



UNIFACS
LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

MESTRADO EM ENERGIA

JULIANA FERNANDES MACHADO

**FATORES DE AMBIÊNCIA NUMA ESCOLA PÚBLICA MUNICIPAL NO
INTERIOR DA BAHIA**

Salvador
2017

JULIANA FERNANDES MACHADO

**FATORES DE AMBIÊNCIA NUMA ESCOLA PÚBLICA MUNICIPAL NO
INTERIOR DA BAHIA**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Energia (PPGE) da UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Energia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Rodrigues de Araújo.

Salvador
2017

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UNIFACS Universidade Salvador,
Laureate International Universities.

Machado, Juliana Fernandes

Fatores de ambiência numa escola pública municipal no interior da Bahia. /
Juliana Fernandes Machado. – Salvador, 2017.

86 f.: il.

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Energia da UNIFACS
Universidade Salvador, Laureate International Universities, como requisito parcial
para a obtenção do grau de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sérgio Rodrigues de Araújo.

1. Energia elétrica – Conservação. 2. Energia elétrica – Consumo. 3. Conforto
ambiental. I. Araújo, Paulo Sérgio Rodrigues de, orient. II. Título.

CDD: 621.042

JULIANA FERNANDES MACHADO

FATORES DE AMBIÊNCIA NUMA ESCOLA PÚBLICA MUNICIPAL NO INTERIOR
DA BAHIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, Mestrado em Energia da UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre, à seguinte banca examinadora:

Paulo Sérgio Rodrigues de Araújo - Orientador _____
Doutor em Agronomia pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Brasil
UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities

Victor Meneses Vieira _____
Doutor em Geologia Ambiental, Recursos Hídricos e Hidrogeologia pela Universidade Federal da Bahia - UFBA
UNIFACS Universidade Salvador, Laureate International Universities

Daniel Barbosa _____
Doutor em Engenharia Elétrica [S. Carlos] pela Universidade de São Paulo
Universidade Federal da Bahia - UFBA

Salvador, 3 de novembro de 2017.

Dedico esta dissertação aos estudantes de escolas públicas que, muitas vezes, enfrentam condições precárias de ensino.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter guiado meus passos desde sempre.

Aos professores Paulo e Daniel pela orientação e incentivo constante.

Aos meus pais pelo encorajamento, pelo apoio, por todo o amor que sempre me foi dedicado e pela melhor herança que poderiam ter deixado: minha educação.

Ao meu irmão e cunhada pela eterna cumplicidade e por terem me dado o Gui como sobrinho.

Ao meu grande amor, Léo, parceiro de vida, pelo amor, estímulo, atenção, paciência e presença em todos os momentos.

À minha amiga-irmã, Drica, por ser meu exemplo e inspiração e por todo companheirismo e motivação.

À Renatinha, pela ajuda na coleta de dados e por todo carinho com a minha pesquisa.

À todos os meus amigos pela torcida e incentivo.

Aos colegas do mestrado, pela companhia e pela troca enriquecedora de experiências.

RESUMO

No Brasil os prédios públicos consomem 8% de toda a energia produzida, visto que nos mesmos são utilizados equipamentos ultrapassados, com grande consumo de energia e também não se aproveita a ventilação e iluminação natural. As escolas públicas do país normalmente são projetadas e construídas desconsiderando o aproveitamento dos recursos naturais como o percurso de insolação e direção dos ventos, aspectos imprescindíveis aos usuários no desempenho de atividades, tanto pelo desconforto térmico quanto pela restrição de luminosidade natural. A iluminação, dentre os parâmetros de conforto ambiental, destaca-se por afetar o indivíduo físico e psicologicamente. O planejamento e consecução do aproveitamento da luz natural trazem benefícios na produtividade discente e economicidade. Neste trabalho qualificou-se o conforto ambiental e a percepção dos usuários numa escola pública municipal no interior da Bahia. Procedeu-se medições da temperatura e umidade relativa do ar, luminosidade e ruídos em duas salas de aula, em três horários distintos. O questionário elaborado foi aplicado a 115 estudantes, buscando-se a percepção destes quanto ao conforto ambiental. Observou-se nas condições experimentais *in situ*, que as salas avaliadas apresentaram condições deficitárias tanto nas mensurações quanto na percepção de qualidade ambiental. Preconiza-se a demanda aos projetos arquitetônicos, execução ou reforma construtiva, que se considere a orientação geográfica e design, aproveitando-se a iluminação e ventilação natural, incrementando a saúde ambiental, o rendimento escolar e a eficiência energética.

Palavras-chave: Ambiência. Conforto Ambiental. Escolas públicas.

ABSTRACT

In Brazil public buildings consume 8% of all the energy produced, since in the same are used outdated equipment, with great energy consumption and also does not take advantage of ventilation and natural lighting. The country's public schools are usually designed and constructed, disregarding the use of natural resources such as the sunshine course and direction of the winds, indispensable aspects for the users in the performance of activities, due to the thermal discomfort as well as the restriction of natural luminosity. The lighting, among the parameters of environmental comfort, stands out for affecting the individual physically and psychologically. The planning and achievement of the use of natural light brings benefits in student productivity and economics. In this work the environmental comfort and the perception of the users in a municipal public school in the interior of Bahia were qualified. Measurements of temperature and relative humidity, brightness and noise were carried out in two classrooms at three different times. The questionnaire elaborated was applied to 115 students, seeking their perception of environmental comfort. It was observed in the experimental conditions in situ, that the evaluated rooms presented deficient conditions both in the measurements and in the perception of environmental quality. The demand for architectural projects, execution or constructive renovation is considered, considering geographic orientation and design, taking advantage of natural lighting and ventilation, increasing environmental health, school performance and energy efficiency.

Keywords: Ambience. Environmental Comfort. Public Schools.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização das salas de aula “A” e “B” na unidade escolar analisada	37
Figura 2 - Sala de aula “A” na unidade escolar analisada	38
Figura 3 - Sala de aula “B” na unidade escolar analisada	39
Figura 4 - Localização municipal na Zona Bioclimática brasileira número 8.....	39
Figura 5 - Aparelho medidor multifunção IP-233 (Impac) e termômetro infravermelho Ufree GM300 (CE).....	41
Figura 6 - Disposição da mobília e superfícies de medições da iluminância nas salas de aula.....	42
Figura 7 - Diagrama do conforto térmico na sala de aula “A”	45
Figura 8 - Diagrama de conforto térmico na sala de aula “B”	46
Figura 9 - Substituição de janelas (esquerda) por cobogó (direita), na sala “A”	50
Figura 10 - Cor de parede antes (esquerda) e após pintura (direita) na sala “B”	50
Figura 11 - Diagrama do conforto térmico na sala “A”, no verão.....	51
Figura 12 - Diagrama do conforto térmico na sala “B”, no verão.....	52
Figura 13 - Diagrama do conforto térmico na sala “A”, no Outono	56
Figura 14 - Diagrama do conforto térmico na sala de aula “B”, no outono	57
Figura 15 - Diagrama de conforto térmico na sala “A”, no inverno	61
Figura 16 - Diagrama de conforto térmico na sala “B”, no inverno.....	61

LISTA DE MOSAICOS

Mosaico 1 - Perfil discente dos questionados sobre a qualidade de iluminação natural em sala de aula.....	66
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráfico da distribuição do consumo de energia em um prédio público.....	31
Gráfico 2 - Luminosidade média da sala “A” na primavera.....	47
Gráfico 3 - Luminosidade média da sala B (primavera)	48
Gráfico 4 - Valores médios de ruídos (dB) nas salas A e B, na Primavera.....	49
Gráfico 5 - Luminosidade média na Sala A, na Primavera e Verão.....	53
Gráfico 6 - Luminosidade média na sala “B”, na Primavera e Verão	53
Gráfico 7 - Dados médios de ruídos, nas salas A e B no Verão	54
Gráfico 8 - Luminescência na Sala A (Outono)	58
Gráfico 9 - Luminescência na Sala B (Outono)	58
Gráfico 10 - Ruído médio (dB) nas salas A e B (Outono)	59
Gráfico 11 - Luminescência na Sala A, no Inverno	62
Gráfico 12 - Luminescência na Sala “B”, no Inverno	62
Gráfico 13 - Ruídos médios (Db) nas salas “A” e “B” no inverno	63
Gráfico 14 - Luminescência média nas quatro diferentes estações	65
Gráfico 15 - Percepção discente sobre necessidade de acender a luz à realização de atividades	67
Gráfico 16 - Percepção discente quanto a realização de atividades com luzes apagadas	68
Gráfico 17 - Percepção discente quanto à temperatura da sala	69
Gráfico 18 - Percepção discente da ventilação natural em sala de aula	69
Gráfico 19 - Percepção discente da necessidade de uso do ventilador.....	69
Gráfico 20 - Percepção discente relativo ao uniforme escolar. Salvador - BA, 2017.....	70
Gráfico 21 - Percepção discente da temperatura comprometer as atividades	70
Gráfico 22 - Percepção discente dos ruídos em salas salas	71
Gráfico 23 - Percepção discente de oitiva ao professor com o ventilador ligado	71
Gráfico 24 - Percepção discente relativa aos ruídos que atrapalham as aulas.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Medidas higrotérmicas Sala “A”	45
Tabela 2 - Medidas higrotérmicas Sala “B”	46
Tabela 3 - Medidas higrotérmicas na Sala “A”, no verão	51
Tabela 4 - Medidas higrotérmicas na Sala “B”, no verão	51
Tabela 5 - Ruídos na sala A no verão	54
Tabela 6 - Ruídos na sala B no verão	55
Tabela 8 - Medidas higrotérmicas na Sala “B”, no Outono	56
Tabela 9 - Ruídos (dB) na sala “A” (Outono)	59
Tabela 10 - Ruídos (dB) na sala “B” (Outono). Salvador - BA, 2016.	59
Tabela 11 - Medidas higrotérmicas na Sala “A”, no Outono	60
Tabela 12 - Medidas higrotérmicas na Sala “B”, no Outono	60
Tabela 13 - Ruídos (dB) na sala “A” (Inverno).....	63
Tabela 14 - Ruídos (dB) na sala “B” (Inverno).....	63
Tabela 15 - Tabela da Percepção dos alunos com relação a iluminação natural.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas e Técnicas
OMS	Organização Mundial de Saúde)
NR15	Norma Regulamentadora 15
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONSERVE	Programa de Conservação de Energia do Setor Industrial
PROCEL	Programa Nacional de Eficiência Energética
RGR	Reserva Global de Reversão
GCE	Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica
INMETRO	Instituto Nacional De Metrologia, Qualidade e Tecnologia
RTQ-C	Regulamento Técnico Da Qualidade Do Nível De eficiência energética De Edifícios Comerciais, De Serviços e Públicos
ANEEL	Agência Nacional De Energia Elétrica
PROPEE	Procedimentos Do Programa De Eficiência Energética
ENCE	Etiqueta Nacional De Conservação De Energia
PEE	Programa De Eficiência energética
PROCEL EPP	Programa de Eficiência Energética Nos Prédios Públicos
MME	Ministério De Minas E Energia
MT	Mato Grosso
ES	Espírito Santo
SC	Santa Catarina
PE	Pernambuco
LED	Diodo Emissor De Luz
TO	Tocantins
MP10	Material Particulado Menor Do Que 10µm
MP2.5	Material Particulado Com Diâmetro Inferior a 2.5 µm
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
CO2	Diióxido De Carbono
PVC	Policloreto De Vinila

NBR	Norma Brasileira
IBGE	Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
UR	Umidade relativa Do Ar
TT	Temperatura do Telhado
TQ	Temperatura Do Quadro
TPD QUADRO	Temperatura Da Parede Direita Do Quadro
TPE QUADRO	Temperatura Da Parede Esquerda Do Quadro
T TETO	Temperatura Do Teto
T AR INTERNO	Temperatura Do Ar Dentro Das Salas
T AR EXTERNO	Temperatura Do Fora Das Salas
PNEf	Plano Nacional De Eficiência Energética

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVO GERAL.....	18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2 CONFORTO AMBIENTAL	20
2.1 CONFORTO TÉRMICO.....	20
2.1.2 Conforto Térmico e Ventilação Natural.....	21
2.2 CONFORTO LUMINOSO	22
2.2.1 Conforto Luminoso e iluminação Natural	23
2.2.2 Iluminação e Rendimento escolar	24
2.3 CONFORTO ACÚSTICO.....	25
3 CONSERVAÇÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL	27
3.1 HISTÓRICO.....	27
3.2 REGULAÇÃO	28
4 CONSUMO ENERGÉTICO EM EDIFÍCIOS PÚBLICOS	31
5 CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM ESCOLAS.....	33
6 METODOLOGIA.....	37
6.1 A ESCOLHA DA ESCOLA	37
6.2 CARACTERIZAÇÃO BIOCLIMÁTICA MUNICIPAL.....	39
6.3 QUALIFICAÇÃO DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR NAS SALAS DE AULA.....	40
6.4 QUALIFICAÇÃO DA LUMINOSIDADE NAS SALAS DE AULAS	41
6.5 CONFORTO ACÚSTICO.....	42
6.6 PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS	42
7 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DO CONFORTO AMBIENTAL.....	44
7.1 ESTAÇÃO DA PRIMAVERA	44
7.2 ESTAÇÃO DO VERÃO	49
7.3 ESTAÇÃO OUTONO.....	55
7.4 ESTAÇÃO INVERNO.....	60
8 PERCEPÇÃO DISCENTE RELACIONADA AO CONFORTO DE AMBIÊNCIA ...	66
9 FALTA DE PLANEJAMENTO DA GESTÃO PÚBLICA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	73
9.1 SUGESTÕES PARA MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DO CONFORTO AMBIENTAL.....	74
10 CONSIDERAÇÕES	77

REFERÊNCIAS	78
APÊNDIC A - ARTIGOS PRODUZIDOS.....	85
APÊNDIC B - QUESTIONÁRIO	86

1 INTRODUÇÃO

As edificações escolares devem proporcionar bem-estar aos seus usuários, uma vez que o desempenho inadequado das atividades implica negativamente no processo de ensino e aprendizagem. O conforto ambiental (higrotérmico, acústico, visual e olfativo) decorrente da iluminação natural, radiação solar e ventilação cruzada natural possibilita um incremento na qualidade de vida aos alunos e professores e dessa forma constituem aspectos indispensáveis no planejamento construtivo/executivo e de reformas no interior dos edifícios.

A qualidade luminosa é alcançada a partir de iluminâncias adequadas à tarefa visual e aos seus usuários, pela premissa de bem-estar, que conforme ressaltado por Garlet (2014) exerce uma influência positiva no humor daquelas pessoas que utilizam um ambiente iluminado com luz solar, melhorando no desempenho e produtividade.

Ainda nesse contexto, segundo Valverde (2014) para alcançar a qualidade lumínica de um ambiente é necessário um sistema de iluminação adequado para realização de tarefas, que permita ao indivíduo identificar as formas do espaço e que a luz lhe seja agradável, criando um conforto visual, de forma a não prejudicar sua saúde. Assim, a função e a atividade são determinantes ao tipo de luz necessária para se desempenhar tarefas visuais no ambiente.

É extremamente desconfortável permanecer em ambientes com temperatura elevadas (sem ventilação) ou baixas, sendo pré-requisito construtivo considerar o conforto térmico. Segundo Botari e outros autores (2014), este incômodo está intrinsecamente relacionado ao equilíbrio térmico do corpo humano que é influenciado por fatores ambientais (velocidade do vento, temperatura do ar, umidade relativa e temperatura média radiante) e pessoais (metabolismo e vestuário). Buriol e outros autores (2015) complementaram que a combinação destes elementos e os mecanismos fisiológicos fazem com que o principal condicionante para conforto térmico seja a combinação temperatura e umidade do ar.

Outro fator que leva a desconforto é quando o ruído causado por fontes internas (conversas, mobiliário, equipamentos) e por fontes externas (tráfego, movimentação de pessoas, proximidade dos centros urbanos) apresenta-se acima dos valores estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT) e pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Assim, o rendimento no processo ensino e aprendizagem sofre interferências, dificultando a concentração e ao entendimento da fala (RIBEIRO et al., 2015).

Nesse contexto, onde o rendimento na execução das atividades depende da ambiência adequada, Paes e Bastos (2014) reportaram que as edificações públicas escolares tem sido alvo de preocupação com relação ao conforto ambiental, visto que estas normalmente apresentam condições estruturais impróprias (higrotérmica e de ventilação), onde as salas de aula (quentes

e abafadas ou excessivamente frias) diminuem a atenção e vigilância, afetando negativamente a memória e concentração, conseqüentemente interferindo no desempenho e rendimento dos estudantes e professores. Os gestores recorrem às medidas artificiais compensatórias de conforto térmico, normalmente aumentando o consumo de energia elétrica pelo uso indispensável de equipamentos elétricos.

Dessa forma, as edificações são responsáveis por grande parte do consumo da energia produzida mundialmente. Os sistemas de iluminação e o condicionamento de ar consomem parcela considerável da energia elétrica das edificações dos diversos setores, residencial, público e comercial, cuja participação no consumo total de energia elétrica é significativa, sobrecarregando o sistema elétrico brasileiro (CAMPOS et al., 2012).

Associado a isso, Toledo (2015) destacou a preocupação mundial crescente por reduzir o consumo de energia e atingir a máxima eficiência energética, preferindo-se a instalação de tecnologias eficientes de baixo consumo energético utilizando-se fontes renováveis de energia, maximizando a utilização da iluminação natural e ventilação cruzada.

Ainda nesse contexto, a eficiência energética diz respeito à melhora do consumo de energia primária necessária para produzir tal serviço de energia. A energia primária é aquela cujas fontes são retiradas da natureza, de recursos naturais ou de processos industriais tais como energia eólica, energia hidráulica, carvão, gás natural, bagaço da cana, entre outros (NOGUEIRA; OLIVEIRA; LAKOSKI, 2011).

Eficiência energética define-se como redução do consumo de energia, mantendo os serviços. Esta encontra-se diretamente relacionada com a utilização racional de energia. Ou seja, baseia-se em utilizar menos energia possível de modo a satisfazer os objetivos, mantendo o conforto e a produtividade dos respectivos processos e diminuição das emissões de gases de o efeito estufa (SILVA, 2012).

A maioria das construções não levam em consideração a iluminação e ventilação natural, o que aumenta ainda mais o consumo de energia nas edificações, e prejudica, portanto, o conforto ambiental, além da eficiência energética, sobrecarregando o sistema elétrico nacional.

No Brasil, o consumo de energia elétrica em edifícios do setor Público representa 8,3% do consumo total de energia (BEN, 2017). Existe pouca preocupação dos gestores do serviço público com relação a essa questão. É necessário o estabelecimento de medidas para aumentar a eficiência energética de edifícios com o intuito de proporcionar o crescimento sustentável, reduzindo as emissões de CO₂ e minimizando danos ao meio ambiente, além de tornar

compatíveis os crescimentos da economia, e conseqüentemente da demanda de energia, com a capacidade de geração de energia do país (SALOMÃO; CARDOSO; SAIDEL, 2009).

Dessa maneira, a utilização de estratégias passivas ao conforto térmico, adequadas ao usuário promove eficiência energética ao edifício, destacando-se a ventilação natural cruzada para retirar o calor dos ambientes e renovar o ar interno (VAZ et al., 2014).

Assim, projetos concebidos com exequibilidade técnica multidisciplinar em princípios de *ecodesign* promovem melhor aproveitamento dos recursos naturais, propiciando bem-estar, eficiência energética e gestão adequada de insumos.

1.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o conforto ambiental nas quatro estações do ano, através de mensurações de temperatura do ar e das superfícies, umidade relativa do ar, luminosidade e ruídos, em duas salas de aula de uma escola pública no interior da Bahia.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Descrever a percepção dos alunos com relação ao conforto ambiental através de questionário aplicado.
- b) Analisar se a escola utiliza estratégias passivas de conforto ambiental, como a iluminação natural e a ventilação cruzada, promovendo a eficiência energética do edifício.
- c) Recomendar adequações de melhoria do conforto ambiental, que proporcionem racionalização da energia e conseqüentemente redução do consumo energético e dos custos com iluminação e conforto térmico.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Na primeira seção realizou-se uma revisão temática sobre o conforto ambiental, definições de conforto térmico, luminoso e acústico.

Seguiu-se uma compilação relacionada à legislação e regulamentação brasileira em eficiência energética, apresentando alguns marcos e principais programas de conservação de energia.

Na terceira secção procedeu-se uma abordagem de consumo e eficiência energética em edificações públicas, enfatizando os dados de consumo de energia nos edifícios públicos no Brasil.

Na quarta secção destacou o consumo energético em edifícios públicos.

Na quinta foi caracterizada a história da arte da avaliação do conforto ambiental e da eficiência energética, constando estudos que serviram de lastro à dissertação.

Adotou-se como estratégia metodológica a pesquisa em situ, analisando-se o conforto ambiental, a eficiência energética e a percepção dos alunos, identificando os itens que serão avaliados e os materiais e métodos que serão utilizados.

Na sétima e oitava secções encontram-se um Estudo de Caso para a avaliação do conforto ambiental, da eficiência energética e da percepção dos alunos em escola pública do interior da Bahia, identificando os principais fatores que influenciaram nessa avaliação.

A nona trata da falta de planejamento do setor público com relação a sustentabilidade das construções e eficiência energética.

A décima aborda as considerações e recomendações para trabalhos futuros.

2 CONFORTO AMBIENTAL

Os seres humanos necessitam de qualidade ambiental para que ocorra o funcionamento adequado do organismo e o desenvolvimento correto de suas atividades, proporcionando assim, maior produtividade. O conforto ambiental de uma edificação proporciona melhora do desempenho e da saúde humana.

A definição de Conforto Ambiental segundo Lima e outros autores (2015) é entendida como sensação de aconchego, proteção e bem-estar. Essa sensação vai além de simples medições de variáveis que influenciam na edificação. Abrange, no termo ambiental, a harmonia do ambiente construído.

O conforto ambiental de acordo com Ochoa (2010) pode ser entendido como o equilíbrio harmônico do ambiente construído com seu usuário, ou seja, a situação de conforto ambiental possibilita ao usuário sensação de bem-estar, em seu ambiente de atividade.

Normalmente, os estudos desenvolvidos na área de conforto, segundo Ochoa e outros autores (2012) contemplaram, de forma mais específica, uma modalidade de conforto térmico, acústico ou luminoso. Dessa forma, quando se busca trabalhar de forma conjunta o conforto ambiental, abrangendo os três aspectos supracitados, interferências e intersecções entre os requisitos deles ocorrerão naturalmente. Kowaltowski e outros autores (1999) ressaltaram que é necessária a busca por um conjunto de soluções de qualidade ambiental, procurando otimizar o desempenho ambiental como um todo.

2.1 CONFORTO TÉRMICO

Atualmente toda e qualquer construção deve seguir alguns parâmetros legais, dentre eles, o conforto térmico é um dos mais requisitados, pois é extremamente desconfortável permanecer em locais com temperatura elevadas, sem ventilação, ou em locais muito frios.

Além disso, em locais muito quentes ou muito frios existem uma alta taxa de proliferação de doenças respiratórias. Caracterizando, portanto, a necessidade de estudo sobre o conforto térmico em todo e qualquer tipo de edificação (BOTARI et al., 2014).

Ainda segundo os autores, o conforto térmico está intrinsecamente relacionado ao equilíbrio térmico do corpo humano que é influenciado por fatores ambientais (velocidade do vento, temperatura do ar, umidade relativa e temperatura média radiante) e pessoais (metabolismo e vestuário). Buriol e outros autores (2015) complementa que combinação destes

elementos e os mecanismos fisiológicos fazem com que o principal condicionante para conforto térmico seja a combinação temperatura e umidade do ar.

