

ADRIANA DIAS

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO E
ACÚSTICO DE SALAS DE AULA EM ESCOLA DE TEMPO
INTEGRAL - ESTUDO DE CASO DA ESCOLA PADRE JOSIMO EM
PALMAS (TO).**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília (Minter UnB-UFT).

Professora-orientadora: Dra. Cláudia Naves David Amorim

BRASÍLIA - DF
2009

Dias, Adriana

Avaliação das Condições de Conforto Térmico e Acústico de Salas de Aula em Escola de Tempo Integral - Estudo de Caso da Escola Padre Josimo em Palmas (TO)/ Adriana Dias. – Brasília - DF: [s.n], 2009.

141 fls.

Professora-orientadora Dra. Cláudia Naves David Amorim
Trabalho de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo –
Universidade de Brasília.

Bibliografia: 6 fls.

1. Escola de Tempo Integral. 2. Conforto Térmico e Acústico . 3. Arquitetura Escolar.

ADRIANA DIAS

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO E
ACÚSTICO DE SALAS DE AULA EM ESCOLA DE TEMPO
INTEGRAL - ESTUDO DE CASO DA ESCOLA PADRE JOSIMO EM
PALMAS (TO).**

Dissertação apresentada
como requisito parcial à obtenção do
grau de Mestre pelo Programa de
Pós- Graduação da Faculdade de
Arquitetura e Urbanismo da
Universidade de Brasília (Minter UnB-
UFT).

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a Cláudia Naves David Amorim – FAU/UnB
Orientadora

Prof. Dr. Otto Ribas – FAU/UnB
Examinador

Prof^a. Dr^a. Alexandra Maciel – UNICEUB
Examinadora

Brasília - DF, 05 / outubro /2009

Dedico este trabalho a minha mãe, que é exemplo de luta, perseverança e determinação.

A minha filhinha querida pela paciência nos momentos em que estive ausente, todo o meu amor.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS pela oportunidade, saúde, proteção e inspiração constantes a mim proporcionadas, no decorrer da dissertação.

A minha orientadora, Cláudia Naves David Amorim, pela paciência e dedicação, fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

A minha família pelo apoio, suporte e torcida constantes durante todo o período do mestrado.

Agradeço de maneira especial as minhas irmãs Inez e Ana Beatriz que se dedicaram com muito afeto a minha filha, preenchendo um pouco a lacuna de minha ausência no decorrer dos meus estudos.

À Secretaria Municipal da Educação de Palmas pela mobilidade de horário essencial, para elaboração deste trabalho.

As minhas amigas Valéria Picanço, Valéria Oliveira, Elzbieta e ao amigo Hildebrando, pelas informações, incentivos e troca de experiências no decorrer do desenvolvimento deste trabalho.

À Pedagoga e cunhada Marilda Piccolo pelas dicas, apoio e presteza constantes em todos os momentos de sufoco.

Ao Professor Danilo de Melo e Professora Olga J. Carneiro por terem cedido seus livros de forma tão generosa.

A Professora Rosana S. C. Clímaco, pelas informações prestadas na área de conforto acústico, contribuindo significativamente para o amadurecimento deste trabalho.

Ao Waldir Bitencourt e Larissa pela colaboração no cálculo da transmitância térmica, fator solar e atraso das paredes e cobertura de acordo com a NBR 15220-2.

Aos funcionários da Secretaria de Pós-Graduação, João, Raquel e Júnior, sempre atenciosos e prestativos nas questões burocráticas.

RESUMO

Este trabalho expõe a necessidade de obtenção do conforto térmico e acústico em Escolas de Tempo Integral (ETIs) em Palmas - TO. Escolheram-se dois parâmetros: térmico e acústico. O térmico em decorrência das elevadas temperaturas constantes durante o ano e no contexto acústico, em função dos conflitos gerados pelas inúmeras atividades esportivas e artísticas oferecidas nas ETIs, de forma simultânea às do currículo formal. O conforto térmico e acústico podem interferir positivamente no processo de crescimento intelectual dos alunos, pois estão diretamente relacionados ao desempenho do ensino-aprendizagem dos usuários das referidas escolas. Para tanto, coletaram-se os dados de temperatura, umidade e dos níveis de ruídos no interior das salas de aula em horário crítico. Aplicou-se questionário aos professores e demais funcionários da escola, com perguntas abertas e fechadas, relacionadas ao conforto térmico e acústico da edificação. Posteriormente, analisou-se o projeto arquitetônico, considerando-se a implantação do edifício, a forma e a disposição, os materiais aplicados e as aberturas, juntamente com os fatores climáticos de Palmas. De posse dos dados, cruzaram-se as informações coletadas com os parâmetros estabelecidos nas Normas Brasileiras (NBRs) vigentes. Com base nestes elementos, assim como nos conceitos expostos dos renomados autores referentes ao tema, elaboraram-se sugestões para projeto arquitetônico de ETIs em Palmas.

Palavras-chave: Escola de Tempo Integral, Arquitetura Escolar, Conforto Térmico, Conforto Acústico.

ABSTRACT

This work presents the necessity to obtain the thermal and acoustic comfort in the full time schools in Palmas – TO. Two standards were chosen: thermal and acoustic. This was due to the current high temperatures in Palmas and acoustic context, which are conflicts generated by the various artistic and sportive activities offered simultaneously with the formal curriculum in the full time school. The thermal and acoustic comfort can interfere positively in the intellectual developing of the students because it is related to the teaching and learning performance of the users of the mentioned schools. So that it was possible, temperature and humidity data were registered, and also the sound levels in the classrooms in their peaks. A questionnaire with opened and closed questions related to thermal and acoustic comfort was applied to the teachers and staff. After that, the architectural project was analysed taking into consideration the building implantation, the form and display, materials and also the openings along with the climatic factors in Palmas. Having the available data, these pieces of information were co-related with established standards in the Brazilian Rules (NBRs). Furthermore, reliable authors concepts related to this subject were also used in order to help the suggested architectural project of full time schools in Palmas.

Key-words: Full Time Schools; Scholarship Architecture; Thermal Comfort; Acoustic Comfort.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	15
1.1. Objetivos	21
1.1.1. objetivo geral	21
1.1.2. Objetivos específicos:	21
1.2. Justificativa	21
1.3. Estrutura da Dissertação	25
PARTE I	27
FUNDTAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	27
2. ESCOLAS DE TEMPO INTEGRAL: CONCEPÇÕES E CARACTERÍSTICAS	28
2.1. Breve histórico da arquitetura escolar no Brasil	29
2.2. Surgimento das Escolas de Tempo Integral	37
2.2.1. Bahia, décadas de 40 e 50	38
2.2.2. Rio de Janeiro, década de 80	41
2.2.3. São Paulo, década de 80	43
2.2.4. CAICs, década de 90	44
2.2.5. São Paulo, CEU, século XXI.....	45
3. CONFORTO AMBIENTAL E ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA	47
3.1. Clima	47
3.1.1. Elementos climáticos.....	48
3.1.2. Fatores climáticos	52
3.1.2.1. Aspectos geográficos da região	52
3.2. Conforto Ambiental	54
3.2.1. Conceitos e Fundamentos do Conforto Térmico	55
3.2.2. Conceitos e Fundamentos do Conforto Acústico	60
3.3. Arquitetura Bioclimática	62
3.3.1. Cartas bioclimáticas	64
PARTE II	70
ESTUDO DE CASO - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL EM PALMAS	70
4. ESTUDO DE CASO	71

4.1. Histórico de Palmas	71
4.2. Análise do Clima	74
4.2.1. Coordenadas geográficas da região	74
4.3. Dados Climáticos da cidade de Palmas	75
4.3.1. Precipitação Atmosférica	75
4.3.2. Temperatura	75
4.3.3. Umidade relativa do ar	76
4.3.4. Ventos Dominantes	76
4.3.5. Radiação Solar	77
4.1. Projeto da ETI Padre Josimo em Palmas	78
5. METODOLOGIA DO ESTUDO	81
5.1. Referencial Teórico	81
5.1.1. Estudo das concepções e características das ETIs	81
5.1.2. Estudos de conceitos e estratégias de conforto ambiental e arquitetura bioclimática	81
5.1.3. Análise de precedentes arquitetônicos	81
5.2. Seleção do Estudo de Caso	81
5.3. Análises do Estudo de Caso	82
5.3.1. Análise do clima local	82
5.3.2. Análise do projeto arquitetônico	82
5.3.2.1. Implantação e orientação	83
5.3.2.2. Forma	83
5.3.2.3. Materiais de construção e revestimentos	83
5.1.1. Análise por meio de medições <i>in loco</i>	84
5.1.2. Análise por meio de questionários	88
5.1.3. Análise dos resultados e discussões	90
5.2. Elaboração das conclusões e sugestões para projeto de ETIs, em Palmas	91
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	92
6.1. Análise do projeto arquitetônico dos Centros de Informação Escolar e Profissional - CIEPs (Rio de Janeiro)	92
6.1.1. Implantação	92
6.1.2. Forma e Distribuição Interna	94
6.1.3. Materiais	94

6.2. Análise do projeto arquitetônico dos Centros Educacionais Unificados - CEUs (São Paulo)	95
6.2.1. Implantação	96
6.2.2. Forma e Distribuição Interna	97
6.2.3. Materiais	97
6.3. Análise do Desempenho Térmico e Acústico da Escola Municipal de Tempo Integral Região Norte - ETI Padre Josimo	98
6.3.1. Análise do projeto com relação ao Conforto Térmico	98
6.3.1.1. Implantação	98
6.3.1.2. Forma e distribuição interna	101
6.3.1.3. Materiais	102
6.3.1.4. Aberturas	105
5.1.1. Medições das temperaturas nos ambientes	108
6.4. Análise do projeto com relação ao conforto acústico	111
6.4.1. Implantação	111
6.4.2. Forma e distribuição interna.....	112
6.4.3. Materiais	113
6.4.4. Aberturas	113
6.4.5. Medições dos níveis sonoros nos diferentes tipos de ambientes	114
6.5. Análise da Aplicação de Questionário aos funcionários	114
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	120
7.1. Análise do Estudo de Caso – ETI Padre Josimo, em Palmas	120
7.2. Sugestões para projeto de ETIs em Palmas	121
7.2.1. Implantação	121
7.2.1.1. Dimensão	121
7.2.1.2. Incidência da radiação solar e dos ventos	122
7.2.2. Forma e Distribuição Interna	122
7.2.3. Materiais	123
7.2.4. Aberturas	124
7.3. Conclusões	124
7.4. Sugestões para trabalhos futuros	125
ANEXOS	133

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fachada com Porão	30
Figura 2: Foto do Ministério da Educação e Saúde	31
Figura 3: Foto Arquitetura das Escolas Período Modernista	32
Figura 4: Prédio Escolar década de 40 e 50	33
Figura 5: Prédio Escolar em Pilotis	34
Figura 6: Prédio Escolar com Elemento Vazado	34
Figura 7: Fachada Principal CIEP	36
Figura 8: Escola Parque Anísio Teixeira	39
Figura 9: Fachada Escola Parque Núcleo de Leitura	40
Figura 10: Foto Interna Escola Parque Núcleo Leitura	40
Figura 11: Pátio entrada principal Escola Parque	40
Figura 12: Acesso ao Núcleo de Alimentação	40
Figura 13: CIEP implantado no Rio de Janeiro	43
Figura 14: Pavilhão das salas de aula	45
Figura 15: Quadra coberta e campo de futebol	45
Figura 16: Piscinas e bloco circular da creche	46
Figura 17: Piscinas e pavilhão das salas de aula	46
Figura 18: Zonas Bioclimáticas Brasileiras	57
Figura 19: Carta bioclimática de Olgay	65
Figura 20: Carta Bioclimática adotada para o Brasil	67
Figura 21: Plano urbanístico de Palmas e relevo	71
Figura 22: Plano Urbanístico com definição das áreas residenciais	73
Figura 23: Gráfico de temperatura do ar e umidade relativa de Palmas (ano de 2006)	76
Figura 24: Zona Bioclimática Brasileira onde Palmas se insere	77
Figura 25: Mapa do Plano Urbanístico de Palmas com as densidades demográficas	78
Figura 26: Fachada Principal da Escola ETI Norte	79
Figura 27: Locação da Escola Municipal de Tempo Integral Padre Josimo	80
Figura 28: Planta Baixa Térreo e 1ª Pavimento Bloco Salas de Aula	85
Figura 29: Planta Baixa Térreo - Pontos medição acústica	87

Figura 30: Nível de confiança adotado	89
Figura 32: Planta de locação CIEP	93
Figura 33: Planta Baixa 1º pavimento bloco 1 CIEP	94
Figura 34: Foto Bloco Cultural - CEU	95
Figura 35: Foto Pavilhão Principal - CEU	95
Figura 36: Locação - CEU	96
Figura 37: Planta Baixa Térreo - CEU	97
Figura 38: Planta de situação do terreno da escola	99
Figura 39: Locação da Escola Municipal de Tempo Integral Padre Josimo	100
Figura 40: Bloco sala de aula e cartas solares	101
Figura 41: Planta Baixa Térreo, Bloco das salas de aula	102
Figura 42: Planta Baixa Pavimento Superior	102
Figura 43: Fachada Sudoeste	102
Figura 44: Sala de aula definidas para medições	106
Figura 45: Sala de aula fachada sudoeste	107
Figura 46: Carta solar fachada sudoeste	107
Figura 47: Sala de aula fachada noroeste	108
Figura 48: Carta solar fachada noroeste	108
Figura 49: Atividade esporte	112
Figura 50: Aula de música	112
Figura 51: Características do quadro de professores da escola	115
Figura 52: Características do quadro administrativo e coordenadores	115
Figura 53: Avaliação dos professores	116
Figura 54: Avaliação quadro administrativo e coordenadores	116
Figura 55: Avaliação dos professores	117
Figura 56: Avaliação do quadro de coordenadores	118
Figura 57: Avaliação dos profissionais da escola quanto à interferência dos ruídos	118

LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Tipo de vedação externa para zona Bioclimática 7	83
Tabela 2: Parâmetros NBR 15.220-3 para paredes e cobertura	83
Tabela 3 – Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 7	84
Tabela 4: Tabela dos Dígitos Aleatórios	90
Tabela 5: Parâmetros NBR 15.220-3 para paredes e cobertura	104
Tabela 6: Dados transmitância térmica, atraso térmico e fator solar das paredes e cobertura da ETI Palmas	104
Tabela 7: Mês e insolação fachada sudoeste	107
Tabela 8: Mês e horários de insolação fachada noroeste	108
Tabela 9: Dados de temperatura e umidade do dia 2/3/2009	109
Tabela 10: Dados de temperatura e umidade do dia 3/3/2009	109
Tabela 11: Dados de temperatura e umidade do dia 10/3/2009	110
Tabela 12: Dados de temperatura e umidade do dia 18/3/2009	110
Tabela 13: Coeficiente de absorção acústica (500 Hz) dos materiais aplicados	113
Tabela 14 – Medição de Ruído em determinados ambientes da escola	114

SIGLAS

AA – Área Administrativa

ARNE – Área Residencial Nordeste

ARNO – Área Residencial Noroeste

ARSE – Área Residencial Sudeste

ARSO – Área Residencial Sudoeste

ASR – Área de Comércio e Serviços Regionais

ATTM – Agência de Transito Transporte e Mobilidade

CAIC – Centro de Atenção Integral a Criança

CECR – Centro Educacional Carneiro Ribeiro

CEU – Centro Educacional Unificado

CIAC – Centro de Atendimento a Criança

CIAM – Congresso Internacional de Arquitetura Moderna

CIEP – Centros Integrado de Educação Pública

ETI – Escola de Tempo Integral

FDE – Fundação para o Desenvolvimento da Educação

INFRAERO – Empresa Brasileira de Infra-Estrutura Aeroportuária

INMET – Instituto de Meteorologia

IPUP - Instituto de Planejamento de Palmas

JK - Juscelino Kubtchek

LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

MEB - Movimento de Educação de Bases

MEC – Ministério da Educação

NBR - Norma Brasileira

PROFIC – Programa de Formação Integral da Criança

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio a Micro e Pequena Empresa

SEPLAN – Secretaria de Planejamento Meio Ambiente do Estado do Tocantins

INTRODUÇÃO

A concepção de uma edificação escolar é uma tarefa muito importante, pois tem um significado enquanto obra arquitetônica e também como símbolo educacional. Assim, assume relevância para a comunidade em um primeiro plano e para a urbanidade da cidade como um todo, bem como assume relevância para as vidas diretamente envolvidas (crianças e famílias) no processo educativo.

Neste ângulo de preocupação, a relação que se estabelece entre o espaço e o usuário do mesmo (espaço-usuário) representa o principal parâmetro para a adequação do edifício escolar às propostas educativas (pedagógicas, didáticas, recreativas e culturais) assumidas pela instituição, tendo em vista que as vidas ali envolvidas se desenvolvem naquele ambiente, especialmente quando se trata de crianças e adolescentes. No referido ambiente as crianças construirão sua trajetória rumo ao acréscimo de seus conhecimentos.

A formação de uma sociedade não acontece ao acaso, ao contrário, está sujeita a uma série de fatores interdependentes, dentre eles a educação formal, ministrada em centros educativos. De acordo com Bernardi e Kowaltowski (2001), as primeiras atitudes de um indivíduo, ainda em sua infância, acontecem no âmbito familiar e, aos poucos, se estendem a círculos sociais, dos quais – hoje – o principal é a instituição escolar. Na escola, a formação desse indivíduo se dá em decorrência de um conjunto mais ou menos coerente de fatores, cujos componentes funcionam entre si em numerosas relações de interdependência ou de subordinação: sociais, econômicos, ambientais e pedagógicos. Além disso, agem em harmonia, interferem e complementam-se em prol de assegurar resultados positivos na formação do indivíduo que terá reflexo imediato na sociedade como um todo.

