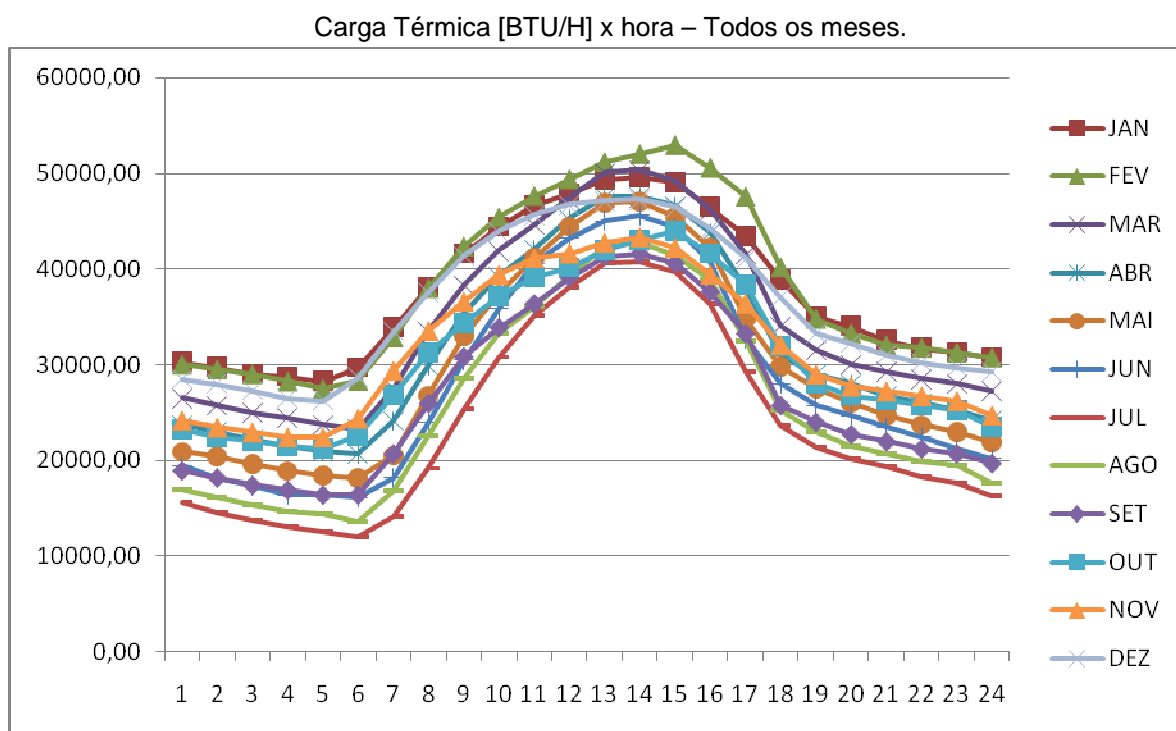
Carga Térmica [BTU/H] x hora – Todos os meses.



Carga Térmica [BTU/H] x hora – Mês mais quente e mês mais frio.

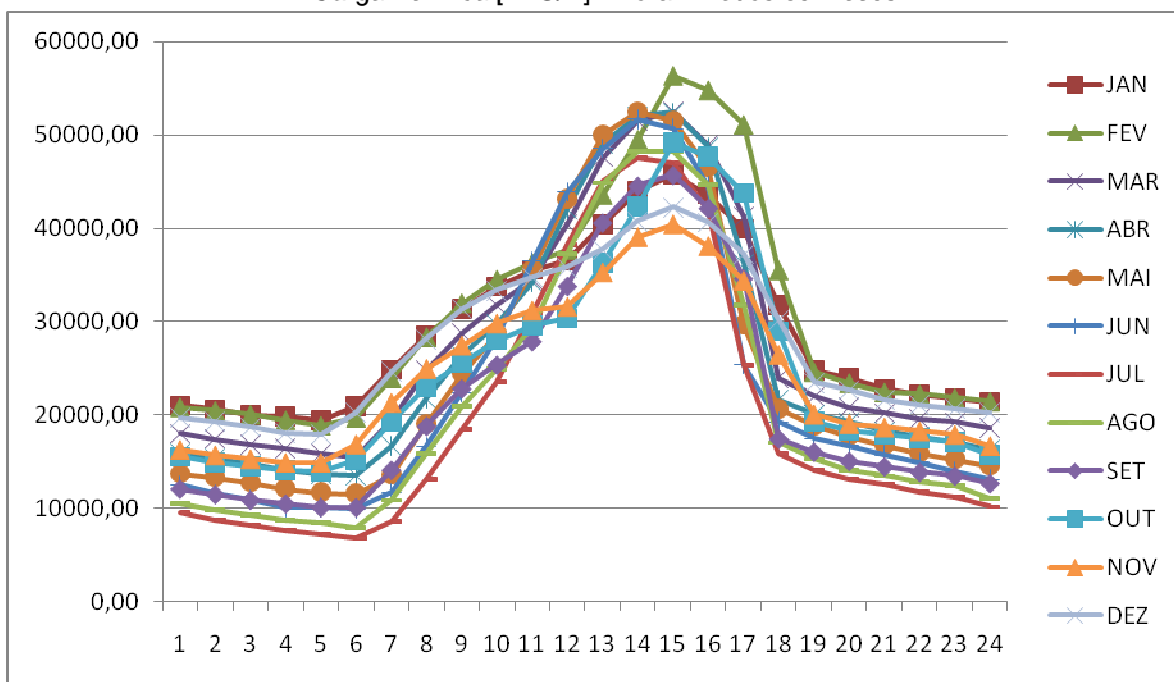


APÊNDICE C.2 – Gráficos da variação horária da carga térmica ao longo de um dia típico de cada mês. Nas condições da NBR 16401 com proteção externa.

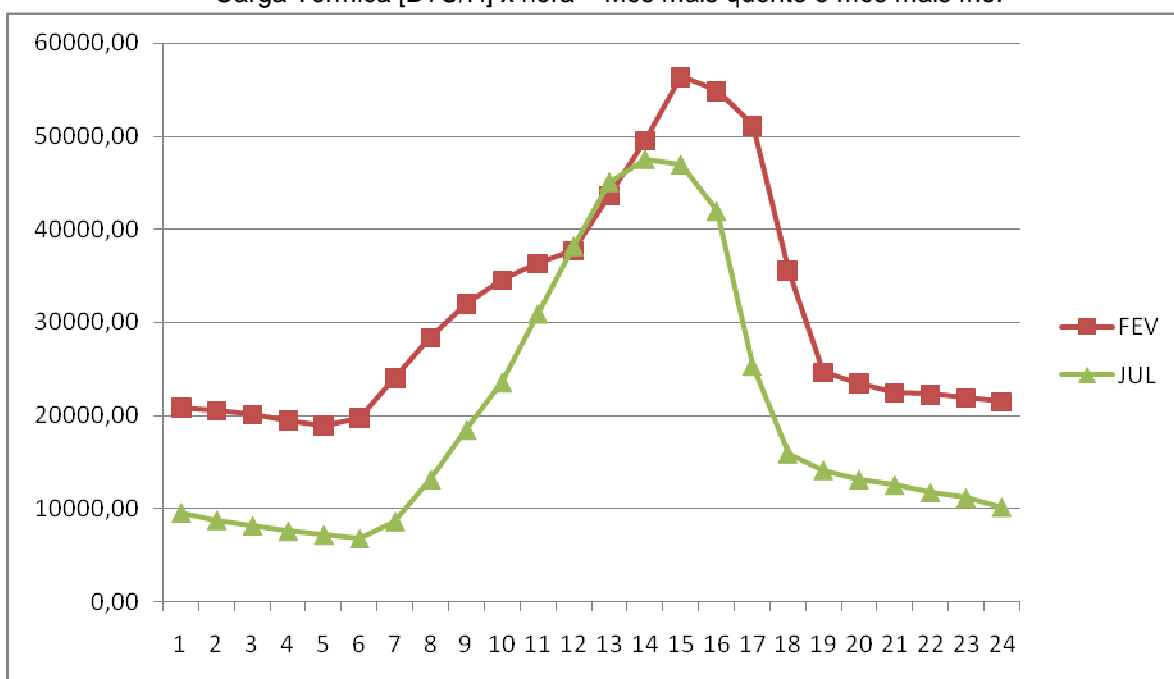


APÊNDICE C.3 – Gráficos da variação horária da carga térmica ao longo de um dia típico de cada mês. Nas condições de ventilação com proteção interna.