Porém, existe relação também com o regime de chuvas, topografia, vegetação, permeabilidade do solo, águas superficiais e subterrâneas e outras características locais que podem ser afetadas pela presença humana (FROTA; SHIFFER, 2006). Os autores salientaram também que a exigência humana de conforto térmico está relacionada com o funcionamento de seu organismo, que pode ser comparado a uma máquina térmica que produz calor durante suas atividades.

O homem precisa liberar calor de forma suficiente, para que sua temperatura interna se mantenha na ordem de 37°, atingindo o homeotermia, ou seja, o equilíbrio. Isso significa que o conforto térmico humano está estritamente relacionado ao equilíbrio térmico do corpo humano. O homem é um ser homeotérmico, mantém sua temperatura corporal interna relativamente constante independente da temperatura ambiente. Variando essa temperatura entre 32° e 42°, com temperatura média equivalente a 37°.

Dessa forma, a temperatura fisiológica humana depende da intensidade do seu metabolismo e taxas de trocas de calor com o ambiente e isto varia com os indivíduos, de acordo com a constituição física geral, peso, tipo de vestuário, atividade física, dieta, fisiologia e grau de ajustamento às condições meteorológicas predominantes (BURIOL, 2015).

Assim, o estresse térmico, de acordo com Morgado e outros autores (2014) é o grau de insatisfação de um indivíduo quando exposto a ambientes térmicos extremos, de frio ou de calor. As condições de stress reduzem os índices de produtividade. Se as condições térmicas ambientais causam calor ou frio, é porque o organismo está perdendo mais calor ou menos calor que o necessário para a homeotermia, causando sobrecarga, e conseqüentemente stress térmico (FROTA; SHIFFER, 2006).

2.1.2 Conforto Térmico e Ventilação Natural

A utilização da arquitetura bioclimática, fundamentada nos conceitos da qualidade de ambiência, adota estratégias passivas ao conforto térmico adequadas ao usuário e proporcionando eficiência energética ao edifício como a ventilação cruzada (VAZ et al., 2014).

A qualidade do ar tem um papel fundamental na qualidade do ambiente interior dos edifícios, podendo interferir na saúde, bem-estar e produtividade dos ocupantes. A ventilação natural, portanto, exerce um papel fundamental no controle dos níveis de poluição interior e na qualidade e conforto térmico dos edifícios através da renovação do ar interior por ar novo

exterior, recorrendo aos mecanismos naturais (vento e diferenças de temperatura) (MATOS, 2009).

Ainda nesse contexto, segundo Amorim e outros autores (2014) a utilização de ventilação natural apresenta-se assim como uma estratégia de baixo custo para a melhoria da qualidade do ar interior, já que, através da renovação de ar permite controlar os níveis de poluentes no interior dos edifícios.

Nas estações mais quentes, a ventilação natural reduz (60 - 65%) consumos de energia associados ao condicionamento de ar. Dessa maneira, projetar o padrão de ocupação dos ambientes de acordo com as condições climáticas locais são fatores essenciais ao conforto térmico e eficiência energética dos edifícios (AMORIM et al., 2014).

Segundo Russi e outros autores (2013) a ventilação cruzada é uma importante estratégia para conforto térmico, em períodos quentes. A corrente de ar deve passar pelo nível dos ocupantes retirando o ar aquecido e ampliando as trocas térmicas do seu corpo, melhorando a sensação de conforto.

Assim, percebe-se que a ventilação natural é uma importante estratégia de conforto térmico, eficiência energética e qualidade do ar em edifícios.

2.2 CONFORTO LUMINOSO

A iluminação, dentre os parâmetros de conforto ambiental, destaca-se por afetar o indivíduo física e psicologicamente. As preferências humanas em relação à iluminação nos ambientes internos, de acordo com Valverde (2014), estão relacionadas inicialmente à satisfação de conforto luminoso a partir de exigências visuais, fisiológicas e psíquicas, que variam de acordo com a função do edifício e do tipo de atividade desempenhada.

O conforto luminoso é entendido pelo conjunto de condições, num determinado ambiente, no qual o indivíduo pode desempenhar suas atividades visuais com o máximo de acuidade e precisão visual com o menos esforço e riscos ou prejuízos a visão (PIZARRO, 2005).

Nesse sentido, o conforto luminoso é alcançado a partir de iluminâncias adequadas à tarefa visual e aos seus usuários, pela premissa de bem estar, que conforme ressaltado por Garlet (2014) exerce uma influência positiva no humor das pessoas que utilizam um ambiente iluminado com luz solar, influenciando no desempenho e na produtividade.

Ainda nesse contexto, as preferências humanas relativas à iluminação estão relacionadas à satisfação do conforto luminoso em função das atividades realizadas dentro do ambiente,

incluindo distribuição da luz, contrastes obtidos nas superfícies e plano de trabalho e luminâncias harmoniosas (VALVERDE, 2014).

Ainda segunda a autora, para alcançar a qualidade lumínica de um ambiente é necessário um sistema de iluminação adequado para realização de tarefas, que permita ao indivíduo identificar as formas do espaço e que a luz lhe seja agradável, criando um conforto visual, de forma a não prejudicar sua saúde. Assim, a função é quem determina o tipo de luz necessária para se desempenhar tarefas visuais no ambiente.

Segundo Rodrigues e outros autores (2013), as condições de iluminamento de um ambiente interferem diretamente no mecanismo fisiológico da visão e também na musculatura que comanda os movimentos dos olhos. Assim, nos locais de trabalho deve haver iluminação adequada, natural ou artificial, geral ou suplementar, apropriada à natureza da atividade.

Dessa maneira, conforme Toledo (2015) com a preocupação crescente por reduzir o consumo de energia e atingir a máxima eficiência energética, a instalação de tecnologias eficientes que façam uso de fontes renováveis de energia e tecnologias de baixo consumo energético estão em ascensão. Assim, uma das maneiras de melhorar o conforto lumínico e a eficiência energética de um edifício é através da iluminação natural.

2.2.1 Conforto Luminoso e iluminação Natural

Muito do custo com energia para iluminação poderia ser reduzido se explorada uma fonte, abundante em um país tropical como a própria iluminação natural. Essa estratégia, além de melhorar a eficiência energética dos edifícios, e diminuir a sobrecarga no sistema nacional, também proporciona bem-estar aos seus ocupantes.

A utilização da iluminação natural em edificações proporciona alguns benefícios quando comparada à aplicação de iluminação artificial, principalmente no que tange o desenvolvimento de atividades que requerem grande concentração e a eficiência energética em edifícios. Majoros (2005) destacou a qualidade da iluminação obtida, o estímulo promovido pela variação da quantidade de luz natural, além de que a luz natural permite valores mais altos de iluminação, se comparados à luz elétrica.

Diante da versatilidade supracitada da iluminação natural, diversos autores e pesquisadores realizaram estudos no intuito de analisar os seus impactos nas diversas atividades, incluindo à educacional. Diante disso, De Bortoli e Caldera (2014) ressaltaram as questões referentes ao conforto em unidades escolares devem ser diferenciados, pois implica

diretamente na aprendizagem alunos. Bestetti (2014) definiu conforto como a condição de bem-estar relativa às necessidades do indivíduo e sua inserção no ambiente imediato.

Nesse contexto, Tinôco e D'Amore (2013) salientaram que a utilização de estratégias passivas de conforto ambiental é mais desejável, pois em condições normais, dispensam ou reduzem o consumo de energia e proporcionam melhores condições de saúde e bem-estar.

Barret e outros autores (2013) demonstraram também que a iluminação apresenta efeito no processo de aprendizado dos alunos. Batiz (2009) afirmou que a luz natural (combinação da luz solar e da abóbada celeste), possibilita a melhor reprodução das cores e melhor definição de objetos, fatores que influenciam na habilidade de ver objetos e desempenhar tarefas visuais.

Paes e Bastos (2013) concluíram que o conforto visual depende projeto adequado de iluminação, que integre e harmonize os sistemas de iluminação natural e artificial, ratificando Rocha (2012), que afirmou que, a iluminação de um ambiente pode ser feita através da iluminação artificial ou natural, sendo ideal a utilização da iluminação artificial apenas quando a natural não atender aos níveis satisfatórios à realização de determinada atividade. Ainda, ressaltou que há uma preferência dos usuários pela iluminação natural, está associada ao conforto psicológico, reprodução de cores e benefícios à saúde e a qualidade de vida.

A iluminação natural em construções caracteriza-se como fundante ao conforto ambiental e contributivo à eficiência energética, desde que adequadamente captada e distribuída aos espaços interiores, devendo apenas ser complementada por sistemas (iluminação elétrica) eficazes e flexíveis quando e/ou onde as necessidades de iluminação não possam ser satisfeitas apenas com luz natural (SANTOS, 2014). Pinto e outros autores (2013) destacaram que a iluminação natural promove a satisfação das necessidades biológicas e psicológicas dos ritmos naturais, devido à ligação com o ambiente exterior, as radiações externas e as condições do céu. Afirmaram que a iluminação artificial não deve ser encarada como alternativa à iluminação natural, e sim como um modo complementar, proporcionando necessárias condições de iluminação quando não for possível apenas a utilização da luz natural.

Assim, a iluminação natural deve ser priorizada como principal fonte de iluminação em edificações, pois além de trazer benefícios aos usuários, promovem aumento da eficiência energética do mesmo.

2.2.2 Iluminação e Rendimento escolar

No Brasil, muitas escolas públicas são construídas replicando-se projetos de outras regiões com características climáticas adversas, e não se levando em consideração o conforto

ambiental desses edifícios. Esse fato prejudica a eficiência energética e pode afetar também o rendimento escolar (XAVIER, 1999).

Doriga (2007) ressaltou a imprescindibilidade dos aspectos luminosos nos ambientes escolares, pois a qualidade do aprendizado é função direta do grau de conforto ambiental apresentado pelo espaço. Projetos inadequados ou mal executados podem comprometer a sanidade física e psicológica dos usuários, o rendimento escolar dos estudantes, além de promover gastos excessivos com energia elétrica. O conforto ambiental, com relação às condições térmicas, visuais e acústicas, exerce influência sobre o rendimento escolar e saúde de crianças e adolescentes. A utilização da iluminação natural caracteriza-se como ferramentas marcante ao incremento do conforto visual em salas de aula (BURGOS et al., 2015).

Demir e Konan (2013) reportaram que pesquisas relacionando a iluminação natural e desempenho discente, promoveram melhor rendimento em relação àqueles estudantes que frequentam escolas que utilizam apenas a iluminação artificial. Destacaram que a iluminação natural promove efeito positivo na motivação e satisfação docente. Barret e outros autores (2015) afirmaram que crianças frequentadoras de salas de aula com mais iluminação natural que artificial, progrediram (cerca de 20%) mais rápido em matemática e leitura.

Dessa forma, adotar projetos arquitetônicos e modelos construtivos de salas escolares que priorizem a iluminação natural proporciona benesses à saúde ambiental no tangente aos processos de aprendizagem e ensino, além de propiciar eficiência energética com aproveitamento da matriz solar como fonte natural.

2.3 CONFORTO ACÚSTICO

O conforto acústico refere-se aos limites em decibel que precisam ser respeitados para a preservação da saúde auditiva, tornando o ambiente acusticamente adequado e agradável ao indivíduo. Refere-se a uma sensação de bem-estar, de tranquilidade física e emocional que se caracteriza pela ausência de sons indesejados ou pela realização de atividades acústicas que não incomodem a si nem aos outros, necessário em ambientes destinados ao repouso ou ao trabalho intelectual, como escolas (SANTOS et al., 2012).

O ruído, segundo Rodrigues e outros autores (2013) é definido como um som de grande complexidade, resultante da superposição desarmônica de sons provenientes de várias fontes. Além disso, é considerado como uma mistura complexa de diversas vibrações ou ainda um estímulo auditivo que não contém informações úteis para o homem. A presença de ruídos no

ambiente de trabalho pode provocar danos ao aparelho auditivo e até mesmo a surdez, além de atrapalhar a realização das atividades e a concentração.

Os parâmetros utilizados para avaliação do nível de ruído estão descritos na Norma Regulamentadora 15 – Atividades e Operações Insalubres, NR15, que estabelece os limites de exposição em função da jornada de trabalho e também na resolução CONAMA 001 de 1990 que, dispõe sobre critérios de padrões de emissão de ruídos decorrentes de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política (SANFELICE, 2011).

Segundo Santos e outros autores (2012), os níveis de pressão sonora elevados em sala de aula interferem no aprendizado do estudante, prejudicando a atenção e a concentração, além de impedir uma comunicação adequada entre professor e aluno. A necessidade da repetição da mensagem, irrita, confunde e cansa o falante e o ouvinte, interferindo na discriminação auditiva e na leitura.

A norma 10152 (ABNT, 1987b) estabelece os níveis de ruído aceitáveis para vários ambientes de convivência, inclusive escolas, determinando como ideias limites entre 40 e 50 decibéis para salas de aula e Laboratórios, 35 e 45 para Bibliotecas, salas de Música e salas de descanso e 45 e 55 para áreas de circulação.

De acordo com Vieira e outros autores (2013), os níveis de ruído, registrados na escola, podem representar sérios riscos, a saúde vocal de professores e alunos, devido a frequência de situações em que estes indivíduos se submetem a um estresse vocal, provocado pelo uso indevido da voz, a fim de estabelecerem o processo de comunicação, competindo com o barulho do ambiente.

Ainda segundo os autores, verifica-se que o ruído é um agente estressor, capaz de gerar irritabilidade, nervosismo e desconforto. Dessa forma, interfere também no processamento das mensagens sonoras recebidas pelos alunos, o que pode comprometer a concentração e aprendizado.

3 CONSERVAÇÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

3.1 HISTÓRICO

A preocupação mais acentuada com eficiência energética surgiu com os choques do petróleo de 1973-74 e 1979-81 que trouxeram a noção da possibilidade de esgotamento desse recurso natural, o que abriu espaço para uma série de ações voltadas à conservação energética e maior eficiência. Nesta mesma época, começou uma corrida para a diversificação da matriz energética visando uma maior segurança no atendimento à demanda de energia (MME, 2014).

Após esse período houve um aumento do uso da eletricidade para fins térmicos no setor industrial e o resultado disso foi o processo de transferência da responsabilidade sobre a conservação de energia para o setor elétrico.

No início da década de 80, o Ministério da Indústria e Comércio por meio da Portaria 46 de 23/02/1981 lançou o Programa de conservação de energia do setor industrial (CONSERVE). O objetivo desse programa era diminuir a demanda por petróleo no parque industrial dos pais, reduzir o consumo de energia e promover a substituição dos combustíveis importados e estimular o desenvolvimento de produtos e processos industriais que proporcionassem maior eficiência energética. Esse foi o primeiro programa do Brasil relacionado a eficiência energética de sistemas industriais. O mesmo teve como foco os setores de siderurgia, cimento, papel e celulose. O seu objetivo principal era a conservação de energia e a substituição do combustível importado. Porém, ao longo do seu curso, o CONSERVE foi desviado do objetivo de conservação para a simples substituição do combustível importado por energia elétrica, resultando na perda do foco da eficiência energética (GODOI, 2008).

Em 1985, a Portaria Interministerial N.º 1.877 implantou a política de conservação de energia elétrica, com a criação do PROCEL. Esse programa tinha a finalidade de integrar as ações visando a conservação de energia elétrica no País. O objetivo do programa era racionalizar o uso da energia elétrica e, como decorrência da maior eficiência, propiciar o mesmo produto ou serviço com menor consumo, eliminando desperdícios e assegurando redução global de custos e de investimentos em novas instalações no sistema elétrico, ou seja, a função do PROCEL era promover a racionalização da produção e do consumo de energia elétrica, para que se eliminem os desperdícios e se reduzam os custos e os investimentos setoriais (OLIVEIRA, 2013).

Esse programa foi criado no âmbito dos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio. A gestão do programa está vinculada à Petrobras. Os recursos do PROCEL são

provenientes da Eletrobrás e da Reserva Global de Reversão (RGR), fundo federal constituído com recursos das concessionárias, proporcionais ao investimento de cada uma. Utiliza também recursos de entidades internacionais (CHELALA, 2012).

O programa foi um marco por ser a primeira iniciativa de promoção do uso eficiente da energia elétrica do país. Apesar ter como foco apenas na energia elétrica, esse programa marcou o início da busca pelo uso racional da energia. O mesmo apresentou em sua metodologia passos importantes como a auditoria e diagnóstico energéticos e parcerias com as concessionárias, cujo objetivo principal era realizar projetos de conservação de energia elétrica nas empresas consumidoras, porém no início do governo Collor o PROCEL perdeu força e entrou em crise de estagnação, porém o mesmo foi revitalizado e em 1991, o programa passou a ter mais destaque pois foi transformado em um programa do governo federal e iniciou a sua fase definitiva de progresso, alargando seus objetivos e abrangência (GODOI, 2008).

No início da década de 2000, segundo Altoé e outros autores (2017) foi publicada a Lei nº 10.295/2001, que foi o principal marco legal na área de eficiência energética no país, a qual lançou a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Através dessa lei se estabeleceu que o Poder Executivo seria responsável em desenvolver mecanismos que favoreçam a eficiência energética de máquinas e equipamentos fabricados e comercializados e das edificações construídas no país (BRASIL, 2001).

O Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações, PROCEL EDIFICA, foi instituído em 2003 pela ELETROBRAS/PROCEL e atua de forma conjunta com o Ministério de Minas e Energia, o Ministério das Cidades, as universidades, os centros de pesquisa e entidades das áreas governamental, tecnológica, econômica e de desenvolvimento, além do setor da construção civil. Esse promove o uso racional da energia elétrica em edificações desde sua fundação, sendo que, com a criação do mesmo, as ações foram ampliadas e organizadas com o intuito de incentivar a conservação e o uso eficiente dos recursos naturais (água, luz, ventilação etc.) nas edificações, reduzindo os desperdícios e consequentemente preservando os recursos naturais (PROCELINFO, 2014).

3.2 REGULANÇA

Conforme visto anteriormente, a década de 80 foi marcada por algumas iniciativas em promover a eficiência energética, medidas que perduram até os dias atuais e que vem se desenvolvendo ao longo do tempo. Além do PROCEL, algumas legislações também incentivaram o aumento da eficiência energética no país.

Foi instituída, em julho de 2000, a Lei 9.991 que dispunha sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica. As concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica ficam obrigadas a aplicar, anualmente, o montante de, no mínimo, setenta e cinco centésimos por cento de sua receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico e, no mínimo, vinte e cinco centésimos por cento em programas de eficiência energética no uso final (BRASIL, 2000).

Em 2001, houve a diminuição do nível de armazenamento das represas, com a possibilidade de secagem total (SALOMÃO, 2010). Em abril de 2001 a população brasileira tomou conhecimento do programa de racionamento que foi oficializado através da Medida Provisória no 2.147, de 15 de maio de 2001, que criou a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (GCE). A GCE ficou encarregada de “estabelecer e gerenciar o Programa Emergencial de Redução do Consumo de Energia Elétrica”. Através da Resolução no 001, de 16 de maio de 2001, a GCE determinou o início do Programa Emergencial de Redução do Consumo de Energia Elétrica a partir de 01 de junho do mesmo ano. A princípio o racionamento estava restrito às Regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, sendo posteriormente estendido à região Norte (OLIVEIRA, 2003).

Nesse cenário de racionamento, a Lei nº 10.295 foi promulgada em outubro de 2001. A mesma dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional da Energia. Em seu Artigo 2º, a lei definiu que “O Poder Executivo estabelecerá níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no País, com base em indicadores técnicos pertinentes”. A lei também estabelece em seu artigo 4 que “O Poder Executivo desenvolverá mecanismos que promovam a eficiência energética nas edificações construídas no País” (JANNUZZI; MELO; TRIPODI, 2012).

Em 27 de Fevereiro de 2009, o Instituto de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO) lançou a Portaria 53 que aprovava o Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). O objetivo desse regulamento era criar condições para a Etiquetagem do nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos. A etiquetagem de eficiência energética de edifícios deverá atender aos requisitos relativos ao desempenho da envoltória, à eficiência e potência instalada do sistema de iluminação e à eficiência do sistema de condicionamento do ar (INMETRO, 2009).

O INMETRO aprovou em 17 de setembro de 2010 a portaria número 372 que aprovava a revisão dos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ) (INMETRO, 2012).

Em seguida, em 18 de junho de 2013, a ANEEL aprovou a resolução número 556 que tem como objetivo aprovar os Procedimentos do Programa de Eficiência Energética (PROPEE). Visto que é obrigatória a aplicação de recursos, pelas concessionárias ou permissionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica, em Programas de Eficiência Energética. Os objetivos do Programa de Eficiência Energética (PEE) são é promover o uso eficiente e racional de energia elétrica em todos os setores da economia por meio de projetos que demonstrem a importância e a viabilidade econômica de ações de combate ao desperdício e de melhoria da eficiência energética de equipamentos, processos e usos finais de energia (ANEEL, 2013).

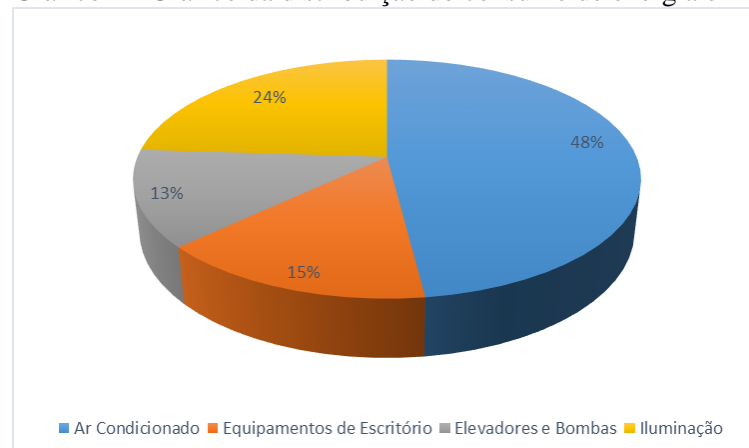
4 CONSUMO ENERGÉTICO EM EDIFÍCIOS PÚBLICOS

As edificações são responsáveis por grande parte do consumo da energia produzida mundialmente. Os sistemas de iluminação e o condicionamento de ar consomem parcela considerável da energia elétrica das edificações do setor residencial, público e comercial, cuja participação no consumo total de energia elétrica no Brasil, é bastante significativa (CAMPOS, et al., 2012).

A maioria das edificações, por não levarem em consideração fatores como iluminação e ventilação natural desperdiçam considerável parcela de energia elétrica para obtenção de conforto ambiental. Caso sejam empregados os materiais e tecnologias construtivas adequadas, pode se reduzir o consumo energético de um edifício, tornando-o mais sustentável.

Na matriz energética brasileira, o consumo de energia elétrica nos prédios públicos representa cerca de 8,3% do total de energia consumida no país (BEN, 2017). As razões deste consumo estão vinculadas aos equipamentos ultrapassados que consomem mais energia, as características construtivas dos edifícios e aos hábitos dos funcionários quanto ao uso racional de energia elétrica. O perfil de distribuição do consumo de energia elétrica em um prédio público típico pode ser verificado no gráfico 1 a seguir. Nota-se o **ALTOE** percentual de consumo dos equipamentos de climatização e dos sistemas de iluminação, que devem receber prioridade de tratamento em qualquer programa de eficiência energética lançados pelos administradores públicos (ROCHA, 2012).

Gráfico 1 - Gráfico da distribuição do consumo de energia em um prédio público



Fonte: Rocha (2012).