Segundo as autoras, ao se constituir um projeto físico do ambiente escolar, é imprescindível preocupar-se com problemas derivados do conforto, especialmente os relacionados aos de funcionalidade, térmico, acústico e de iluminação, pois a adaptação do estudante a este ambiente é fundamental para o sucesso no processo de ensino-aprendizagem. Desta feita, o espaço escolar

deve proporcionar, além do conforto, segurança aos usuários, principalmente aos professores e alunos; para isso, existem as normas já estabelecidas e em constante atualização pelos organismos competentes. A qualidade do processo educativo fica comprometida por problemas relacionados aos aspectos arquitetônicos, visto que tais condições afetam os usuários em diversas dimensões: fisiológica, psicológica e no desempenho das atividades específicas. Uma das tentativas em solucionar estas questões ocorreu com a proposta de implantação das Escolas de Tempo Integral – ETIs, idealizada pelo educador Anísio Teixeira¹.

Nessas escolas, devem-se observar minuciosamente os aspectos arquitetônicos, pois quando se fala de ETI não se propõe apenas *escola de dupla jornada*, com repetição de tarefas e metodologias, e sim oferta de diversas atividades, incluindo esportes, cultura e artes em geral, bem como as disciplinas do currículo formal. Para aplicá-las, devem-se abordar múltiplas metodologias, a fim de ocupar todos os espaços existentes no ambiente da escola. Além do tempo, dos espaços físicos adequados e das inúmeras atividades, sem ocorrência de conflitos entre estas, a principal filosofia na concepção das ETIs se fundamenta na formação ampla do indivíduo com desenvolvimento de todo seu potencial. (COELHO e CARVALHO, 2002).

Embora seja fato historicamente recente, 1980, na realidade escolar brasileira, o horário integral não é novidade na maioria dos países desenvolvidos, onde as crianças permanecem na escola por, no mínimo, seis horas diárias. Também no setor privado da educação, especialmente nas escolas que atendem às elites econômicas, o horário prolongado é uma opção comum. No caso da educação pública, as tentativas de implantação do horário integral surgem como alternativa de qualidade no horizonte de uma educação transformadora. O precursor dessa idéia no Brasil foi o educador Anísio Teixeira (1900-1971), ao assumir a administração da Secretaria Estadual de Educação do Rio de Janeiro nos anos 30, com a proposta pedagógica de escolas em tempo Integral. Mas a primeira escola pública concebida com estes preceitos

¹ Pedagogo precursor da implantação do horário integral nas escolas em Salvador, por influência do período que viveu nos EUA quando teve contato com a realidade das escolas comunitárias Américas.

denominou-se Centro Educacional Carneiro Ribeiro, inaugurada em 1950 no bairro popular da Liberdade, em Salvador, conhecida como Escola-Parque, e implantada quando o mesmo respondia pela Secretaria da Educação na Bahia 1947-1951. (COELHO e CAVALIERE, 2002).

As ETIs encontram-se referenciadas na legislação de diretrizes específicas. A Lei nº 9394, de 20 de dezembro de 1996, conhecida como Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) determina que:

Art. 34. A jornada escolar no ensino fundamental incluirá pelo menos quatro horas de trabalho efetivo em sala de aula, sendo progressivo ampliado o período de permanência na escola.

§ 2º. O ensino fundamental será ministrado em tempo integral, a critério dos sistemas de ensino.

Convém alertar que o artigo suscita questionamentos importantes. *A priori*, determina um período escolar mínimo de quatro horas de aulas diárias, o que impede o poder público, de qualquer instância, criar maior número de turnos escolares para suprimir a insuficiência de vagas públicas no ensino fundamental. De outro modo, o mesmo artigo afirma que se deve ampliar progressivamente o período de permanência na escola. No entanto, nada consta na lei sobre as condições estruturais, quer materiais ou financeiras, para efetuar esse progressivo aumento de carga horária. Conclui-se, pois, que a educação de tempo integral fica à mercê da vontade política dos diversos gestores públicos. Além disso, alguns estudiosos da lei posicionam-se no sentido de não haver necessidade de arquitetura específica, inclusive.

É importante compreender que a escola de tempo integral não precisa ser uma escola com arquitetura específica, caso dos CIEPs, mas qualquer escola desde que inclua, na formação do projeto pedagógica, os diferentes “tempo” de aprendizagem. A idéia de o ensino fundamental de tempo integral deve respeitar o princípio da oferta diversificada de tipos de organização escolar” (CARNEIRO, 1998)

No contexto de Palmas, a implantação do horário integral, no sistema municipal de educação já é uma realidade, com metas crescentes de novas unidades de ensino a serem implantadas em diversos bairros da capital. Dessa forma, surge a preocupação em estabelecer diretrizes de projeto arquitetônico para beneficiar essas escolas, conseqüentemente com uma estrutura física adequada ao clima e às atividades oferecidas no currículo de horário integral.

A concepção da primeira escola de tempo integral implantada neste Estado foi elaborada pedagogicamente pela equipe de técnicos da Secretaria Municipal da Educação, formada por pedagogo, arquiteta e engenheiro, bem como por uma equipe multidisciplinar de profissionais das entidades de ensino superior de Palmas, responsável pela elaboração do currículo pedagógico. Essa escola tem capacidade para 1200 alunos, sendo duas unidades, uma na região sul e outra na região norte. Definiram-se estes locais por apresentarem as maiores densidades demográficas e população com baixo poder aquisitivo.

Ao analisar edificações escolares e principalmente as de tempo integral em regiões de clima quente, pode haver falhas relacionadas à aplicação dos conceitos de conforto ambiental. Devem-se observar as definições utilizadas nos projetos e avaliar daquelas que necessitam de uma visão mais criteriosa. No estudo dos prédios escolares, é importante considerar cada aspecto de conforto e seus possíveis tratamentos. Em alguns casos, os parâmetros de conforto ambiental são conflitantes, muitas vezes, não é possível contemplar todos os critérios estabelecidos simultânea e concomitantemente, mas, na definição do projeto, pode-se propor soluções que colaborem na amenização de determinados fatores sem prejuízos aos demais aspectos. (GRAÇA, 2001).

Para se minimizar os problemas ou os conflitos referentes ao conforto ambiental das edificações escolares, há de se considerar o contexto da bioclimatologia humana que abarca as inter-relações do ser humano com o ambiente, tendo como referência os fatores naturais, culturais e sociais. (VILLAS BOAS, 1985).

Ainda de acordo com este autor, para as construções, especialmente às destinadas às atividades educativas, é importante que se conheça a capacidade de adaptação do ser humano ao meio (seja natural ou construído). Essas adaptações se relacionam às exigências fisiológicas às percepções de calor, luz e som, bem como aos efeitos desse meio (natural ou não) sobre o conforto, o bem-estar e a própria saúde. Em arquitetura, essas associações dos fatores biológicos (humanos) aos ecológicos originaram o enfoque bioclimático ou a arquitetura bioclimática, estes consideram a ecologia e a climatologia.

Considerando-se estas observações é indispensável atribuir mais atenção a estes fatores, pois se deve entender que, em situação de aprendizado em sala de aula, o aluno se submete a diferentes tipos de estímulos: o principal é a voz do professor, à qual o aluno deve direcionar a sua atenção; o secundário, é o ruído competitivo, que o aluno deve ser capaz de ignorar a fim de não distorcer a mensagem principal. As habilidades para ouvir e aprender podem ser muito prejudicadas pela poluição sonora produzida na sala de aula ou fora dela. (ENIZA e GARAVELLIA, 2003).

Contudo, é necessário buscar soluções para os fatores negativos de conforto ambiental, relativos ao térmico e acústico, pois estes interferem no processo de aprendizagem. Esta pesquisa se restringirá ao conforto térmico, pelo fato de a cidade se localizar em uma das regiões mais quentes do País. Quanto ao aspecto acústico, constata-se um problema de maior complexidade, pelo fato de o sistema integral de ensino oferecer grande número de atividades esportivas, artísticas e musicais, responsáveis por altos níveis de ruídos, concomitante às aulas.

Deve-se estabelecer a preocupação com as condições acústicas, externas e internas, do espaço projetado a partir das atividades a serem executadas na instituição.

A arquitetura pode prevenir futuros problemas, sendo esta a melhor alternativa, pois otimiza o custo e a manutenção da construção e os possíveis ajustes, tanto quanto economiza em recursos financeiros. Sabe-se que a principal causa dos problemas acústicos nas salas de aula não se dá pela limitação de recursos. Seep (2002) aponta o surgimento de tais problemas pela falta de percepção dos profissionais envolvidos e até mesmo pelas tentativas que a equipe responsável pela elaboração do projeto opta para solucioná-los. Considera-se ideal, portanto, que se prevejam, ainda na fase do projeto, as fontes de ruídos assim como o grau de incômodo que possam provocar, para serem sanados nessa etapa.

Observa-se nas edificações planejadas especificamente para escolas com jornada ampliada que existem problemas de conforto térmico e acústico,

necessitando de adaptações para solucionar ou amenizá-los. Reitera-se que para este estudo considerou-se a integração da estrutura física das escolas de tempo integral com conforto térmico e acústico.

Concernente ao aspecto térmico, o clima de Palmas, segundo Silva (2003), corresponde ao tropical quente e úmido, com duas estações bem definidas, uma seca, correspondente ao período de maio a setembro, e a outra chuvosa, entre os meses de outubro a abril, com médias mensais superiores a 25°C, atingindo temperaturas máximas de 41°C no final do período de seca. Regiões com temperaturas elevadas, como é o caso objeto deste estudo, compromete os resultados do processo de ensino-aprendizagem. Isso acontece quando falta planejamento arquitetônico adequado às questões climáticas do local.

No aspecto do conforto térmico, a construção de edificações adaptadas ao clima local, seja por meio de materiais, tecnologias ou estratégias arquitetônicas, resulta numa diminuição do uso de meios artificiais para obtenção de conforto. A inadequação do edifício ao clima local pode proporcionar sensações de desconforto térmico em seus usuários, ocasionando a diminuição do rendimento das atividades executadas em seu interior, além do desperdício de energia, conforme aponta Givoni et al (1991). Equipamentos de ar condicionado e sistemas de iluminação artificial vêm sendo amplamente utilizados para corrigir as insatisfatórias condições de conforto produzidas no interior dos edifícios, devido aos projetos mal elaborados. Em contraste, existe uma ampla variação de componentes arquitetônicos de acordo com Fathy et al (1986), que podem promover melhor integração das construções ao seu ambiente natural.

Destarte, o problema da pesquisa consiste em equacionar as condições de conforto térmico e acústico em Escolas Municipais de Tempo Integral de Palmas, considerando-se a simultaneidade das atividades ali praticadas.

1.1. Objetivos

1.1.1. objetivo geral

Tem-se por **objetivo geral** neste trabalho verificar as condições de conforto térmico e acústico em salas de aula da Escola de Tempo Integral Padre Josimo.

1.1.2. Objetivos específicos:

- Promover a reflexão crítica sobre os projetos de edificações escolares de tempo integral, especificamente considerando-se o conforto térmico e acústico no contexto regional de Palmas;
- Analisar o clima local e identificar as melhores estratégias para obtenção do conforto térmico e acústico;
- Identificar elementos de projeto arquitetônico de maior influência no conforto térmico e acústico de Escolas de Tempo Integral.

1.2. Justificativa

A qualidade ambiental, em especial o conforto térmico e acústico, é indispensável numa instituição educacional, em especial as de tempo integral, onde alunos, professores e funcionários permanecem por mais tempo que nas escolas convencionais.

Um dos métodos para obtenção deste conforto é a aplicação das estratégias de arquitetura bioclimática que busca minimizar os problemas de conforto e a dependência dos diversificados sistemas mecânicos e artificiais de conforto térmico. Mesmo um projeto arquitetônico qualificado nem sempre é suficiente para atingir a satisfação dos usuários, principalmente em climas rigorosos. (KOWALTOWSKI 2001)

Deve-se, pois, buscar referências específicas da concepção das edificações, considerando-se fatores como: a topografia local, a redução de ruídos e os fatores climáticos concernentes ao vento e à radiação solar. Um aspecto muito importante na elaboração do projeto arquitetônico consiste na

determinação da posição do edifício para o aproveitamento máximo dos benefícios térmicos, de salubridade e psicológicos, que favorecem a radiação solar. (OLGYAY 1998).

A adequação da arquitetura ao clima traduz-se na construção de espaço que ofereça conforto aos usuários. Frota e Schifer (2003) apontam que é de responsabilidade da arquitetura amenizar as sensações de desconforto, principalmente as impostas por climas rígidos com excesso de calor, frio, vento ou umidade. As autoras indicam, também, caber à arquitetura propiciar aos usuários ambientes tão confortáveis quanto os espaços ao ar livre, considerando-se como modelo os climas amenos.

Essas reflexões aplicam-se a todos os tipos de edificações e, portanto, também às escolares. Uma boa implantação do edifício escolar deve manter as características peculiares de clima e paisagem de cada lugar, por meio da conservação da natureza do solo, da forma do relevo e da manutenção da vegetação nativa. Nos grandes centros urbanos, é fundamental minimizar os efeitos negativos do microclima, para isso é de bom alvitre ter dados sobre as condições externas do ar, da temperatura, da umidade e do movimento dos ventos. Devem-se considerar todas as condições, pois a diferença de temperatura entre interior e exterior e a umidade relativa - pelo fato de introduzir maior ou menor quantidade de água no interior dos ambientes - influem na condensação e nas sensações do ser humano. (MEC, 2002)

Como na capital do Estado do Tocantins, unidade geográfica alvo deste estudo, a temperatura atinge até 41°C no período de baixa pluviosidade, nos meses de maio a setembro, (SEPLAN 2004), a questão do conforto térmico das edificações escolares é tão premente. O desconforto térmico provocado por altas temperaturas e baixa umidade torna-se fator limitante do bom rendimento pedagógico, principalmente quando se trata de atividades escolares com crianças. Além de se considerar os aspectos já apontados que interferem diretamente no desempenho das práticas didático-pedagógicas, é função do arquiteto propor alternativas condizentes, pelo fato de os orçamentos disponíveis tanto para a construção quanto para a manutenção dos ambientes escolares serem sempre reduzidos.

Outro aspecto em questão é o da eficiência energética na arquitetura que se relaciona fortemente ao cuidado com o conforto térmico no ambiente construído, por meio do uso de soluções passivas. Projetos arquitetônicos, por não levarem em conta, de forma adequada, a necessidade de proporcionar ambientes termicamente confortáveis, na grande maioria das escolas em regiões de clima quente, apresentam condições desfavoráveis no aspecto da eficiência energética, como por exemplo, a utilização de ventiladores ou aparelhos de condicionamento de ar. No caso de edifícios com recursos financeiros escassos, a adequação climática se constitui num processo importante para minimizar os custos operacionais, permitindo melhor utilização dos recursos disponíveis.

Nesse contexto, precisam-se avaliar os espaços educativos referentes aos fatores contributivos para proporcionar aos usuários um ambiente confortável e humanizado, tais como: acústica e conforto térmico, dentre outros. Também é importante conhecer a relação estabelecida entre esses fatores na aprendizagem e na produtividade dos profissionais que ali trabalham.

Especificamente no conforto acústico não se relaciona diretamente a fatores climáticos específicos. A poluição sonora nem sempre foi motivo de preocupação para a sociedade, no entanto, a forma de vida contemporânea remete tal preocupação a níveis mais alarmantes, haja vista o constante crescimento urbano, que exige a evolução do transporte e o avanço tecnológico. Por isso, urge estudar os problemas sonoros nas edificações, priorizando as relacionadas às atividades educacionais, com enfoque às de tempo integral, onde ocorrem conflitos dos ruídos gerados pelas diversas atividades esportivas e artísticas.

Nos últimos anos, vem-se discutindo a problemática das salas de aula em relação à baixa qualidade acústica. Muitas vezes, negligenciam e questionam-se esses assuntos, nos projetos escolares, quanto às implicações no aprendizado e rendimento dos alunos. Percebe-se, então, a necessidade de conscientização dos dirigentes ligados diretamente ao setor educacional brasileiro para buscar melhorias do desempenho sonoro de ambientes destinados à socialização do conhecimento. O ambiente escolar e a sala de aula merecem estudos pormenorizados, atentos, críticos e permanentes em todos os

aspectos arquitetônicos. Para atender aos objetivos da educação, devem-se considerar os espaços destinados as atividades educativas com a máxima responsabilidade, reconhecendo-se a sua influência real no processo de ensino-aprendizagem e conseqüentemente na vida das pessoas. (OITICICA, ALVINO e SILVA, 2006).

Ainda segundo os mesmos autores, a dissociação entre os órgãos gestores, os profissionais da Educação e os técnicos (arquitetos e engenheiros) responsáveis pela definição dos espaços físicos nas escolas, pode causar múltiplos problemas, resultando em salas de aula que não apresentam um desempenho adequado à sua finalidade. No caso específico das edificações escolares, um item negligenciado por quase todos os envolvidos, apesar da sua importância no processo, em função do tipo de atividade desenvolvida nesses ambientes, é a qualidade acústica. A poluição sonora nas regiões urbanas se intensifica cada vez mais, gerando conseqüências de grande magnitude. Fontes diversas de ruído, principalmente as oriundas do tráfego de veículos automotores, causam níveis ruidosos elevados. Geralmente constroem-se as edificações sem oferecer adequada proteção ao ruído intrusivo.

Nesse sentido, também Pedrazzi (2001) expõe que na atualidade, dada a complexidade das redes sociais estabelecidas, já não são suficientes os conhecimentos adquiridos com a experiência para solucionar os problemas acústicos em edificações. Diante da imersão humana em ambientes extremamente ruidosos, é necessário estabelecer crescentes exigências de qualidade acústica em edificações e, simultaneamente, propor materiais mais eficientes para os tratamentos acústicos possíveis.