Carga Térmica [BTU/H] x hora – Todos os meses.

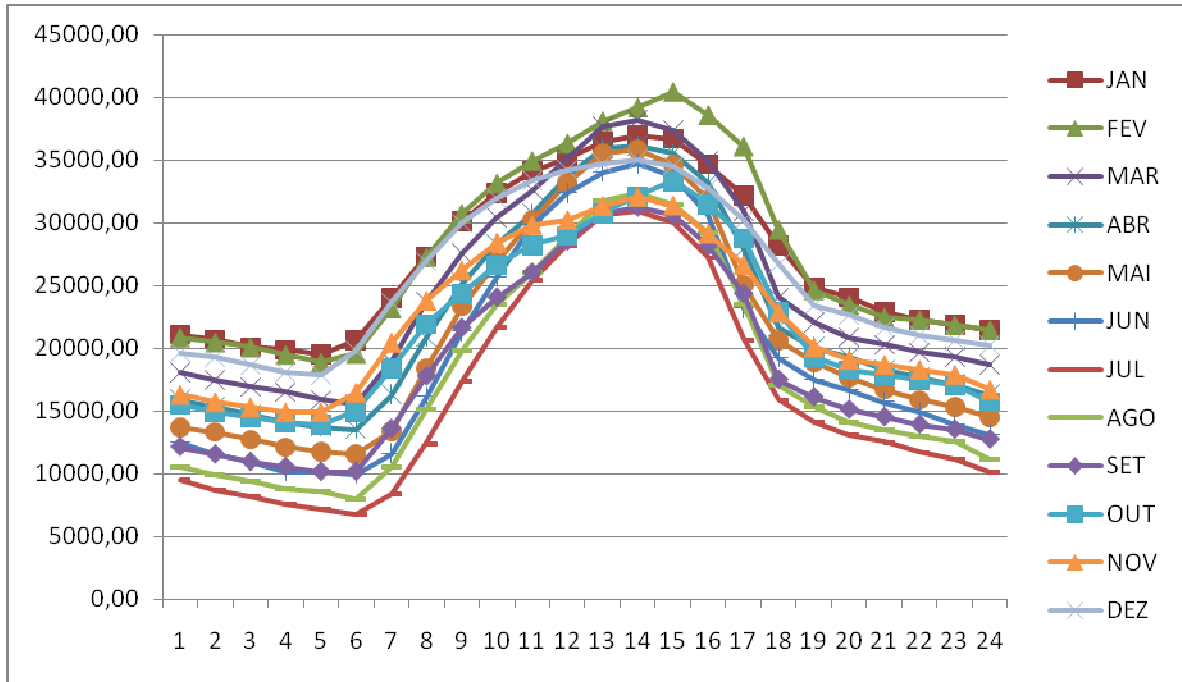


Carga Térmica [BTU/H] x hora – Mês mais quente e mês mais frio.

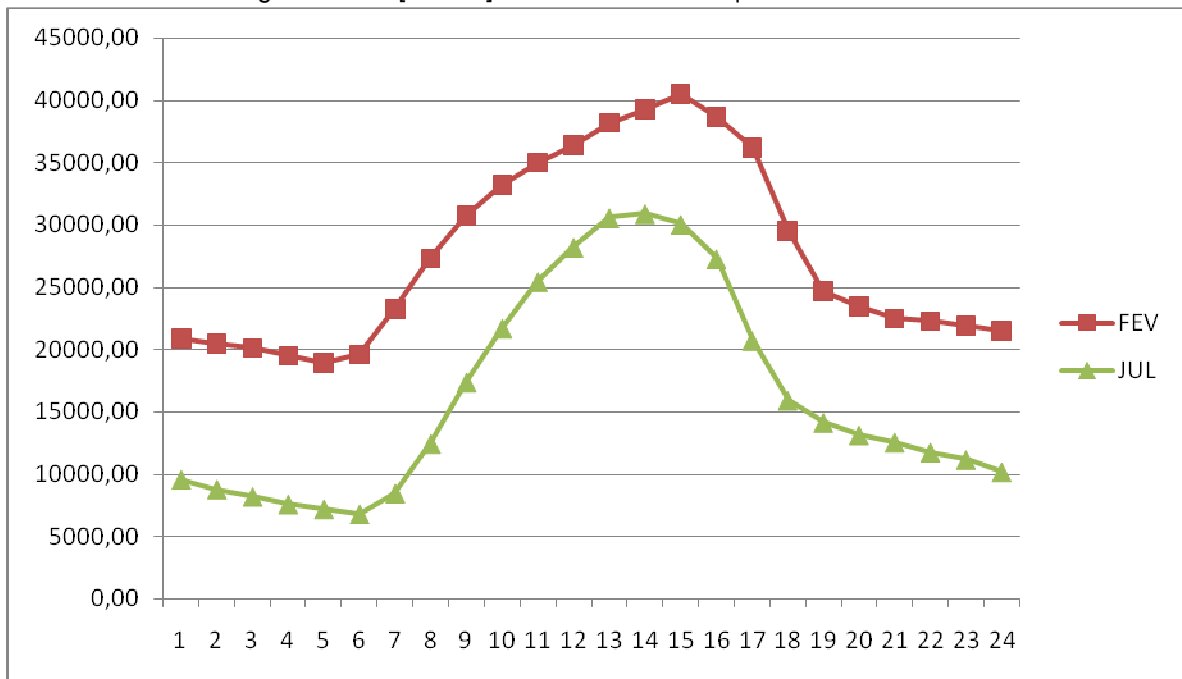


APÊNDICE C.4 – Gráficos da variação horária da carga térmica ao longo de um dia típico de cada mês. Nas condições de ventilação com proteção externa.

Carga Térmica [BTU/H] x hora – Todos os meses.



Carga Térmica [BTU/H] x hora – Mês mais quente e mês mais frio.



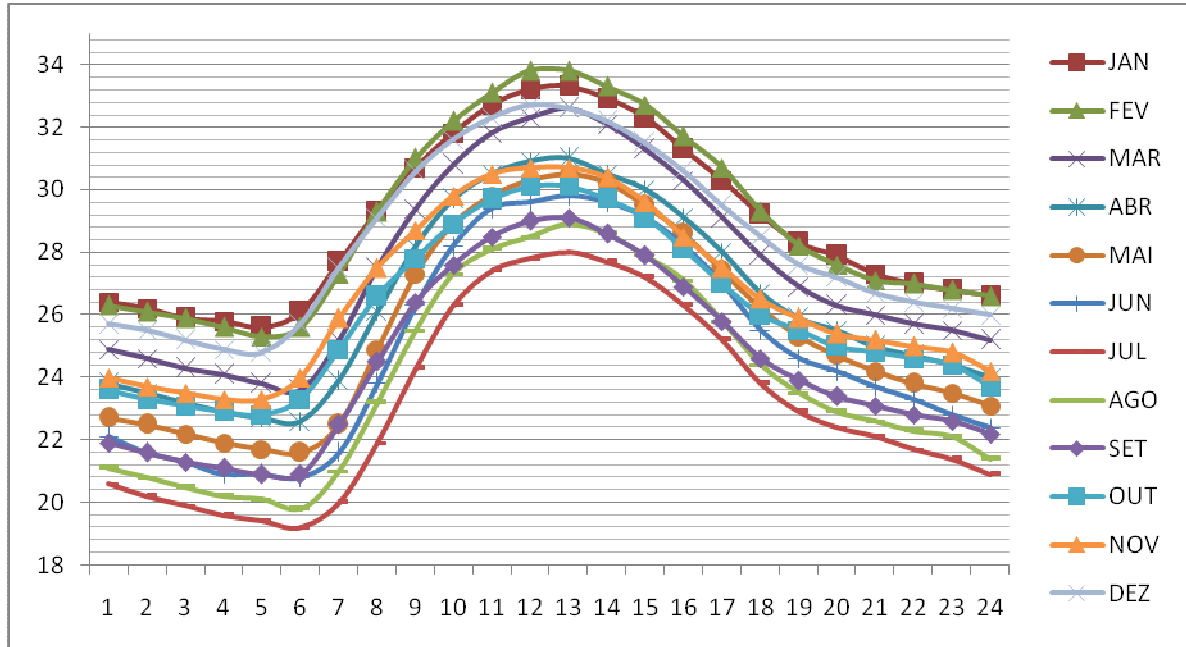
ANEXO A – Tabela da variação horária da temperatura ao longo de um dia típico de cada mês.