Devido à importância da conservação de energia neste setor, a Eletrobrás através do PROCEL criou o Programa de Eficiência Energética nos Prédios Públicos (PROCEL EPP). O

objetivo é estimular o uso eficiente da energia elétrica das edificações públicas, abrangendo as três esferas de governo no Brasil: municipal, estadual e federal. Assim, têm sido desenvolvidas as seguintes ações: identificação de oportunidades tecnológicas e de soluções inovadoras aplicáveis a programas e projetos de eficiência energética para prédios públicos; apoio técnico aos gestores envolvidos na administração de prédios públicos; suporte à normatização e apoio às concessionárias de energia elétrica em projetos de eficiência energética nessa área. (ELETROBRÁS, 2017).

5 CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM ESCOLAS

Nogueira e outros autores (2012) analisaram em seu estudo, os índices de conforto térmico de uma escola pública em Cuiabá (MT), através do método de avaliação de Fanger, visando determinar o grau de conforto ou desconforto térmico de um ambiente seguindo uma escala de sensação térmica que vai do muito frio (-3) para o muito quente (3). Foram considerados parâmetros relacionados ao ar [temperatura, umidade relativa do ar velocidade relativa do ar (velocidade do ar em relação ao indivíduo)], temperatura radiante média do ambiente, vestimenta trajada pelo indivíduo e metabolismo do indivíduo (função da atividade). Também foi realizada uma entrevista com os alunos que ocupavam a sala objeto de estudo, através de um questionário. Concluíram que os ambientes estudados apresentaram condições de desconforto e não atenderam as necessidades de conforto dos seus usuários.

Santos e outros autores (2012) analisaram o conforto acústico de 82 alunos do terceiro e quarto ano do ensino fundamental de quatro escolas municipais de Santa Maria (RS) e também a percepção desses alunos com relação ao conforto acústico, através de questionário. Observaram que as escolas e salas de aula do presente estudo ultrapassaram os níveis de pressão sonora aceitáveis, preconizado como máximo de 40 a 50 dB (A), para a sala de aula. Já com relação a percepção dos alunos, observou-se superioridade do número de alunos que sentem desconforto com o ruído em sala de aula (51,21%).

Foi realizado também em Santa Maria, uma outra pesquisa sobre conforto ambiental em escolas da rede pública, realizado por Dalvite e outros autores (2016). As medições nas escolas demonstraram em primeiro lugar, as fragilidades e problemas de conforto dos espaços são decorrentes da falta de planejamento de projeto, que não levaram em consideração as características bioclimáticas da região.

Ainda no âmbito do conforto em sala de aula, Ochoa e outros autores (2012) avaliaram o conforto ambiental, conforto térmico, sonoro e lumínico, de duas edificações com características arquitetônicas diferentes da Universidade Federal de Goiás. Foi realizada também a análise do projeto arquitetônico, assim como a percepção dos alunos com relação ao conforto ambiental. Como resultado, os autores chegaram à conclusão que ambas as edificações possuem deficiências em termos de desempenho ambiental, principalmente com relação ao conforto luminoso.

Essa necessidade de avaliação da qualidade ambiental também foi verificada no trabalho de Antunes e outros autores (2014), onde foi avaliada o nível de ruído, temperatura e iluminação e a satisfação dos usuários através de questionários e entrevistas em escolas da rede municipal

de Vila Velha (ES). Foram verificados problemas de desconforto, causados por temperaturas extremamente altas e ruídos internos e externos, principalmente nos ambientes próximos ao pátio e voltados para oeste.

A avaliação do Conforto Ambiental e a eficiência energética de edificações escolares da rede municipal de ensino do Município de São Miguel do Oeste (SC) foi avaliada por De Bortoli e Caldeira (2014), por meio da utilização de estudos de casos em duas escolas da rede pública, observando a relação entre a concepção arquitetônica, no que se refere à envoltória, com relação ao conforto térmico e à promoção de eficiência energética no ambiente escolar. Foi também realizada a aplicação de um questionário direcionado aos usuários da edificação, para verificar a satisfação dos usuários com relação ao conforto térmico. Como resultado, verificou-se que os ambientes estudados estavam desconfortáveis termicamente e apresentaram nas medições temperaturas superiores aquelas indicadas para que o ser humano esteja confortável para a realização de suas atividades. Com relação a percepção, constatou-se que a iluminação artificial é necessária por 100% dos entrevistados.

O Conforto luminoso foi abordado por Ferverça e Bartholomei (2012), onde foi verificado o conforto luminoso (iluminação natural e artificial) e a percepção dos usuários de duas edificações da rede pública de ensino do município de Presidente Prudente (SP). Os autores concluíram que a grande maioria das as escolas públicas brasileiras são construídas sem projetos arquitetônicos planejados para que exista qualidade do ambiente escolar.

A discussão entre os aspectos físicos e ambientais, em escolas públicas de Mossoró (RN), foi realizada por Torre (2015). Foram avaliadas 20 escolas municipais e estaduais do município, através da fotografia como fonte de dados sobre a problemática socioambiental dessas escolas. Foi verificado condições precárias nesses edifícios escolares.

O conforto térmico também foi estudado por Russo e Rocha (2015), onde foi realizado estudo em um colégio técnico industrial novamente em Santa Maria (RS), através da utilização dos resultados do preenchimento das cartas bioclimáticas de Givoni do método de Mahoney. Os autores concluíram que com algumas modificações e o uso correto dos elementos de condicionamento natural, seria possível diminuir o número de horas nas quais o conforto térmico depende do uso dos aparelhos de condicionamento térmico artificial.

Ainda nesse contexto, De Brito-Britto (2013), identificou soluções de projeto com o objetivo de proporcionar, de forma natural, conforto térmico e visual aos usuários de escolas em Caruaru (PE). A autora chegou à conclusão que não existiu preocupação com o conforto térmico na concepção de projeto da maioria dos edifícios escolares estudados, principalmente rapidez e economia necessárias na construção de escolas.

Também em escolas do estado de Pernambuco, Pereira e Fucale (2016), analisaram o edifício escolar Urbano Vitalino, que teve sua concepção fundamentada nos pilares da sustentabilidade, com o objetivo de promover conforto ambiental para os usuários e eficiência energética. De acordo com os autores, estima-se que essa escola irá apresentar redução no consumo de energia elétrica devido a presença de iluminação LED e sistema fotovoltaico.

Analisando o conforto ambiental do ponto de vista dos professores em sala de aula, Moura e outros autores (2017) avaliou sonoridade, luminosidade, temperatura e umidade relativa do ar, em quatro salas de aula de uma escola estadual em Porto Nacional (TO) no final do verão e no final do inverno). Os autores apresentaram como conclusão, altos índices de ruídos, temperaturas elevadas, baixa umidade e iluminação inadequada.

Vinsentin (2017) realizou um estudo com o objetivo avaliar o conforto acústico e térmico de 6 salas de aula em Passo Fundo (RS). Foi feito em seguida, levantamento de propostas arquitetônicas viáveis de readequação ambiental, com a finalidade de tornar os ambientes confortáveis e melhorar o rendimento escolar. Também foi avaliada a percepção dos usuários através de questionário. Os autores tiveram como resultados níveis inadequados de ruído, ultrapassando os limites estabelecidos pela norma, assim como ineficiência da ventilação cruzada nas salas de aula, principalmente no verão, sendo, portanto, necessária a readequação ambiental das escolas públicas estudadas.

Em outro estudo realizado em duas escolas técnicas federais localizadas na região central do estado do Rio Grande do Sul, realizado por Miranda (2016), foram comparadas duas escolas, avaliando a infraestrutura e o bom relacionamento interpessoal que foi verificado através de questionário. A ventilação e o ar condicionado são fatores que influenciam o processo de aprendizagem.

Santos e outros autores (2015), estudaram as concentrações de partículas em suspensão (MP10 e MP2.5) no interior do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, campus na cidade de Fortaleza. Foram encontrados índices de material particulado abaixo do valor aceito pela ANVISA. Os autores reportaram que a boa qualidade do ar nesse ambiente foi resultado da existência de um sistema eficiente de ventilação natural, onde as aberturas possibilitam a penetração da luz solar, conforto térmico e a renovação do ar.

Em um outro estudo, realizado por Oliveira e outros autores (2016), foi discutido as vantagens e características de um projeto que leva em consideração a sustentabilidade, com o foco na eficiência energética. Os autores observaram que a preocupação com o clima local e a redução do consumo energético na concepção de um projeto, influencia tanto as características estéticas como a disposição das atividades que serão realizadas nesse ambiente.

Em um estudo realizado na China, Hong (2009), analisando o padrão criado para melhorar a eficiência energética dos edifícios públicos da China, comparando esse padrão com a ASHRAE 90.1-2004. O autor concluiu que a certificação chinesa não é tão rigorosa quanto a ASHRAE 90.1-2004, e que na próxima revisão é necessário incluir a avaliação da iluminação natural entre os itens avaliados.

Na Itália, foi realizado um estudo por De Giuli e outros autores (2014), com o objetivo de avaliar a qualidade ambiental e a percepção dos alunos de 7 escolas primárias, localizadas em 4 vilas próximo a Veneza. Foram avaliadas temperatura do ar e radiante, umidade relativa do ar, concentração de CO₂ e iluminância. As escolas com aberturas de fachadas apresentaram melhores resultados de qualidade do ar. Deficiência de luminosidade foi encontrada em algumas salas, com valores abaixo de 300 lux.

Um estudo realizado na Romênia, Ghita e Catalina (2015), compararam as condições do ambiente externo e a eficiência os diferentes tipos de edifícios escolares (antigo, novo e renovado), localizados convenientemente dentro de um raio de 2,5 km, foi verificado a umidade relativa do ar, CO₂, temperatura, conforto luminoso e acústico. A escola antiga apresentou índices de luminosidade deficiente e concentrações de CO₂ e poeira alarmantes.

Percebe, portanto, que existe uma preocupação, tanto no Brasil como em outros países do mundo com a avaliação do conforto ambiental em escolas, visto a grande importância dessa qualidade ambiental para o processo de ensino e aprendizagem.

6 METODOLOGIA

Este estudo de caso foi realizado numa escola pública, localizada no interior da Bahia, pertencente a região metropolitana de Salvador.

A coleta de dados foi realizada no período de outubro de 2014 à Julho de 2015.

Em conformidade com Ochoa (2010), normalmente, se utiliza, com mais frequência, de seis estratégias: documentação, registros em arquivo, entrevistas, observação direta, observação participante e artefatos físicos. Nem todas integrantes nas pesquisas. Nesta dissertação, as fontes de evidências foram documentação, entrevistas, observação direta e medições técnicas.

6.1 A ESCOLHA DA ESCOLA

A escolha desta escola foi decorrente de análise prévia e sugestão da Prefeitura, buscando subsidiar o planejamento da reforma, com benesses aos usuários quanto a qualidade de ambiência e bem-estar associados à eficiência energética.

A unidade escolar, se situa em área residencial, no bairro central em município do interior da Bahia, é constituída por pavimento único construído em alvenaria de tijolos (seis furos) e telhado de telhas de cerâmica e algumas salas apresentam forro de PVC (Figura 1).

Figura 1 - Localização das salas de aula “A” e “B” na unidade escolar analisada



Fonte: Adaptada Google Earth (2016).

A escola possui 20 salas de aulas com orientação geográfica diversificada. Foram escolhidas aleatoriamente duas salas de aulas (A e B) distintas (pintura, forro, janelas e

incidência de luz solar) à realização das mensurações: a) temperatura e umidade relativa do ar, para avaliar o conforto ambiental; b) temperatura das superfícies da sala, para verificar a eficiência do sistema construtivo em isolar o calor externo para dentro das salas de aula; c) Luminosidade, avaliando apenas a luz natural (lâmpadas desligadas) e d) ruídos.

A sala de aula “A”, localiza-se mais ao Sul do colégio, é utilizada pelos estudantes do 6º ano (matutino e vespertino), com paredes brancas, cobertura de telhas de cerâmica, janela de esquadria de alumínio com grade numa das paredes laterais e piso cinza escuro (Figura 2).

Figura 2 - Sala de aula “A” na unidade escolar analisada



Fonte: Salvador – BA (2016).

A sala de aula “B” (parte Norte do Colégio), utilizada pelos discentes do 7º ano (matutino e vespertino), está pintada em sua maior parte de cinza escuro e parte menor de branco, tendo uma das paredes laterais compostas por cobogó (elemento vazado, de cerâmica ou de cimento, utilizado na construção de paredes perfuradas, para permitir a entrada de luz e claridade) voltado para um muro e outra parede ‘com janelas do tipo basculante. O forro da sala é de PVC branco e o piso é bege (Figura 3).

Figura 3 - Sala de aula “B” na unidade escolar analisada

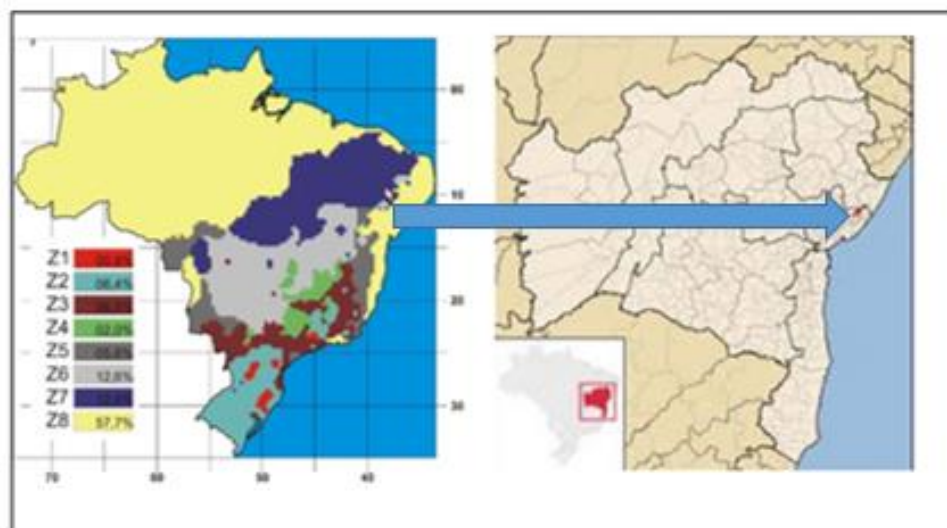


Fonte: Salvador – BA (2016).

6.2 CARACTERIZAÇÃO BIOCLIMÁTICA MUNICIPAL

O zoneamento bioclimático, por sua vez, consiste na divisão do território brasileiro em oito zonas climáticas com o objetivo de realizar recomendações estratégicas para o condicionamento térmico passivo, de acordo com a NBR 15220-3 [9]. O Município onde se encontra a escola avaliada está localizado na zona Bioclimática número 8 (oito) (Figura 4).

Figura 4 - Localização municipal na Zona Bioclimática brasileira número 8



Fonte: Adaptada Google imagens (2016).

Zona caracterizada pela ventilação, ou seja, a depender do processo construtivo da edificação, a ventilação cruzada pode ser uma importante estratégia de condicionamento térmico

passivo, melhorando assim a eficiência energética do edifício, e conseqüentemente a redução no consumo de energia elétrica para condicionamento artificial (ABNT,2013).

Segundo o IBGE (2013), este município está inserido no bioma mata atlântica que possui clima quente úmido, o que favorece o desconforto térmico, devido as altas temperaturas e índices de umidade que dificultam as trocas de calor entre o organismo e ar, sendo necessário um condicionamento de ar eficiente.

De acordo com o INMET (2017) a temperatura média é de 24,7°C, bastante confortável, principalmente nos dias de inverno. No verão, altas temperaturas são encontradas no município, com máximas próximo a 40°C. Além disso, os meses mais chuvosos são os de Julho e Agosto, com aumento significativo de nebulosidade no período de maio a agosto, o que pode afetar os índices de luminosidade dentro das salas.

6.3 QUALIFICAÇÃO DA TEMPERATURA E UMIDADE RELATIVA DO AR NAS SALAS DE AULA

O conforto térmico da sala de aula sofre influência da temperatura externa, dos materiais construtivos utilizados, da eficiência da ventilação natural, da umidade relativa do ar e do período do dia e do ano (VIANA, 2013). Devido a estes condicionantes e de modo a possibilitar uma comparação das salas, a qualificação da temperatura e da umidade relativa do ar foram realizadas por meio de medições nas quatro estações do ano, primavera, verão, outono e inverno. O objetivo de avaliar o conforto térmico nas quatro estações e verificar a influência das estações no conforto térmico.

As medições da temperatura e umidade do ar foram realizadas com medidor multifunção IP-233 (Impac) calibrado de fábrica . Já as medidas da temperatura das paredes, utilizou-se um termômetro infravermelho Ufree GM300 (CE), também calibrado. A Figura 5 apresenta os equipamentos utilizados no levantamento de campo.

Figura 5 - Aparelho medidor multifunção IP-233 (Impac) e termômetro infravermelho Ufree GM300 (CE)



Fonte: Salvador – BA (2016).

As medidas foram realizadas em três diferentes horários (10h00; 12h30 e 15h30), nos intervalos das aulas, pois se encontravam vazias para não atrapalhar a rotina de aulas dos alunos, não havendo interferências. Para avaliar o conforto ambiental os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram comparados com o diagrama do conforto térmico humano do INMET.

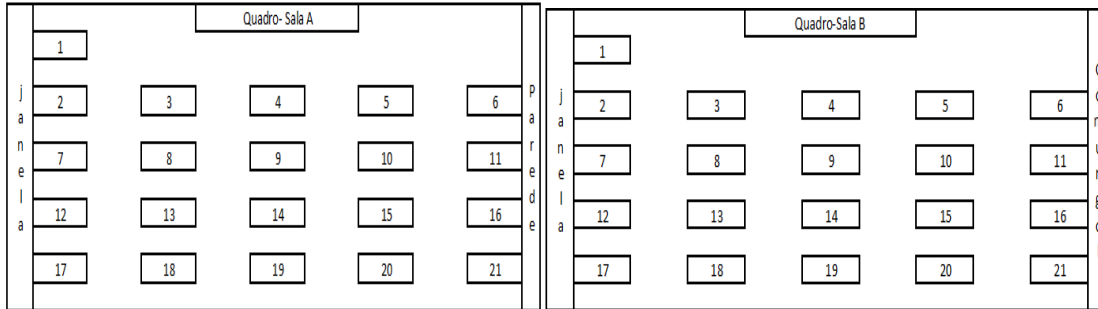
6.4 QUALIFICAÇÃO DA LUMINOSIDADE NAS SALAS DE AULAS

Os aspectos quantitativos da iluminação natural nos edifícios dependem das condições de nebulosidade do céu, do período (dia; mês e ano) e características do edifício. Para a qualificação da luminosidade nas salas de aulas, foram realizadas coletas da luminosidade natural nas salas “A” e “B” da unidade escolar avaliada nas quatro estações do ano, para avaliar as modificações sofridas pela luminosidade ao decorrer de cada estação. As medições foram realizadas com as lâmpadas desligadas para verificar a influência da iluminação natural, e foram realizadas sobre as carteiras dos estudantes e mesa dos professores, correspondentes às superfícies de trabalho, evitando-se a sombra do examinador sobre o aparelho.

Com isso, as medições da iluminância foram realizadas de acordo com a NBR 15215-4 (ABNT, 2005). Todavia, como a norma preconiza um afastamento de 0,5 m das paredes para a realização de medidas, foram adotadas medidas adicionais ao previsto. Tal procedimento se deve pela presença de carteiras escolares e de estudantes nessa área, o que fez 21 avaliações (cinco a mais do que o padrão da norma) em três diferentes horários (10h00; 12h30 e 15h30). É importante salientar que o levantamento de campo foi realizado nos intervalos das aulas, pois se encontravam vazias, não havendo interferências.

A Figura 6 apresenta a grade de medições realizadas nas salas de aulas escolhidas para a realização do estudo. O equipamento utilizado para o levantamento dos dados foi o medidor multifunção IP-233 (Impac) com calibração de fábrica.

Figura 6 - Disposição da mobília e superfícies de medições da iluminância nas salas de aula



Fonte: Salvador – BA (2016).

6.5 CONFORTO ACÚSTICO

As medições de conforto acústico foram realizadas durante um dia, em oito os pontos distribuídos nas salas de aula (cadeiras 1;3;5;12;14;16;18;20). Não foi utilizada fonte sonora. Assim, foram captados os ruídos emitidos pelos usuários e pelo entorno.

Os dados levantados foram de nível de pressão sonora, por período de cinco minutos em cada uma das medições. As medições eram realizadas sobre a carteira dos alunos. Foi utilizado o medidor multifunção IP-233 (Impac) com calibração de fábrica.

Para comparação dos dados, foram utilizados os limites de conforto da NBR 10152 (ABNT, 1987), que coloca para salas e aula, níveis de conforto de, até 40 dB(A), permitindo 50 dB(A), como nível sonoro aceitável para a finalidade.

6.6 PERCEPÇÃO DOS USUÁRIOS

A percepção dos usuários foi verificada por meio de questionário compilado, constando dezoito questões objetivas (múltipla escolha), conforme modelo de Ochoa e outros autores (2012) sendo aplicado no dia 13 de outubro de 2015 com 115 estudantes, usuários das salas “A” e “B”, nos períodos matutino e vespertino, respectivamente.

As respostas obtidas foram tabuladas e analisadas estatisticamente adotando-se o software IBM SPSS, sendo caracterizados por gênero, idade, série e turno de aulas, além de

questões de percepção do conforto térmico como temperatura em sala de aula, ventilação natural, necessidade de utilizar ventiladores, uniforme escolar.

Estava previsto realizar a aplicação dos questionários novamente após a reforma da escola, porém a diretora não permitiu uma nova análise da percepção dos usuários.

7 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DO CONFORTO AMBIENTAL

Foram realizadas cinco medições de conforto ambiental: duas na primavera (no primeiro dia o céu estava parcialmente encoberto e era necessário avaliar a luminosidade com o dia claro e sem nuvens), uma no verão, outono e inverno, respectivamente.

Foram analisados o conforto térmico, através das medidas das temperaturas e umidade relativa do ar; do Conforto luminoso através da mensuração das iluminâncias e também do conforto acústico através do monitoramento dos ruídos. As avaliações foram realizadas sobre as carteiras dos estudantes e sobre a mesa dos professores, nas superfícies de trabalho e de sala de aula, evitando-se sombra do examinador sobre os aparelhos.

7.1 ESTAÇÃO DA PRIMAVERA

Considerando-se o **conforto térmico na primavera**, nas condições de coleta experimental na sala “A”, verificou-se que o sistema construtivo apresentou desempenho térmico regular, observando-se que os materiais construtivos utilizados não são eficientes em dissipar o calor externo, pois as temperaturas internas do ar ($T_{ar\text{Interna}}$) são similares as externas ($T_{ar\text{externa}}$), em todos os horários verificados (Tabela 1).

Ainda, foi detectado que a ventilação cruzada não é utilizada e que as temperaturas das paredes, por exemplo, a TPE_{quadro} recebe incidência solar no turno da manhã, assim irradiam calor para dentro das salas, o que aumenta a sensação de desconforto, reduzindo a dissipação do calor de forma passiva, havendo necessidade da utilização de ventilação artificial ou condicionamento do ar. Assim, considerando-se que esses materiais e estrutura contribuem ao desconforto térmico, ineficiência energética e aumento da demanda por energia elétrica na escola.