Assim, pode-se afirmar ser o presente estudo relevante para subsidiar o processo de concepção do projeto arquitetônico, visto apontar questões relativas ao conforto térmico e acústico para edificações escolares. Sua relevância estende-se à área educativa, haja vista os problemas detectados de conforto e/ou desconforto interferirem substancialmente no processo de ensino-aprendizagem. Por fim, é um estudo de interesse para a sociedade em geral, dada às atuais necessidades de eficiência e eficácia em processos relativos à construção e manutenção dos prédios escolares.

1.3. Estrutura da Dissertação

Na introdução, apresenta-se o conteúdo do trabalho que se divide em duas partes. A primeira se subdivide em dois capítulos de fundamentação teórica; a segunda, estuda o caso propriamente dito em três capítulos, e, *a posteriori*, as considerações finais.

Na introdução, expõe-se a importância de um espaço físico que ofereça aos usuários condições ambientais adequadas para o desempenho do ensino-aprendizagem. Nesse sentido, delimitou-se a pesquisa no contexto do conforto térmico e acústico nas ETIs em Palmas Tocantins, apresentando os objetivos gerais e específicos e a justificativa do trabalho.

No primeiro capítulo, há um breve histórico da arquitetura escolar (FDE, 1998), o surgimento das ETIs no Brasil e exemplos, em especial os CIEPs e CEUs, implantados com estrutura física semelhante à ETI de Palmas.

No segundo capítulo, abordam-se conceitos e diretrizes do clima, conforto térmico e acústico, assim como aspectos da arquitetura bioclimática, relevantes ao trabalho. Citaram-se conceitos de autores como Frota e Schifer (2003), Vilas Boas (1985), Coberlla e Yannas (2003), Dutra, Lamberts e Pereira (2004), Amorim (1998), Amorim e Braga 2009, Marco (1982) dentre outros, definindo-se os parâmetros e conceitos do conforto térmico.

O terceiro capítulo apresenta o histórico da implantação da capital do Tocantins, dados climatológicos da região e o estudo de caso da ETI de Palmas, considerando-se os fatores interferentes no conforto térmico e acústico da referida escola.

No quarto capítulo, descreve-se a metodologia adotada com todas as etapas do trabalho, para realização e aplicação da análise no estudo de caso.

O quinto capítulo discorre sobre a análise do projeto da ETI de Palmas, das medições *in loco* e o questionário aplicado com os professores e funcionários, apresentando os resultados e discussões dos dados obtidos da pesquisa. Em sequência, estabeleceu-se o cruzamento das informações para confirmar os níveis de conforto da edificação. Estas auxiliarão na elaboração dos

sugestões para projeto arquitetônico, a fim de se obter o conforto térmico e acústico nas futuras ETIs de Palmas, a serem implantadas ou reformadas para essa finalidade.

E, nas considerações finais, apresentar-se-ão os sugestões de projeto para ETIs em Palmas, visando ao conforto térmico e acústico, bem como as conclusões. Com base nos dados obtidos por meio deste trabalho, sugerem-se novas possibilidades para futuras pesquisas.

PARTE I

FUNAMENTAÇÃO TEÓRICA

"Sou contra a educação como processo exclusivo de formação de uma elite, mantendo a grande maioria da população em estado de analfabetismo e ignorância. Revolta-me saber que dos cinco milhões que estão na escola, apenas 450.000 conseguem chegar a 4^a. série, todos os demais ficando frustrados mentalmente e incapacitados para se integrarem em uma civilização industrial e alcançarem um padrão de vida de simples decência humana. Choca-me ver o desbarato dos recursos públicos para educação, dispensados em subvenções de toda natureza a atividades educacionais, sem nexos nem ordem, puramente paternalistas ou francamente eleitoreiras."

Anísio Teixeira, O Jornal. 1958

2. ESCOLAS DE TEMPO INTEGRAL: CONCEPÇÕES E CARACTERÍSTICAS

Para se referir à linha evolutiva das escolas, não se pode deixar de observar o sistema sócio-político-econômico, os quais impunham as estruturas dessas instalações. A escola refletia, nos seus aspectos exteriores e em seu espaço interno, a concepção educativa de hierarquia e poder, não correspondendo às múltiplas necessidades do indivíduo.

A concepção da criança, como ser em formação, é fundamental nas discussões pedagógicas. Essa visão relaciona-se às novas metodologias de ensino, ETIs, que exigem das escolas uma revisão dos espaços físicos disponíveis, com vistas ao conjunto de atividades a se realizarem nelas. Essas características contribuem ativamente na evolução da criança nos aspectos físicos, emocionais e cognitivos. (LIMA, 1995)

A arquitetura escolar, em diversas partes do País, tem buscado dialogar com os responsáveis pelo projeto pedagógico a fim de proporcionar aos usuários outras formas de construção do conhecimento e do aprendizado, além dos espaços das salas de aula. Quanto às transformações arquitetônicas, verifica-se, em alguns casos, não ocorrerem critérios adequados para reformas que precisam ser realizadas. (PEREIRA, 2007)

Nas ETIs, maximiza-se este problema, visto prolongar-se a permanência das crianças, dos professores e funcionários nas instalações por, no mínimo, seis horas, podendo-se estender por até oito horas e meia. Ao longo desse período, acontece uma formação integral que contempla parte da educação formal, com atividades físicas e recreativas e artísticas. As atividades chamadas “formais” são as que acontecem em todas as unidades educacionais seja de tempo integral ou não: currículos tradicionais orientados pelo MEC com atividades de matemática, português, ciências, língua estrangeira e outras. Consideram-se as atividades físicas e de recreação como parte do currículo formal, no entanto, nas ETIs, estas ganham diversidade, tempo e até mais *status* na formação integral do cidadão. Assim, oferecem-se inúmeras delas aos alunos, relativas ao esporte, artes e música, como: natação, judô, balé, dança

contemporânea, futebol, vôlei, basquete, flauta, violão, teclado, pintura, escultura, dentre outras. Outra característica peculiar das ETIs é o número de refeições servidas ao longo do período de permanência: no mínimo três. (SECRETARIA MUNICIPAL DA EDUCAÇÃO DE PALMAS-TO, 2009).

Portanto, o espaço físico, quando adequado às suas atividades, pode despertar a sensibilidade do educando para uma visão mais correta do meio ambiente, pois este precisa ser organizado, protegido e valorizado. Pode-se estimular permanentemente a criatividade quando se constrói o ambiente escolar dentro dos padrões propostos pelos profissionais da área de educação juntamente com os arquitetos, que se empenham em oferecer melhores condições físicas no espaço escolar. Constatou-se que o ambiente das salas de aula pode interferir positiva ou negativamente no comportamento da criança ocasionando baixa interação social.

2.1. Breve histórico da arquitetura escolar no Brasil

As políticas educacionais do Brasil, ao longo do século XIX, não existiam. Na maioria dos casos, adaptavam-se as edificações às atividades de ensino. Após a ascensão econômica da República, por meio das riquezas produzidas pela política cafeeira, que permitiu a intensificação do processo de industrialização e a urbanização das cidades, alguns setores influentes da sociedade levantaram a bandeira da educação popular e do combate ao analfabetismo. Dessa maneira, surgiu uma sistemática de projeto escolar que assimilou os preceitos organizados anteriormente e utilizados pela Europa, importando materiais, estilos e profissionais como arquitetos e mestres-de-obras. (FDE, 1998)

Assim, passa-se, então, a ver a escola como um equipamento essencial tanto para as capitais quanto para as cidades do interior que apresentavam um ritmo acelerado de crescimento, impulsionado pela economia estabelecida por meio da cafeicultura e sistema ferroviário. Dessa forma, emergiu a necessidade de se pensar em espaços específicos destinados à prática do ensino formalizado, implantando-se escolas em pontos estratégicos, constituindo um marco de referência na paisagem urbana de cada cidade. (Ibidem)

Isso não significa a inexistência de espaços específicos anteriormente, pois o Império deixou de herança grandes e imponentes prédios escolares utilizados até a atualidade, como é o caso do Colégio Dom Pedro II no Rio de Janeiro, e que naquele momento histórico, início do século XX, iniciava-se um processo de universalização da educação formal. Para tal, precisava-se de prédios menos onerosos e mais acessíveis às diversificadas classes econômicas.

Entretanto, só depois de 1910, em função do aumento significativo dos recursos destinados à construção de prédios escolares, ocorre a explosão construtiva de tais edificações. Em função do grande número de unidades a serem executadas em prazos relativamente curtos e pelo pequeno número de profissionais responsáveis pelas obras, o governo optou por construir, predominantemente, projetos-tipo. Uma característica marcante dessas edificações era o uso de porão alto, (figura 1) que favorecia a adaptação às diferenças topográficas dos terrenos, na medida em que a altura daquele se adequava aos desníveis dos sítios. Mesmo com essa padronização, na maioria dos casos, preocupava-se em mudar o tratamento formal, com o intuito de imprimir uma identidade própria a cada prédio. (Ibidem)

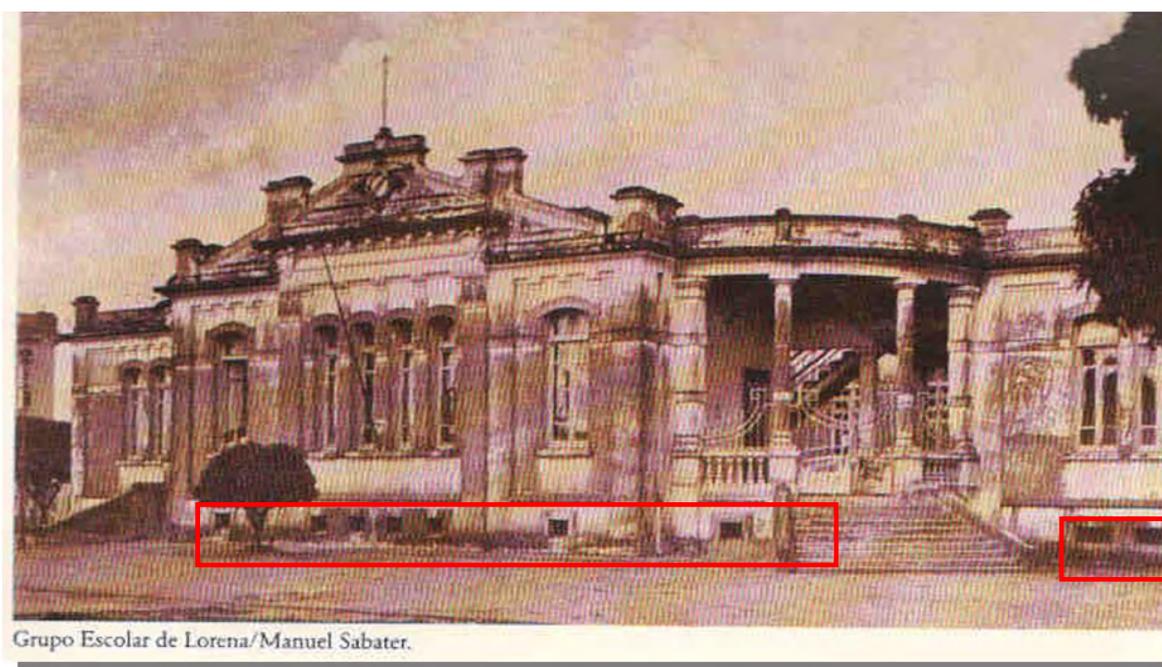


Figura 1: Fachada com Porão
Fonte: Arquitetura Escolar Paulista

De acordo com Drago e Paraizo (1999), somente depois da Revolução de 30, ocorreu uma estruturação do ensino, no Brasil, chamada pelos autores de escola nacionalista, que traz uma roupagem progressiva, científica e moderna, preocupada com uma visão mais realista do Brasil, inclusive.

Na esteira dessa estruturação, as edificações destinadas à educação acompanham o momento sócio-político-econômico nacional e sobressaem-se como modelos relevantes da fase inicial do movimento moderno, que dá seus primeiros passos rumo à consolidação na então capital da República, o Rio de Janeiro. Um desses prédios é o do Ministério da Educação e Saúde, (figura 2) projetado por Lúcio Costa e sua equipe, o qual, em 1937, se destaca como referência arquitetônica. Nessa linha, a arquitetura escolar retorna às tendências arquitetônicas européias da pós-primeira guerra mundial, demonstrando equilíbrio com as tendências da chamada Escola Nova. (FDE, 1998)

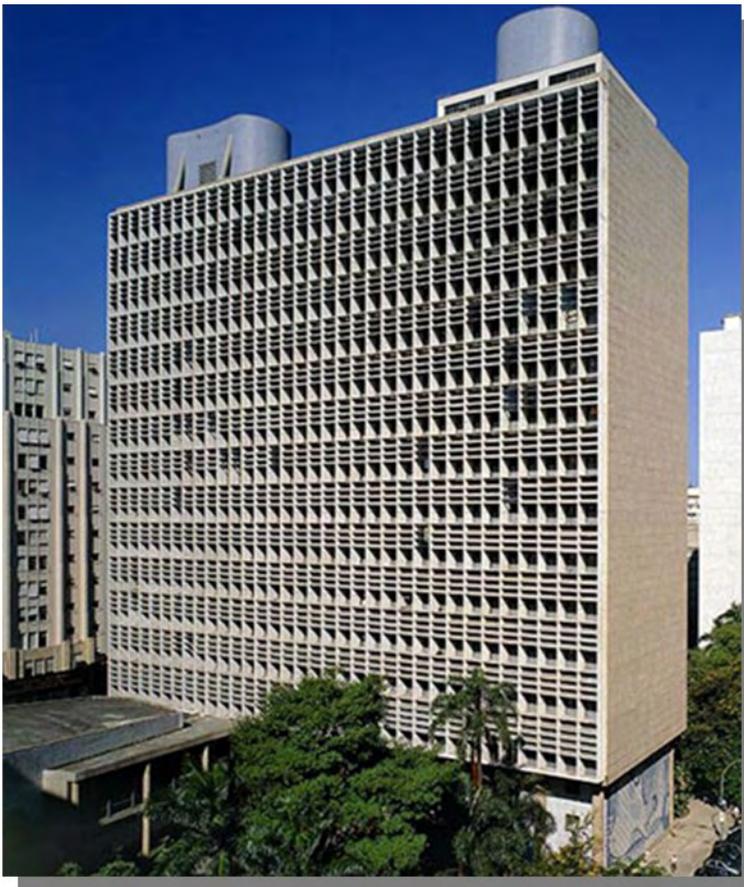
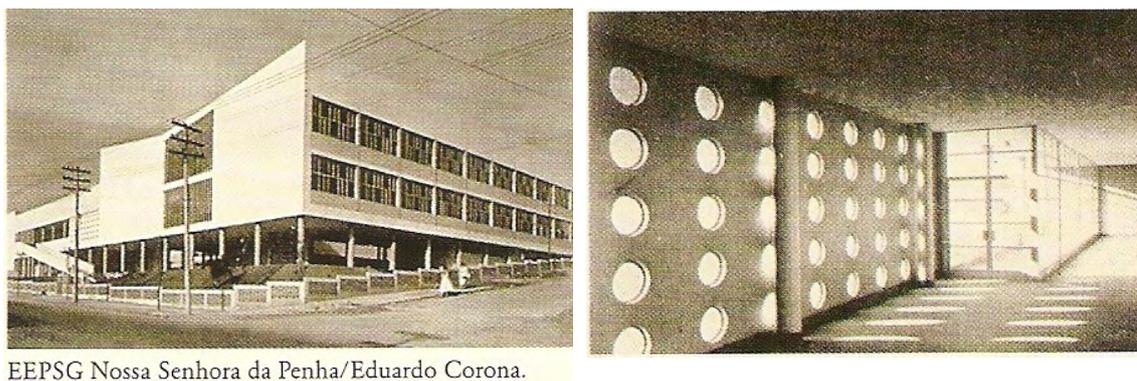


Figura 2: Foto do Ministério da Educação e Saúde
Fonte: Portal Vitruvius

Ainda de acordo com a mesma publicação, a arquitetura dos prédios, formal e modernista, (figura 3) demonstrava essa aproximação com a política educativa projetada por Anísio Teixeira, que queria uma escola pública racional, modulada, com espaço otimizado, de baixo custo e de amplo atendimento à sociedade. Eram os primeiros ventos de uma universalização educacional, para atender a uma demanda cada vez mais crescente de uma sociedade urbana e industrial brasileira emergente. Esses edifícios escolares comportavam combinações de sólidos geométricos de linhas puras, sem adornos ou requintes. Naquele momento, as edificações destinadas às escolas deixam de lado a bilateralidade simétrica, passam a usar as janelas de canto, os basculantes e introduzem os conceitos de quebra-sóis como solução para sombreamento e questões relativas ao conforto térmico.



EEPSG Nossa Senhora da Penha/Eduardo Corona.