Hora	Variação típica da temperatura ao longo do dia / mês											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
	NIVEL 2,5%											
1	26,4	26,3	24,9	23,8	22,7	22,1	20,6	21,1	21,9	23,6	24	25,7
2	26,2	26,1	24,6	23,5	22,5	21,6	20,2	20,8	21,6	23,3	23,7	25,5
3	25,9	25,9	24,3	23,2	22,2	21,3	19,9	20,5	21,3	23,1	23,5	25,2
4	25,8	25,6	24,1	22,9	21,9	20,9	19,6	20,2	21,1	22,9	23,3	24,9
5	25,6	25,3	23,8	22,7	21,7	20,9	19,4	20,1	20,9	22,8	23,3	24,8
6	26,1	25,6	23,6	22,6	21,6	20,8	19,2	19,8	20,9	23,3	24	25,7
7	27,7	27,3	25,2	23,9	22,5	21,6	20	21	22,5	24,9	25,9	27,5
8	29,3	29,3	27,5	26,1	24,9	23,8	21,9	23,2	24,5	26,6	27,5	29,1
9	30,7	31	29,4	28,2	27,3	26,3	24,3	25,5	26,4	27,8	28,7	30,6
10	31,8	32,2	30,8	29,7	28,9	28,2	26,3	27,3	27,6	28,9	29,8	31,6
11	32,7	33,1	31,8	30,5	29,8	29,4	27,4	28,1	28,5	29,7	30,5	32,3
12	33,2	33,8	32,3	30,9	30,3	29,6	27,8	28,5	29	30,1	30,7	32,7
13	33,3	33,8	32,6	31	30,5	29,8	28	28,9	29,1	30,1	30,7	32,6
14	32,9	33,3	32,1	30,5	30,2	29,6	27,7	28,6	28,6	29,7	30,4	32,2
15	32,3	32,7	31,3	30	29,5	29,1	27,2	27,9	27,9	29,1	29,6	31,5
16	31,3	31,7	30,3	29,1	28,6	28,2	26,3	27,1	26,9	28,1	28,5	30,6
17	30,3	30,7	29,1	28	27,4	27	25,2	25,8	25,8	27	27,5	29,5
18	29,2	29,3	27,9	26,7	26,2	25,5	23,8	24,4	24,6	26	26,5	28,5
19	28,3	28,2	26,9	25,9	25,3	24,6	22,9	23,5	23,9	25,5	25,9	27,6
20	27,9	27,6	26,3	25,5	24,7	24,2	22,4	22,9	23,4	25	25,4	27,2
21	27,3	27,1	26	25	24,2	23,7	22,1	22,6	23,1	24,8	25,2	26,7
22	27	27	25,7	24,7	23,8	23,3	21,7	22,3	22,8	24,6	25	26,4
23	26,8	26,8	25,5	24,4	23,5	22,8	21,4	22,1	22,6	24,4	24,8	26,2
24	26,6	26,6	25,2	24	23,1	22,4	20,9	21,4	22,2	23,7	24,2	26

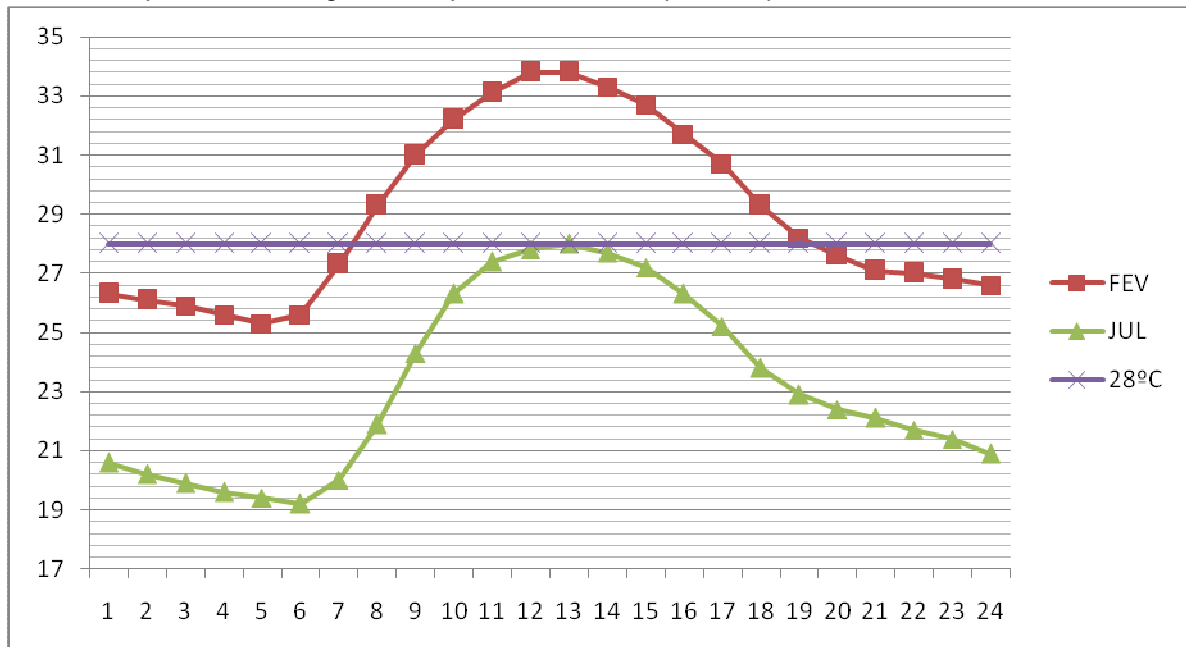
Fonte: GOULART (1997)

ANEXO A.2 – Gráfico da variação da temperatura ao longo do ano.

Temperatura ao longo do ano para cada mês, em °C.



Temperatura ao longo do ano para o mês mais quente e para o mês mais frio, em °C.



ANEXO B – Catálogo do fabricante Aeroglass para especificação dos filtros.

FILTROS MULTI-BOLSA



Descrição

Os filtros para ar tipo Multi-Bolsa são confeccionados com meio filtrante em micro fibra sintética de densidade progressiva com propriedades certificadas por laboratório europeu de reconhecimento internacional.

Suas bolsas são auto sustentáveis, soldadas em todo o seu perímetro (detalhe 1), dotadas de espaçadores internos também soldados, que garantem a total vedação e uso do elemento filtrante.

Produzidos em moldura de chapa de aço galvanizado, com perfis metálicos separando as bolsas, o conjunto apresenta excelente resistência mecânica e ótima estabilidade dimensional.

Seu sistema de vedação na saída do ar permite o perfeito encaixe do filtro na instalação, garantindo desta forma a total estanqueidade do sistema.

Os filtros Multi-Bolsa podem ser aplicados em diversas instalações, pois permitem grandes vazões de ar filtrado em relação a sua área frontal disponível.

* De acordo com a aplicação (instalações de ar condicionado, por exemplo) os filtros Multi-Bolsa podem ser produzidos com meio filtrante com tratamento bactericida, inibindo a proliferação de microrganismos, tais como: *Aspergillus niger*, *Penicillium citrinum*, *Staphylococcus aureus*, entre outros - testes aprovados em laboratório.

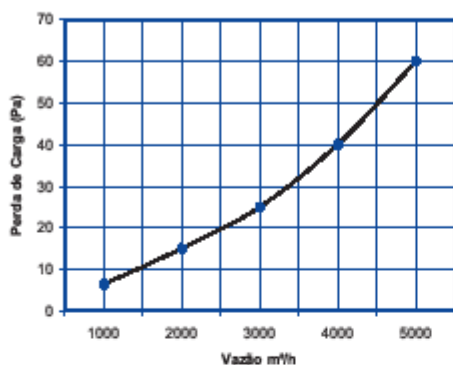
A AEROGLASS reserva-se o direito de alterações sem prévio aviso.