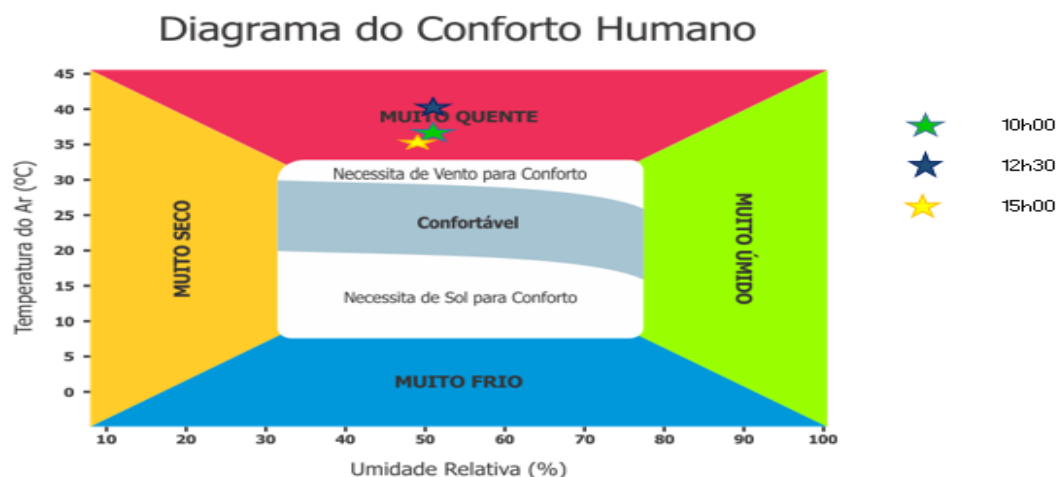
Tabela 1 - Medidas higrotérmicas Sala “A”

Estação	Horário	Temperaturas (°C) nos diferentes ocais de coleta na Sala A							Urar (%)
		Tar	Tar	TP	TPD	TPE	TP	T	
		Externa	Interna	quadro	quadro	quadro	Fundo	Teto	
Primavera	10h00	36,2	36,1	31,5	31,8	31,8	31,4	38,3	50,7
	12h30	39,8	39,1	34,1	33,4	33,5	32,9	43,6	49,6
	15h00	34,1	32,6	30,5	30,5	30,5	31,4	35,8	48,5

Fonte: Salvador – BA (2016).

A cobertura de telhas de cerâmica incorre em altas temperaturas no teto (T_{teto}), alcançando 43,6 °C (12h30). Comparando os dados da temperatura interna do ar ($T_{\text{ar}}_{\text{interna}}$) e da Umidade relativa do ar (URar), com o diagrama de conforto térmico humano do INMET, percebe-se que nos horários de 10h00 e 12h30 foram considerados excessivamente quentes, necessitando urgentemente de intervenções na sala (Figura 7).

Figura 7 - Diagrama do conforto térmico na sala de aula “A”



Fonte: Adaptado do INMET (2015).

O horário das 15h30 necessita de vento para atingir o conforto, ressaltando-se que a sala possui apenas uma abertura de fachada e como a porta se encontra constantemente fechada, a ventilação cruzada é ineficiente, sendo necessária utilização de condicionamento térmico artificial, aumentando o consumo de energia elétrica.

Situação similar quanto ao desconforto térmico foi encontrada na sala “B” (Tabela 2), verificando-se que as temperaturas (internas e externas) foram semelhantes. A cor cinza das paredes promove maior absorção de calor, aumentando a temperatura e desconforto. Destacam-se as temperaturas na parede esquerda do quadro (TPE_{quadro}) a partir das 12h00, pois recebe incidência de raios solares no turno vespertino.

Tabela 2 - Medidas higrotérmicas Sala “B”

Estação	Horário	Temperaturas (°C) nos diferentes locais de coleta na Sala A							Urar (%)
		Tar	Tar	TP	TPD	TPE	TP	T	
		Externa	Interna	quadro	quadro	quadro	Fundo	Teto	
Primavera	10h00	36,2	36,1	32,5	32,6	32,2	31,9	33,2	50,7
	12h30	39,8	38,7	32,9	32,9	38,7	32,2	36,2	49,6
	15h00	34,1	34	30,7	30,7	34,7	30,7	32,7	48,5

Fonte: Salvador – BA (2016).

Ao se comparar as temperaturas e umidade relativa do ar, nos três horários, com o diagrama de conforto térmico humano a sala esteve em situação de desconforto em todos os horários analisados (muito quente), conforme a (Figura 8).

Figura 8 - Diagrama de conforto térmico na sala de aula “B”



Fonte: Adaptado do INMET (2016).

Lamberts (2014) reportou que à medida que a temperatura do meio se eleva, o organismo aumenta sua eliminação por evaporação. Quanto maior a umidade relativa (UR), menor a eficiência da evaporação na remoção do calor e maior conseqüentemente a situação de desconforto. Nogueira e outros autores (2012) descreveram situação semelhante de desconforto térmico no ambiente escolar (meses de outubro e dezembro), constatando desconformidade quanto ao recomendado.

De acordo com as medidas da avaliação do conforto térmicos encontradas nas salas de aula, percebe-se que as mesmas estão em situação de desconforto, visto que a escola não foi projetada levando-se em consideração as características bioclimáticas da região. Além da alta temperatura do ar, os materiais construtivos da sala continuam irradiando calor para dentro da mesma. Assim, mesmo quando a temperatura do ar começa a diminuir, a sala permanece em situação de desconforto por causa do calor irradiado pelas superfícies.

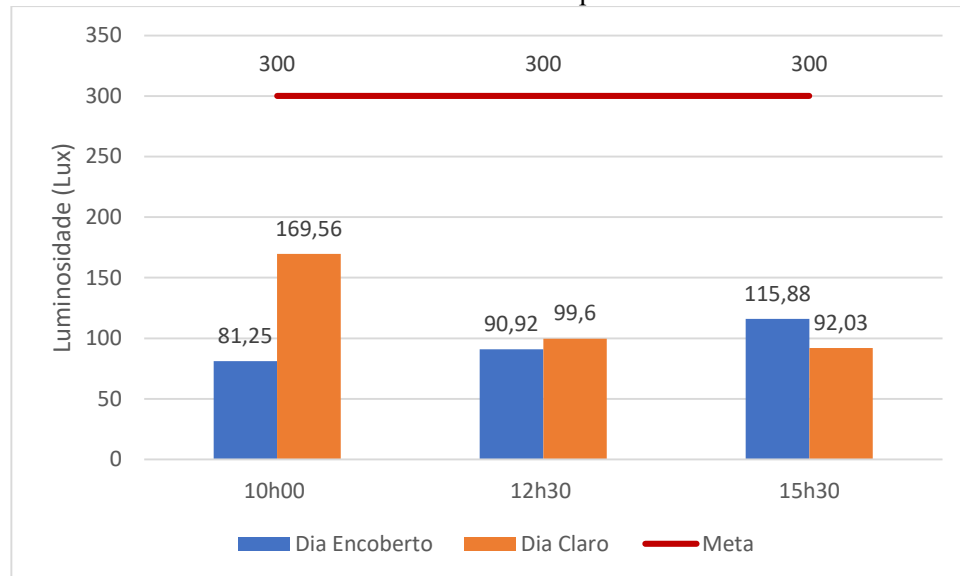
Destaca-se quanto a ventilação natural, que na sala A só é possível com a porta da sala aberta, comprometendo a acústica e causando dispersão de atenção. A sala B apesar de possuir duas aberturas em cada lateral (janela e cobogó, respectivamente), este último elemento, mesmo vazado, está voltado ao muro da escola, dificultando a circulação do ar.

Quanto ao conforto luminoso (primavera), ressalta-se que os aspectos quantitativos da iluminação natural nos edifícios dependem das condições de nebulosidade do céu, da estação do ano, do período do dia e das características arquitetônicas e construtivas da edificação.

Na quantificação de luminosidade natural nas salas de aulas, foram realizadas duas coletas (sobre as carteiras dos estudantes e mesa dos professores, nas superfícies de trabalho, evitando-se a sombra do examinador sobre o aparelho), nas salas “A” e “B”, nos dias 14 e 20 de outubro de 2015, sendo no 1º dia com nebulosidade (9 décimos) e no 2º com céu claro e nebulosidade na faixa de 4 décimos (INMET, 2015).

Na sala “A” (dia nublado) observou-se incidência de raios solares no período matutino, e que as aulas são ministradas na maioria das vezes com luzes desligadas, não se observando variação marcante da iluminação, independente da luz ligada.

Gráfico 2 - Luminosidade média da sala “A” na primavera



Fonte: Salvador – BA (2016).

Notou-se (Gráfico 2) que nenhuma das medidas realizadas foi encontrado valor de luminância superior ao mínimo estabelecido para salas de aula (ABNT, 2013), que é de 300 luxes. Ocorreu decréscimo comparando-se os pontos próximos a parede com janelas (esquerda do quadro) em relação àquelas sem janelas (direita do quadro). A norma preconiza que as medidas sejam realizadas, com afastamento mínimo da parede de 0,50 m, contudo foram

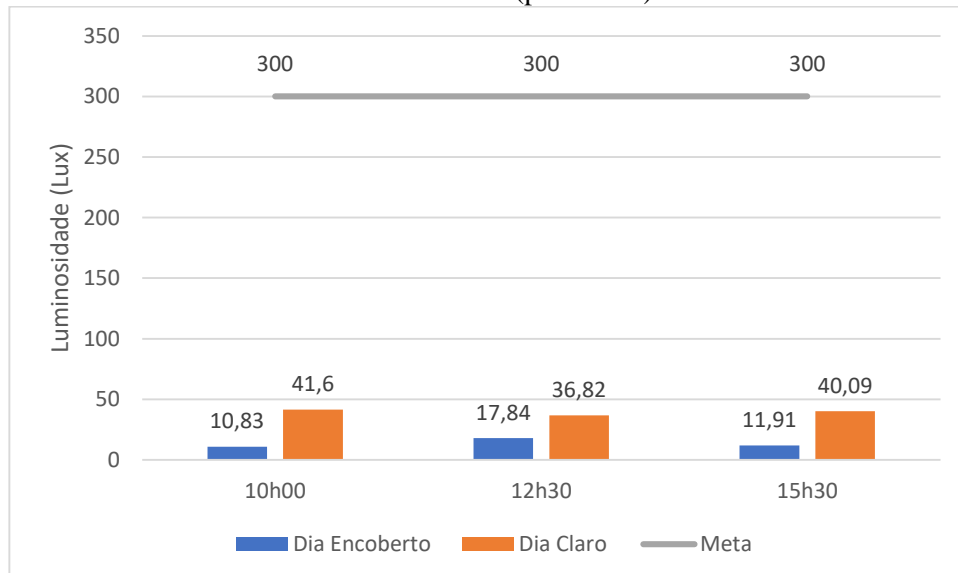
procedidas as cinco medições nos locais ocupados pelos discentes. Ocorreu aumento da luminosidade média às 12h00 e 15h00, em consequência da redução da nebulosidade.

Na medição em dia claro, constatou-se que a mensuração da incidência luminosa média aumentou, embora menor que 300 lux. O menor e maior valor foi 60,7 lux (ponto 21; 15h00) e 269 lux (ponto 8; 10h00), este destacando-se independente do dia da coleta. Ocorreu redução da quantidade lumínica média ao longo do dia, devido a orientação geográfica da sala, com maior incidência solar no período matutino.

Relacionado a **sala “B”**, a orientação geográfica da construção implica numa maior incidência solar é maior à esquerda da lousa), ocorrendo os menores dados de luminosidade independente do dia, claro ou nebuloso, sendo maior no turno vespertino em relação ao matutino, próximo a janela, pois o cobogó confronta o muro, o que dificulta a incidência de luminosidade (Gráfico 3). Os valores médios de iluminância apresentaram resultados distintos quando comparados o dia claro (12h30 = 17,84 lux) e nublado (10h00 = 41,6 lux).

Contudo, esses elementos vazados influenciam em determinados horários uma maior luminosidade natural, contudo em relação a sala “A” ocorreu menor quantitativo lumínico, possivelmente pela cor cinza escura da parede (sala B), onde superfícies escuras apresentam pouca refletividade, ratificando os dados encontrados por Ochoa e outros autores (2012).

Gráfico 3 - Luminosidade média da sala B (primavera)



Fonte: Salvador – BA (2016).

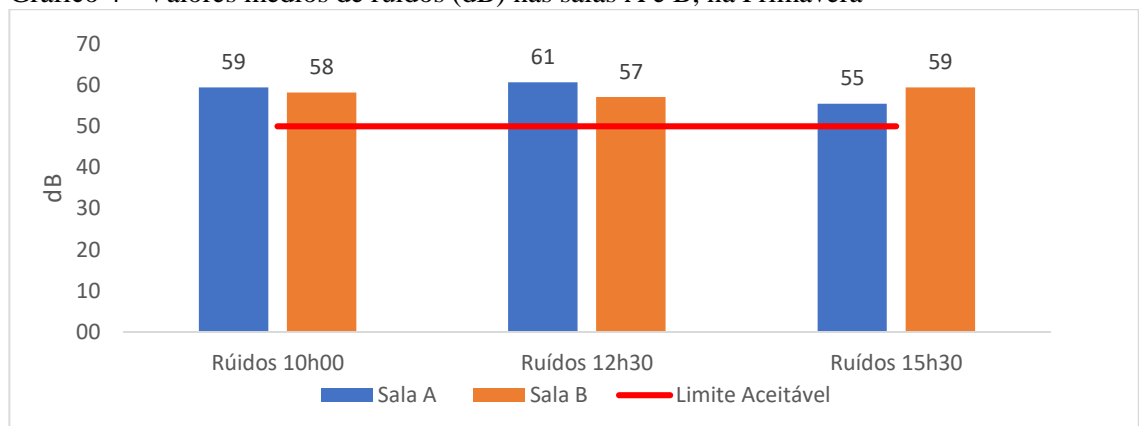
Foram ressaltados noutros trabalhos os níveis de iluminância natural insuficientes, independente da estação do ano e de horários, como Rotta e Sardeiro (2012), na Universidade

Estadual de Maringá – Paraná; Pinto e outros autores (2013) em Viseu- Portugal, que reportaram sobre os tetos revestidos de cortiça, em ambos sendo necessária a complementação com iluminação artificial, conseqüente investimento em energia elétrica.

Quanto ao conforto acústico (primavera), nas salas “A” e “B” os valores médios de ruído encontrados [10h00; 12h30 (mesmo em intervalo de aula); 15h30) foram superiores ao valor aceitável, sendo o recomendado para salas de aula de 40 dB, aceitável até 50dB (ABNT, 1987), sendo maiores próximo a janela e porta, conseqüência do ambiente externo (Gráfico 4). As janelas (salas “A” e “B”) ficam voltada para área de circulação comum, com fluxo de frequente de estudantes, enquanto o cobogó (sala “B”) confronta o muro da escola, recebendo ruídos do trânsito de veículos, por exemplo.

Esta situação de desconformidade foi semelhante àquela reportada por Antunes e outros autores (2014), numa escola em Vila Velha (ES).

Gráfico 4 - Valores médios de ruídos (dB) nas salas A e B, na Primavera



Fonte: Salvador – BA (2016).

7.2 ESTAÇÃO DO VERÃO

Quanto a avaliação do conforto ambiental (Verão; 12/01/2016), o céu se encontrava claro, com baixa nebulosidade (4 décimos) (INMET, 2016). Para registro, no intervalo entre as estações de coleta, a escola passou por reformas. Em virtude de assaltos recorrentes e buscando evitar novos furtos (abastecimento da merenda escolar), na sala “A” substituíram as janelas por cobogó (elemento vazado, de cerâmica ou de cimento, utilizado a construção de paredes perfuradas, para permitir a entrada de luz e claridade) (Figura 9).

Figura 9 - Substituição de janelas (esquerda) por cobogó (direita), na sala “A”



Fonte: Salvador – BA (2016).

Na sala “B”, foi sugerido pela equipe técnica do Departamento de Obras da Prefeitura Municipal, a pintura da sala em cores claras, buscando melhorar a luminosidade e diminuir a temperatura (Figura 10).

Figura 10 - Cor de parede antes (esquerda) e após pintura (direita) na sala “B”



Fonte: Salvador – BA (2016).

Foram encontradas temperaturas elevadas (Tabelas 3 e 4) nas medições (salas “A” e “B”), observando-se em relação, associadas ao clima local e que os materiais utilizados na construção são incapazes de dissipar o calor exterior, transmitido a área interna, consequente sensação de desconforto térmico.

Tabela 3 - Medidas higrotérmicas na Sala “A”, no verão

Estação	Horário	Temperaturas (°C) nos diferentes ocais de coleta na Sala A							Urar (%)
		Tar	Tar	TP	TPD	TPE	TP	T	
		Externa	Interna	quadro	quadro	quadro	Fundo	Teto	
Verão	10h00	32,3	32,2	30,6	30,2	30,2	30	41,3	62,3
	12h30	34,1	33,8	30,3	30	30,6	30	40,4	65,7
	15h00	33,3	32,9	31,7	30	32,2	31,3	35,2	58,9

Fonte: Salvador – BA (2016).

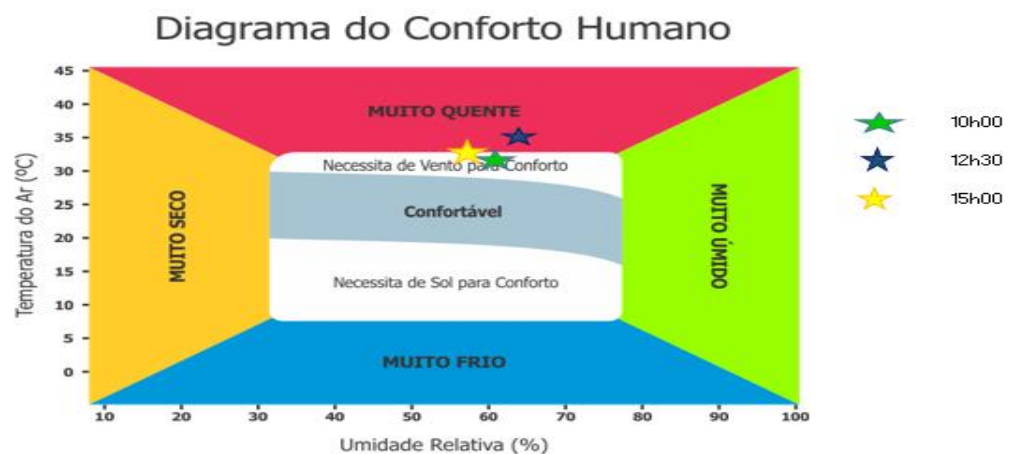
Tabela 4 - Medidas higrotérmicas na Sala “B”, no verão

Estação	Horário	Temperaturas (°C) nos diferentes ocais de coleta na Sala A							Urar (%)
		Tar	Tar	TP	TPD	TPE	TP	T	
		Externa	Interna	quadro	quadro	quadro	Fundo	Teto	
Verão	10h00	32,3	32,3	30,8	30	30,7	30,5	33,1	62,3
	12h30	34,1	30,8	31	31,6	31,2	30,3	34,2	65,7
	15h00	33,3	29,9	31	31,8	31,9	31	32,8	58,9

Fonte: Salvador – BA (2016).

Observa-se que no horário das 10h00 e 15h30, a sala A necessita de ventilação cruzada, não ocorrendo em decorrência de haver única abertura de fachada e a porta permanece fechada (ruído externo), demandando ventilação artificial, para melhorar o conforto térmico, conforme Diagrama do Conforto Humano (INMET, 2016) (Figura 11). Às 12h30 apenas o resfriamento artificial possibilitaria atividades em sala de aula, não havendo condicionador de ar instalado.

Figura 11 - Diagrama do conforto térmico na sala “A”, no verão



Fonte: Adaptado do INMET (2016).

Ressalta-se que a reforma da sala “A” (substituição de janelas por cobogó) contribui ao desconforto térmico desta sala, com a redução de área aberta. Na sala “B” poderia ter melhor conforto, pois constam duas aberturas de fachadas, o que tornaria possível a ventilação cruzada,

caso não existisse o muro confrontante ao cobogó, impedindo a circulação. Ambas as salas necessitam de ventilação para atingir o conforto. A sala B, nos três horários avaliados demanda de vento para atingir o conforto (Figura 12).

Figura 12 - Diagrama do conforto térmico na sala “B”, no verão



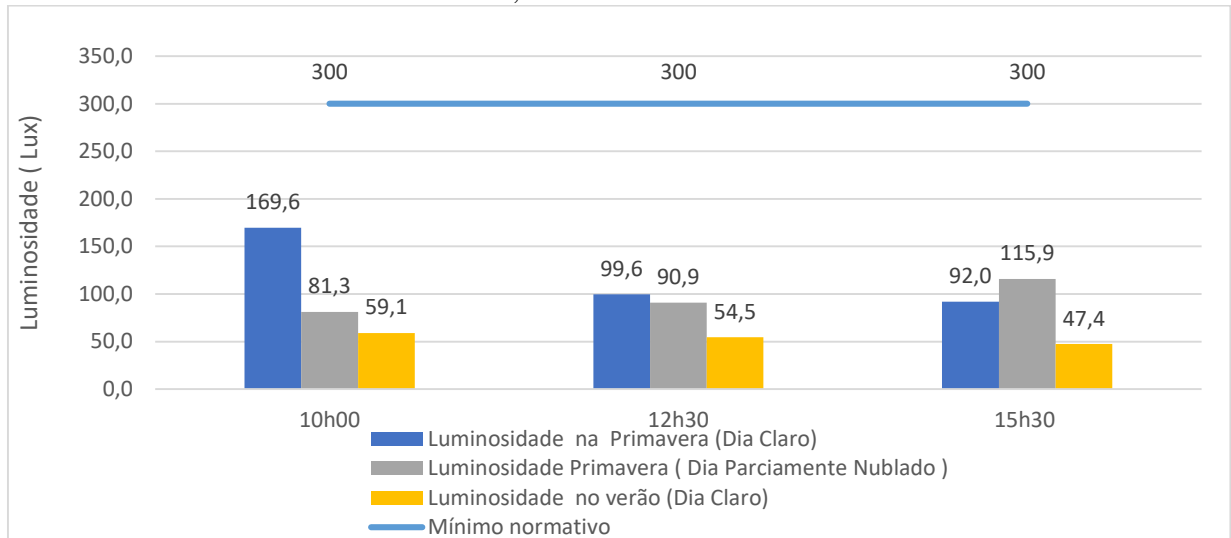
Fonte: Adaptado do INMET (2016).

Delvite e outros autores (2016) reportou que a ventilação natural deficitária comprometeu o conforto térmico de escolas públicas. Ressaltaram que as janelas estarem alocadas muito acima dos usuários contribuiu ao desconforto, visto que o vento não alcançava os usuários para aliviar a sensação de calor, contribuindo negativamente ao rendimento escolar.

Relativo ao conforto luminoso (verão), após a reforma realizada na sala “A”, observou-se um decremento médio nos valores de iluminação (Gráfico 5), em relação as medições na Primavera (dia claro, antes da reforma), e muito aquém da recomendação mínima de 300 e 500 lux (para salas de aula e leitura, respectivamente) (ABNT, 2013), agravando a dependência da iluminação artificial, destacando-se os valores às 15h00, nos locais próximo a parede e distantes do cobogó, carteiras 16 e 21 (31,5 e 30,1 lux, respectivamente), consequência da orientação geográfica (janela para Leste), com incidência solar pela manhã.

Kowaltowski (2011, p. 63) observou que a concepção arquitetônica dos edifícios escolares no Brasil, atrela-se a situação socioeconômica e política, devendo ser uma política de Estado ao atingimento de qualidade do sistema ensino/aprendizagem. É imprescindível capacitação técnica à proposta/execução de projetos técnicos/funcionais, com estratégias passivas, considerando-se qualidade, eficiência, consequente redução de consumo e gasto com energia elétrica.