Figura 3: Foto Arquitetura das Escolas Período Modernista
Fonte: Arquitetura Escolar Paulista

Os avanços da produção industrial retratam-se no uso de materiais como o ferro e o vidro. O domínio da técnica do concreto armado, aplicado às marquises e às coberturas planas, demarca a era conhecida como “maquinismo”, quando se adotou uma arquitetura de massa, no afã de solucionar problemas sociais oferecendo escolas e também moradias populares. Ainda hoje se adota essa linguagem arquitetônico-morfológica na construção de edifícios escolares, presa às tendências que dominaram o Brasil ao longo das décadas de 40 e 50 (figura 4) do século passado. Naquele momento histórico, esperava-se atender a uma demanda por salas de aula e às metas das políticas educacionais vigentes. Nas capitais estaduais emergentes, tentavam-se solucionar os problemas arquitetônicos com padronização, racionalização e normatização projetiva e construtiva. (FDE, 1998)



Figura 4: Prédio Escolar década de 40 e 50
Fonte: Arquitetura Escolar Paulista

Nesse período, o modelo arquitetônico escolar buscava coerência com os aspectos ambientais, usando elementos que aproveitavam o condicionamento térmico natural: a simplicidade dos volumes e o conjunto das colunas que sustentavam a edificação; deixavam área livre para circulação no pavimento térreo, (figura 5) favorecendo o controle da ventilação e da insolação, (figura 6) e protegiam as fachadas mais ensolaradas com quebra-sóis. (Ibidem)



Figura 5: Prédio Escolar em Pilotis
Fonte: Arquitetura Escolar Paulista



Figura 6: Prédio Escolar com Elemento Vazado
Fonte: Arquitetura Escolar Paulista

Cada proposta contribuiu para a evolução arquitetônica, que visava atender as tendências próprias do desenvolvimento. No Distrito Federal, nesse período estabelecido no Rio de Janeiro, as inovações propostas e algumas implementadas na esfera educativa proporcionaram inovações do planejamento da arquitetura escolar, com a determinação de um plano-diretor geral para as edificações, com vistas à eficiência e o mínimo de gastos, a fim de oferecer educação básica para todos. O desenvolvimento deste plano, na capital, envolveu a análise dos prédios já existentes e o perfilhamento de cinco programas gerenciadores de novas edificações escolares. (LIMA, 1995)

Segundo a mesma autora, na década de 50 em São Paulo, não se projetavam edificações escolares com o objetivo de atender às necessidades pedagógicas, e sim em preencher a demanda das vagas. Nesse período, houve uma padronização relativa na rede de escolas públicas, na tentativa de normatização e sistematização para atender ao rápido crescimento populacional. Com isso, houve uma redução qualitativa nas construções, com supressão de espaços como biblioteca, auditório e quadra coberta. As estruturas das escolas passaram a ser mínimas. Mas, em função da situação de pobreza da maior parte da população frequentadora das escolas públicas de rede de São Paulo, tornou-se indispensável a construção de uma cozinha para o preparo da merenda, e também salas de atendimento médico-odontológico.

A partir desse empenho, ou seja, atender às diversas necessidades da sociedade, vários acontecimentos educacionais tomam corpo ao longo do período conhecido historicamente como Segunda República, que vai de 1945 a 1964, e acompanham as mudanças ocorridas no modelo socioeconômico brasileiro. Na educação, houve um debate nunca visto antes que teve como pano de fundo o projeto da Lei de Diretrizes e Bases - LDB, que leva treze anos para entrar em vigor e, quando entra, já estava ultrapassada. Posteriormente no início da década de 60, do século XX, a discussão sobre a educação popular toma novo fôlego com diversos movimentos importantes. Darcy Ribeiro, inspirado nas idéias de Anísio Teixeira funda a Universidade de Brasília. (COELHO E CAVALIERE, 2002)

De acordo com as mesmas autoras, o ensino técnico, que podia atender às classes populares, continua a não merecer destaque especial por parte dos legisladores e gestores. Todos esses desencontros aumentam o descompasso entre a estrutura educacional e o sistema econômico, pois a legislação acaba refletindo nos interesses das classes representadas pelo poder. Porém, a intensa movimentação do momento histórico repercute os diversos movimentos pedagógicos, dos quais se é relevante destacar a obra de Paulo Freire e os Movimentos de Educação de Bases (MEB).

Posteriormente, no período da ditadura militar, institui-se a Lei 5692, de 11 de agosto de 1971, a qual, apesar de não ser considerada uma Lei de Diretrizes e Bases da Educação, fixa as determinações para o primeiro e segundo graus, estabelecendo oito anos para o ensino de primeiro grau e três para o de segundo.

A mudança principal no ensino fundamental de oito anos é pedagógica através de uma programação integrada dos cursos e uma adoção de métodos ativos, o que traz como consequência uma nova interpretação física e espacial dos prédios e da rede de prédios escolares. (MEC S. G. PREMEN DOC, 1973: 01)

Inicia-se então a fase conhecida como tecnicismo pedagógico, que exige um novo conceito em edificações escolares. Naquele momento, o projeto dos CIEPs (figura 7) de Oscar Niemeyer, de feição modernista, passa a ser referência para essas edificações, quando se assume a racionalização da construção com a aceitação de módulo como ritmo e marcação da fachada

escolar. A imagem institucional fica clara, com aspecto grandioso e pavilhonar. No entanto, esse tipo de arquitetura restringe a apropriação dos espaços da escola pelos usuários diretos e indiretos (comunidade), haja vista a própria escala do edifício e a imagem institucional, marcada pela utilização do concreto aparente. Na mesma ocasião, fica clara a estreita relação entre o momento sócio-político-econômico atrelado às consequências educativas; no âmbito espacial, inclusive.

Além disso, a indefinição sobre o espaço de entrada da escola inibe o acesso das pessoas no edifício escolar, e a não-visualização dos espaços internos impossibilita a apropriação do prédio, em uma clara referência à elitização do ensino.



Figura 7: Fachada Principal CIEP
Fonte: www.2.bp.blogspot.com

Percebe-se, neste estudo, que a arquitetura é um precioso coadjuvante, mas não a base da educação. Infelizmente, como veremos a seguir, parece que os governos têm mais facilidade em atingir a qualidade nas estruturas físicas dos equipamentos de ensino do que no contexto pedagógico do processo de ensino-aprendizagem efetivamente. Corrobora-se com Bastos (2009) quando esta

autora aponta que a arquitetura escolar não tem como permanecer isenta à decadência da educação como um todo, pois esta área acaba sofrendo desde a falta de interlocução na definição espacial dos programas até o mau uso e a falta de manutenção que comprometem o considerável patrimônio arquitetônico da escola pública brasileira.

Independente dos aspectos negativos interferentes, como a falta de interlocução dos gestores do Sistema como os interessados no progresso da educação, a arquitetura pode contribuir significativamente no processo de aprendizagem.

2.2. Surgimento das Escolas de Tempo Integral

Concebeu-se o conceito de educação em tempo integral no auge do movimento operário, em Bruxelas, no Congresso da Associação Internacional dos trabalhadores, realizado em 1868. Coube ao pedagogo Paul Robin, militante do movimento, a sistematização de uma prática pedagógica baseada nos conceitos de educação integral. Após, escreveu-se ao congresso uma moção também de autoria de Robin, que assumiu o cargo de Secretário do Conselho Geral da Associação Internacional dos Trabalhadores - A.I.T., a convite de seu presidente, Karl Marx. (COELHO e CAVALIERE, 2002)

Segundo as mesmas autoras, a concepção e a prática da educação integral, na perspectiva anarquista, baseavam-se em três princípios básicos: “educação intelectual, a educação física (que se subdivide em esportiva, manual e profissional) e a educação moral”. A educação tradicional trabalha o intelectualismo conforme à aprendizagem do patrimônio cultural produzido pela humanidade e, na nova proposta, devem-se focar as três áreas de maneira igualitária.

Na perspectiva contemporânea uma educação integral é fundamental em nossos dias, para que as escolas possam abandonar o modelo até então hegemônico de transmissão de informações. Aqui continuam válidas as críticas dos anarquistas e suas propostas de alteração de rota. Uma educação intelectual voltada para o processo e não para o produto, que privilegia a curiosidade, a busca, a construção de saberes, pode formar indivíduos muito mais “anteados” com as necessidades contemporâneas. (COELHO E CAVALIERE, 2002)

É um desafio atingir estas propostas construtivistas que visam à educação ampliada, para que o aluno seja o maior contemplado pelas suas conquistas. Em consequência, a sociedade beneficiar-se-á com toda a evolução em todos os aspectos.

2.2.1. Bahia, décadas de 40 e 50

Em 1947, num cenário de democratização do País, finda a ditadura Vargas (1937 – 1946). Na Bahia, Anísio Teixeira, como Secretário da Educação do Estado, concebeu o Plano Estadual de Educação Escolar que criou conceitualmente a escola-parque, um espaço completo de formação educacional. Para ele, a escola tinha de ensinar a viver com inteligência, tolerância e felicidade; educar em vez de instruir; preparar para um futuro incerto e formar homens livres. O ambiente escolar devia ser de liberdade e confiança mútua entre professores e alunos. (MENEZES 2002)

Segundo o mesmo autor, as escolas comunitárias norte-americanas inspiraram o programa da escola-parque, em que se propôs um sistema no qual a educação da sala de aula complementar-se-ia por uma educação dirigida. Este se compunha de "escolas-classe" e "escolas-parque": quatro escolas-classe, para mil alunos cada, construídas no entorno de uma escola-parque, para quatro mil alunos. Os alunos frequentariam ambas em sistema alternado de turnos.



Figura 8: Escola Parque Anísio Teixeira
 Fonte: www.revistaau.com.br

Na escola-parque funcionavam as atividades complementares: educação física, social, artística e industrial. O arquiteto Diógenes Rebouças projetou (figura 8) uma delas, o Centro Educacional Carneiro Ribeiro (primeira etapa 1947, segunda etapa 1956) idealizando um espaço completo de formação. O período mescla princípios modernos na arquitetura e idealismo social nos programas arquitetônicos. (MENEZES 2002)

De acordo com o mesmo autor, essa escola ocupa uma área arborizada com 42.292 m² em toda sua extensão, com aproximadamente 6.203 m² de área construída. Ela se compõe por um conjunto de edifícios, com os seguintes setores: pavilhão de trabalho; socializante; pavilhão de educação física, jogos e recreação; biblioteca; administrativo geral e almoxarifado; teatro ao ar livre e artístico.

Ainda segundo e mesmo autor, nesses setores, as atividades se desenvolvem em consonância com o currículo praticado nas escolas convencionais (escola currículo formal). As crianças num dos períodos permaneceriam nas escolas-classe (figura 9 e 10), e noutro dirigir-se-iam às escolas-parque, motivadas pela diversificação de atividades que lá encontrariam, com direito de escolhê-las de acordo com a vontade e a aptidão de cada um,

das disponibilizadas no complexo. Além de a referida escola ser um local amplo, diferente das tradicionais a que estavam acostumados.



Figura 9: Fachada Escola Parque Núcleo de Leitura
Fonte: www.1.bp.blogspot.com



Figura 10: Foto Interna Escola Parque Núcleo Leitura
Fonte: www.1.bp.blogspot.com

Projetaram-se cuidadosamente todos os pavilhões e os equiparam para atender ao fim proposto, ou seja, escolas em tempo integral. Os setores artísticos de teatro, instrumentos musicais, salas de dança e equipamentos de ginástica, devidamente aparelhados, compõem o espaço destinado às atividades de: cantar, dançar, trabalhar, brincar, representar e ler, algumas das muitas desenvolvidas na escola-parque por alunos orientados pelos professores-instrutores no desempenho das artes pertinentes a este local. (MENEZES 2002)

Tais escolas se destinam às crianças carentes da comunidade do bairro da Liberdade, que certamente não teriam as mesmas oportunidades em uma escola tradicional. Dentre os setores que fazem parte do complexo-parque, a biblioteca impressiona tanto por sua arquitetura quanto pelas atividades educativas lá desenvolvidas. Na figura 11 foto do pátio que dá acesso aos blocos que compõem a escola-parque e figura 12 passeio da entrada do Núcleo de Alimentação.



Figura 11: Pátio entrada principal Escola Parque
Fonte: Secretaria Estadual da Educação da Bahia



Figura 12: Acesso ao Núcleo de Alimentação
Fonte: Secretaria Estadual da Educação da Bahia

Os pavilhões destinados a cada atividade possuíam características próprias, porém desprovidas de qualquer requinte, como afirma Rebouças (1992), arquiteto do projeto:

“a construção é muito simples, sem qualquer luxo. Lá foi feito um teatro, um teatro ao ar livre, um grande ginásio de esportes – talvez um dos maiores ginásios da Bahia – um centro de educação, um centro de trabalho, um local para as atividades de alimentação, um pavilhão de atividades socializantes, uma biblioteca e a parte da administração, quer dizer, são mais ou menos 10 pavilhões.”

Do projeto inicial, a residência para abrigar crianças sem lar, que viveriam na escola-parque em regime de semi-internato, foi o único setor não construído. No discurso de inauguração do CECR, Anísio Teixeira enfatizou a necessidade da extensão daquele projeto para outros bairros, no propósito de permitir educação em tempo integral para todas as crianças da cidade excluídas do processo educacional. (MENEZES 2002)

Ocorreu também na década de 50 em Brasília, a implantação das escolas de tempo integral, com estrutura semelhante aos CECR, compostos por uma escola-parque para atender a quatro escolas-classe. Estas não serão referenciadas, pois suas estruturas diferem das ETIs implantadas em Palmas, onde o arranjo dos blocos estão definidos no mesmo terreno distribuídos tanto para as atividades do currículo formal quanto as artísticas e esportivas.

2.2.2. Rio de Janeiro, década de 80

Já no Estado do Rio de Janeiro iniciou-se a adoção do regime de tempo integral mais conhecida nacionalmente. Na gestão do pedagogo Darcy Ribeiro, como Secretário de Educação de Leonel Brizola, criaram-se os Centros Integrados de Educação Pública (CIEPs 1985), bem como os prédios concebidos por Oscar Niemeyer, construídos com blocos de concreto pré-moldados. Estes podiam abrigar mil crianças em horário integral de dois turnos. Os CIEPs espalhados por todo o Estado ofereciam infraestrutura composta de bibliotecas, quadras de esporte, refeitório, vestiário, gabinete médico e odontológico, dentre outros. (MENEZES 2002)

De acordo com Bastos (2009), o projeto arquitetônico dos CIEPs coube ao arquiteto Oscar Niemeyer (em colaboração com Carlos Magalhães da

Silveira, José Manoel Klost Lopes da Silva, João Cândido Niemeyer Soares e Hans Muller), contemplando um edifício principal de três pavimentos, com 24 salas de aula, refeitório, consultório e serviços auxiliares, e, em dois anexos, a biblioteca e um ginásio de esportes. Essa configuração demandava terrenos de dez mil metros quadrados. Tendo em vista a dificuldade de se encontrarem grandes terrenos nas áreas de maior densidade populacional, buscou-se uma solução mais compacta, incluindo-se a quadra esportiva na cobertura do edifício escolar.

Segundo a mesma autora, a definição técnico-construtiva utilizava estrutura de concreto pré-moldado, solução então justificada pela escala do programa e rapidez da execução (seis meses). As peças estruturais se definiram junto com o projeto e se produziram na "fábrica de escolas", coordenada então por João Figueiras Lima.

O edifício das salas de aula apresenta planta convencional com quinze vãos de 5m no sentido longitudinal, e de 6m a 8m no transversal. No térreo se concentram as áreas destinadas a consultório e refeitório, que extravasam para fora da estrutura nas duas extremidades do edifício. A circulação vertical dá-se por ampla rampa colocada numa das laterais maiores, e os dois pavimentos das salas de aula têm circulação central. Ainda de acordo com Bastos (idem), a estrutura desenha vãos verticais arredondados, ocupados por peitoril colorido e esquadrias de alumínio. A biblioteca tem projeção e abertura octogonais. O ginásio se limita a uma cobertura com apoio nos dois lados maiores e 20m livres no sentido transversal conforme se observa na figura 13.

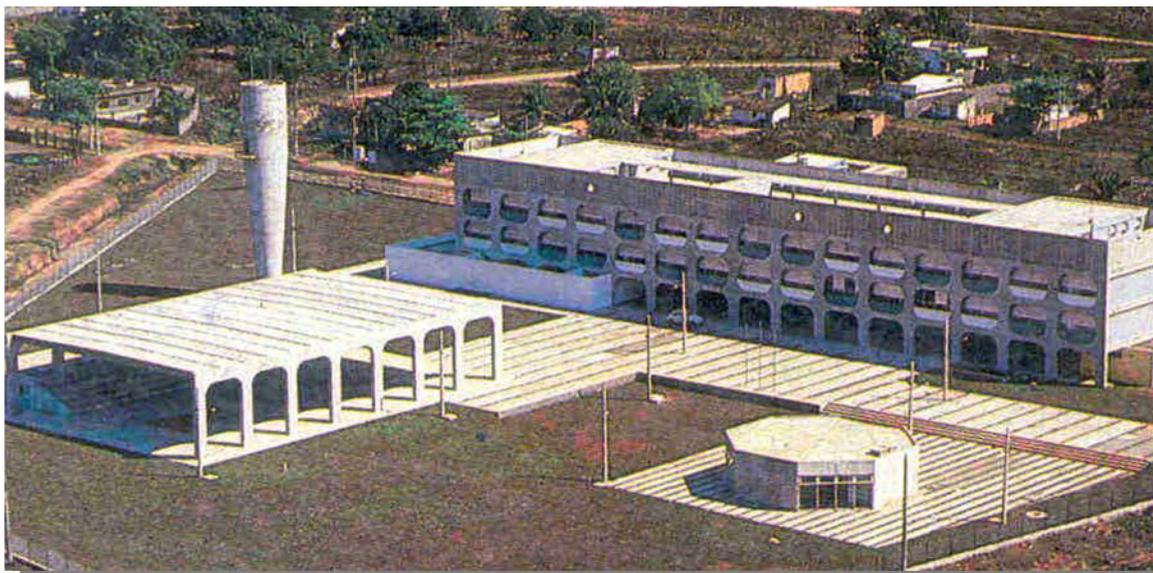


Figura 13: CIEP implantado no Rio de Janeiro
 Fonte: RIBEIRO, Darcy. **O Livro dos CIEPs**. RJ: Bloch Editores S.A., 1986.

De acordo com Bastos (2009), fizeram-se várias críticas ao programa em seu todo, porém, especificamente sobre a arquitetura apontou-se que, relativo aos prédios, mesmo se considerar a notoriedade do arquiteto, as exigências de adaptação aos terrenos acabaram por encarecer demais a construção. A urgência em terminar as construções (antes da eleição de 1986, na qual Darcy Ribeiro se candidatava a governador) trouxe outros problemas construtivos, como rachaduras, afundamentos, vazamentos e falta de conforto acústico². Assim, em 1987, dos 500 CIEPs prometidos, apenas 117 entraram em funcionamento.