26
AEROGLASS

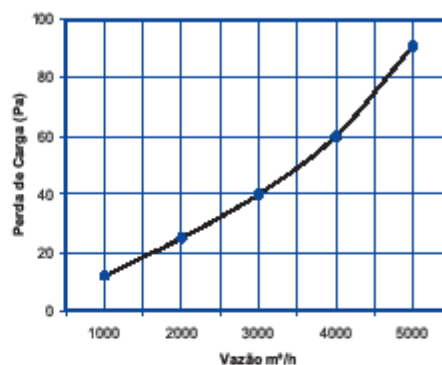
FILTROS MULTI-BOLSA

Dados Técnicos

Perda de Carga Inicial



Filtro MB 618



Filtro MB 619

Características	AEROBAG - 618	
Dimensões (B x H x P)	595 x 595 x 600	289 x 595 x 600
Eficiência Arrestance (%)	97,0	97,0
Eficiência DEHS (0,4µ) (%)	50,0	50,0
Vazão para Longa Vida (m³/h)	4.250	2.125
Perda de Carga (Pa)		
Inicial	45	45
Final	400	400
Resistência a chama (DIN 53438)	F - 1	F - 1
Resistência térmica	80°C	80°C
Capacidade de Acumulação de pó (g)	1.065	535
Classe de Filtragem (conf.EN 779/ NBR 16401)	F - 5	F - 5

Características	AEROBAG - 619	
Dimensões (B x H x P)	595 x 595 x 600	289 x 595 x 600
Eficiência Arrestance (%)	> 98,0	> 98,0
Eficiência DEHS (0,4µ) (%)	65,0	65,0
Vazão para Longa Vida (m³/h)	4.250	2.125
Perda de Carga (Pa)		
Inicial	70	70
Final	400	400
Resistência a chama (DIN 53438)	F - 1	F - 1
Resistência térmica	80°C	80°C
Capacidade de Acumulação de pó (g)	1.200	600
Classe de Filtragem (conf.EN 779/ NBR 1640)	F - 6	F - 6

Observação: Os Filtros Multi-Bolsa podem ser produzidos também com resistente moldura plástica.



AEROGLOSS BRASILEIRA S.A.
Divisão de Filtros

www.aeroglass.com.br

Rua Balão Mágico, 1003 – Bairro do Rio Cotia
CEP 06715-780 – COTIA – SP – Fone: 4616-0866
Fax: 4616-2753

Filial
Rua Ó Brasil para Cristo, 2962 – CEP 06715-780
CURITIBA – PR – Fone / Fax: (41) 3344-7070

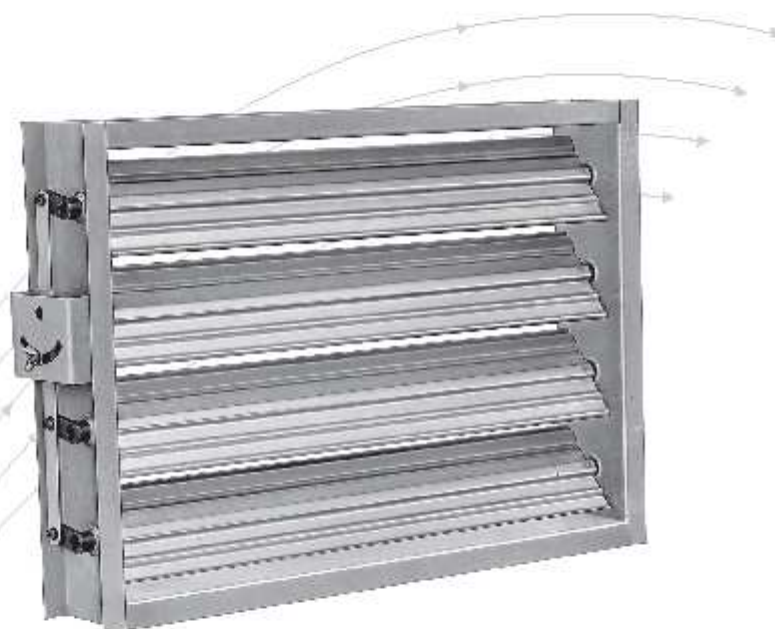
RE 09/11

ANEXO C – Catálogo do fabricante TROX technik de especificação dos dampers

C3 - 005

Registro de vazão (leve)

Série: RL

**TROX[®] TECHNIK**

TROX DO BRASIL

Rua Alvarenga, 2.025
05509-005 - São Paulo - SP

Fone: (11) 3037-3900

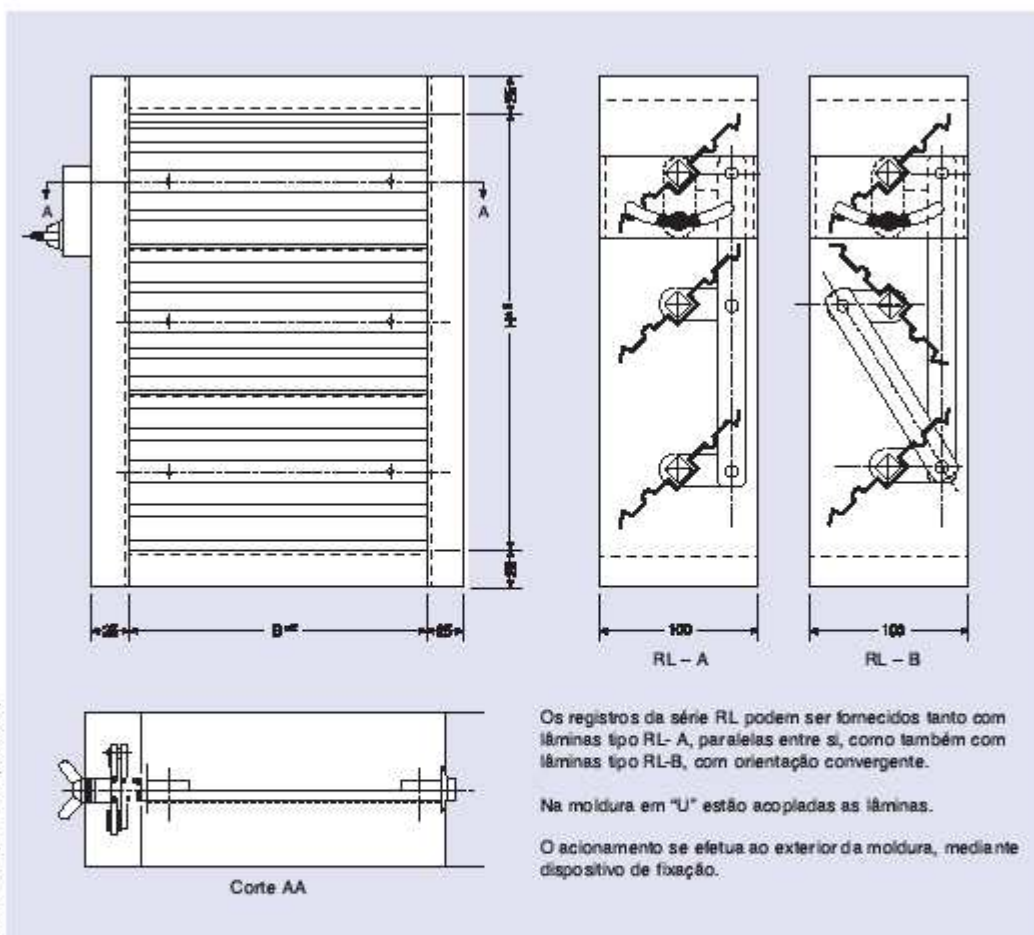
Fax: (11) 3037-3910

E-mail: trox@troxbrasil.com.brSite: <http://www.troxbrasil.com.br>

Dados técnicos da série RL

Os registros série RL são empregados como elementos de regulação em dutos de instalação de ar condicionado de conforto ou ventilação de baixa pressão.

Material: Chapa de aço galvanizada.



Reservado o direito de modificações - Reprodução proibida - Grupo TROCK (03/2007)

Tamanhos

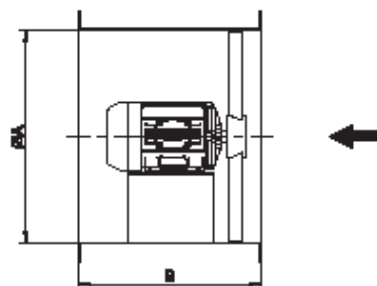
B	H	nº de aletas
100	105	1
200	205	2
300	305	3
400	405	4
500	505	5
600	605	6
700	705	7
800	805	8
900	905	9
1000	1005	10
	1105	11
	1205	12
	1305	13
	1405	14
	1505	15

São possíveis todas as combinações B e H, sendo que na altura H existe a possibilidade de passo de 50mm. (Ex: 155, 255, etc.) Para dampers com comprimento B > 1000mm, as lâminas serão subdivididas e com acionamento independentes.