Gráfico 5 - Luminosidade média na Sala A, na Primavera e Verão



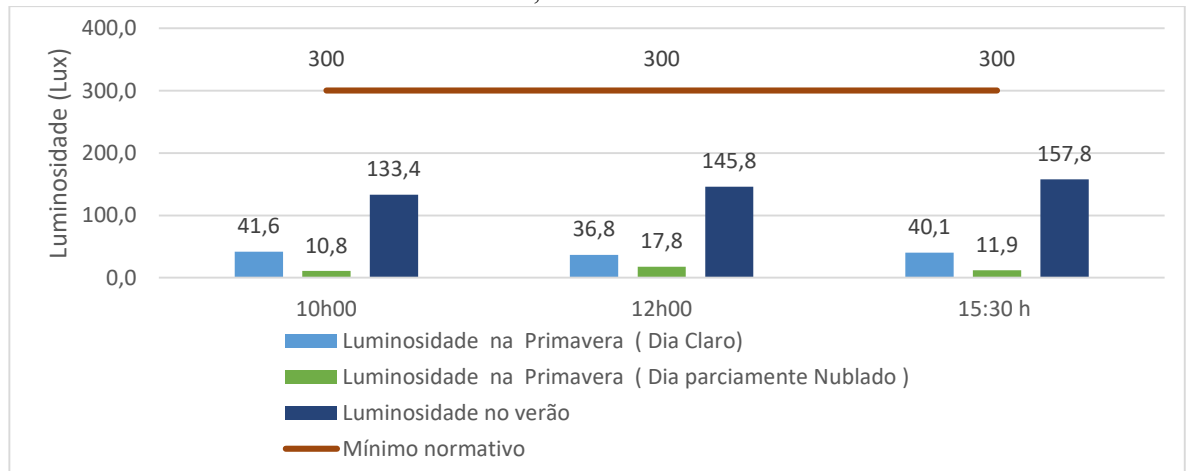
Fonte: Salvador – BA (2016).

Na sala “B”, em contrapartida após a pintura das paredes na cor branca, associado aos três elementos vazados (janelas do tipo basculante e cobogó, em cada lateral, respectivamente; e porta aberta), ocorreu incremento nos índices de iluminância (Gráfico 6).

Os melhores valores encontrados (15h00) foram nas carteiras 4 e 5 (201,5 e 211,4 lux, respectivamente), muito melhor que a sala “A”, embora abaixo do mínimo estabelecido, demandando complementação com iluminação artificial, independente do turno aumentando o consumo e gasto de energia elétrica.

Sato e outros autores (2012) ressaltaram que cores claras apresentam maiores índices de refletância à radiação solar, melhorando a distribuição dos raios solares e consequente aumento no padrão de iluminação natural.

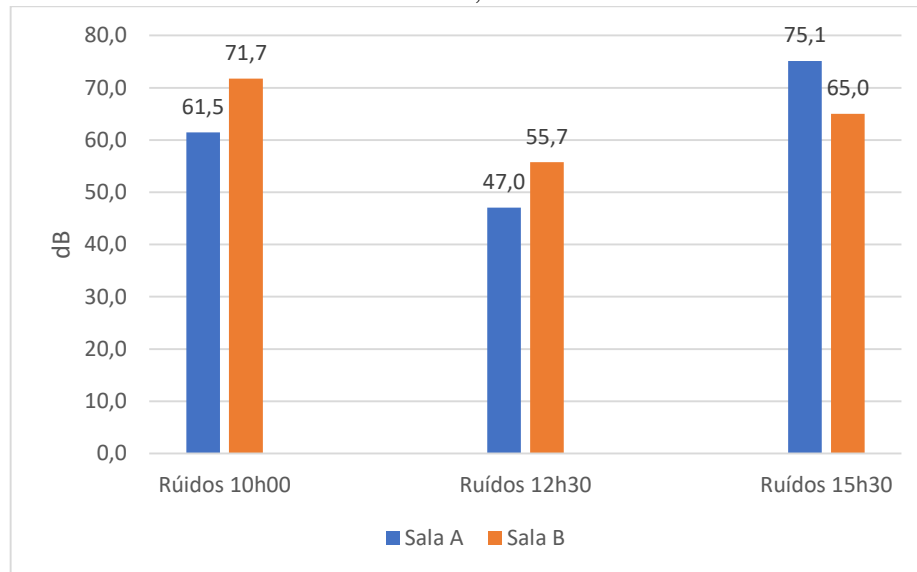
Gráfico 6 - Luminosidade média na sala “B”, na Primavera e Verão



Fonte: Salvador – BA (2016).

Durante a coleta (Jan/2016) os alunos estavam de férias, porém estava acontecendo atividades com estudantes, alguns professores, equipes de coordenação e limpeza, além da influência de resíduos externos, o que justifica a desconformidade dos altos valores médios de ruídos (dB) encontrados nas salas “A” e “B” (Gráfico 7), com exceção da sala “A”, com 47 dB no horário das 12h30 (quando a escola estava vazia) Tabela 5.

Gráfico 7 - Dados médios de ruídos, nas salas A e B no Verão



Fonte: Salvador – BA (2016).

Tabela 5 - Ruídos na sala A no verão

Ruídos (dB) na sala A - Verão		
10h00	12h30	15h30
68,7	45,3	72,3
64,2	58,9	78,3
74,7	55,8	78,4
64,5	56,7	75,8
51,8	33,1	76,8
46,9	34,3	77,3
59,5	58,5	71,4
59,7	33,6	70,8

Fonte: Salvador – BA (2016).

Santos e outros autores (2012) encontraram cenário similar nas escolas avaliadas, todas com níveis de pressão sonora superiores aos estabelecidos, desencadeando desvios de atenção, dificuldades de ler, escrever, ouvir/entender o professor.

Observa-se que a deficiência de infraestrutura construtiva mínima corrobora negativamente no processo de ensino e aprendizagem, quando os estudantes em condições socioeconômicas restritas conseguem acessibilidade e qualidade de ensino na escola pública.

A sala B se encontrava em atividades com os alunos, e por isso apresentou maiores valores de ruído, quando comparado com a sala A no turno da manhã. No turno da tarde a escola estava sem alunos, apenas com alguns professores e as equipes de coordenação e limpeza, porém valores elevados de ruído e acima da norma foram encontrados, como observa-se na Tabela 6. Percebe-se, que ambas as salas recebem influência externa de som, o que durante o ano letivo pode prejudicar a concentração e dificultar o aprendizado.

Tabela 6 - Ruídos na sala B no verão

Ruídos (dB) na sala B - Verão		
10h00	12h30	15h30
74,4	58,5	71,2
64,3	60,4	45,4
72,8	61,2	67,9
73,5	59,8	68,4
71,8	53,7	69,2
68,4	50,7	74,8
69,7	49,75	71,5
78,9	51,8	51,8

Fonte: Salvador – BA (2016).

7.3 ESTAÇÃO OUTONO

A coleta dos dados de ambiência no **Outono** foi realizada no dia 12 de abril de 2016, dia parcialmente nublado (nebulosidade média em torno de 7 décimos). Quanto ao conforto térmico nas salas “A” e “B”, observou-se que os materiais construtivos utilizados possibilitaram melhor dissipação de calor em relação as estações mais quentes (Tabela 7 e 8, respectivamente), exceto a telha de cerâmica (teto) na sala “A”, com temperaturas superiores aquelas encontradas na “B”, com forro de PVC e melhor dissipação de calor.

Tabela 7 - Medidas higrotérmicas na Sala “A”, no Outono

Estação	Horário	Temperaturas (°C) nos diferentes locais de coleta na Sala A							Urar (%)
		Tar	Tar	TP	TPD	TPE	TP	T	
		Externa	Interna	quadro	quadro	quadro	Fundo	Teto	
Outono	10h00	30,1	30,8	27	26,6	26,2	26,9	32,6	62,9
	12h30	33,1	33,6	27	26,5	26,6	26,9	30,8	64,8
	15h30	28,7	28,5	29,1	29,9	29,5	29,1	30,7	73,3

Fonte: Salvador – BA (2016).

Tabela 8 - Medidas higrotérmicas na Sala “B”, no Outono

Estação	Horário	Temperaturas (°C) nos diferentes locais de coleta na Sala A							Urar (%)
		Tar	Tar	TP	TPD	TPE	TP	T	
		Externa	Interna	quadro	quadro	quadro	Fundo	Teto	
Outono	10h00	31	30,6	27,6	27,9	27,1	27,2	30	67,1
	12h30	32	30,2	26,1	26,2	26,2	26,3	27,1	67,4
	15h00	30,4	30,3	25	25,4	25,9	24,4	25,9	69

Fonte: Salvador – BA (2016).

Constatou-se que, independente do horário avaliado, as salas “A” e “B” demandam de ventilação artificial para atingir o conforto (Figuras 13 e 14), mesmo na condição de ocorrência de temperaturas mais amenas (outono), pois não possuem ventilação natural cruzada, mesmo que na “B” os materiais construtivos tenham melhorado a condição (Tabela 8).

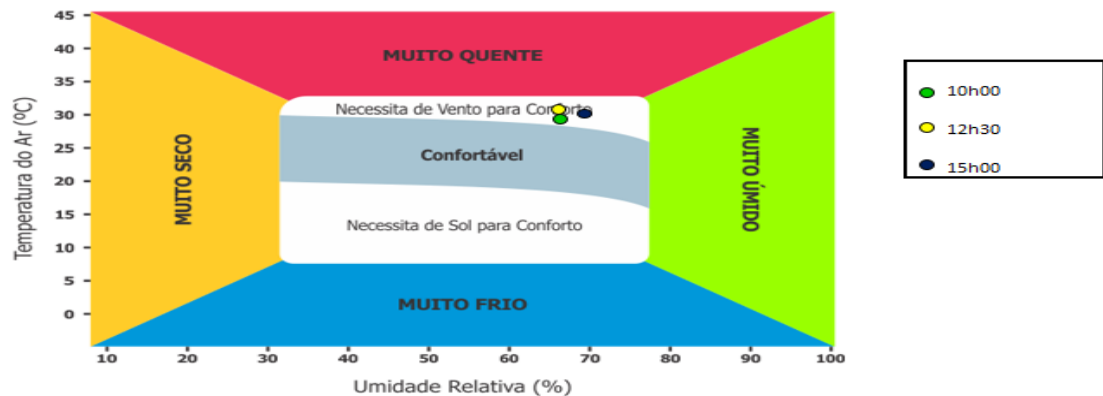
Situação semelhante de desconforto foi encontrado por Antunes e outros autores (2014), onde os materiais construtivos, principalmente a cobertura, irradiavam calor para dentro das salas de aula.

Figura 13 - Diagrama do conforto térmico na sala “A”, no Outono



Fonte: Adaptado do INMET (2016).

Figura 14 - Diagrama do conforto térmico na sala de aula “B”, no outono
Diagrama do Conforto Humano



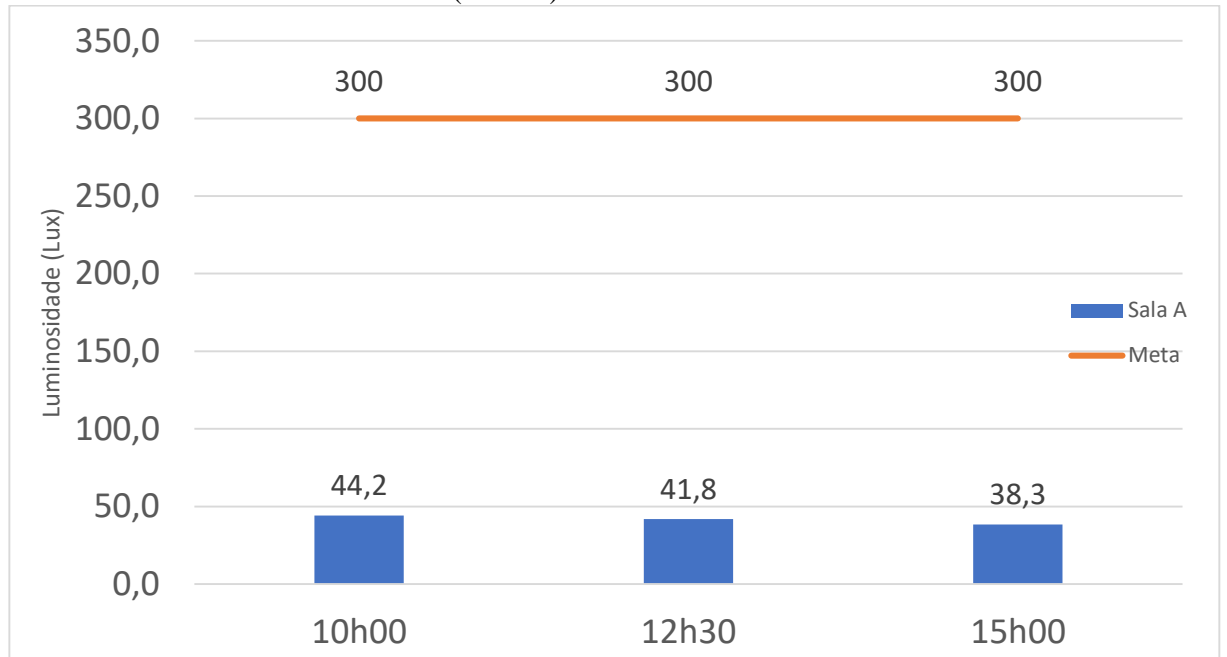
Fonte: Adaptado do INMET (2016).

Na mensuração dos dados **de iluminação (salas “A”; Outono)** os resultados foram aquém do mínimo recomendado (Gráficos 8 e 9, respectivamente), onde a “B” foi melhor. Sendo os piores encontrados próximos a parede a direita do quadro (parede da porta), na posição 21 (23,9 lux; 15h30) e o melhor na posição 19 (59,6; 10h00).

Na sala “B”, apesar de melhores que na “A”, os achados mantiveram abaixo da recomendação mínima de 300 lux (Gráfico 9), sendo o maior encontrado na cadeira no centro da sala, na posição 4 (185,6; 10h00). Influência de luminosidade tanto do cobogó como da janela, enquanto o menor valor foi mensurado próximo a parede do cobogó, na posição 2 (47 lux; 15h30). Novamente indicando-se a necessidade de iluminação artificial, corroborado pelos achados de iluminação natural em escolas públicas de Presidente Prudente - SP, por Ferverça e Bartholomei (2012).

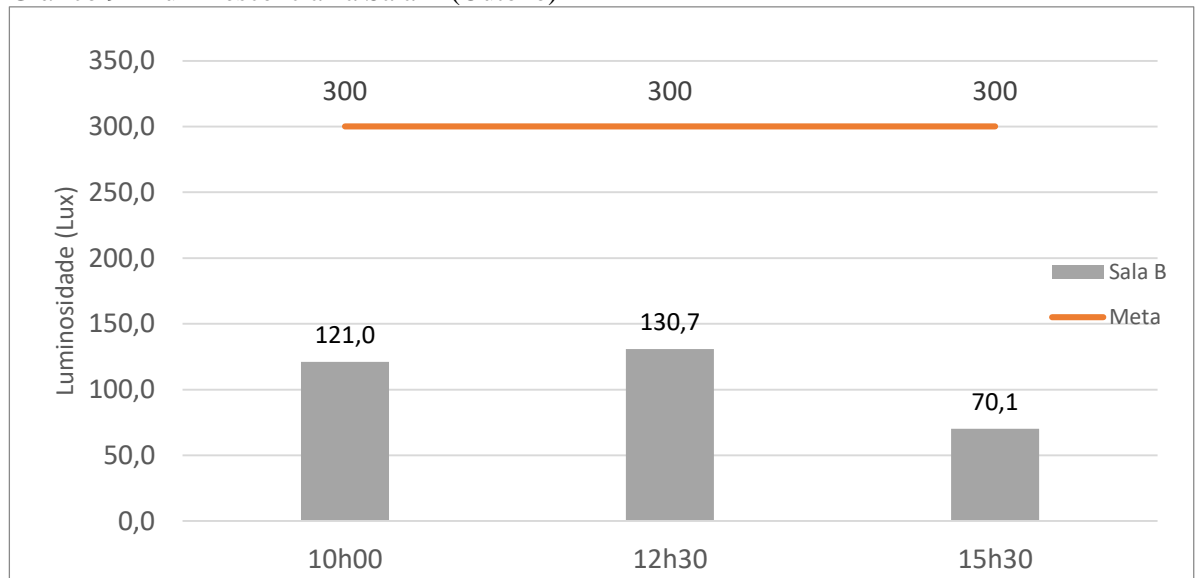
Nesta época, quando a incidência solar no hemisfério Sul começa a reduzir, agrava a dependência de iluminação artificial, reforçando o pré-requisito de considerar as características bioclimáticas locais, nos projetos arquitetônicos, construtivos e de reforma, pois na sala “A”, com a mudança da janela pelo cobogó, agravou o desconforto térmico e luminoso aos usuários.

Gráfico 8 - Luminescência na Sala A (Outono)



Fonte: Salvador – BA (2016).

Gráfico 9 - Luminescência na Sala B (Outono)



Fonte: Salvador – BA (2016).

Avaliando os ruídos na sala “A” (Outono), foram achados valores aceitáveis às 12h30 (sala vazia), apenas com fatores contributivos externos. Nos demais horários avaliados (presença discente) continuaram superior ao mínimo recomendado (Tabela 9). Na “B”, independente do horário, os valores achados foram superiores ao aceitável, exceto uma medição (Tabela 10), destacando-se negativamente (ambas as salas) às 15h30 (Gráfico 10), considerando-se que altos níveis de ruído no ambiente causam interferência na comunicação comprometendo o reconhecimento da fala (RIBEIRO et al., 2015).

Tabela 9 - Ruídos (dB) na sala “A” (Outono)

Ruídos (dB) diferentes horários		
10h00	12h30	15h30
73,1	38,7	71,4
68,2	58,1	58,9
71,7	32,4	73,2
67,4	45,1	59,1
58,9	43,5	72,5
56,5	32,4	73,4
61,2	49,1	72,8
63,5	47,5	66,4

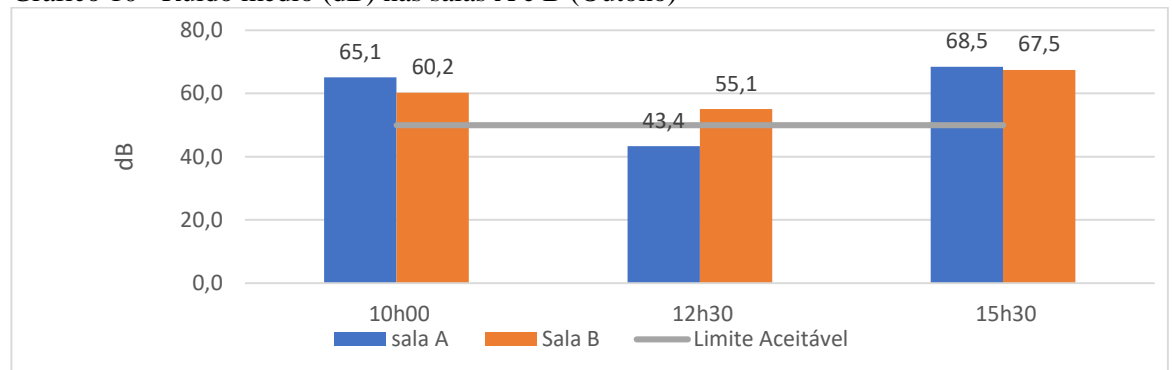
Fonte: Salvador – BA (2016).

Tabela 10 - Ruídos (dB) na sala “B” (Outono). Salvador - BA, 2016.

Ruídos (dB) diferentes horários		
10h00	12h00	15h30
65,4	56,6	70,8
54,7	62,5	58,7
52,1	61,4	68,3
74,2	54,8	72,3
58,9	57,6	65,4
59,1	51,7	68,5
56,7	50,2	67,3
60,5	45,8	68,4

Fonte: Salvador – BA (2016).

Gráfico 10 - Ruído médio (dB) nas salas A e B (Outono)



Fonte: Salvador – BA (2016).

7.4 ESTAÇÃO INVERNO

A coleta no **inverno** foi realizada 13 de julho de 2016 (dia nublado, com nebulosidade de 8 décimos). Quanto a temperatura na sala “A”, percebeu-se que os materiais construtivos tiveram melhor desempenho como isolante térmico, exceto as telhas, as quais mantiveram valores altos. Às 15h30, encontrava-se nos limites de conforto térmico e umidade do ar (Tabela 11), valores altos de umidade podem gerar sensação de desconforto.

Tabela 11 - Medidas higrotérmicas na Sala “A”, no Outono

Estação	Horário	Temperaturas (°C) nos diferentes locais de coleta na Sala A							Urar (%)
		Tar Externa	Tar Interna	TP quadro	TPD quadro	TPE quadro	TP Fundo	T Teto	
Inverno	10h00	23,2	23	20,8	20,4	20,8	20,8	25,8	65
	12h30	25,1	23,8	20,8	20,4	20,8	20,8	---	67
	15h30	23,8	24	21,3	20,8	21,3	21,3	24,8	77

Fonte: Salvador – BA (2016).

Na sala B os materiais construtivos apresentaram bom desempenho isolante externo, exceto próximos ao quadro e do forro de PVC, com valores mais elevados de temperatura (Tabela 12).

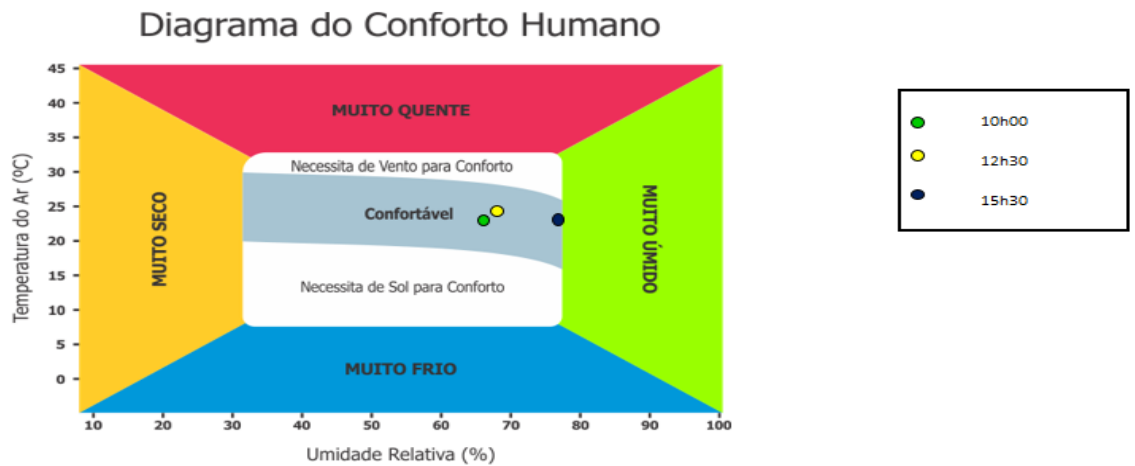
Tabela 12 - Medidas higrotérmicas na Sala “B”, no Outono

Estação	Horário	Temperaturas (°C) nos diferentes locais de coleta na Sala A							Urar (%)
		Tar Externa	Tar Interna	TP quadro	TPD quadro	TPE quadro	TP Fundo	T Teto	
Inverno	10h00	23,2	23	23,8	22,8	22,8	22,9	24,3	68
	12h30	25,1	23,8	25,3	22,6	22,6	22,8	24,1	69
	15h00	23,8	24	24,8	22,5	22,5	22,7	25	75

Fonte: Salvador – BA (2016).