2.2.3. São Paulo, década de 80

Em São Paulo (1988), instituiu-se o Programa de Formação Integral da Criança (PROFIC), a fim de oferecer jornada de tempo integral aos alunos do primeiro grau, principalmente para solucionar os problemas de evasão e repetência. Era, também, uma resposta aos riscos a que as crianças se expunham fora da escola, reativando a ideia de escola protetora, disseminada na década de 20. O programa não chegou ao governo seguinte, desativaram e substituíram-no pela proposta de aumento da jornada nas primeiras séries. O impedimento apontado estava justamente na falta de estrutura predial, e a grande crítica se baseava justamente pelo fato de esta não se adequar à

² Pois no afã de atender às áreas carentes de todo o estado, construíram-se edificações às margens de rodovias ou em cruzamentos movimentados.

implantação de horário integral, pois 40% das escolas funcionavam em regime de quatro turnos, sem espaços para atividades em tempo integral. (ARANHA, 1996)

2.2.4. CAICs, década de 90

Na esfera federal, década de 90, o Governo Collor fundou os Centros de Atendimento à Criança (CIACs), instituídos em 1991, como parte do “Projeto Minha Gente”, inspirados no modelo dos Centros Integrados de Educação Pública (CIEPs), do Rio de Janeiro, implantados na gestão de Leonel Brizola. De acordo com Menezes (2002), objetivava-se atender à criança e ao adolescente, com o envolvimento da educação fundamental em tempo integral, programas de assistência à saúde, lazer e atividades profissionalizantes, e outros. O projeto sofreu as mesmas críticas feitas contra os CIEPs, a do favorecimento ao clientelismo político implícito, inclusive. Principalmente porque propunha a construção de cinco mil escolas em todo o país, a um custo de dois milhões de dólares por unidade, sem que o governo federal dispusesse de meios financeiros e humanos para operá-las.

Alguns educadores criticaram esse tipo de projeto (CIEPs e CAICs), diziam ser mais eficaz gastar esses recursos no modelo de rede escolar já existente, atendendo-se a um maior número de crianças. O *impeachment* do presidente Collor não significou o fim do projeto dos CIACs, pois, para não perder os investimentos já realizados, da ordem de um bilhão de dólares, o ministro Murílio Hingel decidiu dar continuidade ao programa em outros termos. Optou pela alteração de sua sigla, inclusive, com gastos previstos de três bilhões de dólares para o período 1993-1995. A partir de 1992, passaram a se chamar Centros de Atenção Integral à Criança (CAICs).

Estes tinham uma estrutura menos ambiciosa do que a dos CIEPs, com solução arquitetônica ancorada no sistema de industrialização das peças de argamassa armada, de autoria do arquiteto João Figueiredo Lima. As figuras 14 e 13 ilustram a estrutura de concreto aparente do pavilhão do bloco das salas de aula do CAIC, implantado no Rio Grande, e a quadra coberta.



Figura 14: Pavilhão das salas de aula
Fonte: <http://caicfurg.blogspot.com/>



Figura 15: Quadra coberta e campo de futebol
Fonte: <http://caicfurg.blogspot.com/>

2.2.5. São Paulo, CEU, século XXI

A Escola-parque idealizada por Anísio Teixeira também serviu de inspiração para um projeto ambicioso da Prefeitura de São Paulo na gestão Marta Suplicy (2001-2004), que fez os Centros Educacionais Unificados (CEUs). Essas escolas ocupam áreas em locais carentes, distantes das áreas centrais do município e propõem um programa educacional amplo, incluindo-se atividades esportivas e artísticas. Além do contexto educacional, libera-se o espaço físico para encontro da comunidade, como praça ou clube de lazer nos finais de semana. (DÓRIA e PEREZ, 2007)

Dessa forma, a educação se estende à família e esses benefícios propiciam novos conceitos de relações sociais gerando uma cultura de aprimoramento da sociedade.

Neste caso específico, a inspiração pedagógica da escola-parque de Anísio Teixeira parece ser também arquitetônica. O projeto homenageia o desenho moderno que o pedagogo tanto prezava. Alexandre Delijaicov, André Takiya e Wanderley Ariza, arquitetos da divisão de projetos do departamento de edificações da Secretaria de Serviços e Obras da Prefeitura de São Paulo, elaboraram o projeto básico dos CEUs. Já o desenvolvimento deste e sua adaptação aos diferentes terrenos se efetivaram por diferentes escritórios de arquitetura. (BASTOS, s/d).

Basicamente, o projeto contempla um volume cilíndrico para a creche, (figura 16), um edifício de projeção retangular longo e estreito, em geral com três pavimentos para os ensinos infantil e fundamental (figura 17) o qual abriga teatro, instalações esportivas e ainda parque aquático com três piscinas.



Figura 16: Piscinas e bloco circular da creche
Fonte: Portal Vitruvius



Figura 17: Piscinas e pavilhão das salas de aula
Fonte: Portal Vitruvius

Segundo a mesma autora, os CEUs são estruturas de grande porte, para 2.400 alunos, com a modulação bem marcada. A circulação vertical, no centro do bloco, se distribui nos andares em dois corredores laterais, como varandas, separados das salas por grandes caixilhos com vidro. Os Centros reúnem às funções pedagógicas e comunitárias, além de exercerem uma marca positiva no bairro, favorecendo melhorias.

Arquiteticamente, é curioso observar que características do desenho moderno dos anos 40 e 50 no Brasil, que geraram as soluções formais da Escola-Parque em Salvador, persistem tanto nos CIEPs dos anos 80, quanto nos CEUs em São Paulo. Naturalmente, a escala é outra, os tempos são outros, nos CIEPs e nos CEUs os projetos são padronizados com uso de elementos pré-moldados de concreto. No entanto, permanecem a divisão funcional dos volumes, o emprego de blocos alongados para as salas de aula e o contraponto de um volume que foge da ortogonalidade. nos CIEPs a biblioteca, nos CEUs a creche, nas escolas do Convênio as formas trapezoidais dos anfiteatros e na Escola-Parque Carneiro Ribeiro, em Salvador, a biblioteca de planta circular e cobertura de concreto radialmente dobrada em pregas. (ibitem)

Dos exemplos citados, examinar-se-ão, mais detalhadamente, os projetos arquitetônicos dos CIEPs e dos CEUs. Um dos critérios para a escolha desses modelos de projeto ocorreu por se assemelharem na distribuição organizacional da estrutura física por meio de blocos, como acontece na ETI de Palmas. O segundo critério na definição da escolha dessas unidades deve-se às

atividades do currículo formal, serem ministradas no mesmo terreno ao das atividades esportivas e artísticas, mas em blocos distintos, como acontece em Palmas.

3. CONFORTO AMBIENTAL E ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

3.1. Clima

Podem-se citar basicamente dois fatores que originam o clima: o balanço da radiação no sistema atmosfera/superfície e a circulação geral da atmosfera. No primeiro caso, o lugar determina as características térmicas da região. A superfície curva da terra e a atmosfera captam durante todo o dia a energia irradiada pelo sol. Por meio de parte da radiação absorvida pela superfície da Terra, esta se transforma em calor e se propaga para a atmosfera, através de ondas longas, impedindo os fortes resfriamentos noturnos, pois a atmosfera dificulta a dissipação do calor nas camadas altas. No caso da circulação, outro processo que origina o clima, esta resulta da atuação de fatores térmicos, como a circulação meridiana, sentido norte-sul, que provoca as dinâmicas podendo estabelecer uma circulação zonal, sentido leste-oeste. Esse processo se sobrepõe ao da meridiana, estabelecendo os climas zonais bem definidos nas faixas de latitude. (SILVEIRA, 1999)

Para Frota e Schiffer (2003), adequar a arquitetura ao clima de um determinado local significa construir espaços que possibilitem ao homem condições de conforto. À arquitetura cabe tanto amenizar as sensações de desconforto impostas por climas muito rígidos, tais como as de excessivo calor, frio ou vento, quanto propiciar ambientes, no mínimo, tão confortáveis como os espaços ao ar livre em climas amenos.

Conforme Santos (2004), o clima, o substrato rochoso e o relevo são os temas de maior hierarquia para caracterizar e ordenar as paisagens. Como diagnóstico, o estudo do clima busca esclarecer a influência desse elemento na vida, na saúde, na distribuição e nas atividades humanas da área planejada. Em larga escala temporal, os dados permitem reconhecer a influência do clima sobre o solo, a fauna e a flora, auxiliando na compreensão do cenário atual de determinada região.

As diferenças geomorfológicas da região tropical do Brasil e a diversidade do clima, segundo Villas Boas (1985), expressas pela temperatura, umidade (e regime de chuvas), ventos e radiação solar são suficientes para exigir um tratamento diferenciado em relação à forma e variedade dos espaços construídos; não devem, pois, serem tratadas como um mesmo aspecto a se repetir aleatoriamente. Devem-se avaliar as condições do ambiente construído e buscar o controle, por meio da concepção da forma e do uso adequado de elementos naturais e técnicas construtivas, aquelas variáveis do ambiente, incompatíveis com a saúde, o conforto e o bem-estar dos indivíduos.

No processo de elaboração da concepção arquitetônica, é necessário conhecer o clima local, onde se executará o projeto, e propor um ambiente construído o mais adequado possível ao clima.

Para Corbella e Yannas (2003), em climas tropicais, a principal causa de desconforto térmico é o ganho de calor adquirido pela absorção da energia solar que atinge as superfícies das edificações. Portanto, é relevante, no processo de concepção do projeto arquitetônico, proteger as superfícies da radiação solar dos ambientes, principalmente com relação às atividades desempenhadas nestes, assim como a permeabilidade do vento na edificação. Outro fator a se considerar, para melhorar a sensação de conforto - e que deve estar presente nos primeiros esboços de uma proposta arquitetônica - é o de garantir conforto térmico de forma passiva aos ocupantes de uma edificação.

Conhecer essas variáveis é fundamental para o processo de elaboração de projetos de edificações adequados ao conforto ambiental. As diversas particularidades climáticas, quando bem analisadas, podem favorecer determinadas soluções na obtenção de um projeto mais adequado à região.

Nos tópicos seguintes, discorre-se a respeito dessas importantes variáveis para o processo de elaboração de projetos adequados ao clima local.

3.1.1. Elementos climáticos

Dentre os elementos climáticos definidores do clima de cada região, os que mais interferem no desempenho térmico dos ambientes construídos são: a

oscilação diária e anual da temperatura e umidade relativa, a quantidade de radiação solar incidente, a porcentagem de nebulosidade do céu, os índices pluviométricos, a predominância de época e o sentido dos ventos. (FROTA e SCHIFER, 2003).

Radiação solar: principal fonte de energia para o planeta. Da radiação que atinge o solo, parte é absorvida e transformada em fonte de calor: a maior influência na distribuição da temperatura no globo. A quantidade total de radiação recebida anualmente pela Terra varia de acordo com a época do ano e a latitude da região. Mede-se em w/m^2 ou wh/m^2 . (FROTA e SCHIFFER, 2003)

Para Evans e Schiller (1991), o movimento de translação da terra em torno do sol é levemente elíptico e provoca variações segundo os meses do ano, enquanto o de rotação produz variações horárias. A terra gira em torno de um eixo que vai desde o Polo Norte até o Polo Sul, e sua inclinação é de $23^\circ 27'$ com relação à permanência no plano que forma a órbita da terra em torno do sol; esta inclinação constante é responsável pela variação das estações no clima.

Segundo Amorim (1998), durante o solstício de 22 de dezembro, pode-se observar o hemisfério sul inclinado em relação ao sol; nesse período, recebe mais horas de sol e a radiação incide com ângulo maior na superfície terrestre. No equinócio de 21 de março ou 23 de setembro, o sol é constante para ambos os hemisférios, dado o sol girar em torno do equador. No solstício de 22 de junho, o hemisfério sul recebe menos sol e a radiação incide com um ângulo menor.

Temperatura: elemento climático mais conhecido e fácil de medir. A quantidade de calor ganho ou perdido pelo solo ou superfícies em contato com o ar resulta basicamente dos fluxos das grandes massas de ar e da absorção das radiações solares. Esta é desigual por a radiação solar não atingir da mesma forma todas as partes da superfície terrestre e pela diversidade destas, como o solo e a água. Medindo-se em $^\circ C$. (DUTRA, LAMBERTS e PEREIRA, 2004)

Haja vista a inclinação do eixo da terra, os raios do sol incidem sobre a superfície em diversificados ângulos. Isso ocasiona incidências solares desiguais e, se associados a diversos coeficientes de absorção da radiação solar, dos

diferentes tipos de solo e de disposição das águas, levam a uma distribuição desigual da energia solar. Para Romero (1988), o efeito dessa diversidade é o aparecimento de movimentos de massa de ar e de água (correntes marinhas), bem como a diferença das trocas de matéria e energia entre a terra, o ar e o mar.

Umidade atmosférica: consequência da evaporação das águas proveniente dos mares, rios, lagos e da terra, assim como da transpiração das plantas. Define-se a umidade absoluta do ar (g/m^3) pela quantidade de partículas de água contidas em uma determinada unidade de volume de ar. A relação do conteúdo real de vapor d'água no ar, em função da quantidade de umidade a uma determinada temperatura, que este pode conter, em porcentagem (%), estabelece-se como umidade relativa. (FROTA e SCHIFER, 2003)

Em regiões com taxa de umidade alta, a transmissão de radiação solar diminui por meio do vapor d'água e das nuvens, parte é absorvida e outra redistribuída à atmosfera que volta ao espaço. Nesses locais, as temperaturas externas tendem a se atenuar. Por isso, em locais com ar muito seco, os dias tendem a ser muito quentes e as noites muito frias. Entretanto, as altas taxas de umidade relativas aumentam a sensação de desconforto térmico, pois a pele tem dificuldade em evaporar o suor. Logo, a umidade do ar atua diretamente na capacidade da pele de evaporar o suor. (DUTRA, LAMBERTS E PEREIRA, 2004)

Nebulosidade: A porcentagem das nuvens que recobrem o céu também interfere na quantidade de radiação solar que atinge o solo; denomina-se nebulosidade. Se a maior parte do céu estiver encoberto por nuvens suficientemente espessas, estas poderão formar uma barreira para impedir a penetração de parte significativa da radiação solar direta. (FROTA E SCHIFFER, 2003)

Pluviosidade: variável nas diversas regiões da Terra, em função da alteração da pressão atmosférica, dos relevos e das massas de ar úmido que se resfriam rapidamente por contatar com as massas de ar mais frias. A quantidade de precipitação em cada mês define a pluviosidade de um local, pela distribuição

das chuvas ao longo do ano. Nos locais próximos ao da linha do Equador, a incidência de chuvas predomina durante todo o ano.

De acordo com Amorim (1998), mede-se a pluviosidade em milímetro; considera-se uma pluviosidade anual menor (500mm) insuficiente para o crescimento da vegetação. Sem dúvida, a possibilidade de manter a vegetação depende da temperatura do ar, da distribuição das chuvas durante o ano, e sua variação no arco de vários anos. Normalmente as chuvas se relacionam com o vento proveniente de certas direções, dado importante para a elaboração do projeto.

Ventos: O deslocamento das massas de ar se relaciona com as variações de temperatura, provocadas pelas diferenças de pressão atmosférica. O deslocamento do ar também sofre grande influência da rugosidade da superfície; a tendência é a velocidade de o vento aumentar com a altitude.

A nível do globo, o determinante principal das direções e características dos ventos é a destruição sazonal das pressões atmosféricas. A variação das pressões atmosféricas pode ser explicada, entre outros fatores, pelo aquecimento e esfriamento das terras e mares, pelo gradiente de temperatura no globo e pelo movimento de rotação da Terra. (FROTA E SCHIFFER 2003)

Para Evans e Schiller (1991), a variação da incidência da radiação solar na terra e a distribuição desordenada das massas continentais e oceânicas produzem diferenças na pressão atmosférica que provoca o movimento do ar a escalas mundial, das zonas de alta e de baixa pressão. A velocidade dos ventos não é constante, há uma tendência de aumentar perto do meio dia, quando os valores da radiação solar atingem os níveis máximos e produzem turbulência devido à subida do ar quente e descida do ar frio. As velocidades mínimas do vento se dão nas últimas horas da tarde, quando as coberturas superficiais do ar são mais frias e reduzem o intercâmbio com as coberturas superiores, que têm velocidades maiores.

O arquiteto deve analisar os fatores locais em relação ao vento, tais como: sua velocidade, predominância da sua direção e mudanças diárias ou sazonais. Provido dessas informações, o projetista tem condições de elaborar o

diagrama do tipo “rosa-dos-ventos” e de conhecer as probabilidades de ocorrência dos ventos e a principal orientação e sua velocidade.

A renovação do ar dos ambientes, segundo Frota e Schiffer (2003), proporciona a dissipação de calor e a desconcentração de vapores, fumaça, poeiras, e poluentes.

Segundo Nascimento (1993), o movimento do ar na atmosfera está diretamente ligado por relações mútuas de causa e efeito à temperatura do ar. Sendo que ambos influenciam de forma direta na variação da pressão atmosférica, que, por sua vez, afeta os demais elementos do clima. O autor menciona, ainda, que se definem os ventos pela direção e velocidade. Constatase, assim, a importância dos ventos e seus efeitos sobre as condições de conforto térmico e a qualidade do ar, que se diferenciam de acordo com as condições climáticas.

Os dados referentes aos elementos climáticos do sítio, Palmas, a serem considerados são: temperatura, precipitação, umidade relativa, ventos dominantes e radiação solar,

3.1.2. Fatores climáticos

Os fatores climáticos locais são os que estabelecem e originam o microclima, ou seja, características climáticas verificadas em um ponto restrito de cada região, tais como: latitude, altitude, topografia, a vegetação e a superfície do solo natural ou construído.

3.1.2.1. Aspectos geográficos da região

Quando se mencionam as coordenadas geográficas da região, tem-se em mente latitude, longitude e altitude, que interferem de diversas maneiras no clima.