Atenção:

Em instalações que envolvam filtragem, média pressão e sistemas ciclo economizador, utilizar dampers série JN (lâminas aerodinâmicas) e série JH (com estanqueidade especial).

ANEXO D – Catálogo do Ar Natural “Ventilação Industrial” de especificação do exaustor.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E DIMENSIONAIS DOS EXAUSTORES TRIFÁSICOS

TIPO ATD	Ø A	B	VAZÃO (m³ / min.) x PRESSÃO ESTÁTICA (mmCA)														PÁS	RPM	HP	PESO Kg	NÍVEL DE RUÍDO	
			6	9	9	9	12	15	18	21	24	27	30	36	42	48						54
200B-4	308	378	32	56	24	12	3,8										11	1730	0,33	12,8	73 dba	
300B-4	308	378	21	14													11	1180	0,16	12,8	80 dba	
300B-4	308	308	32	47	42	37	28	11									11	1730	0,33	14	74 dba	
300B-4	308	308	30	35	38												11	1180	0,16	16,8	87 dba	
400B-4	408	308	78	73	88	58	48	32	24	11							11	1730	0,33	14,8	79 dba	
400B-4	408	308	61	43	30	28											11	1180	0,16	18	72 dba	
400B-4	408	318	111	105	100	86	68	78	64	48	27	20					11	1730	0,5	21	89 dba	
400B-4	408	318	73	85	58	22	18										11	1180	0,28	22,2	72 dba	
600B-4	608	368	164	147	143	137	138	128	115	101	88	38	28				11	1730	0,78	34,4	88 dba	
600B-4	608	368	117	88	83	58	28	11									11	1180	0,28	38	71 dba	
600B-4	608	368	87	78													11	880	0,18	22	68 dba	
800B-4	808	448	278	267	261	255	248	234	228	223	210	108	188	98	154	90	11	1730	2,2	59,8	92 dba	
800B-4	808	448	177	168	165	160	147	128	78	48	24						11	1180	1,8	20	85 dba	
800B-4	808	448	132	129	98	48											11	880	0,33	30,2	71 dba	
700B-4	708	488	438	432	422	418	408	398	388	380	368	360	350	322	288	138	173	11	1730	6	66,8	94 dba
700B-4	708	488	288	280	268	240	238	238	187	120	87	58					11	1180	1,8	44,8	84 dba	
700B-4	708	488	290	187	178	183	88	41									11	880	0,78	42,8	76 dba	
800B-4	808	508	428	408	380	378	367	348	338	308	278	178	138	80			11	1180	2,0	54,8	88 dba	
800B-4	808	508	313	281	258	273	263	243	232	221	208	132	88	38			11	880	1,8	54	79 dba	
800B-4	808	518	890	885	883	848	824	811	491	488	488	434	408	352	181	112	11	1180	4	87	92 dba	
800B-4	808	518	444	491	418	491	583	578	501	537	538	510	288	200	186	238	11	880	2	85,8	88 dba	
1000B-4	1008	588	838	828	828	781	788	748	718	783	883	884	818	558	447	392	238	11	1180	7,5	104	100 dba
1000B-4	1008	588	890	890	877	880	845	827	817	480	458	458	445	418	384	186	11	880	3	128	92 dba	

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS E DIMENSIONAIS DOS EXAUSTORES MONOFÁSICOS

TIPO ATD	□ A	B	VAZÃO (m³ / min.) x PRESSÃO ESTÁTICA (mmCA)														PÁS	RPM	HP	PESO Kg	NÍVEL DE RUÍDO
			6	9	9	12	15	18	21	24	27	30	36	42	48						
200M	208	175	12	10														1600	1/40	3,5	52 dba
200M	208	175	23	18	18													1600	1/25	3,8	60 dba
300M	308	278	35	18	12													1600	1/20	7,1	65 dba
300B-4M	308	278	22	25	24	12	3,8										11	1730	1/4	19	71 dba
300B-4M	308	278	21	14													11	1180	1/8	8,8	80 dba
300B-4M	308	308	32	47	42	37	27	11									11	1730	1/8	18	74 dba
300B-4M	308	308	36	28	38												11	1180	1/8	18,8	81 dba
400B-4M	408	385	78	73	68	55	38	24	11								11	1730	1/8	18	78 dba
400B-4M	408	385	61	43	38	28											11	1180	1/8	18,7	86 dba
400B-4M	408	318	111	108	108	88	80	78	64	48	27	20					11	1730	1/2	26,3	82 dba
400B-4M	408	318	73	85	58	22	18										11	1180	1/4	26,8	79 dba
500B-4M	508	388	164	147	143	137	138	128	115	101	88	38	28				11	1730	3/4	34,2	88 dba
500B-4M	508	388	117	88	83	58	28	11									11	1180	1/2	28,5	79 dba
600B-4M	608	448	278	267	261	255	248	234	228	223	210	108	188	98	154	90	11	1730	2,4	54,8	92 dba
600B-4M	608	448	177	168	165	160	147	128	78	48	24						11	1180	2,4	31	78 dba

C - 31 / 08 / 2007

ANEXO E – Resolução Homologatória Nº 1.184, de 2 de agosto de 2011

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL

RESOLUÇÃO HOMOLOGATÓRIA Nº 1.184, DE 2 DE AGOSTO DE 2011.

Homologa as tarifas de fornecimento de energia elétrica, as Tarifas de Uso dos Sistemas de Distribuição – TUSD, estabelece a receita anual das instalações de conexão e fixa o valor anual da Taxa de Fiscalização de Serviços de Energia Elétrica – TFSEE, referentes à Espírito Santo Centrais Elétricas S/A – ESCELSA, bem como homologa as tarifas de suprimento para a distribuidora Empresa Luz e Força Santa Maria S.A – ELFSM.

[Nota Técnica nº. 209/2011-SRE/ANEEL](#)

[Relatório e Voto](#)

O DIRETOR-GERAL DA AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL, no uso de suas atribuições regimentais, de acordo com deliberação da Diretoria, tendo em vista o disposto no art. 3º da Lei n. 9.427, de 26 de dezembro de 1996, com redação dada pelo art. 9º da Lei n. 10.848, de 15 de março de 2004, na Cláusula Nona do Contrato de Concessão de Serviços Públicos de Energia Elétrica nº 01/1995, com a redação dada pelos seus Primeiro e Terceiro Termos Aditivos e com base nos autos do Processo n. 48500.001995/2011-82, resolve:

Art. 1º Homologar o resultado do reajuste tarifário anual de 2011 da Espírito Santo Centrais Elétricas S/A – ESCELSA, a ser aplicado de acordo com as condições estabelecidas nesta Resolução.

Art. 2º As tarifas da ESCELSA, constantes dos Anexos II e II-B da Resolução Homologatória nº 1.039, de 3 de agosto de 2010, ficam, em média, reajustadas em 6,89% (seis vírgula oitenta e nove por cento), sendo 4,47% (quatro vírgula quarenta e sete por cento) referentes ao reajuste tarifário anual econômico e 2,42% (dois vírgula quarenta e dois por cento) relativos aos componentes financeiros pertinentes, correspondendo a um efeito tarifário médio de 2,97% (dois vírgula noventa e sete por cento) a ser percebido pelos consumidores cativos.

Art. 3º As tarifas constantes do Anexo I desta Resolução, que contemplam o reajuste tarifário anual econômico e os componentes financeiros pertinentes, estarão em vigor no período de 7 de agosto de 2011 a 6 de agosto de 2012.

Art. 4º As tarifas constantes do Anexo II, que contemplam somente o reajuste tarifário anual econômico, estarão em vigor a partir de 7 de agosto de 2012 e deverão constituir a base de cálculos tarifários subsequentes.