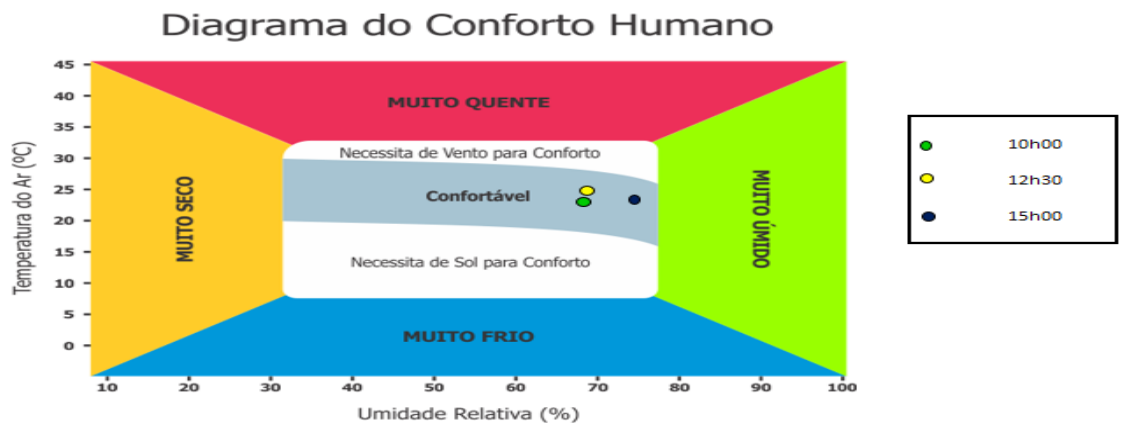
Observando-se no diagrama de conforto térmico (Figuras 15 e 16) observa-se que no inverno, independente do horário de coleta, todas as medidas encontraram-se numa faixa aceitável e agradável, não demandando ventilação artificial, reduzindo o consumo de energia no período.

Figura 15 - Diagrama de conforto térmico na sala “A”, no inverno



Fonte: Adaptado do INMET (2016).

Figura 16 - Diagrama de conforto térmico na sala “B”, no inverno



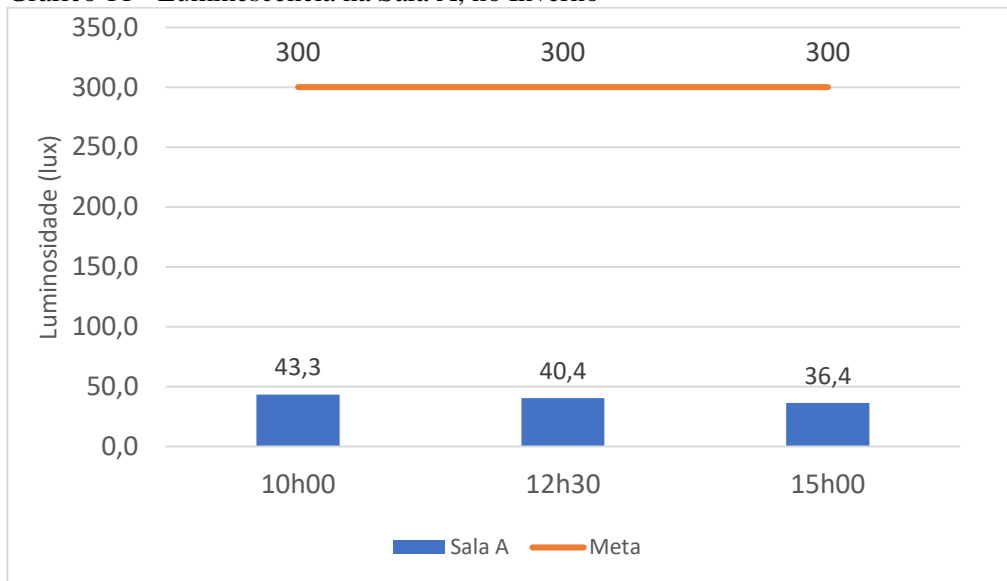
Fonte: Adaptado do INMET (2016).

Avaliando o **conforto luminoso** (sala “A”; inverno), ressalta-se que nesta estação tende a diminuir a incidência de luz solar e aumentar nebulosidade, assim foram encontrados valores muito abaixo do valor recomendado (Gráfico 11), independente de horário e local de coleta. O maior e menor valor encontrado foram no centro da sala, na posição 14 (54,6 lux; 10h00) e no fundo da sala, na posição 17 (23,9 lux; 15h30), respectivamente.

Na sala “B” observou-se melhor qualidade lumínica em relação a “A”, embora todos os valores encontrados mantiveram-se aquém do mínimo recomendável (Gráfico 12), encontrando-se o maior e menor valor, na posição 4 (147,6 lux; 12h30) e posição 21 (42 lux; 15h30), respectivamente.

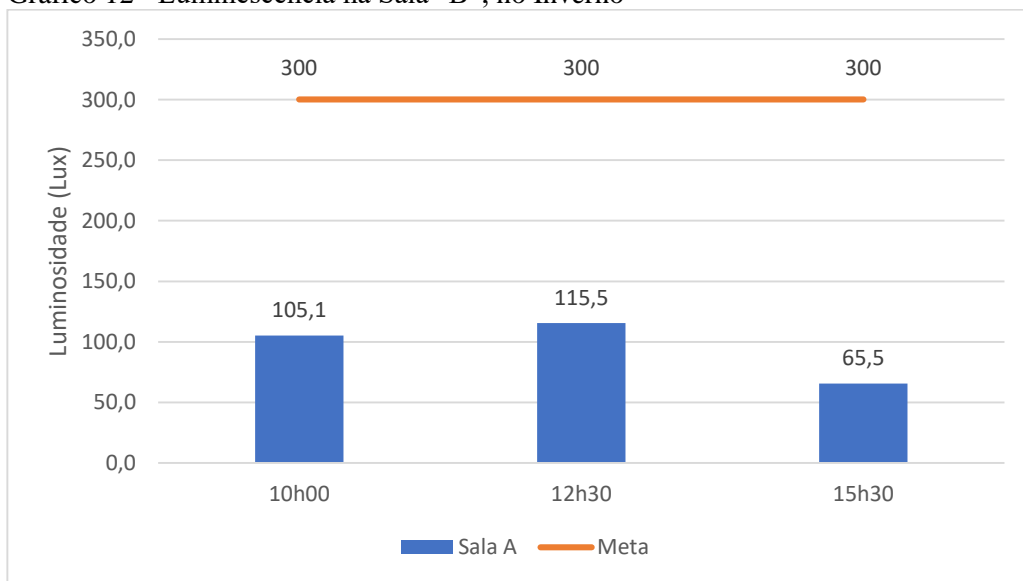
No inverno, ambas as salas (“A” e “B”) demandam complementação com iluminação artificial, corroborando os achados de Silva e Vanderlei (2015), em salas de aula na Universidade Estadual de Maringá (PR).

Gráfico 11 - Luminescência na Sala A, no Inverno



Fonte: Salvador – BA (2016).

Gráfico 12 - Luminescência na Sala “B”, no Inverno



Fonte: Salvador – BA (2016).

Na avaliação de **conforto sonoro (inverno)**, ambas as salas avaliadas apresentaram valores médios de ruído acima do recomendado pela norma, reduzindo às 12h30, quando estavam vazias, recebendo ruídos externos, próximas às vias públicas e pátios (Tabelas 13 e 14; Gráfico 13). Resultados similares aos achados por Mouro e outros autores (2017) numa escola estadual em Porto Nacional – TO, em duas épocas (março e setembro).

Tabela 13 - Ruídos (dB) na sala “A” (Inverno)

Ruídos (dB) diferentes horários		
10h00	12h30	15h30
72,1	41,3	72,8
71,3	55,7	57,9
70,8	42,6	69,8
69,2	48,7	61,3
63,1	47,6	68,7
59,7	45,7	68,5
62,6	54,8	69,3
71,3	53,3	68,3

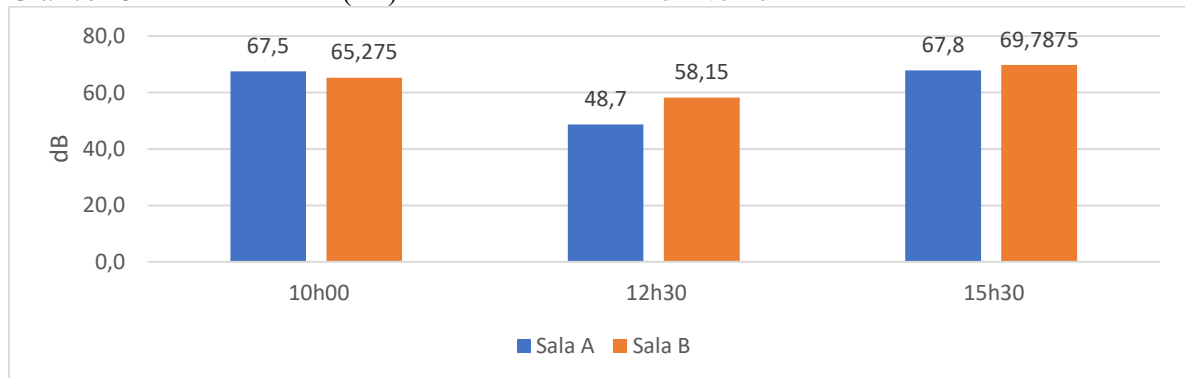
Fonte: Salvador – BA (2016).

Tabela 14 - Ruídos (dB) na sala “B” (Inverno)

Ruídos (dB) diferentes horários		
10h00	10h00	10h00
75,3	58,6	70,2
55,8	64,4	54,7
54,7	63,2	69,8
76,4	55,8	74,5
62,4	67,1	68,2
71,7	52,6	75,3
72,5	58,2	73,4
53,4	45,3	72,2

Fonte: Salvador – BA (2016).

Gráfico 13 - Ruídos médios (Db) nas salas “A” e “B” no inverno



Fonte: Salvador – BA (2016).

Relacionando a análise comparativa nas quatro diferentes estações, quanto ao conforto:

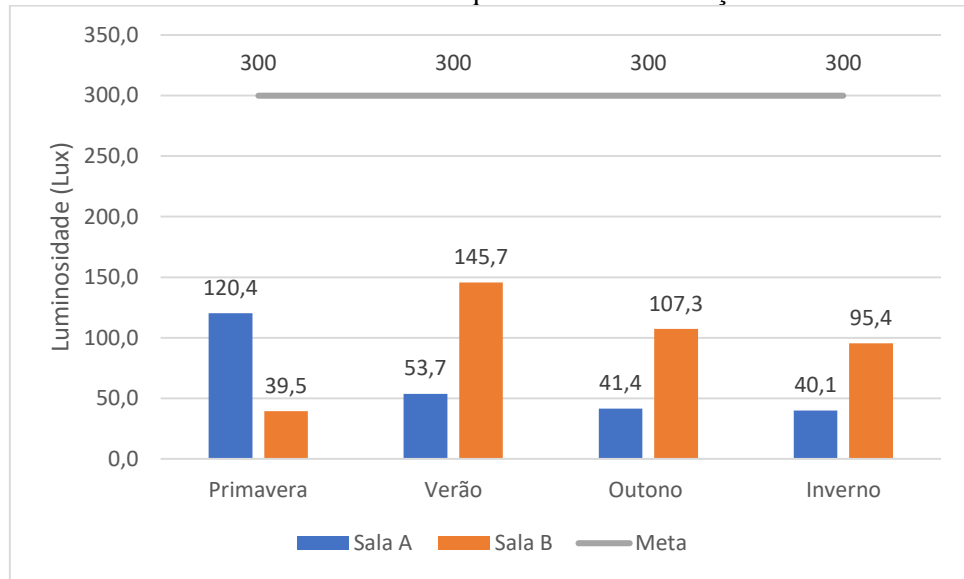
- a) **térmico:** apenas no inverno há conforto térmico não dependendo de ventilação artificial, enquanto que na primavera e verão, mesmo com ventiladores acionados constatou-se desconforto; no outono foi alcançado o conforto ao recorrer a ventilação artificial; São necessárias intervenções na escola, com o objetivo de favorecer a ventilação cruzada, e diminuir a dependência da escola da ventilação artificial, e melhorar conseqüentemente a eficiência energética da escola e também a concentração dos alunos.
- b) **luminoso:** as salas avaliadas é pré-requisito a complementação da iluminação artificial, para atingir níveis razoáveis ao conforto, onde nenhuma reforma procedida, em todas as estações avaliadas, foi encontrado valor igual a 300 lux, pelo contrário ocorreu decremento na primavera e verão (Gráfico 14), aumentando o consumo de energia elétrica;

Barret e outros autores (2013) ressaltaram a iluminação apresenta efeito no processo de aprendizado dos alunos. Batiz (2009) afirmou que a luz natural (combinação da luz solar e da abóbada celeste), possibilita a melhor reprodução das cores e melhor definição de objetos, fatores que influenciam na habilidade de ver objetos e desempenhar tarefas visuais.

Paes e Bastos (2013) concluíram que o conforto visual depende de projeto adequado de iluminação, que integre e harmonize os sistemas de iluminação natural e artificial, ratificando Rocha (2012) reportou que a iluminação de um ambiente pode ser feita através da iluminação artificial ou natural, sendo ideal a utilização da iluminação artificial apenas quando a natural não atender aos níveis satisfatórios à realização de determinada atividade. A pintura branca nas paredes da sala “B” implicaram em melhora de luminosidade.

- c) **acústico:** ambas as salas apresentaram ruídos (inclusive externos) superiores ao aceitável, sendo reportado por Pereira e outros autores (2015), que situações de ruído externo (pátio e/ou rua e trânsito) são considerados empecilhos ao desenvolvimento das atividades de ensino/aprendizagem, destacando a demanda por isolamento acústico dessas salas, reduzindo a dispersão, favorecendo a concentração dos discentes/docentes, e otimizando o processo de aprendizagem.

Gráfico 14 - Luminescência média nas quatro diferentes estações



Fonte: Salvador – BA (2016).

8 PERCEPÇÃO DISCENTE RELACIONADA AO CONFORTO DE AMBIÊNCIA

Foi realizada uma aplicação única de questionário na estação da primavera dia 13 de outubro de 2015, nas salas de aula “A” e “B”, constando 64 e 51 discentes (turnos matutino e vespertino, respectivamente), perfazendo 115 estudantes (Mosaico 1), destes 58 (6º ano) e 57 (7º ano) (Gráfico 14). A maioria (66) do gênero feminino, com idade entre 12-13 anos (68) e frequentam o turno matutino (64).

Mosaico 1 - Perfil discente dos questionados sobre a qualidade de iluminação natural em sala de aula



Fonte: Salvador – BA (2016).

Procedeu-se previamente à aplicação dos questionários uma explicação sobre conforto de ambiência, como iluminação e ventilação natural cruzada, em sala de aula. Independentemente dos resultados das medições de iluminação natural nas salas duas salas apresentaram desconformidade em relação ao mínimo recomendado, a maioria dos discentes considerou suficiente, embora responderam ser necessário acender a luz (Tabela 15).

Tabela 15 - Tabela da Percepção dos alunos com relação a iluminação natural

Série	Iluminação Natural				
	Ótima	Boa	Suficiente	Ruim	Insuficiente
6 ^a	16	20	17	4	1
7 ^a	3	6	7	27	14

Fonte: Salvador – BA (2016).

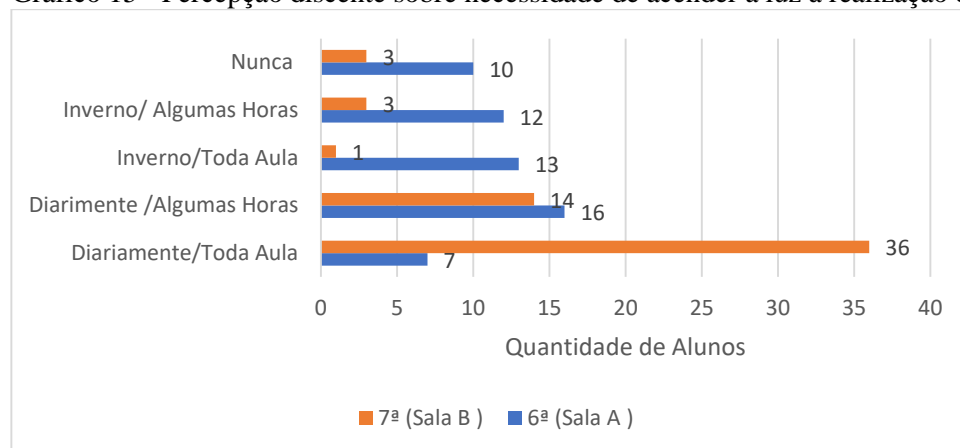
Rotta e Sardeiro (2012), também encontraram resultados conflitantes o entre valores medidos e percepção dos usuários, considerando que a iluminação natural foi inferior aos 300 lux (mínimo), sendo que os autores afirmaram ser uma questão cultural, devido à facilidade do uso da luz artificial.

O fácil acesso a iluminação artificial, e o fato de que para algumas pessoas a utilização de luz natural é um retrocesso em termos de tecnologia, faz com que a luz solar seja negligenciada muitas vezes. Apesar da baixa qualidade de iluminação solar encontrada em ambas as salas, os alunos não foram capazes de perceber esse fato.

Além disso, o hábito de uso da baixa luminosidade pode promover esta falta de percepção encontrada. Existe, também a possibilidade de desconhecimento discente do conceito de iluminação natural e artificial, gerando confundimento.

Com relação sobre a necessidade de acender a luz, observou-se uma maior percepção nos alunos da Sala. A (Gráfico 15). Neste ambiente foram encontrados os piores índices de luminosidade, principalmente antes da pintura da sala em cores claras (entre a primavera e o verão).

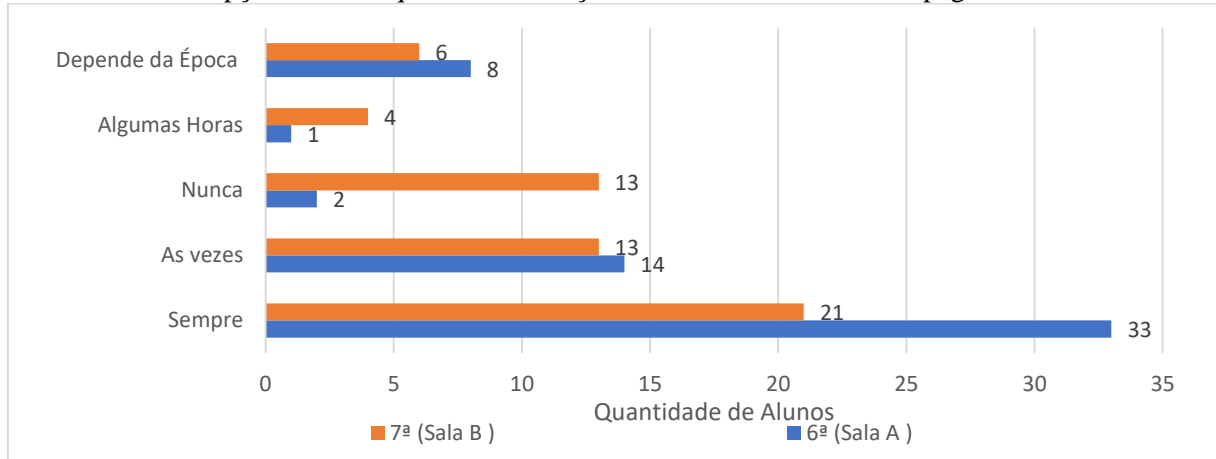
Gráfico 15 - Percepção discente sobre necessidade de acender a luz à realização de atividades



Fonte: Salvador – BA (2016).

A maioria dos alunos da sala “A” responderam que realizam as atividades com a luz desligada, enquanto na “B” consideraram possível realizá-las com as luzes acesas, porque os valores medidos de luminosidade foram maiores na “A” em relação a “B” (Gráfico 16).

Gráfico 16 - Percepção discente quanto a realização de atividades com luzes apagadas

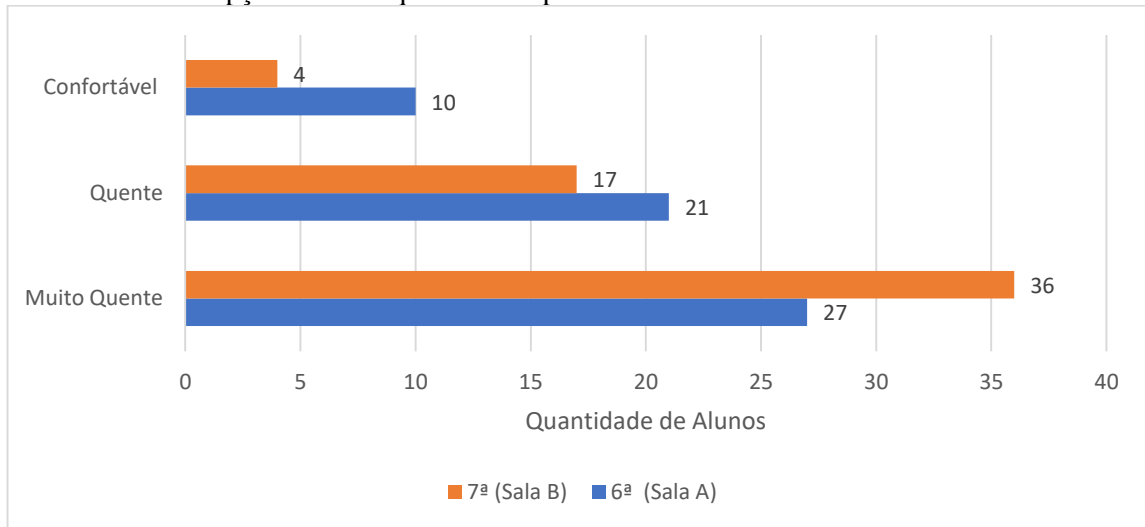


Fonte: Salvador – BA (2016).

Relacionado ao conforto térmico, a maioria considerou a sala quente ou muito quente, mais ressaltado pelos discentes da sala “B”, enquanto da “A” alguns discentes consideraram confortável (Gráfico 17). Relativo às mensurações apenas no inverno os dados mantiveram-se na zona de conforto, nas outras épocas apresentaram desconformidade ao preconizado. De Giuli e outros autores (2014), numa pesquisa realizada em cinco escolas na Itália, reportaram que a maioria dos estudantes (60%) se queixou da temperatura interna nas estações quentes.

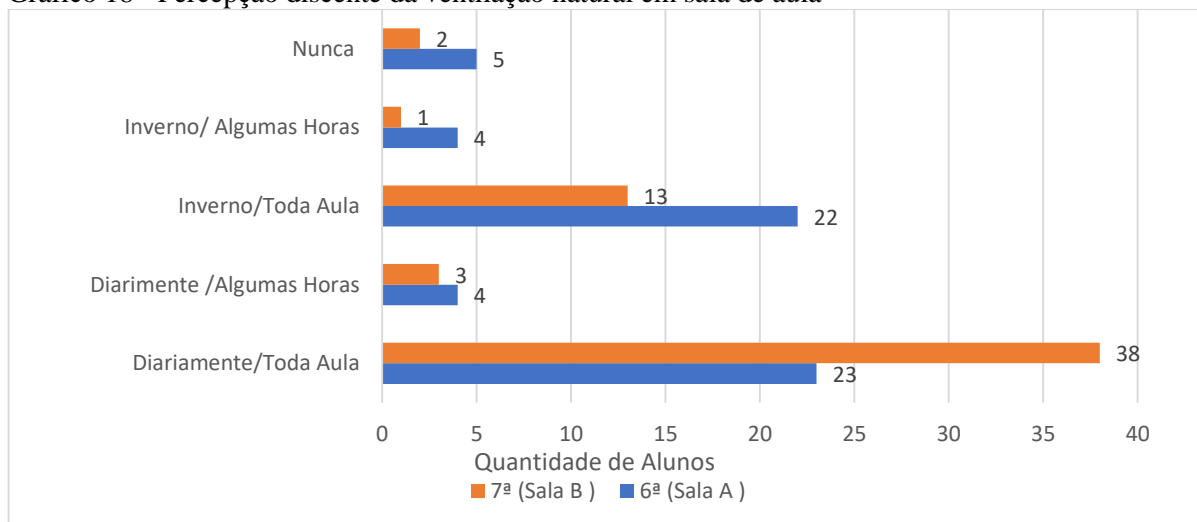
Quanto a percepção da ventilação cruzada, a maioria posicionou que a ventilação natural era insuficiente, ruim ou deficiente, coadunando com os dados obtidos nas coletas realizadas, destacando-se os discentes da sala “B” em relação àqueles da “A” (Gráfico 18). Registraram a necessidade de utilizar ventiladores diariamente (exceto no inverno), caracterizando maior necessidade os discentes da sala “B” em relação aos da sala A (Gráfico 19), nesta não tem ventiladores. Ratificaram os achados de Bortoli e Caldeira (2014), onde os docentes afirmaram a necessidade de utilização de climatização artificial, como condicionante ao conforto de ambiência na escola, em Santa Catarina.