Sabe-se que a representação da superfície terrestre baseia-se na divisão de sistema composto por um conjunto de linhas imaginárias chamadas de latitude e longitude. Aquela se determina pela distância angular em relação à linha do Equador, indicando as posições norte e sul. Esta estabelece as

posições leste e oeste conforme a distância angular em relação ao meridiano de Greenwich. As relações espaciais entre os objetos sofrem interferências da latitude e da longitude para a localização exata na superfície da terra, pois ambas estabelecem o sistema de coordenadas, de paralelos e de meridianos. Já a altitude dá a referência de determinado objeto ou local em relação ao nível do mar.

Latitude: principal fator geográfico, pois se refere ao posicionamento de um determinado local em relação ao equador. Esse posicionamento determinará, por sua vez, a quantidade de radiação solar que a região receberá, em função da rota do sol em torno da terra. A temperatura do ar se resfria à medida que se aproxima dos polos, mas esse fenômeno não possui um padrão constante.

Altitude: localização de uma determinada região em relação ao nível do mar. Esse fator determina parte das características climáticas de uma região como a forte influência que exerce nas variações de temperatura. Estas decorrem pela rarefação do ar atmosférico, diminuição contínua da pressão da temperatura e da capacidade higrométrica do ar à medida que se aumenta a altitude.

Distribuição continentes e oceanos: esse fator interfere de forma significativa na variação da temperatura do globo terrestre e da não-uniformidade de distribuição de massas da terra e mar ao longo dos paralelos. (FROTA e SCHIFFER, 2003)

De acordo com estas autoras, a proximidade de uma determinada região com litoral atuará na distribuição dos ventos por sofrer influência da brisa marítima. As brisas terra-mar, sentido região litorânea, também se explicam a partir da diferença do calor específico entre ambos. Durante o dia a terra aquece mais rápido que a água, e o ar ao ascender da região mais fria para a mais quente força a circulação da brisa no sentido mar-terra, já à noite o sentido se inverte.

A proximidade do local com o oceano pode determinar características mais unidas e moderadas ao clima da região. Quanto mais afastado dos mares

maiores serão as variações de temperatura do ar, pois o calor específico da água é aproximadamente o dobro do da terra, resultando no aquecimento e resfriamento mais rápido da terra do que dos mares. (DUTRA, LAMBERTS e PEREIRA, 1997)

Topografia: provoca alterações nos movimentos dos ventos, que modificam as condições regionais. É o resultado de processos geológicos e orgânicos, sendo uma variante importante da superfície do solo que define a presença e/ou a ausência de água, o conteúdo de umidade do solo, seu dreno e a posição do lençol freático.

Cobertura vegetação: contribui significativamente no estabelecimento dos microclimas. O processo de fotossíntese contribui para umidificar o ar por meio do vapor d'água liberado por aquele. Em geral, a cobertura da vegetação tende a estabilizar os efeitos do clima nos seus arredores imediatos, diminuindo os extremos ambientais.

Segundo Mascaro e Mascaro (2002), um parâmetro importante para se observarem modificações da temperatura do ar, produzidas pela morfologia urbana, é o conhecimento objetivo das relações entre edifício, vegetação e a temperatura dos espaços externos urbanos, que se pode deduzir, também, da incidência direta e indireta da energia urbana: estimular trocas térmicas entre os edifícios e o entorno imediato, com e sem vegetação. As árvores, principalmente as de grande porte, acrescentam ao recinto urbano mais capacidade térmica, quando mais massa se inclui, isso aumenta sua inércia e provoca queda diurna das variações de temperatura. A vegetação pode funcionar como defletora do vento, alterando sua direção e velocidade.

Estes aspectos são instrumentos úteis para o arquiteto na avaliação preliminar das respostas da arquitetura aos problemas climáticos, no caso em estudo a elaboração de projetos de edificações escolas em tempo integral.

3.2. Conforto Ambiental

Desde os primórdios de sua existência, o homem tentava se adaptar às condições ambientais impostas pelo meio. *A priori*, protegia-se das intempéries

do clima e dos animais, nas cavernas, e, após, com o desenvolvimento de suas habilidades manuais passara a viver em cabanas e casas, adaptadas ao meio. Através de uma evolução prolongada foi superando limites até atingir o processo de industrialização.

Com a Revolução Industrial, a partir do século XVIII, e o crescimento urbano das cidades, ocorre a necessidade de estudar o conforto ambiental com o objetivo de melhorar as condições de higiene nas cidades. Nesse período, o arquiteto esteve alheio a este estudo, o desenvolvimento da pesquisa ficou sobre a responsabilidade dos médicos sanitaristas e o produto desta tratava do clima, da temperatura, luminosidade, ventilação e insolação, distância das ruas, altura das edificações, entre outras questões que propiciariam melhores condições de conforto à população. (SILVIA e AMORIM, 2006)

Para Corbella e Yannas (2003), o indivíduo está confortável no espaço em que habita quando se sente em neutralidade com relação a ele.

O conceito de conforto ambiental engloba algumas subáreas, dentre elas encontram-se os confortos térmico, luminoso, sonoro e o ergonômico. (AMORIM e BRAGA, 2009)

3.2.1. Conceitos e Fundamentos do Conforto Térmico

O conforto térmico encontra-se inserido no conforto ambiental, como também o lumínico, o acústico e o ergonômico. Seus estudos têm ligação estreita com as áreas de Engenharia e Arquitetura, por serem as responsáveis pela concepção e criação dos ambientes em que o homem passa grande parte de sua vida.

A preocupação do homem concernente a seu bem-estar e conforto é proporcional à evolução da humanidade, ou seja, quanto mais evoluídas se tornam as pessoas, mais exigentes ficam com relação a seu conforto e bem-estar.

Para Frota e Schiffer (1998), o termo conforto térmico se define pelas necessidades do organismo humano, com relação às trocas térmicas entre seu

metabolismo e o meio ambiente onde se insere, sem recorrer a mecanismos de termo-regulação.

Pode-se comparar o organismo humano, segundo Cartana (2006), a uma “máquina térmica”, que gera calor quando executa algum trabalho, o qual se deve dissipar em igual proporção ao ambiente, a fim de que não se eleve nem diminua a temperatura interna do corpo. Como o homem é um animal homeotérmico, isto é, deve manter sua temperatura corporal praticamente constante, esses desequilíbrios ocasionados entre a geração e a dissipação do calor pelo organismo podem ocasionar sensações desconfortáveis, ou mesmo patologias em casos mais extremos (*stress térmico*).

Para Maragno (2002), o ponto de partida para o estabelecimento das condições de conforto térmico será a definição de variáveis ambientais como: temperatura, umidade e velocidade do ar e radiação solar, atividade física e vestimenta, são parâmetros que possam estabelecer condições adequadas em relação ao comportamento térmico do ser humano diante do ambiente térmico. Nesse aspecto, os diferentes índices de conforto procuram englobar o efeito conjunto dessas variáveis por diferentes abordagens e metodologias. A aplicação desses índices permite o estabelecimento de zonas de conforto térmico, delimitadas graficamente sobre monogramas ou cartas e diagramas que limitam os parâmetros físicos e as definem.

A norma ANSI/ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers -1981), estabelece que: “o ambiente deve apresentar condições térmicas tais que **pelo menos 80% dos ocupantes** expressem satisfação com o ambiente térmico”.

A NBR 15.220-3 também faz referência ao conforto térmico, estabelecendo as estratégias de condicionamento térmico em edificações, zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas. Para a região de Palmas (figura 18), a norma apresenta o detalhamento das diferentes estratégias de condicionamento térmico passivo.

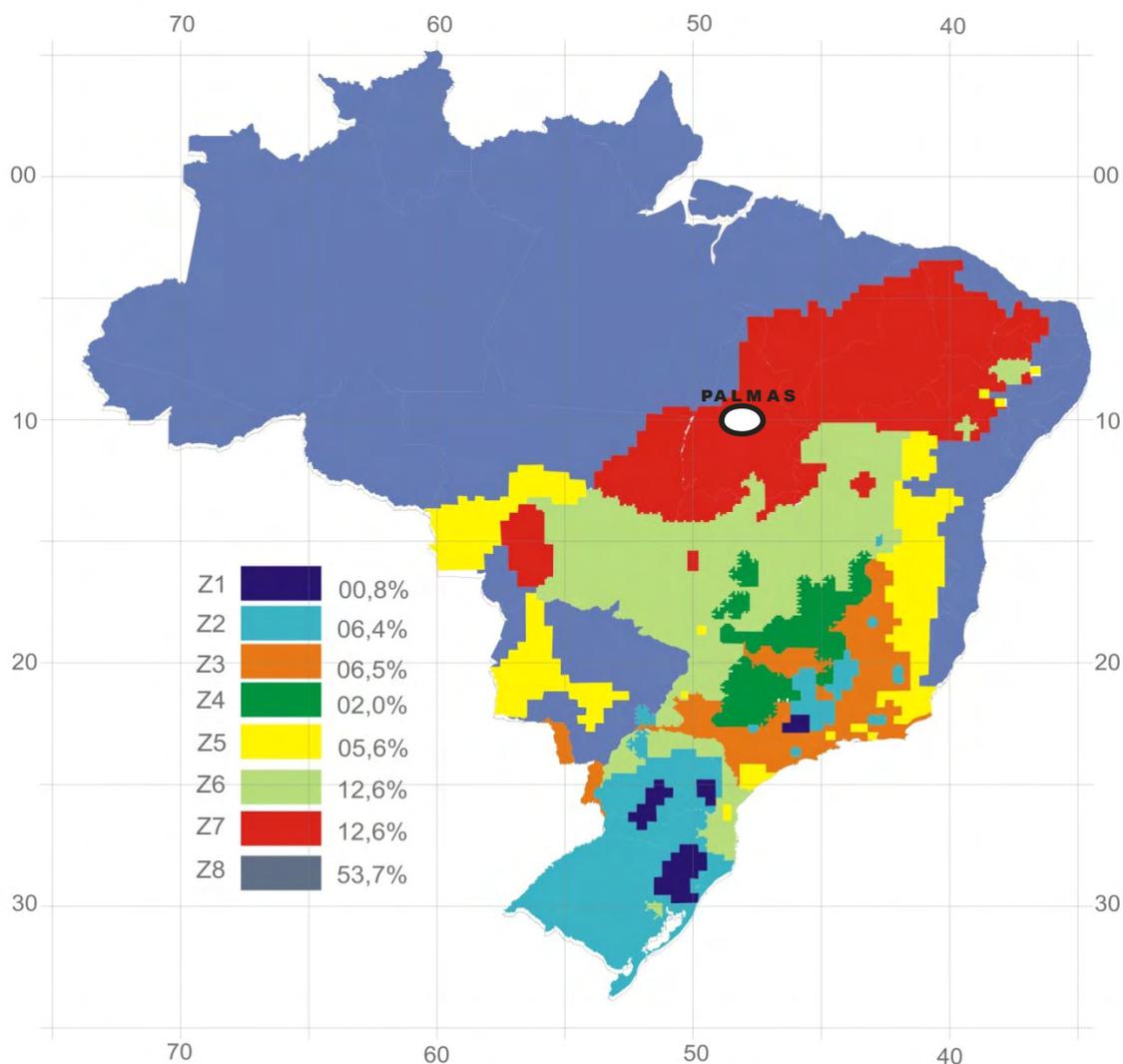


Figura 18: Zonas Bioclimáticas Brasileiras
Fonte: NBR 15.220-3.

O zoneamento bioclimático brasileiro, estabelecido pela NBR 15.220-3, que divide o território brasileiro em oito zonas, conforme se pode verificar na figura 18, onde se descreve a relação de 330 cidades cujos climas foram classificados, apresenta a metodologia adotada na determinação do zoneamento. Palmas se insere na zona bioclimática 7, que estabelece estratégias para obtenção do conforto térmico em edificações.

No detalhamento das estratégias de condicionamento térmico para a zona na qual Palmas está inserida, são definidas: F, G /H, H/I, I/J e K. Critérios para classificação bioclimática. O detalhamento dessas estratégias são as seguintes:

- **F:** As sensações térmicas são melhoradas através da desumidificação dos ambientes. Pode-se obter esta estratégia pela renovação do ar interno pelo ar externo através da ventilação dos ambientes.
- **G e H:** Em regiões quentes e secas, pode-se amenizar a sensação térmica no período de verão pela evaporação da água, e se obter o resfriamento evaporativo através do uso de vegetação, fontes de água ou outros recursos que permitam a evaporação desta diretamente no ambiente que se deseja resfriar.
- **H⁽³⁾ e I:** Nestas podem-se obter temperaturas internas mais agradáveis também pelo uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que se devolva o calor armazenado em seu interior durante o dia e ao exterior à noite, quando as temperaturas externas diminuem.
- **I e J:** Obtém-se a ventilação cruzada através da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isso significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma das fachadas, dever-se-ia manter a porta aberta para permitir a ventilação cruzada. Também se deve atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois este pode alterar significativamente a direção dos ventos.
- **K:** Necessitar-se-á usar o resfriamento artificial para amenizar eventual sensação de desconforto térmico por calor.

No caso da estratégia **K**, seu uso se faz necessário quando a região é muito quente e as estratégias passivas de condicionamento do ar são insuficientes para permitir a sensação de conforto térmico ao indivíduo.

Devem-se citar outros conceitos relativos ao conforto térmico, como: trocas térmicas entre corpo e ambiente; as variáveis do conforto térmico, e índices deste.

³ Presença obrigatória de acordo com a tabela B.1 dos critérios para classificação bioclimática da NBR 15 220-3

Mecanismos de termo-regulação: Tratam do processo de regulação do organismo humano com relação ao ambiente em que se insere, e apresentam condições térmicas inadequadas, ativando-se, assim, o seu sistema de termo-regulação para reduzir ou aumentar as perdas de calor. Esse processo se desencadeia quando a pessoa deixa de sentir conforto térmico tanto em relação ao frio como ao calor. (AMORIM e BRAGA, 2009)

- **Trocas térmicas entre corpo e ambiente:** A pele é o principal órgão de termorregulador do organismo humano através dela que se realizam as trocas de calor, que é regulada pelo fluxo sanguíneo que a percorre, quanto mais intenso o fluxo sanguíneo, mais elevada sua temperatura. A dissipação do calor corporal se faz por meio de trocas térmicas com o ambiente, envolvendo trocas secas: condução, convecção, radiação, e trocas úmidas: evaporação. O calor perdido para o ambiente através da trocas secas é denominado calor sensível e ocorre em função das diferenças de temperatura entre o corpo e o ambiente. E o calor perdido por trocas úmidas é denominado calor latente. Portanto o organismo perde calor para o ambiente sob duas formas: calor sensível e calor latente. (FROTA E SCHIFFER 2003)
- **Variáveis do conforto térmico:** subdividem-se em variáveis ambientais (valores da temperatura do ar, temperatura radiante, umidade relativa e velocidade do vento); atividade física gerada pelo metabolismo e vestimenta, por meio da resistência térmica da roupa. (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997)

Outros fatores a se levar em consideração, para Amorim e Braga 2009, são as variáveis, como sexo, idade, raça, hábitos alimentares, peso, altura etc., pois exercem influência nas condições de conforto de cada pessoa.

- **Índices do conforto térmico:** Segundo Amorim e Braga (2009), apesar de alguns pesquisadores sugerirem diferentes índices de conforto térmico, de forma geral estes se desenvolvem ao se fixar um tipo de atividade e a vestimenta da pessoa. Após a definição destes itens, incluem-se as variáveis do ambiente, relacionando-as sob forma de carta

ou monograma. Para Frota e Schiffer (1998), existem cerca de trinta índices de conforto, mas, para fins de aplicação às condições ambientais no interior dos edifícios e às condições climáticas brasileiras, devem-se utilizar apenas duas: as cartas bioclimáticas.

As características dos materiais utilizados na edificação, seja para conduzir ou criar resistência ao calor, são otimizadas quando levado em consideração as peculiares das atividades executadas na edificação.

3.2.2. Conceitos e Fundamentos do Conforto Acústico

Podem-se classificar as fontes de ruído, de acordo com Barroso-Krause; Santos; Niemeyer (2005), como ruído aéreo (propagado pelo ar) ou de impacto (propagado pelo corpo sólido – vibração) e, para cada uma delas, haverá um tratamento acústico específico. Deve-se propor a setorização das atividades a partir da hierarquização dos espaços, buscando para os ambientes que necessitam de menor índice de ruído ou pouquíssima interferência destes o afastamento dos demais espaços geradores de fontes sonoras.

É recomendável proporcionar conforto sonoro em ambientes destinados ao ensino, com baixos níveis de ruído de fundo, pois favorecem a concentração no trabalho intelectual, e a boa condição sonora também beneficia a comunicação verbal. A NBR 10.152 recomenda serem de 40 a 50 decibéis os níveis sonoros de ruídos aceitáveis em escolas.

Além disso, deve-se, em clima quente, atentar à circulação do ar. Nesse caso, recomenda-se a ventilação cruzada e, para isso, tem que se analisar o edifício como um todo, uma vez que, se o projeto propicia a ventilação cruzada, mas no cotidiano permanece com as janelas fechadas para minimizar a poluição sonora, há deficiência na sua elaboração relativa ao conforto acústico, como é o caso da escola em estudo. Dessa forma, o conforto sonoro prejudica o desempenho do conforto térmico.

Segundo Marco (1982), das inúmeras atividades nas quais a acústica tem incidência, a acústica arquitetônica ocupa-se de duas áreas específicas:

Defesa contra o ruído: Devem-se amenizar ou eliminar os sons indesejáveis. Esse contexto se refere tanto aos ruídos gerados no interior dos ambientes como os alheios ao local.

Controle de sons no recinto: Para uma boa comunicação sonora em locais como salas de aula, teatros e auditórios, é necessário homogeneizar o som a fim de preservar a sua qualidade e inteligibilidade, evitando-se problemas acústicos comuns como: ecos, ressonância e reverberação excessiva.