Art. 5º Fixar as Tarifas de Uso dos Sistemas de Distribuição – TUSD da ESCELSA, constantes dos Anexos II-A e II-B, conforme as especificações a seguir:

I - as tarifas constantes do Anexo II-A estarão em vigor no período de 7 de agosto de 2011 a 6 de agosto de 2012; e

II - as tarifas constantes do Anexo II-B estarão em vigor a partir de 7 de agosto de 2012 e deverão constituir a base de cálculos tarifários subsequentes.

Parágrafo único. Para o cálculo das TUSD aplicáveis aos consumidores que assinaram CCEI – Contrato de Compra de Energia Incentivada, de acordo com a Resolução Normativa n. 247, de 21 de dezembro de 2006, aplicar-se-á o desconto divulgado mensalmente pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE para cada consumidor sobre a parcela da TUSD sujeita a desconto, devendo o resultado ser somado à parcela da TUSD não sujeita a desconto, especificada no Quadro U desta Resolução.

Art. 6º Homologar as Tarifas de Energia Elétrica – TE e as Tarifas de Uso dos Sistemas de Distribuição – TUSD da ECELSEA para a distribuidora Empresa Luz e Força Santa Maria S.A – ELFSM, constantes dos Anexos III-A, III-B e III-C, conforme as especificações a seguir:

I – as tarifas constantes do Anexo III-A, com vigência no período de 7 de agosto de 2011 a 6 de agosto de 2012, refletem o equilíbrio econômico-financeiro da ECELSEA e contemplam o reajuste tarifário econômico e os componentes financeiros pertinentes, às quais deve ser acrescentado o respectivo percentual de PIS/PASEP e COFINS para efeito de cobertura dos dispêndios relativos a estes tributos. As referidas tarifas somente serão aplicadas à concessionária suprida no próximo processo tarifário da mesma;

II – as tarifas constantes do Anexo III-B contemplam somente o respectivo reajuste tarifário econômico e estarão em vigor a partir de 7 de agosto de 2012, devendo constituir a base de cálculos tarifários subsequentes; e

III – as tarifas constantes do Anexo III-C contemplam o respectivo reajuste tarifário econômico sem o desconto na TUSD conferido às concessionárias e permissionárias supridas com mercado próprio inferior a 500 GWh/ano, conforme previsto na Resolução Normativa n. 243, de 19 de dezembro de 2006, e estarão em vigor a partir de 7 de agosto de 2012, devendo constituir a base de cálculos tarifários subsequentes.

Art. 7º Estabelecer as receitas anuais constantes dos Anexos IV-A e IV-B, referentes às instalações de conexão da Empresa de Transmissão do Espírito Santo S.A. – ETES, EVRECY Participações Ltda. e FURNAS Centrais Elétricas S.A., relativas às Demais Instalações de Transmissão – DIT dedicadas à ECELSEA, conforme as especificações a seguir:

I - as receitas anuais constantes do Anexo IV-A, que incorporam as parcelas de ajuste financeiro referentes à conexão/DIT, estarão em vigor no período de 7 de agosto de 2011 a 6 de agosto de 2012; e

II - as receitas anuais constantes do Anexo IV-B, sem as parcelas de ajuste mencionadas no inciso I, estarão em vigor a partir de 7 de agosto 2012, devendo constituir a base de cálculos tarifários subsequentes.

Art. 8º Estabelecer o valor anual da Taxa de Fiscalização de Serviços de Energia Elétrica – TFSEE da ECELSEA, referente ao período de agosto de 2011 a julho de 2012, conforme o Anexo V desta Resolução.

Art. 9º Aprovar, para fins de cálculo do atual reajuste tarifário, a quota anual da Conta de Consumo de Combustíveis – CCC e a previsão anual dos Encargos de Serviço do Sistema – ESS e de Energia de Reserva – EER da ECELSEA, conforme discriminado no Anexo VI desta Resolução.

Art. 10. Fica autorizada a inclusão, no valor total a ser pago pelo consumidor, das despesas do PIS/PASEP e da COFINS efetivamente incorridas pela Concessionária, no exercício da atividade de distribuição de energia elétrica.

Parágrafo único. Em função de eventual variação mensal da alíquota efetiva do PIS/PASEP e da COFINS, bem como da defasagem entre o valor pago e o correspondente valor repassado para o consumidor, a ESCELSA poderá compensar essas eventuais diferenças no mês subsequente.

Art. 11. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

NELSON JOSÉ HÜBNER MOREIRA

Este texto não substitui o publicado no D.O. de 05.08.2011, seção 1, p. 142, v. 148, n. 150.

ANEXO I						
ESCELSA						
TARIFA CONVENCIONAL	QUADRO A					
	TUSD + TE		TUSD		TE	
	DEMANDA	ENERGIA	DEMANDA	ENERGIA	DEMANDA	ENERGIA
SUBGRUPO	(R\$/kW)	(R\$/MWh)	(R\$/kW)	(R\$/MWh)	(R\$/kW)	(R\$/MWh)
A3a (30 kV a 44 kV)	38,87	160,44	38,87	34,85		125,59
A4 (2,3kV a 25 kV)	48,75	160,44	48,75	34,85		125,59
B1-RESIDENCIAL:		338,82		213,23		125,59
B1-RESIDENCIAL BAIXA RENDA:						
Consumo mensal inferior ou igual a 30 kWh		111,09		67,13		43,96
Consumo mensal superior a 30 kWh e inferior ou igual a 100 kWh		190,45		115,09		75,36
Consumo mensal superior a 100 kWh e inferior ou igual a 220 kWh		285,65		172,62		113,03
Consumo mensal superior a 220 kWh		317,39		191,80		125,59
B2-RURAL		194,50		122,41		72,09
B2-COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL		151,88		95,58		56,30
B2-SERVIÇO PÚBLICO DE IRRIGAÇÃO		178,86		112,55		66,31
B3-DEMAIS CLASSES		306,45		192,85		113,60
B4-ILUMINAÇÃO PÚBLICA:						
B4a - Rede de Distribuição		161,52		101,64		59,88
B4b - Bulbo da Lâmpada		177,25		111,53		65,72

TARIFA HORO-SAZONAL AZUL	QUADRO B					
	TUSD + TE		TUSD		TE	
	DEMANDA (R\$/kW)		DEMANDA (R\$/kW)		DEMANDA (R\$/kW)	
SUBGRUPO	PONTA	F. PONTA	PONTA	F. PONTA	PONTA	F. PONTA
A2 (88 a 138 kV)	19,09	4,42	19,09	4,42	0,00	0,00
A3 (69 kV)	27,80	7,35	27,80	7,35	0,00	0,00
A3a (30 a 44 kV)	37,51	11,86	37,51	11,86	0,00	0,00
A4 (2,3 a 25 kV)	46,92	14,97	46,92	14,97	0,00	0,00

TARIFA HORO-SAZONAL AZUL	QUADRO C									
	TUSD + TE				TUSD				TE	
	ENERGIA (R\$/MWh)				ENERGIA (R\$/MWh)				ENERGIA (R\$/MWh)	
	PONTA		F. PONTA		PONTA		F. PONTA		PONTA	F. PONTA
SUBGRUPO	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA
A2 (88 a 138 kV)	247,53	224,86	158,25	145,10	34,85	34,85	34,85	34,85	212,68	190,01
A3 (69 kV)	247,53	224,86	158,25	145,10	34,85	34,85	34,85	34,85	212,68	190,01
A3a (30 a 44 kV)	247,53	224,86	158,25	145,10	34,85	34,85	34,85	34,85	212,68	190,01
A4 (2,3 a 25 kV)	247,53	224,86	158,25	145,10	34,85	34,85	34,85	34,85	212,68	190,01

TARIFA HORO-SAZONAL VERDE	QUADRO E		
	TUSD + TE		TE
	DEMANDA (R\$/kW)		DEMANDA (R\$/kW)
A3a (30 a 44 kV)	11,86		0,00
A4 (2,3 a 25 kV)	14,97		0,00

TARIFA HORO-SAZONAL VERDE	QUADRO F									
	TUSD + TE				TUSD				TE	
	ENERGIA (R\$/MWh)				ENERGIA (R\$/MWh)				ENERGIA (R\$/MWh)	
	PONTA		F. PONTA		PONTA		F. PONTA		PONTA	F. PONTA
SUBGRUPO	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA
A3a (30 a 44 kV)	1.118,53	1.095,86	158,25	145,10	905,85	905,85	34,85	34,85	212,68	190,01
A4 (2,3 a 25 kV)	1.337,05	1.314,38	158,25	145,10	1.124,37	1.124,37	34,85	34,85	212,68	190,01