Gráfico 17 - Percepção discente quanto à temperatura da sala



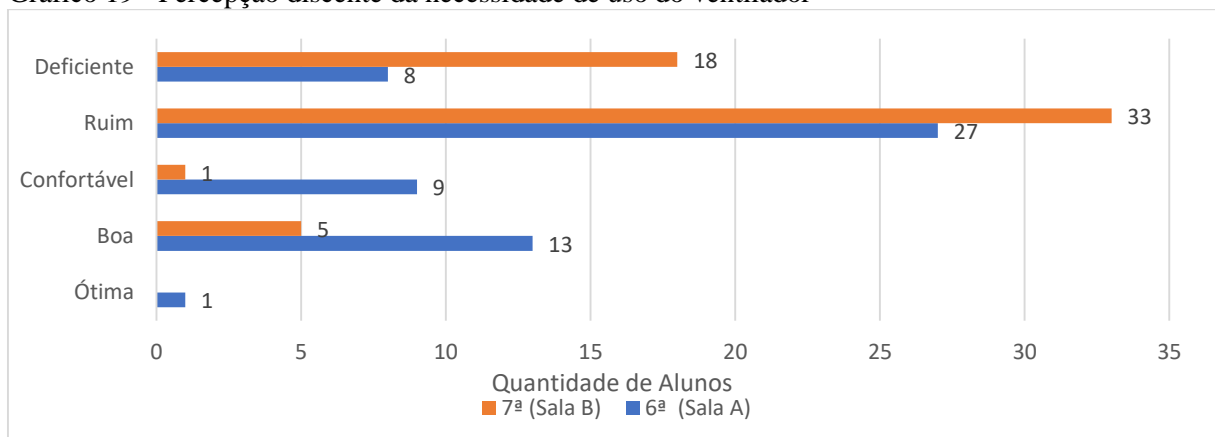
Fonte: Salvador – BA (2016).

Gráfico 18 - Percepção discente da ventilação natural em sala de aula



Fonte: Salvador – BA (2016).

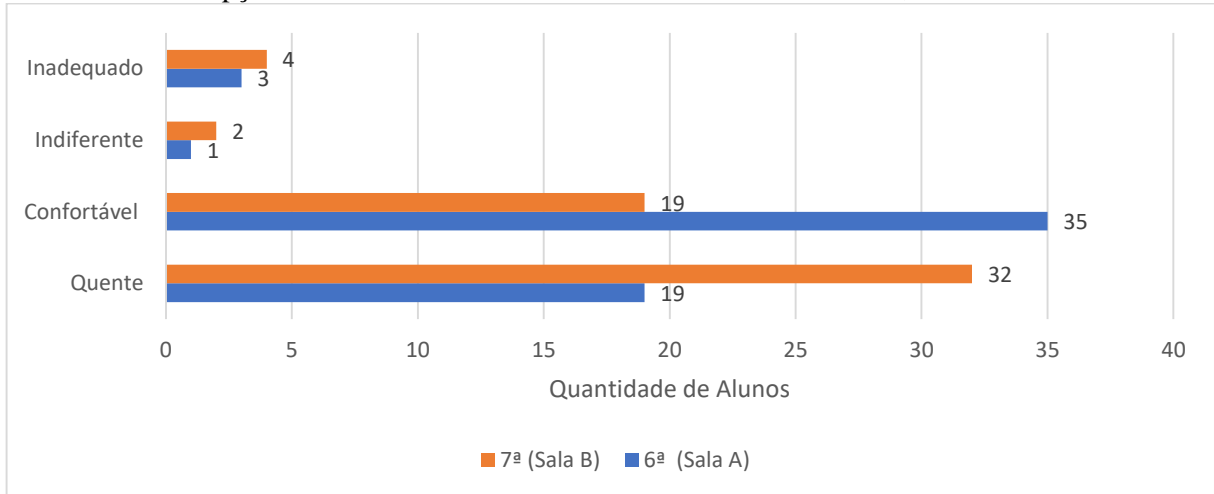
Gráfico 19 - Percepção discente da necessidade de uso do ventilador



Fonte: Salvador – BA (2016).

Relacionada a percepção quanto ao uniforme escolar (calça jeans, camisa polo de algodão branca e tênis), consideraram quente e inadequado, mais marcante aos discentes da sala “B” comparado àqueles da “A” (Gráfico 20).

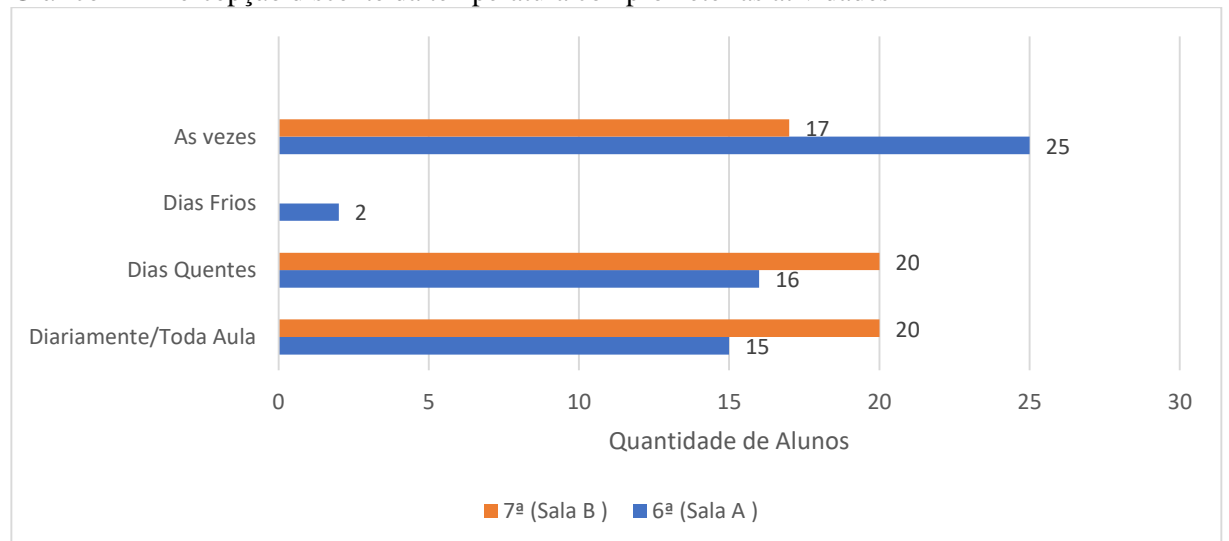
Gráfico 20 - Percepção discente relativo ao uniforme escolar. Salvador - BA, 2017.



Fonte: Salvador – BA (2016).

A maioria dos discentes considerou que o desconforto térmico limita o desenvolvimento das atividades, ressaltando que temperaturas altas desencadeiam dificuldade de concentração e atenção, havendo coerência entre a percepção deles e os dados encontrados, tendo os discentes da sala “B” demonstrado uma noção discretamente maior do desconforto térmico (Gráfico 21).

Gráfico 21 - Percepção discente da temperatura comprometer as atividades

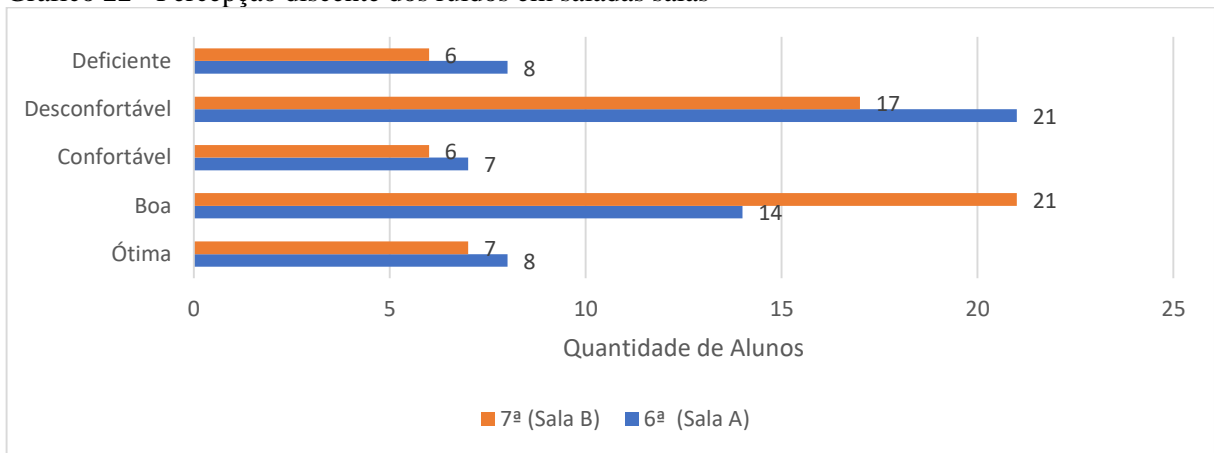


Fonte: Salvador – BA (2016).

Os discentes consideraram as salas ótima a confortável com relação a qualidade e conforto sonoro, contrapondo os achados indicarem que ambas as salas apresentaram ruídos superiores aos limites aceitáveis, tendo àqueles da sala “A” tiveram uma maior noção da quantidade de ruídos (Gráfico 22). A maioria discente da 7ª série considerou confortável a sala acusticamente, contradizendo os dados encontrados durante as medições.

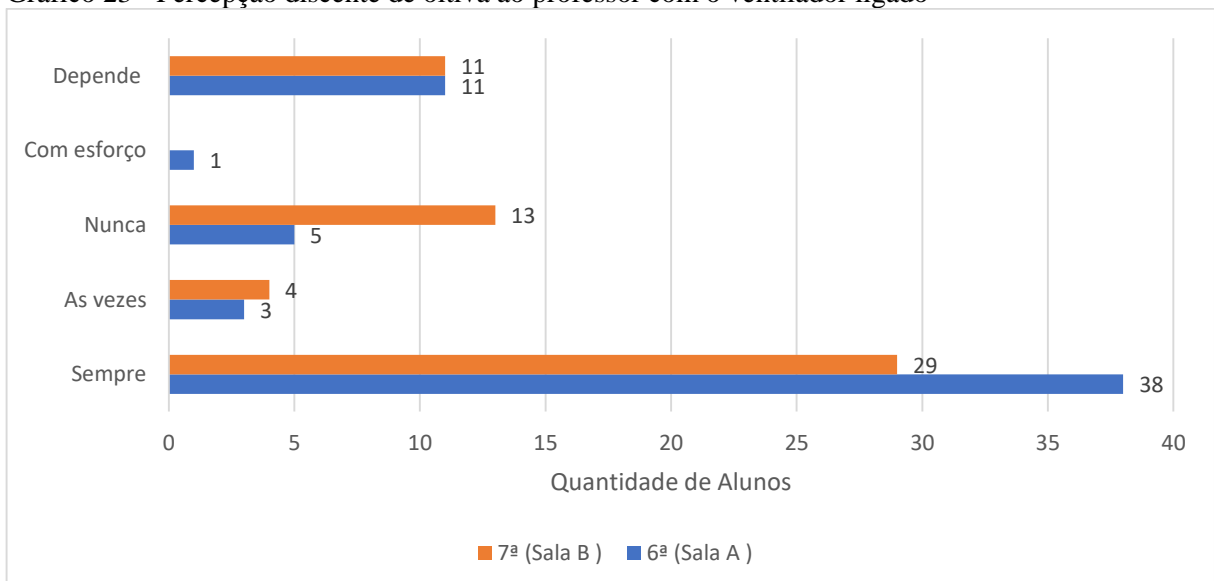
Possivelmente, os discentes estejam habituados aos ambientes ruidosos, considerando normal a situação em sala, seja pelo desinteresse em aprender (comentários docentes), dentre destes estejam aqueles discentes que consideram confortáveis os níveis de ruído encontrados, inclusive registraram que conseguiam ouvir o professor com o ventilador ligado (Gráfico 23). As salas avaliadas não possuíam ventilador, na sala B instalaram na reforma.

Gráfico 22 - Percepção discente dos ruídos em salas



Fonte: Salvador – BA (2016).

Gráfico 23 - Percepção discente de oitiva ao professor com o ventilador ligado



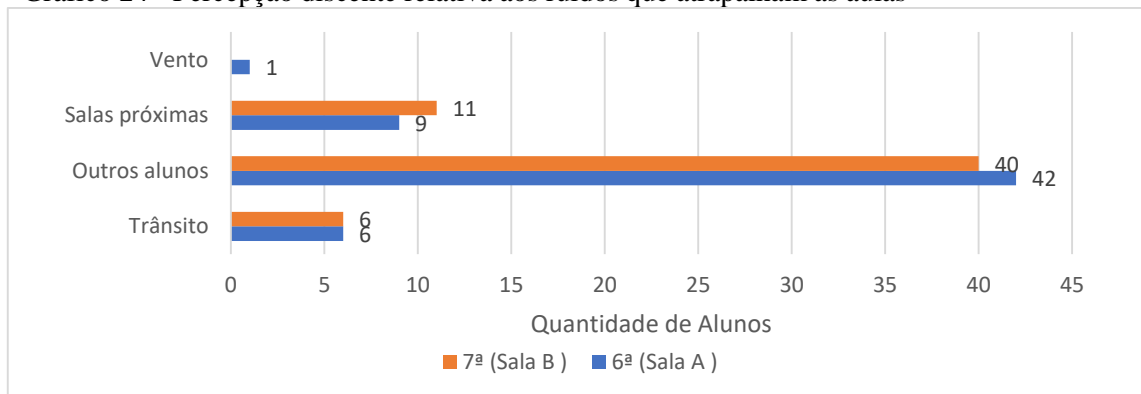
Fonte: Salvador – BA (2016).

No estudo realizado em escolas municipais de Santa Maria (RS), Santos e outros autores (2012) reportaram que a maioria dos alunos consideraram que o barulho atrapalha e que existe uma dificuldade de ler ou escrever na presença de ruídos.

Antunes e outros autores (2014) constataram sobre conforto acústico, onde 95% dos entrevistados (docentes e discentes) expressaram insatisfação quanto ao excesso de ruído proveniente do edifício, que favorece diretamente a falta de concentração durante o processo de ensino-aprendizagem.

Os discentes consideram como ruídos incomodativos os colegas (excesso de conversa dentro e fora de sala) (Gráfico 24), que segundo os docentes as duas turmas apresentam indisciplina recorrente, que é difícil manter os alunos em silêncio, principalmente fora da sala. Foram detectados ruídos externos, mesmo com a escola vazia e sem aulas, durante as medições.

Gráfico 24 - Percepção discente relativa aos ruídos que atrapalham as aulas



Fonte: Salvador – BA (2016).

9 FALTA DE PLANEJAMENTO DA GESTÃO PÚBLICA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEF; MME, 2001) apontou ações que podem ser desenvolvidas para melhorar a eficiência energética de edifícios públicos. É fundamental a capacitação dos arquitetos e engenheiros civis responsáveis pela execução e projetos de obras de edifícios públicos. Além disso, é importante a incorporação de conceitos de eficiência energética nos códigos de obras dos municípios brasileiros.

Na escola estudada não houve durante a concepção de projeto nenhuma preocupação com a eficiência energética e o conforto ambiental dos alunos. Após a mensuração e análise do conforto ambiental, ficou evidente que a escola foi reprovada, no quesito qualidade ambiental para os usuários. As salas apresentaram temperaturas elevadas em quase todas as estações, a ventilação cruzada ou não existe, ou não é suficiente, a iluminação natural é precária, e a sala apresenta muitos ruídos vindos de fora da mesma.

Os resultados encontrados demonstram que durante a fase de concepção do projeto da escola, não foi levado em consideração a zona bioclimática em que se encontrava a escola, a direção dos ventos, o aproveitamento da ventilação cruzada e da iluminação natural, e o uso de materiais que evitem irradiar calor externo para dentro dos ambientes.

Ainda nesse contexto, Deliberador e Kowaltosky (2011) salientaram que nos países em desenvolvimento, a concepção arquitetônica de escolas depende da situação sociopolítica, porém deve levar em consideração aspectos de conforto ambiental, para que possam garantir que as atividades sejam realizadas de forma eficiente, promovendo o ensino e a aprendizagem.

O que se percebe, segundo Antunes e outros autores (2014) é que normalmente projetos são copiados, as vezes de regiões diferentes do país, com características climáticas diferentes, e sem utilizar de estratégias passivas de conforto ambiental, como a ventilação cruzada e a iluminação natural e utilizando tipologia arquitetônicas padronizadas.

Um projeto que usa estratégias passivas, aproveita as condições climáticas e os recursos naturais do local, segundo Russi e Rocha (2014), com o objetivo de reduzir o consumo energético, além de trazer conforto e qualidade de vida para os usuários do ambiente construído. As estratégias variam de cada região, mas utilizam normalmente a abertura de fachadas, a disposição de aberturas e o desempenho térmico dos materiais.

Caldera e De Bortoli (2014) também salientaram que a utilização de estratégias passivas, e conseqüentemente a melhora do conforto e da eficiência energética têm maior importância devido a sua relação com a sustentabilidade. Já que, proporciona aos usuários melhores

condições de qualidade ambiental, sem recorrer a estratégias de conforto que demandem consumo energético. Além disso, nessas instituições que utilizam recursos públicos, os gastos com energia poderiam ser investidos em equipamentos modernos que melhorem os processos de ensino e aprendizagem.

Observou-se, portanto, na escola analisada, que há falta de planejamento durante a concepção de projeto, onde se poderiam utilizar as estratégias passivas de conforto com objetivo de melhorar a qualidade ambiental e também a eficiência energética da escola.

Associado a isso, houve um erro de gestão pública, quando foi realizada a troca das janelas pelo cobogó na sala A, com o objetivo de evitar furtos. A modificação foi solicitada pela diretora da escola, e não houve nenhuma consulta a equipe técnica do departamento de obras, que poderia ter sugerido uma opção que atendesse o problema de segurança, assim como o problema de má iluminação que já existia nessa sala.

Dessa forma, essa sala que já apresentava iluminação natural deficiente, se tornou mais dependente de iluminação artificial, o que aumentou os gastos com consumo de energia, além de prejudicar os alunos e a eficiência energética da escola.

Uma decisão acertada, porém, foi a pintura da sala B em cores claras, que tornou a iluminação da sala melhor, melhorando a percentagem de uso da luz natural, porém ainda muito dependente da luz artificial para atingir os mínimos estabelecidos pela norma.

Assim, conclui-se então, que a falta de planejamento e a má gestão pública foram responsáveis pelo desconforto ambiental encontrado na escola, assim como pela falta de eficiência energética.

9.1 SUGESTÕES PARA MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E DO CONFORTO AMBIENTAL

Apresentar soluções para os problemas de conforto ambiental com o mínimo de gastos e maior eficiência energética foi um dos objetivos desse estudo. Conforme encontrado nos resultados, a escola apresentou desempenho regular de conforto térmico, acústico e luminoso, sendo necessárias algumas intervenções.

Uma das maneiras de melhorar a qualidade ambiental na escola, reduzindo os custos e promovendo a eficiência energética, é através da adoção de estratégias passivas de conforto, como a ventilação cruzada e a iluminação natural.

A Iluminação natural não atinge o mínimo estabelecido pela norma, sendo necessária a complementação com a iluminação artificial. Porém, mesmo com a iluminação natural a

iluminação das salas ainda é deficiente. Uma solução seria trocar na sala, algumas telhas de cerâmica por telhas translúcidas, que permitiriam a entrada de luz solar melhorando a iluminação e o bem estar dos ocupantes.

A Sala B, por estar voltada ao Muro, dificulta a entrada de luz natural, sendo necessária a instalação de um novo sistema de iluminação artificial que atenda os valores mínimos estabelecidos pela norma. Poderia ser instalado um sistema de fotovoltaico para alimentar essa iluminação artificial, apesar do alto custo de implantação, a economia nos gastos com iluminação iria compensar o investimento. Solução similar foi encontrada no estudo de Dutra e outros autores (2014).

As salas de aula apresentaram desconforto térmico em quase todas as estações e principalmente nas estações mais quentes. A zona bioclimática da escola é uma zona que favorece a ventilação natural, que não é utilizada nesse ambiente escolar. Uma solução para melhorar o conforto térmico seria garantir que todas as salas possuíssem duas fachadas aberturas. Essas fachadas deveriam ser voltadas para direção predominante de vento. Além disso, o ideal seria que uma abertura de fachada fosse no alto e outra em local mais baixo, garantindo que o vento percorra entre os alunos, trocando calor com os mesmos e possibilitando sensação de conforto. Além disso a abertura de fachadas favorece também a iluminação natural.

Outra solução para melhorar o conforto térmico de toda a escola e aumentar a quantidade de árvores. A cobertura vegetal, é uma estrutura que melhora o microclima da região local, promovendo uma maior integração da escola com o ambiente natural. Essa estratégia também foi utilizada no estudo de Santesso e outros autores (2017).

Com relação ao conforto acústico, foi sugerido a coordenação que as salas mais próximas a avenida, como a sala B, sejam utilizadas para atividades como teatro e artes. Os inspetores deverão evitar que os alunos que estiverem sem aula, se acumulem próximos as salas de aulas, estes deverão ser dispersados para outros locais.

Favorecer a iluminação natural, através da luz solar traria benefícios aos ocupantes do ambiente, não só a saúde, como a qualidade de vida e no aprendizado dos alunos. Bezerra e Choas (2016), afirmaram que uma iluminação natural corretamente projetada tem papel importante no aprendizado dos estudantes.

A ventilação cruzada natural, além de promover conforto térmico, promove também a renovação do ar, visto que segundo Bezerra e Choas (2016) a troca de ar frequente cria um

ambiente mais saudável, já que reduz a quantidade de toxinas no ar, previne a formação de fungos e mofo e aumenta a quantidade de oxigênio no ambiente.

Caumo e Marque (2016) concluíram que existe um incremento do conforto natural que uma edificação promove, após à redução do uso de ventilação e iluminação artificiais. Já que, a maioria desses mecanismos são prejudiciais ao meio ambiente, e, portanto, quanto mais evitarmos subterfúgios e utilizarmos técnicas de ventilação e iluminação naturais, mais eficiência energética e sustentabilidade terá a escola.

Miranda e outros autores (2016), relata que condições desfavoráveis de qualidade ambiental são motivo de mau desempenho dos alunos. A falta de conforto ambiental pode trazer dificuldades no processo de ensino, o que torna imprescindível para a escola estudada sofrer intervenções com o objetivo de promover melhorias na iluminação e ventilação natural, assim como na acústica.

Altoé e outros autores (2017), conclui que a implementação de políticas de combate ao desperdício de energia e de normas de eficiência energética mais rigorosas são estratégias para melhoria da eficiência energética em edifícios públicos. Construções e reformas dos mesmos deveriam ser realizadas sob orientação de profissionais especializados e com o foco na redução do consumo de energia e conforto ambiental.

Sugere-se, consultar um arquiteto, para que um projeto de reforma da escola seja elaborado, utilizando estratégias passivas de conforto ambiental, com o objetivo de diminuir os custos com energia, melhorar a qualidade de vida e o processo de aprendizado dos estudantes, assim como promover a eficiência energética e a sustentabilidade do edifício.

10 CONSIDERAÇÕES

A preocupação com a ambiência das salas de aula é recente, ou seja, a maioria das escolas foram construídas sem levar em consideração as características bioclimáticas da região, o que só prejudica a qualidade ambiental das salas e a eficiência energética da escola.