A definição de som, segundo Amorim e Braga (2009), trata da sensação causada no ouvido de acordo com a pressão do ar, produzida por determinada fonte de som, que pode ser um objeto móvel como: autos-falantes e cordas vocais ou o ar em movimento, motores ventiladores e tubos em instrumentos.

Para Marco (1982), os aspectos do som se subdividem em quatro: movimento oscilatório, onda sonora, intensidade do som e operação.

Movimento Oscilatório: Consiste na perturbação gerada por um corpo trepidante, transmitindo suas vibrações ao ambiente em que se encontra. As moléculas vizinhas se comunicam de acordo com a variação de pressão e criam ondas longitudinais de compressão e rarefação que partem do corpo. As moléculas do meio não se deslocam, elas oscilam em torno de suas posições de equilíbrio, o que se propaga é o movimento oscilatório.

Onda Sonora: O movimento da onda sonora depende das características do meio, como a pressão, umidade e especialmente a temperatura. A velocidade do deslocamento daquela independe da frequência e amplitude da oscilação, mas sim dos fatores supracitados.

Intensidade do som: Define-se como intensidade sonora um ponto ou uma direção com certa quantidade de energia transportada pela onda sonora por unidade de superfície normal à direção da onda. O nível sonoro de intensidade - NSI se expressa em decibel, isto é, a unidade utilizada para medir a intensidade do som.

Operação: A operação se estabelece a partir da equação de NSI, que multiplica a intensidade pelo fator dez, correspondente ao acréscimo de 10db no nível sonoro.

Em se tratando de ruído, para Corbella e Yannas (2003), é o som que perturba e provoca efeitos negativos como a perda de audição, da qualidade de vida, da concentração, interferindo na atenção voltada aos sons desejados. Para controlá-lo basta descobrir sua fonte, o caminho que percorre e o seu receptor.

3.3. Arquitetura Bioclimática

Segundo Vilas Boas (1985), bioclimatologia é o ramo da ecologia que estuda as inter-relações dos fatores químicos e físicos do ambiente atmosférico e o homem, assim como das inter-relações das plantas e animais com o meio. O estudo da bioclimatologia humana envolve a inter-relação do homem e seu ambiente, considerando-se os fatores naturais e, entre sua produção cultural, a cidade. Sendo fundamental o estudo da capacidade adaptativa do homem ao meio natural e construído (exercida pela sua regulação fisiológica, relacionada com a percepção ao calor, luz e som) e também os efeitos do meio sobre a saúde, bem-estar e conforto do indivíduo. Estes estudos originaram o enfoque bioclimático em arquitetura, ou arquitetura bioclimática, que associa biologia, particularmente ecologia, meteorologia (climatologia) e arquitetura.

Maragno (2002), considera arquitetura bioclimática a que se baseia na correta aplicação de elementos arquitetônicos e tecnologias construtivas em relação às características climáticas, visando otimizar o conforto dos ocupantes e o menor consumo de energia.

Conforme Romero (2001), a arquitetura bioclimática é uma etapa atual do movimento climatológico que reconhece a persistência do existente, sendo culturalmente adequada ao lugar e aos materiais locais, e utiliza a própria concepção arquitetônica como mediadora entre o homem e o meio. A urbanização excessiva tem colocado as características do local em segundo plano, como o relevo e outras características morfológicas do sítio, provocando alterações climáticas a serem evitadas com um projeto adequado.

A evolução acelerada da sociedade contemporânea interfere cada vez mais em todas as áreas da atuação humana, por isso, as questões relativas ao meio ambiente e à sua preservação extrapolaram o âmbito do discurso e das meras ações de rotina, alcançando parâmetros inimagináveis há vinte anos, pois hoje a preservação e o resgate do meio ambiente, já destruído em grande parte, transformaram-se em capital e moeda de troca financeira e social.

Dessa forma, os diversos campos socioeconômicos, dentre eles a arquitetura, tiveram de se adaptar à nova realidade, ampliando seus paradigmas para atender a essa demanda. Do ponto de vista da arquitetura, a automação de um edifício voltado para otimização do consumo energético inicia-se quando o arquiteto pensa desde a modulação dimensional do projeto, estrutura, alvenaria, caxilharia até a padronização em função das dimensões comerciais dos materiais. Sugere-se a implantação correta do edifício em função das dimensões do lote e da insolação, preocupando-se com a adequação dos materiais de acabamento daquele. (DUTRA e YANNAS, 2006)

O processo histórico-evolutivo da arquitetura revela que, antes do final do século XIX e início do século XX, a arquitetura estava ligada às condições bioclimáticas, posto a iluminação utilizada ser basicamente a natural (sendo, por isso, muito importante dimensionar e posicionar bem as aberturas) e o conforto térmico ser controlado.

‘Assim, as tipologias arquitetônicas adaptadas ao bioclima (levando em conta que o bioclima não se refere a aspectos puramente físicos – temperatura, vento, umidade etc. – mas também a aspectos culturais e sociais, que estão também influenciados e relacionados com o meio natural) conseguiam suavizar os excessos das condições ambientais exteriores.’ (DILONARDO, 2001)

Este mesmo autor, em meados do século XX, cita haver um desligamento entre a arquitetura e o clima no Brasil. O crescente aumento da população urbana junto com as características próprias do território nacional de um lado e as peculiares características da arquitetura e das edificações de outro, evidenciam a cultura do *habitat* fortemente ligada às normas da geração produtiva da vida (funcionalismo-racionalismo), bem como a indiferença relativa aos recursos naturais e ao ecossistema como um todo. Essa postura deixa claro

que o sistema se embasava na ideia de que os recursos da tecnologia e dos materiais eram ilimitados e inesgotáveis.

Destarte, a tomada de consciência do uso racional dos recursos naturais e as mudanças operadas no mercado de fontes energéticas tradicionais colocaram em crise tal paradigma. Assim, o parâmetro energético na edificação passou a ser extremamente complexo e integrado, haja vista o aspecto energético se englobar no processo de projeto de edificações.

Entre as propostas da arquitetura bioclimática estão a utilização de tecnologias baseadas na correta aplicação dos elementos arquitetônicos com a finalidade de fornecer ao ambiente construído um alto grau de conforto higrotérmico⁴ e com baixo consumo de energia. Alguns métodos diretos de projetos bioclimáticos aplicados à edificação utilizam cartas bioclimáticas. Estas associam informações sobre a zona de conforto térmico, o comportamento climático do local e as estratégias de projeto indicadas para cada período do ano. As estratégias indicadas pela carta podem ser naturais (sistemas passivos) ou artificiais (sistemas ativos) (GULART, LAMBERTS e FIRMINO, 1998).

3.3.1. Cartas bioclimáticas

Para representar a relação entre clima e conforto ambiental utilizam-se as cartas bioclimáticas, que relacionam variáveis como: condições climáticas, padrões fisiológicos de conforto e estratégias de projeto.

Nos anos 60, o pesquisador Olgay (1963) define a expressão do projeto bioclimático, por meio da aplicação da bioclimatologia no projeto arquitetônico. Segundo ele, dever-se-ia desenvolver essa ciência no intuito de obter respostas a requisitos climáticos específicos, conforme demonstra o diagrama com os campos que devem ser inter-relacionados estabelecendo o Equilíbrio Bioclimático. (CARTANA, 2006)

⁴ Sensação experimentada pelo organismo em determinadas condições ambientais de temperatura e umidade que, considerando fatores próprios como idade, vestimenta e atividade, não precisa fazer uso de seus sistemas termo-reguladores para manter sua temperatura na faixa dos 36.5°C. Barroso-Krause (s/d)

Olgay (1963) posteriormente elabora o método que relaciona de forma gráfica as variáveis climáticas e conforto. Nesse modelo, o pesquisador elaborou um gráfico onde se representa a temperatura de bulbo seco no eixo das ordenadas, e a umidade relativa do ar no eixo das abscissas (figura 19). Como estratégias de controle climático, a carta de Olgay apresenta: para períodos de calor: ventilação, sombreamento e resfriamento evaporativo; já para períodos de frio: irradiação solar. Pode-se localizar sobre a carta qualquer condição climática definida por temperatura e umidade do ar se o ponto descrito localizar-se dentro dos limites definidos pela área de conforto.

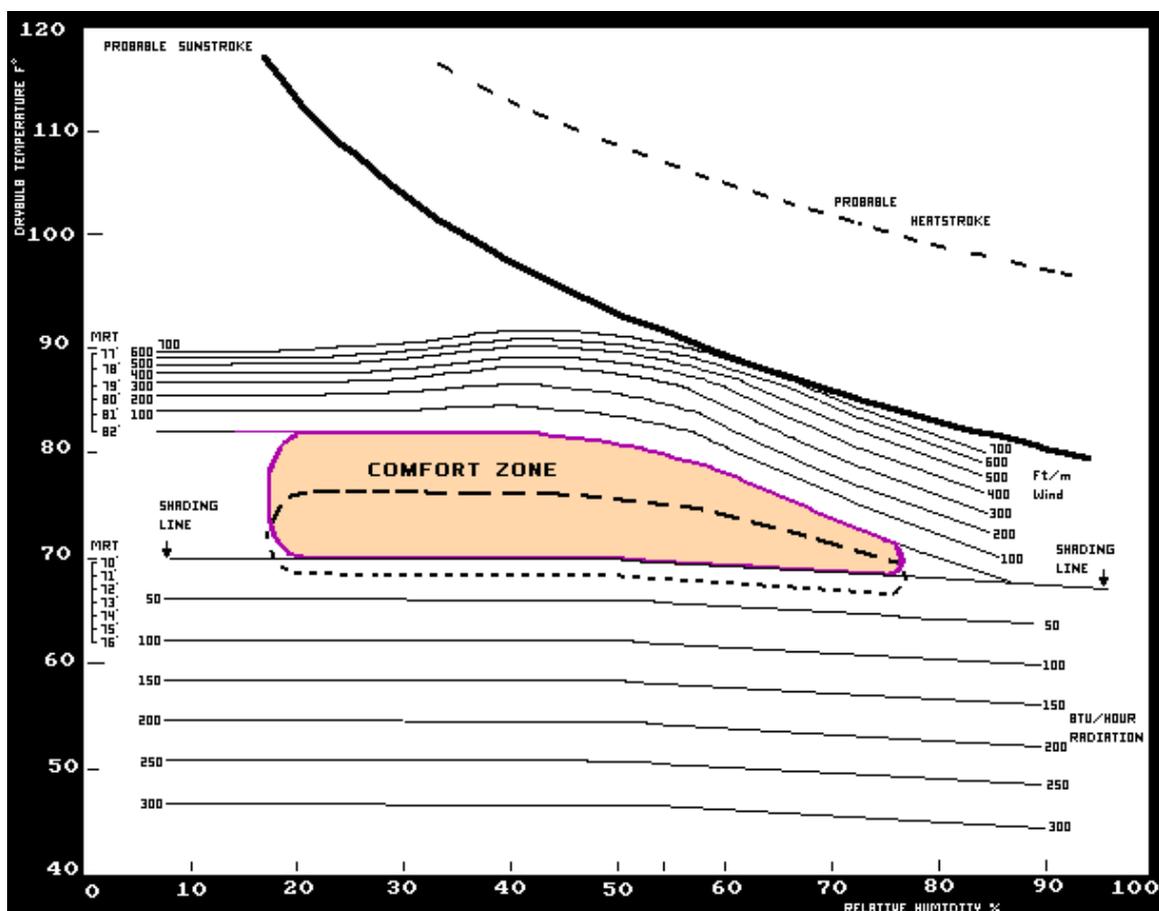


Figura 19: Carta bioclimática de Olgay
Fonte: Braga e Amorim 2009

A carta bioclimática, desenvolvida por Givoni, é considerada mais aperfeiçoada que a de Olgay, pois aquela estabelece estratégias referentes às massas das edificações, avaliando-se as condições internas de conforto térmico e buscando bloquear a interferência do clima externo. (CARTANA, 2006)

Há outra diferença no diagrama de Olgay, em relação ao proposto por Givoni, ela sugere que as condições de temperatura e umidade se plotem como curvas fechadas ou ciclogramas das médias diárias de hora em hora, para cada mês, do local em estudo. Na carta bioclimática para edificações criadas por Givoni, pode-se descrever mês a mês o clima da região por dois pontos: por meio das médias mensais dos valores da temperatura e umidade do ar externo. Mas nada impede que se realizem análises climáticas com outra periodicidade, levando-se em consideração os mesmos critérios. Esse método serve para comprovar de forma simultânea as exigências humanas e as variações climáticas da região, com o intuito de propor soluções arquitetônicas, de forma qualitativa e global, favoráveis às características locais. (IZARD e GUYOT, 1983).

Posteriormente, os dois pesquisadores, Olgay e Givoni, com o objetivo de revisar o modelo originalmente desenvolvido, realizaram pesquisas nos países em desenvolvimento e constataram que os usuários consideravam-se confortáveis mesmo com temperatura acima da zona de conforto, pois apresentaram aclimatação às condições locais. Após avaliar esses resultados e analisar estudos desenvolvidos por outros pesquisadores, Givoni, em 1992, elaborou dois modelos diferentes de sua carta bioclimática, um para países desenvolvidos e outro para os em desenvolvimento. (CARTANA, 2006)

Givoni sugere condições aceitáveis de temperatura para as pessoas que moram nos países desenvolvidos, as quais devem variar de 18°C a 25°C no inverno e de 20°C a 27°C no verão, e o limite máximo aplicável de 10g/kg em níveis de baixa umidade, abaixo de um conteúdo de vapor. Para as altas umidades, o limite máximo decresce progressivamente e o limite máximo de umidade em termos de umidade absoluta deve ser 15g/kg. Em clima quente, dos países em desenvolvimento, o autor sugere aumentar a temperatura no limite máximo de 2°C, majorando também de 2g/kg o valor do conteúdo de vapor. Essa adequação se justifica com base em pesquisas realizadas e análise dos seus resultados, alterando a nova carta de temperatura efetiva no limite superior da sensação de conforto, de 27.0°C para 29.7°C, quando aumenta a velocidade do ar de 0.1 para 1.5m/s. (BARBOSA, 1997)

A NBR 15.220-3 adaptou a carta bioclimática brasileira proposta por Givoni em onze zonas, estabelecendo as respectivas estratégias para zona e seu acondicionamento térmico (figura 20).

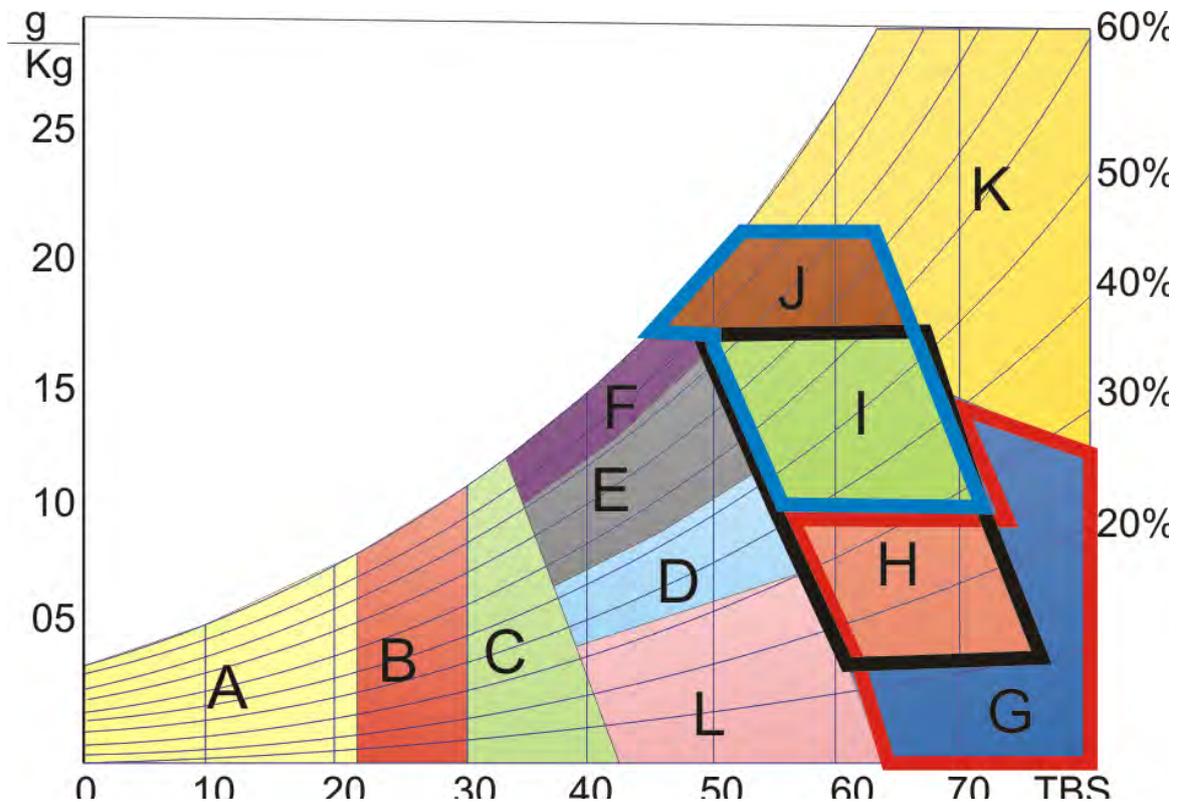


Figura 20: Carta Bioclimática adotada para o Brasil.
Fonte: NBR 15.220-3

A – Zona de aquecimento artificial (calefação); B – Zona de aquecimento solar da edificação; C – Zona de massa térmica para aquecimento; D – Zona de Conforto Térmico (baixa umidade); E – Zona de Conforto Térmico; F – Zona de desumidificação (renovação do ar); G + H – Zona de resfriamento evaporativo; H + I – Zona de massa térmica de refrigeração; I + J – Zona de ventilação; K – Zona de refrigeração artificial; L – Zona de umidificação do ar.