DESCONTOS PERCENTUAIS	QUADRO J	
UNIDADE CONSUMIDORA	DEMANDA	ENERGIA
RURAL - GRUPO A	10	10
AGUA, ESGOTO E SANEAMENTO - GRUPO A	15	15
AGUA, ESGOTO E SANEAMENTO - GRUPO B	-	15

SERVIÇOS COBRÁVEIS (arts. 102, 103 e 131 da REN 414/2010)	Grupo B (R\$)			Grupo A (R\$)
	Monofásico	Bifásico	Trifásico	
I - Vistoria de unidade consumidora	4,49	6,42	12,84	38,56
II - Aferição de medidor	5,78	9,63	12,84	64,28
III - Verificação de nível de tensão	5,78	9,63	11,56	64,28
IV - Religação normal	5,12	7,06	21,19	64,28
V - Religação de urgência	25,70	38,56	64,28	128,56
VI - Segunda via de fatura	1,91	1,91	1,91	3,85
VII - Segunda via declaração de quitação anual de débitos	1,87	1,87	1,87	3,76
VIII - Disponibilização dados de medição (memória de massa)	4,38	6,27	12,54	37,66
IX - Desligamento ou Religação programada	25,10	37,66	62,77	125,55
X - Fornecimento pulsos potência e sincronismo	4,38	6,27	12,54	37,66
XI - Comissionamento de obra	13,14	18,81	37,62	112,97
XII - Remoção de poste	(*)	(*)	(*)	(*)
XIII - Remoção de rede	(*)	(*)	(*)	(*)
XIV - Visita técnica	4,38	6,27	12,54	37,66
XV - Custo administrativo de inspeção	72,18	108,33	180,57	2.407,60

(*) Objeto de orçamento específico (art. 103 da [REN nº 414/2010](#))

PARÂMETROS PARA CÁLCULO DO ERD (RESOLUÇÃO NORMATIVA nº 414/2010)								
(SUB)GRUPO TARIFÁRIO	BT	B2rur	B2irr	B3	A4	A3a	A3	A2
K	307,89	176,75	162,53	278,45	416,47	319,76	79,04	87,79
TUSD FIO - FORA PONTA (R\$/kW)	7,61	4,37	4,02	6,88	10,29	7,90	4,42	2,17
WACC (%)	9,95%							
Carga Tributária	34,00							
PARCELA B (R\$)	570.750.305,21							
TAXA DE DEPRECIACÃO - D (%)	4,28%							
OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO - O&M (R\$)	269.282.256,27							

ANEXO II						
ESCELSA						
TARIFA CONVENCIONAL	QUADRO A					
	TUSD + TE		TUSD		TE	
	DEMANDA	ENERGIA	DEMANDA	ENERGIA	DEMANDA	ENERGIA
SUBGRUPO	(R\$/kW)	(R\$/MWh)	(R\$/kW)	(R\$/MWh)	(R\$/kW)	(R\$/MWh)
A3a (30 kV a 44 kV)	38,41	159,10	38,41	27,44		131,66
A4 (2,3 kV a 25 kV)	48,13	159,10	48,13	27,44		131,66
B1-RESIDENCIAL:		335,19		203,53		131,66
B1-RESIDENCIAL BAIXA RENDA:						
Consumo mensal inferior ou igual a 30 kWh		111,31		65,23		46,08
Consumo mensal superior a 30 kWh e inferior ou igual a 100 kWh		190,83		111,83		79,00
Consumo mensal superior a 100 kWh e inferior ou igual a 220 kWh		286,22		167,73		118,49
Consumo mensal superior a 220 kWh		318,03		186,37		131,66
B2-RURAL		192,42		116,84		75,58
B2-COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RURAL		150,25		91,23		59,02
B2-SERVIÇO PÚBLICO DE IRRIGAÇÃO		176,94		107,43		69,51
B3-DEMAIS CLASSES		303,17		184,08		119,09
B4-ILUMINAÇÃO PÚBLICA:						
B4a - Rede de Distribuição		159,79		97,02		62,77
B4b - Bulbo da Lâmpada		175,36		106,46		68,90

TARIFA HORO-SAZONAL AZUL	QUADRO B					
	TUSD + TE		TUSD		TE	
	DEMANDA (R\$/kW)		DEMANDA (R\$/kW)		DEMANDA (R\$/kW)	
	PONTA	F. PONTA	PONTA	F. PONTA	PONTA	F. PONTA
SUBGRUPO						
A2 (88 a 138 kV)	18,92	4,40	18,92	4,40	0,00	0,00
A3 (69 kV)	27,50	7,28	27,50	7,28	0,00	0,00
A3a (30 a 44 kV)	37,06	11,73	37,06	11,73	0,00	0,00
A4 (2,3 a 25 kV)	46,32	14,78	46,32	14,78	0,00	0,00

TARIFA HORO-SAZONAL AZUL	QUADRO C											
	TUSD + TE				TUSD				TE			
	ENERGIA (R\$/MWh)				ENERGIA (R\$/MWh)				ENERGIA (R\$/MWh)			
	PONTA		F. PONTA		PONTA		F. PONTA		PONTA		F. PONTA	
SUBGRUPO	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA
A2 (88 a 138 kV)	250,40	226,63	156,80	143,01	27,44	27,44	27,44	27,44	222,96	199,19	129,36	115,57
A3 (69 kV)	250,40	226,63	156,80	143,01	27,44	27,44	27,44	27,44	222,96	199,19	129,36	115,57
A3a (30 a 44 kV)	250,40	226,63	156,80	143,01	27,44	27,44	27,44	27,44	222,96	199,19	129,36	115,57
A4 (2,3 a 25 kV)	250,40	226,63	156,80	143,01	27,44	27,44	27,44	27,44	222,96	199,19	129,36	115,57

TARIFA HORO-SAZONAL VERDE	QUADRO E					
	TUSD + TE		TUSD		TE	
	DEMANDA (R\$/kW)		DEMANDA (R\$/kW)		DEMANDA (R\$/kW)	
SUBGRUPO						
A3a (30 a 44 kV)		11,73		11,73		0,00
A4 (2,3 a 25 kV)		14,78		14,78		0,00

TARIFA HORO-SAZONAL VERDE	QUADRO F											
	TUSD + TE				TUSD				TE			
	ENERGIA (R\$/MWh)				ENERGIA (R\$/MWh)				ENERGIA (R\$/MWh)			
	PONTA		F. PONTA		PONTA		F. PONTA		PONTA		F. PONTA	
SUBGRUPO	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA	SECA	ÚMIDA
A3a (30 a 44 kV)	1.110,86	1.087,09	156,80	143,01	887,90	887,90	27,44	27,44	222,96	199,19	129,36	115,57
A4 (2,3 a 25 kV)	1.326,04	1.302,27	156,80	143,01	1.103,08	1.103,08	27,44	27,44	222,96	199,19	129,36	115,57

DESCONTOS PERCENTUAIS				QUADRO J	
UNIDADE CONSUMIDORA				DEMANDA	ENERGIA
RURAL - GRUPO A				10	10
ÁGUA, ESGOTO E SANEAMENTO - GRUPO A				15	15
ÁGUA, ESGOTO E SANEAMENTO - GRUPO B				-	15

ANEXO II-A					
TUSD - CONSUMIDORES LIVRES	QUADRO L				
	TUSD				
	DEMANDA (R\$/kW)				
	PONTA		F. PONTA		
A2 (88 a 138 kV)	19,09		4,42		
A3 (69 kV)	27,80		7,35		
A3a (30 a 44 kV)	37,51		11,86		
A4 (2,3 a 25 kV)	46,92		14,97		

TUSD - CONSUMIDORES LIVRES	QUADRO M	
	TUSD	
	ENCARGOS (R\$/MWh)	
	PONTA	F. PONTA
A2 (88 a 138 kV)	34,85	34,85
A3 (69 kV)	34,85	34,85
A3a (30 a 44 kV)	34,85	34,85
A4 (2,3 a 25 kV)	34,85	34,85

TUSD - CONCESSIONÁRIAS DE SERVIÇO PÚBLICO DE ENERGIA ELÉTRICA	QUADRO N	
	TUSD	
	DEMANDA (R\$/kW)	
SUBGRUPO	PONTA	F. PONTA
A4 (2,3 a 25 kV)	43,60	13,90