Relacionado o conforto ambiental (antes/após mudanças construtivas) em duas salas de aulas em escola municipal no interior da Bahia, observou-se em conformidade a NBR 8995-1, que a incidência de iluminação natural está aquém do mínimo estabelecido (300 lux), sendo adotada como imprescindível a complementação com iluminação artificial, para promover conforto luminoso à realização das atividades de ensino e aprendizagem.

O conforto acústico das salas de aula também está, a maior parte do tempo apresentando valores acima de 50 dB, ou seja, acima do limite aceitável para salas de aula.

O conforto térmico avaliado também apresentou valores aquém do desejado. Percebeu-se que apenas no inverno as salas apresentaram conforto, não necessitando de ventilação artificial.

Verificou-se, portanto, que a eficiência energética da escola está prejudicada pela dependência da mesma com relação a iluminação e ventilação artificial, sobrecarregando o sistema elétrico nacional e aumentando os custos de operação do edifício.

Há demanda para que os projetos arquitetônicos, execução/reforma construtiva considere a posição geográfica e design para melhor aproveitamento da iluminação e ventilação natural, preconizando a saúde ambiental, rendimento escolar e eficiência energética, consequente redução de custos pelo uso da energia solar passiva.

Será dada sequência a coleta de dados considerando diferentes estações do ano e com o uso da iluminação artificial, analisando se alcança o mínimo exigido de 300 lux. Além disso, a pesquisa será repetida em escola de outro município, de bioma diferente para comparação de dados. Serão avaliadas nesse novo estudo, as contas de energia.

Como recomendação emergencial com investimento reduzido, sugere-se a adequação das salas visando o conforto ambiental, através de estratégias passivas como ventilação e iluminação natural, trazendo melhor qualidade de vida aos usuários e eficiência energética para a escola.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**: Níveis de Ruído para Conforto Acústico. Rio de Janeiro, 1987.4p.

_____. **NBR 8995-1**: iluminação de ambientes de trabalho: Parte 1 – Interior. Rio de Janeiro, 2013.46p.

_____. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse. Rio de Janeiro, 2003. 23 p

_____. **NBR 15215-4**: iluminação natural: Parte 4 - Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações - Método de medição. Rio de Janeiro, 2005. 16 p.

ALTOE, L. et al. Políticas públicas de incentivo à eficiência energética. **Estud. Av.**, São Paulo, v. 31, n. 89, p. 285-297, abr. 2017 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142017000100285&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 2 ago. 2017.

ANTUNES, E. et al Avaliação da qualidade ambiental em escolas: o caso da UMEF Dr. Tuffly Nader, Vila Velha-ES. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2014, p.2013–2022. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/artigos/paper_258.pdf>. Acesso em: 5 dez. 2015.

AMORIM, D. F. F.; SILVA, S. M.; ALMEIDA, M. G. Definição de estratégias de ventilação natural para assegurar a qualidade do ar interior de um edifício. In: CONGRESSO LATINOAMERICANO SOBRE PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN, TECNOLOGÍA DE LA REHABILITACIÓN Y GESTIÓN DEL PATRIMONIO (REHABEND), 2014. **Proceedings...** 2014.

BARRET, P. et al. A holistic, multi-level analysis identifying the impact of classroom design on pupils' learning. **Building and Environment**, v. 59, p. 678-689, 2013.

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

BESTETTI, M. L. T. Ambiência: espaço físico e comportamento. **Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia**, v. 17, n. 3, p. 601-610, 2014.

BOTARI, A. et al. Avaliação Sazonal do Conforto Ambiental Térmico em Espaços Públicos Abertos no Município de Umuarama-PR. In: OF SAFETY, HEALTH AND ENVIRONMENT WORLD CONGRESS, 2014. **Proceedings...** 2014. p. 348-352.

BRASIL. IBGE. **Mapas de Climas do Brasil**". Disponível em: <http://geoftp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/mapas_murais/clima.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2015.

BRASIL. INMET. **Conforto térmico humano**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/confortoTermicoHumano>. Acesso em: 10 jun. 2015.

BRASIL. INMETRO. **Programa Brasileiro de Etiquetagem**. Brasília, 2012. Disponível em: <http://www2.inmetro.gov.br/pbe/conheca_o_programa.php>. Acesso em: 21 jun. 2014.

BRASIL. Lei 9.991, de 24 de Julho de 2000. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 jul. 2000.

_____. Lei 10.295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 out.2001.

BURIOL, G. A. et al. Conforto térmico para os seres humanos nas condições de ambiente natural em Santa Maria, RS, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 45, n. 2, p. 223-230, 2015.

CAMPOS, N.L.F. et al. Avaliação de desempenho térmico de edificação pública em Cuiabá, MT: Estudo de Caso. **Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 7, n. 7, p. 1670-1688, 2012.

CAUMO, H.; DE MARQUE, L. A extensão universitária na arquitetura e urbanismo e engenharia ambiental: disseminação da sustentabilidade e a construção da cidadania. **CATAVENTOS-Revista de Extensão da Universidade de Cruz Alta**, Cruz Alta, n. 7, p. 108-122, 2016.

CHELALA, C. Economia verde: desafios para o setor público. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, Macapá, n. 4, p. 45-59, 2013.

DALVITE, B. et al. Análise do conforto acústico, térmico e lumínico em escolas da rede pública de Santa Maria, RS. **Revista Disc. Scientia**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2007.

DE BORTOLI, L. C.; CALDERA, N. N. B. Avaliação qualitativa do conforto térmico e da eficiência energética em edificação escolar de São Miguel do Oeste, SC: estudo de caso. **Unoesc & Ciência-ACET**, Joaçaba, p. 35-42, 2014.

DE BRITO-BRITO, D. C. A. Soluções para melhoramento do conforto ambiental em Escolas da Rede Municipal de Caruaru. **Revista Especialize On-line IPOG**, Goiânia, v.1, n. 6, p.1-16, 2013.

DE GIULI, V. et al. Measured and perceived environmental comfort: field monitoring in an Italian school. **Applied ergonomics**, v. 45, n. 4, p. 1035-1047, 2014.

DELIBERABOR, M.S.; KOWALTOWSKI, D.C.C.K. Os elementos de conforto o processo de projeto escolar no Estado de São Paulo. In: ENCAC 2011, ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, ELACAC ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 2011, Búzios. **Anais...** Búzios, 2011, p. 1.

DE LIMA, M.D.C.B.; CHOAS, M. L. Características do espaço arquitetônico facilitadoras do ensino e aprendizagem. **Revista Internacional Interdisciplinar INTERthesis**, Florianópolis, v. 13, n. 2, p. 58-75, 2016.

- DOS SANTOS, J. B. Análise do conforto térmico humano no município de Arapiraca-Alagoas, utilizando software MATLAB. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 7, n. 5, p. 939-948, 2015.
- DOS SANTOS, J.F.; SELIGMAN, L.; TOCHETTO, T.M. Conforto acústico na percepção de escolares alfabetizados Acoustical comfort in the perception of literate school children. **Rev Soc Bras Fonoaudiol**, v. 17, n. 3, p. 254-9, 2012.
- DUTRA, L. et al. O. Aplicação das estratégias sustentáveis numa escola em Taquara, Rancho Queimado. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 3, n. 1, p. 3-25, 2014.
- ELETOBRAS. **PROCEL: Prédios Públicos**. Disponível em: <<http://www.eletobras.com/elb/main.asp?TeamID={DF942C36-5F0F-4055-9BBF-1382A2119E4C}>>. Acesso em: 7 jul. 2014.
- _____. Resultados do PROCEL 2017. <<http://www.eletobras.com>>. Acesso em: 7 jul. 2014.
- FERVENÇA, Y. S. G.; BARTHOLOMEI, C. L. B. Escolas Públicas: Avaliação do conforto lumínico em Presidente Prudente - SP. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 14., 2012, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: ANTAC, 2012.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1995. 243 p.
- GARLET, E. et al A iluminação natural como fator de desempenho em ambientes industriais. **Revista de Administração da UFSM**, v. 8, p. 24-34, 2015.
- GHITA, S. A.; CATALINA, T. Energy efficiency versus indoor environmental quality in different Romanian countryside schools. **Energy and Buildings**, v. 92, p. 140-154, 2015.
- GODOI, J. M. A. **Metodologia para gestão da eficiência energética de sistemas industriais sob condicionantes socioambientais sustentáveis**. 2008, 146p. Monografia (Especialização em Gestão Ambiental no Setor Energético)- Programa de Especialização do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo - USP. São Paulo, 2008.
- HONG, T. A close look at the China design standard for energy efficiency of public buildings. **Energy and Buildings**, v. 41, n. 4, p. 426-435, 2009.
- JANNUZZI, G.M.; MELO, C.A.; TRIPODI, A.F. Políticas públicas para a promoção da eficiência energética e microgeração renovável em edificações no Brasil: uma análise multicritério. **International Energy Initiative–Latin America–Energy Discussion Paper**, Campinas, n. 1, 2012.
- KOWALTOWSKI, D.C.C.K. et al. Melhoria do conforto ambiental em edificações escolares na Região de Campinas. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2., 1999, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 1999. p.1-8.
- LIMA, R.R.B.; DE LIMA, E.A.; BRAGA, D.K. Análise dos parâmetros de conforto ambiental: estudo de caso na unidade de pronto atendimento de Samambaia no Distrito Federal. **Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo**, n. 14, 2015.

MAJOROS, A. Visual comfort by daylighting. In: DAYLIGHT SYMPOSIUM, Budapest, 2005. **Anais...** Budapeste, 2005. p.1-30.

MATOS, C. R.; VALENTE, S. **O efeito da ventilação natural na qualidade do ar interior e na eficiência energética dos edifícios**. 2009. 109p. Dissertação (Mestrado em Sistemas Energéticos)-Departamento de Ambiente e Ordenamento. Universidade de Aveiro. Portugal, 2009.

MIRANDA, Pauline. A influência do ambiente escolar no processo de aprendizagem de escolas técnicas. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO, 2016, Santa Cruz. **Anais...** Santa Cruz, 2016. p.1-14.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Plano Nacional de Energia 2030**. Disponível em

http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/pne_2030/PlanoNacionalDeEnergia2030.pdf. Acesso em: 10 maio 2014.

_____. **Plano Nacional de Eficiência Energética**. Disponível em:

<<http://www.mme.gov.br/documents/10584/1432134/Plano+Nacional+Efici%C3%Aancia+Energ%C3%A9tica+%28PDF%29/74cc9843-cda5-4427-b623-b8d094ebf863?version=1.1>>. Acesso em: 3 mar. 2012.

MORGADO, M. ; TALAIA, M.; TEIXEIRA, L. Conforto térmico na construção de ambientes de saúde e segurança: revisão da literatura. In: MULTIDIMENSÃO E TERRITÓRIOS DE RISCO, CONGRESSO INTERNACIONAL, SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO, 1., ENCONTRO NACIONAL DE RISCOS, 8., 2014, Guimarães, Portugal. **Anais...** 2014.

MOURA, A. M. M. D. O mecanismo de rotulagem ambiental: perspectivas de aplicação no Brasil. **IPEA, Boletim regional, urbano e ambiental**, Brasília, v.7, n. jan.-jun. p.11–21, 2013.

MOURA, P. H. R. et al. O conforto ambiental do professor em sala de aula. **Produção Acadêmica**, v. 2, n. 2, p. 98-114, 2017.

NOGUEIRA, E.M.M.; OLIVEIRA, F.S.; LAKOSKI, R. Estudo da eficiência energética de agências bancárias em Curitiba-PR considerando os parâmetros do RTQ-C do INMETRO. **Revista da Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, 2012.

NOGUEIRA, M.C.J.A.; DUARTE, L. ; DE SOUZA, J.N. Conforto térmico na escola pública em Cuiabá-MT: estudo de caso. **REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 14, 2012.

OCHOA, J. H.; ARAÚJO, D. L; SATTTLER, M. A. Análise do conforto ambiental em salas de aula: comparação entre dados técnicos e a percepção do usuário. **Ambiente Construído**, v. 12, n. 1, p. 91-114,2012.

OLIVEIRA, L.S. **Gestão energética de edificações públicas no Brasil**. 2013. 276p. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica)- Universidade de Brasília – UNB. Brasília, 2013.

OLIVEIRA, R. M. A. **Impacto do racionamento nos resultados das empresas concessionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica: um estudo nas empresas privadas da Região Nordeste**. 2003. 199 p. Dissertação (Mestrado em Ciências

Contábeis)– Programa Multiinstitucional e Inter-regional de Pós Graduação em Ciências Contábeis – UnB/UFPB/UFPE/UFRN. Brasília: UNB, 2003.

PAES, R. F. S.; BASTOS, L. E. G. Qualidade ambiental na edificação: o caso das escolas públicas da cidade do Rio de Janeiro. **Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo**, Paranoá, n. 12, p. 131-140, 2014.

PEREIRA, R. M. et al. Avaliação dos parâmetros de conforto ambiental. **Salão do Conhecimento**, v. 1, n. 1, 2015.

PEREIRA, A.; FUCALE, S. Análise de concepção de projeto, conforto ambiental e eficiência energética de Edifício Escolar Verde no Município de Recife-PE. In: MOSTRA DE EXTENSÃO, INOVAÇÃO E PESQUISA, 3., 2016. **Anais...** 2016.

PINTO, M. et al. Caracterização da iluminância em salas de aula de escolas da cidade de Viseu. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING. 2013, Covilhã, Portugal. **Anais...** 2013. p.1-10.

PIZARRO, P.R. **Estudo das variáveis do conforto térmico e luminoso em ambientes escolares**. 2005. 155p. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial)-UNESP- Universidade Estadual Paulista (Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação). Bauru, São Paulo, 2005.

PROCELINFO. **Etiquetagem em edificações**. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={89E211C6-61C2-499A-A791-DACD33A348F3}>>. Acesso em: 3 jun. 2014

RIBEIRO M.E.R. et al. A percepção dos professores de uma rede privada de Viçosa sobre o ruído nas salas de aula. **Rev. Equil. Corp. e Saúde**. v. 2, n. 1,p. 27-45, 2015.

ROCHA, A. P. A. **Caracterização do zoneamento da iluminação natural e sua influência no controle da iluminação artificial**. 2012.173p. Dissertação (Mestrado)- Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFSC. Florianópolis, 2012.

ROCHA, A.C.G. **Eficientização energética em prédios públicos: um desafio aos gestores municipais frente aos requisitos de governança e sustentabilidade**. 2012.25p. Artigo (Mestrado em Gestão e Políticas Públicas)- Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, 2012.

RODRIGUES, L.B.; SANTANA, N.B.; RODRIGUES, M.S.B. Avaliação do conforto acústico e lumínico no processo de produção em uma indústria de sorvetes. **Scientia Plena**, v. 9, n. 5, 2013.

ROTTA, A.; SARDEIRO, P. Estudo do desempenho da iluminação natural e a percepção do usuário: estudo de caso. In: SIMPÓSIO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA URBANA, 3., 2012, Curitiba. **Anais...** 2009. p.1-10.

RUSSI, M. et al. Estratégias construtivas na busca de conforto térmico e eficiência energética em edificações unifamiliares de interesse social nas zonas bioclimáticas 1, 2 e 3 brasileiras. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 1, n. 2, 2013.

SALOMÃO, T.M.; CARDOSO, F.F.; SAIDEL, M.A. Metodologias de avaliação de eficiência energética em edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 5., 2009, Curitiba. **Anais...** 2009.

SALOMÃO, T.M. **Eficiência energética: projetos luminotécnicos em plantas industriais.** 2010. 198p. Dissertação (Mestrado em Engenharia)-Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2010.

SANFELICE, C.F.O. **Ruído em sala de parto= mensuração dos níveis e humanização da assistência.** 2011.104p. Dissertação (Mestrado em Enfermagem)-UNICAMP. Campinas, 2011.

SANTESSO, C. A; DE MORAES, C.S.B.; SANTARINE, G. A. Economia de energia através de estratégias passivas e ativas: Um estudo para habitação de interesse social. **Economia**, v. 38, n. 23, 2017.

SANTOS, A. J. **A iluminação natural nos edifícios.** Uma perspectiva no âmbito do conforto ambiental e da eficiência energética. Lisboa: LNEC, 2014. (ICT - Informação Técnica de Edifícios).

SANTOS, P G. L.; CARVALHO R.L.T.; CABRAL, A.C. Avaliação da qualidade do ar: concentrações de Material Particulado MP 10 e MP 2.5 no interior de uma instituição de ensino de Fortaleza (CE, Brasil). **Ciência e Natura**, v. 37, n. 2, 2015.

SILVA, N.F. **Eficiência energética, aplicação em edifícios de serviços: o caso do hospital do ICUF.** 2012. 186p. Tese (Doutorado)- Engenharia Eletrotécnica de Sistemas Elétricos de Energia. Instituto Politécnico do Porto. Instituto Superior de Engenharia do Porto. Porto, 2012.

SILVA, L.C.; VANDERLEI, P.S.S. Estudo da iluminação natural em salas de aula da Universidade Estadual de Maringá. In: ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 24., 2015, Guarapuava. **Anais...** 2015, p.1-4.

TINOCO, M.; D'AMORE, A. D. A. A relação entre o layout interno, o conforto ambiental e a satisfação dos usuários em ambientes de escritórios: um estudo de caso na Sede do Centro Regional Nordeste do Instituto de Pesquisas Espaciais em Natal/RN- Bahia. In: PROJETAR, 6., 2013, Salvador. **Anais...** 2013. p.1-25.

TOLEDO, G. E. Diretrizes de design para a integração de sistemas anidólicos nas edificações sustentáveis. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 4, p. 601-615, 2015

TORRES, M. B. R. O espaço escolar como uma problemática socioambiental. **REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 32, n. 1, p. 79-100, 2015.

VALVERDE, J.V.L. **A influência do conforto luminoso na satisfação dos profissionais que atuam no ginásio do Centro de Reabilitação Infantil, Natal-RN.** 2014. 207p. Dissertação (Mestrado)-Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2014.

VAZ, A. J. F.; FERREIRA, D.; LUSO, E.; Fernandes A. Exemplos de soluções bioclimáticas existentes na construção tradicional da região transfronteiriça Norte de Portugal Castela e Leão. IN: CONGRESSO LATINOAMERICANO SOBRE PATOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN, TECNOLOGÍA DE LA REHABILITACIÓN Y GESTIÓN DEL PATRIMONIO, 2014. **Anais...** 2014.

VIANA, S. S. M. **Conforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente/SP**. 2013. 216 p. Tese (Doutorado)- Geografia. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Geografia. 2013.

VIEIRA, D.M.; SOARES, J. F. P.; LIMA, M.L.M. Poluição sonora: um problema histórico com graves repercussões na sala de aula. **Revista Encontros**, v. 11, n. 20, p. 103-110, 2013.



VISENTIN, T.G.; CARDOSO, G.T.; BENINCÁ, L. Arquitetura Bioclimática: Avaliação Pós Ocupação (APO) em escola pública estadual. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 6, n. 1, p. 49-61, 2017.

APÊNDIC A - ARTIGOS PRODUZIDOS

MACHADO, J. F. ; BARBOSA, D. ; ARAUJO, P. S. R. ; FREIRE, R. S. . Qualificação do Conforto Térmico, Percepção dos Discentes e Soluções Passivas para Redução do Consumo de Energia Elétrica em Escola Pública no Interior da Bahia. In: VI Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, 2016, Natal - RN - Brasil. VI Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos, 2016. p. 0017.

[MACHADO, J. F.](#) ; BARBOSA, D. ; [ARAUJO, P. S. R.](#) ; FREIRE, R. S. Conforto Luminoso (Antes/Após mudanças construtivas) em Escola Municipal no Interior da Bahia. IN: VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2016, Campina Grande-PB-Brasil. VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2016.

APÊNDIC B - QUESTIONÁRIO

 	
Questionário Conforto ambiental	
Dados	1. Gênero
	<input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/> Feminino
	2. Idade (anos)
	<input type="checkbox"/> 12-13 <input type="checkbox"/> 14-15 <input type="checkbox"/> 16-17 <input type="checkbox"/> 18-19 <input type="checkbox"/> 20-21
	3. Série
	<input type="checkbox"/> 7º <input type="checkbox"/> 8º <input type="checkbox"/> 9º <input type="checkbox"/> 1º (médio) <input type="checkbox"/> 2º (médio)
Temperatura	4. Temperatura em sala de aula:
	<input type="checkbox"/> Muito Quente <input type="checkbox"/> Quente <input type="checkbox"/> Confortável <input type="checkbox"/> Fria <input type="checkbox"/> Muito Fria
	5. Ventilação natural:
	<input type="checkbox"/> Ótima <input type="checkbox"/> Boa <input type="checkbox"/> Agradável <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Deficiente
	6. Necessidade de utilizar ventiladores em sala:
	<input type="checkbox"/> Diariamente/To da aula <input type="checkbox"/> Diariamente/Algumas horas <input type="checkbox"/> Dias quentes/To da aula <input type="checkbox"/> Dias quentes/Algumas horas <input type="checkbox"/> Nunca
	7. Ventiladores causam algum incômodo:
	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Barulho <input type="checkbox"/> Frio <input type="checkbox"/> Alergia <input type="checkbox"/> Respiratório
	8. Uniforme escolar:
<input type="checkbox"/> Quente <input type="checkbox"/> Confortável <input type="checkbox"/> Indiferente <input type="checkbox"/> Inadequado <input type="checkbox"/> Frio	
	9. A temperatura da sala atrapalha as atividades:
	<input type="checkbox"/> Diariamente/To da aula <input type="checkbox"/> Dias quentes <input type="checkbox"/> Dias frios <input type="checkbox"/> As vezes <input type="checkbox"/> Indiferente
Iluminação	10. A iluminação natural da sala de aula (com a luz desligada) :
	<input type="checkbox"/> Ótima <input type="checkbox"/> Boa <input type="checkbox"/> Suficiente <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Insuficiente
	11. Existe a necessidade de ligar a luz da sala :
	<input type="checkbox"/> Diariamente/To da aula <input type="checkbox"/> Diariamente/Algumas horas <input type="checkbox"/> Inverno/To da aula <input type="checkbox"/> Inverno/Algumas horas <input type="checkbox"/> Nunca
	12. A iluminação da sala com a luz ligada :
	<input type="checkbox"/> Ótima <input type="checkbox"/> Boa <input type="checkbox"/> Suficiente <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Insuficiente
	13. Durante o dia consegue desenvolver as atividades na sala com a luz desligada:
	<input type="checkbox"/> Sempre <input type="checkbox"/> As vezes <input type="checkbox"/> Nunca <input type="checkbox"/> Algumas horas <input type="checkbox"/> Depende da época
	14. As cores da cadeira da sala dificultam a leitura :
	<input type="checkbox"/> Sempre <input type="checkbox"/> As vezes <input type="checkbox"/> Nunca <input type="checkbox"/> Algumas horas <input type="checkbox"/> Depende da época
Ruídos	15. Com o ventilador ligado, você escuta com clareza o professor:
	<input type="checkbox"/> Sempre <input type="checkbox"/> As vezes <input type="checkbox"/> Nunca <input type="checkbox"/> Com esforço <input type="checkbox"/> Depende
	16. Relacionado a quantidade e intensidade de ruídos, você considera a sala :
	<input type="checkbox"/> Ótima <input type="checkbox"/> Boa <input type="checkbox"/> Confortável <input type="checkbox"/> Desconfortável <input type="checkbox"/> Deficiente
	17. Principais ruídos que incomodam na sala :
	<input type="checkbox"/> Trânsito <input type="checkbox"/> Outros alunos <input type="checkbox"/> Salas próximas <input type="checkbox"/> Ventilador <input type="checkbox"/> Vento