TUSD - APE e PIE	QUADRO T			
Em atendimento aos arts. 19 e 20 da Resolução Normativa ANEEL n° 166/2005 .	TUSD			
	ENCARGOS (R\$/MWh)			
	PONTA		F. PONTA	
A2 (88 a 138 kV)	1,81		1,81	
A3 (69 kV)	1,81		1,81	
A3a (30 a 44 kV)	1,81		1,81	
A4 (2,3 a 25 kV)	1,81		1,81	
TUSD - CONSUMIDORES LIVRES - Aplicação de desconto previsto nas Resoluções n° 27 , de 18 de agosto de 2004, e n° 247 , de 21 de dezembro de 2006	QUADRO U			
	TUSD			
	DEMANDA (R\$/kW)			
	PONTA		F. PONTA	
	SUBGRUPO	Parcela sujeita ao desconto	Parcela não sujeita ao desconto	Parcela sujeita ao desconto
A2 (88 a 138 kV)	18,32	0,77	4,24	0,18
A3 (69 kV)	26,68	1,12	7,05	0,30
A3a (30 a 44 kV)	36,00	1,51	11,38	0,48
A4 (2,3 a 25 kV)	45,03	1,89	14,37	0,60

TUSD - GERAÇÃO	QUADRO V	
	TUSDg	
	DEMANDA (R\$/kW)	
A2 (88 a 138 kV) - SANTA FE - ES	2,65	
A2 (88 a 138 kV) - SAO JOAQUIM	2,44	
A2 (88 a 138 kV) - SAO PEDRO	2,64	
A2 (88 a 138 kV) - SAO SIMAO	2,65	
A2 (88 a 138 kV) - SUICA	2,60	
A2 (88 a 138 kV) - MASCARENHAS - ENERGEST	2,72	
A2 (88 a 138 kV) - ARCEL	2,37	
A2 (88 a 138 kV) - SOL	2,72	
A2 (88 a 138 kV) - LINHARES	2,72	
A3 (69 kV)	3,00	
A3a (30 a 44 kV)	3,00	
A4 (2,3 a 25 kV)	3,00	
NOVAS CENTRAIS GERADORAS, EM A2, NÃO CONSIDERADAS NOMINALMENTE NESTE QUADRO.	2,37	

ANEXO II-B		
TUSD - CONSUMIDORES LIVRES	QUADRO L	
	TUSD	
	DEMANDA (R\$/kW)	
SUBGRUPO	PONTA	F. PONTA
A2 (88 a 138 kV)	18,92	4,40
A3 (69 kV)	27,50	7,28
A3a (30 a 44 kV)	37,06	11,73
A4 (2,3 a 25 kV)	46,32	14,78

TUSD - CONSUMIDORES LIVRES	QUADRO M	
	TUSD	
	ENCARGOS (R\$/MWh)	
SUBGRUPO	PONTA	F. PONTA
A2 (88 a 138 kV)	27,44	27,44
A3 (69 kV)	27,44	27,44
A3a (30 a 44 kV)	27,44	27,44
A4 (2,3 a 25 kV)	27,44	27,44

TUSD - CONCESSIONÁRIAS DE SERVIÇO PÚBLICO DE ENERGIA ELÉTRICA	QUADRO N	
	TUSD	
	DEMANDA (R\$/kW)	
SUBGRUPO	PONTA	F. PONTA
A4 (2,3 a 25 kV)	44,07	14,06

TUSD - APE e PIE	QUADRO T			
Em atendimento aos arts. 19 e 20 da Resolução Normativa ANEEL nº 166/2005.	TUSD			
	ENCARGOS (R\$/MWh)			
SUBGRUPO	PONTA		F. PONTA	
A2 (88 a 138 kV)	1,22		1,22	
A3 (69 kV)	1,22		1,22	
A3a (30 a 44 kV)	1,22		1,22	
A4 (2,3 a 25 kV)	1,22		1,22	
TUSD - CONSUMIDORES LIVRES - Aplicação de desconto previsto nas Resoluções nº 77, de 18 de agosto de 2004, e nº 247, de 21 de dezembro de 2006	QUADRO U			
	TUSD			
	DEMANDA (R\$/kW)			
	PONTA		F. PONTA	
SUBGRUPO	Parcela sujeita ao desconto	Parcela não sujeita ao desconto	Parcela sujeita ao desconto	Parcela não sujeita ao desconto
A2 (88 a 138 kV)	18,08	0,84	4,20	0,20
A3 (69 kV)	26,28	1,22	6,96	0,32
A3a (30 a 44 kV)	35,41	1,65	11,21	0,52
A4 (2,3 a 25 kV)	44,26	2,06	14,12	0,66

TUSD - GERAÇÃO	QUADRO V	
	TUSDg	
	DEMANDA (R\$/kW)	
A2 (88 a 138 kV) - SANTA FE - ES	2,65	
A2 (88 a 138 kV) - SAO JOAQUIM	2,44	
A2 (88 a 138 kV) - SAO PEDRO	2,63	
A2 (88 a 138 kV) - SAO SIMAO	2,65	
A2 (88 a 138 kV) - SUICA	2,59	
A2 (88 a 138 kV) - MASCARENHAS - ENERGEST	2,87	
A2 (88 a 138 kV) - ARCEL	2,37	
A2 (88 a 138 kV) - SOL	2,98	
A2 (88 a 138 kV) - LINHARES	2,73	
A3 (69 kV)	2,97	
A3a (30 a 44 kV)	2,97	
A4 (2,3 a 25 kV)	2,97	
NOVAS CENTRAIS GERADORAS, EM A2, NÃO CONSIDERADAS NOMINALMENTE NESTE QUADRO.	2,37	

ANEXO III-A			
TUSD SUPRIMENTO			
SUBGRUPO	PONTA (R\$/kW)	F. PONTA (R\$/kW)	PIS/COFINS (%)
A2 (88 a 138 kV)	8,29	1,93	0,85
A3 (69 kV)	9,66	2,38	1,27
TE (R\$/MWh)		115,91	0,10

ANEXO III-B		
TUSD SUPRIMENTO		
SUBGRUPO	PONTA (R\$/kW)	F. PONTA (R\$/kW)
A2 (88 a 138 kV)	8,57	2,02
A3 (69 kV)	10,02	2,50
TE (R\$/MWh)		123,81

ANEXO III-C Tarifa Cheia (sem desconto no fio B)		
TUSD SUPRIMENTO		
SUBGRUPO	PONTA (R\$/kW)	F. PONTA (R\$/kW)
A2 (88 a 138 kV)	18,01	4,19
A3 (69 kV)	26,17	6,93
TE (R\$/MWh)		123,81

ANEXO IV-A		
RECEITA ANUAL REFERENTE ÀS DEMAIS INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO (DIT)		
Vigente no período de 7 de agosto de 2011 a 6 de agosto de 2012		
EMPRESA TRANSMISSORA	INSTALAÇÕES DEDICADAS À	VALOR ANUAL - R\$
ETES	ESCELSA	1.302.944,00
EVRECY	ESCELSA	595.439,99
FURNAS	ESCELSA	7.231.524,57

ANEXO IV-B		
RECEITA ANUAL REFERENTE ÀS DEMAIS INSTALAÇÕES DE TRANSMISSÃO (DIT)		
Vigente a partir de 7 de agosto de 2012		
EMPRESA TRANSMISSORA	INSTALAÇÕES DEDICADAS À	VALOR ANUAL - R\$
ETES	ESCELSA	1.303.121,52
EVRECY	ESCELSA	620.437,53
FURNAS	ESCELSA	8.123.789,06

ANEXO V		
TAXA DE FISCALIZAÇÃO DE SERVIÇOS DE ENERGIA ELÉTRICA – TFSEE		
VALORES NO PERÍODO DE AGOSTO DE 2011 A JULHO DE 2012		
CONCESSIONÁRIA	TFSEE ANUAL - R\$	TFSEE MENSAL - R\$
ESCELSA	4.234.479,79	352.873,32

ANEXO VI		
QUOTA ANUAL DA CCC E PREVISÃO DO ESS/EER		
CONCESSIONÁRIA	CCC – R\$	ESS/EER – R\$
ESCELSA	114.674.593,81	35.984.770,74