A- Zona de aquecimento artificial (calefação)

Em locais com temperaturas muito baixas, inferior a 10,5°C, o uso de aquecimento pode não ser satisfatório para se obter a sensação de conforto térmico humano. Portanto, nessa zona, é necessário utilizar o aquecimento artificial para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico provocado pelo frio. (NBR 15.220-3 e DUTRA, LAMBERTS e PEREIRA, 2004)

B- Zona de aquecimento solar da edificação

Nos locais com temperaturas entre 10,5°C e 14°C, a utilização de aquecimento solar passivo é a mais adequada. Para atingir essa estratégia, podem-se usar várias técnicas no projeto, tais como a forma, a orientação e a implantação da edificação, o uso de aberturas zenitais controláveis, painéis refletores, coletores de calor no telhado, assim como a correta disposição das superfícies envidraçadas; exemplos estes encontrados e que podem colaborar na otimização do aquecimento dos ambientes. A cor dos fechamentos externos também favorece o aquecimento dos ambientes por meio do aproveitamento da radiação solar. (NBR 15.220-3 e DUTRA, LAMBERTS, PEREIRA, 2004)

C- Zona de massa térmica para aquecimento

Na região dessa zona, com temperatura variando entre 14°C e 20°C, a utilização de paredes internas pesadas pode ajudar a armazenar o calor no interior da edificação. (NBR 15.220-3 e DUTRA, LAMBERTS, PEREIRA, 2004)

D- Zona de Conforto Térmico (baixa umidade)

Caracteriza a zona de conforto térmico (as baixas umidades). (NBR 15.220-3)

E- Zona de Conforto Térmico

Quando a temperatura local estiver próxima de 18°C deve-se buscar o controle da ventilação natural, pois aquela pode ser desconfortável. Em situação com temperaturas próximas a 29°C é importante controlar a incidência da radiação solar nas pessoas. (DUTRA, LAMBERTS, PEREIRA, 2004)

F- Zona de desumidificação (renovação do ar)

A desumidificação do ambiente melhora a sensação térmica. Pode-se alcançar esta estratégia por meio da ventilação dos ambientes renovando o ar interno através do externo. (NBR 15.220-3)

G + H - Zona de resfriamento evaporativo

Em locais quentes e secos, a sensação térmica no período de calor pode-se suavizar por meio da evaporação da água. Para isso, podem-se utilizar fontes de água ou outros recursos que favoreçam a evaporação da água diretamente ao ambiente a que se deseja resfriar. Outra maneira de se obter o resfriamento evaporativo se dá pelo uso de vegetação no espaço a ser resfriado. (NBR 15.220-3)

H + I – Zona de massa térmica de refrigeração

Para se conseguir uma temperatura interna mais agradável, pode-se tirar partido da massa térmica das paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa, de forma que se devolva o calor armazenado em seu interior durante o dia ao exterior no período noturno, quando as temperaturas externas diminuem. (NBR 15.220-3)

I+ J – Zona de ventilação

Quando a temperatura de um local ultrapassar 29°C ou a umidade relativa transpuser 80%, a ventilação pode melhorar a sensação térmica. Para se lograr uma boa ventilação, deve-se observar os ventos predominantes da região e utilizar a ventilação cruzada. Esta se consegue por meio da disposição de janelas em apenas uma das fachadas e de manter aberta a porta para permitir a ventilação cruzada, a fim de proporcionar a circulação do ar pelos ambientes da edificação. (NBR 15.220-3 e DUTRA, LAMBERTS, PEREIRA, 2004)

K – Zona de refrigeração artificial

Em algumas regiões de clima muito severo, o uso de resfriamento artificial faz-se necessário para suavizar a eventual sensação de desconforto térmico, ocasionada pelo calor. (NBR 15.220-3)

L – Zona de umidificação do ar

Nas circunstâncias em que a umidade relativa do ar for muito baixa e a temperatura deste estiver entre 21°C e 30°C, a umidificação do ar proporcionará sensações térmicas mais agradáveis. Essa estratégia se consegue pela utilização de recipientes com água e controle da ventilação, posto ser indesejável por eliminar o vapor proveniente de plantas e atividades domésticas. (NBR 15.220-3)

PARTE II

**ESTUDO DE CASO - AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL EM
PALMAS**

4. ESTUDO DE CASO

4.1. Histórico de Palmas

Com a promulgação da Constituição Federal de 1988, criou-se o mais novo Estado da federação brasileira, o Tocantins, com capital provisória em Miracema do Norte. Em 15 de novembro de 1988, elegeu-se o primeiro governador, José Wilson Siqueira Campos, que determinou a criação da capital, Palmas, por meio da Lei Estadual nº 70, de 26 de julho de 1989.

A área escolhida para a implantação de Palmas, figura 21, localiza-se na região do Canela, centro geográfico do Estado, entre duas serras, a do Carmo e a do Lajeado. A região situa-se entre os ribeirões Água Fria, ao norte, e Taquaruçu Grande, ao sul, com vegetação de campo cerrado e relevo caracterizado por superfícies suaves. Com limites bastante definidos do sítio pelo rio Tocantins e a serra do Lajeado, o desenho urbano teve seu desenvolvimento condicionado pela forma linear, com dois eixos principais, Avenida Theotônio Segurado demonstrado na figura 21 em laranja e a Avenida JK (Juscelino Kubtchec) em verde.

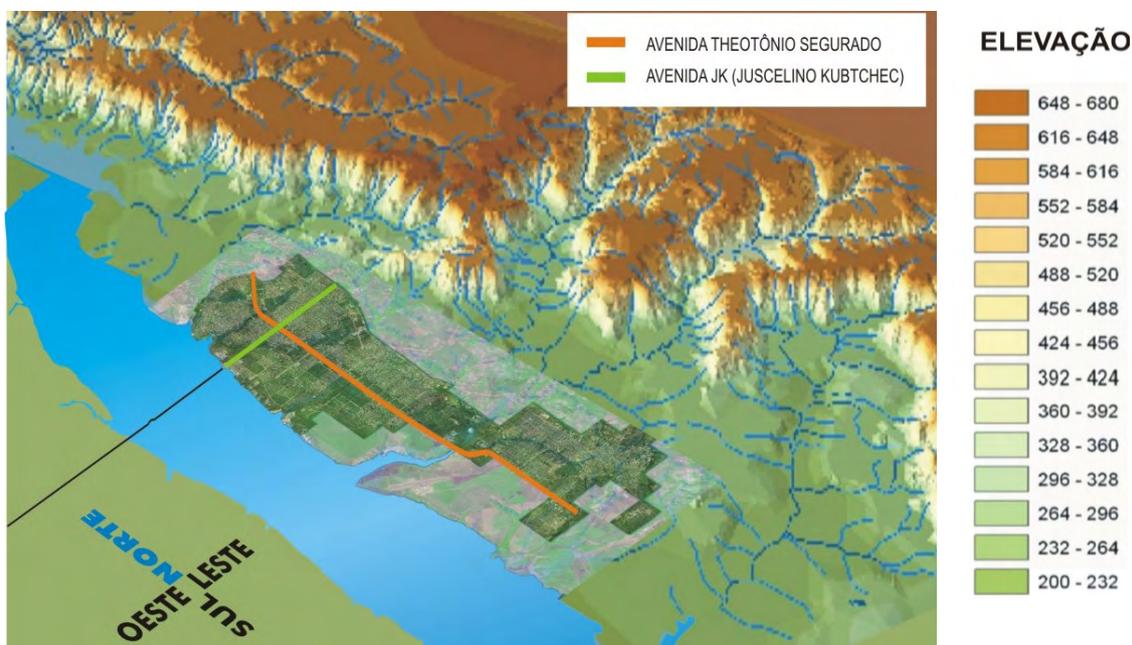


Figura 21: Plano urbanístico de Palmas e relevo
Fonte: Seplan – TO, editado por Eber Nunes

Conforme publicação do SEBRAE (2004), o local escolhido para a implantação da cidade, é considerado o centro geográfico do Estado, o que faz com que qualquer município do Tocantins esteja mais próximo de Palmas do

que de outras capitais. Com base no estudo técnico realizado, a comissão que decidiu por essa área esclareceu que ela se localiza à direita da margem do rio Tocantins. O local apresenta condições viáveis no abastecimento de água para grandes índices populacionais, além de possuir beleza paisagística, mas, de modo geral, sem solo apropriado para a agricultura. Todas estas características demonstraram ser a localidade apropriada à implantação de uma capital.

Houve desapropriação das terras escolhidas, determinada antes de se elaborar o Plano-diretor da implantação da cidade. Conforme os autores responsáveis pelo projeto desta nova capital, Luiz Fernando Cruvinel e Walfredo Antunes, encarregados pelo desenho e planejamento urbano - respectivamente - , procurou-se estabelecer um diálogo com o projeto urbanístico de Brasília e, em menor intensidade, com o de Goiânia.⁵ Segundo eles, concebeu-se a cidade de Palmas como um exemplo de aplicação dos princípios funcionalistas do Congresso Internacional de Arquitetura Moderna, CIAM⁶, onde seria imprescindível uma relação harmônica entre a natureza do cerrado e os volumes urbanos, por isso, o traçado urbano proposto respeita as características do clima e da topografia.

As diretrizes e deliberações referentes a Palmas se consolidaram por meio de um conjunto de leis aprovadas pela Câmara de Vereadores. As diretrizes gerais de política urbana municipal, elaboradas com base nas Constituições Federal e Estadual, aprovadas em abril de 1990. Antes desta data, já se aprovara o Código de Obras do Município. Posteriormente, sancionaram-se o Código de Postura (1992), a Lei de Zoneamento e Uso do Solo Urbano (1993) e o Plano-diretor Urbanístico de Palmas (1995).

Consta no Termo de Referência do Plano-diretor Urbanístico de Palmas, (Cerqueira 1998) que a capital do Estado do Tocantins pode se dividir em três grandes áreas: uma comercial; outra de expansão Norte, limitada pelo lago artificial e ainda não parcelada, e outra de expansão Sul, em pleno processo de

⁵ GRUPO QUATRO. *Termo de Referência do Plano-diretor Urbanístico de Palmas*. Governo do Estado do Tocantins, 1988.

⁶ O urbanismo funcionalista, difundido no Congresso Internacional de Arquitetura Moderna (CIAM) de 1928, propunha: a obrigatoriedade do planejamento regional e intraurbano; a limitação do tamanho e da densidade das cidades; e, ainda, a padronização e a dispersão das construções, porém adequadamente relacionadas com amplas áreas de vegetação.

urbanização. A área central da cidade se subdivide em: Área Administrativa (AA), quatro áreas residenciais: ARNO, ARNE, ARSE e ARSO, respectivamente, área residencial Noroeste, Nordeste, Sudeste e Sudoeste, como demonstrado no mapa do plano urbanístico, figura 22.

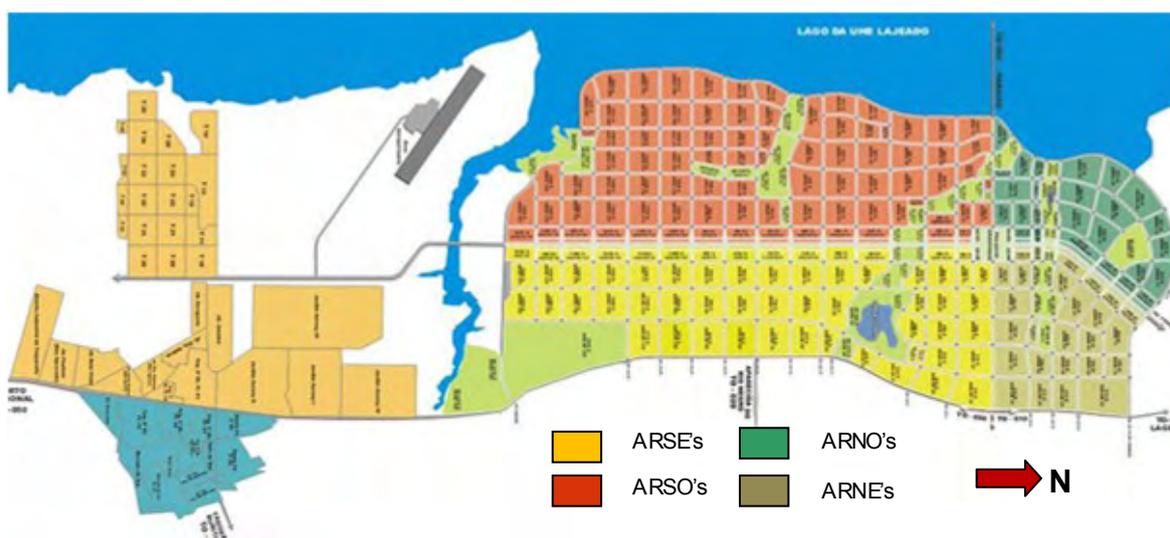


Figura 22: Plano Urbanístico com definição das áreas residenciais
Fonte: Prefeitura IPUP

O Plano Urbanístico prevê áreas de equipamentos urbanos e comunitários destinados à Creche, Escola Maternal, Pré-escola, Escola de 1º Grau e demais equipamentos, passando automaticamente para patrimônio do Município. Estas são as disposições gerais do art. 4 da Lei nº 468, de 1994, que aprovou o Plano-diretor Urbanístico de Palmas.

A definição das áreas destinadas a estruturas de ensino faz parte das propostas do Plano-diretor de Ordenamento do Território do Solo Urbano de Palmas.

A Lei 386, de 1991, dispõe sobre a “divisão da área urbana da sede do Município em zona de uso e dá outras providências.” No art. 75 admitem-se escolas de 1º Grau nas Áreas Residenciais - AR e nas de Comércio e Serviços Regionais – ASR.

Outro fator a se mencionar na concepção do Plano Urbanístico de Palmas se idealizou para que sua ocupação ocorresse por etapas, mas, em função da pressão do mercado imobiliário, essa proposta não prevaleceu. Os

mecanismos implantados na capital para apreçar o acesso a terra resultaram em um processo excludente, pois seus valores eram superfaturados, induzindo a população de baixa renda à ocupação de áreas periféricas, fora do plano urbanístico. (IPUP, 2002)

Com o resultado dessa ocupação, surgiram os bairros da região sul, os Jardins Aurenys, onde se implantou uma das ETIs, objeto deste trabalho. O primeiro loteamento se iniciou por volta de 1990, com participação de poucos recursos federais e alguns projetos baseados na utilização de mão-de-obra local. Esse processo se deu, em grande parte, por incentivo de políticas governamentais explícitas de segregação social da população mais pobre, antecipando formas de organização do espaço urbano, que, no processo de implantação de outros centros urbanos, demoraria muitos anos para ocorrer. (IPUP, 2002)

Nesta região, a carência social é foco de grandes preocupações governamentais, pois nela se encontram os maiores níveis de pobreza, desemprego e dependência dos serviços e equipamentos públicos da cidade. Por essas razões foi implantada nesta uma ETI.

4.2. Análise do Clima

De acordo com o SEPLAN (2004), encontra-se em zona de transição entre o domínio de um clima úmido com moderada deficiência hídrica, classificado como B1wA´a´ pela metodologia proposta por Thornthwaite (1955), que abrange praticamente toda seção setentrional da área, estendendo-se para a porção ocidental, e clima úmido-subúmido com moderada deficiência hídrica, classificado como C2wA´a, com duas estações bem distintas: uma seca e outra úmida. As médias mensais apresentam-se superiores a 25°C, atingindo temperaturas máximas de 41°C no período de estiagem das chuvas.

4.2.1. Coordenadas geográficas da região

Latitude

A região do Município de Palmas- TO se situa na latitude -10°C entre os paralelos -10°20' ao Sul e -10°3' ao Norte.

Longitude

Palmas e entorno situam-se a uma longitude de 48°23' a Leste e 48°16' a Oeste, centro geográfico do país.

Pode-se afirmar ser o clima de Palmas intensamente influenciado pela continentalidade, por se encontrar na região central do País, ou seja, afastado do mar. Essa característica faz com que as temperaturas se elevem durante o dia, acentuadas pela altitude. Aumenta a amplitude térmica.

Altitude

O sítio escolhido para construir a nova capital do Tocantins, Palmas, possui altitudes médias de 700m de altura com relação ao nível do mar.

4.3. Dados Climáticos da cidade de Palmas

4.3.1. Precipitação Atmosférica

Em termos de precipitação, a região apresenta um semestre úmido que vai de novembro a abril, e concentra aproximadamente 80% dos totais médios anuais precipitados. As que acontecem entre fevereiro e março correspondem a 30% do total médio anual. Em Palmas, a média anual supera a marca de 1900mm. (SEPLAN, 2004)

Pode-se observar que nos períodos de maior incidência de precipitação, a região apresenta temperatura mais baixa durante o dia, sendo os meses de melhor sensação de conforto térmico, diretamente relacionada às porcentagens de nebulosidade.

4.3.2. Temperatura

Na região em estudo, são raras as penetrações de massas de ar frio, de acordo com a Secretaria de Planejamento (SEPLAN, 2004), isso acontece em função da continentalidade e das baixas latitudes que determinam variações, pouco significativas, das temperaturas ao longo do ano.

Durante o ano, têm-se as médias das temperaturas mais baixas em janeiro e fevereiro no decorrer do dia (figura 23) e anexo II, por ser a estação chuvosa, mas como em junho e julho as temperaturas durante a noite diminuem significativamente as médias nestes meses são baixas. Durante o dia, os meses com sensação térmica mais elevada acontecem no período seco, principalmente em setembro.

4.3.3. Umidade relativa do ar

A umidade relativa média anual na região de Palmas (figura 23), em 2006, ficou em torno de 69%, e em 2007 com 75%, sendo que, no período chuvoso, os índices de umidade superam os 80% e, no período seco, ficam em torno de 50% chegando, em situações críticas, a 44% a média do mês de agosto. (INFRAERO 2006)

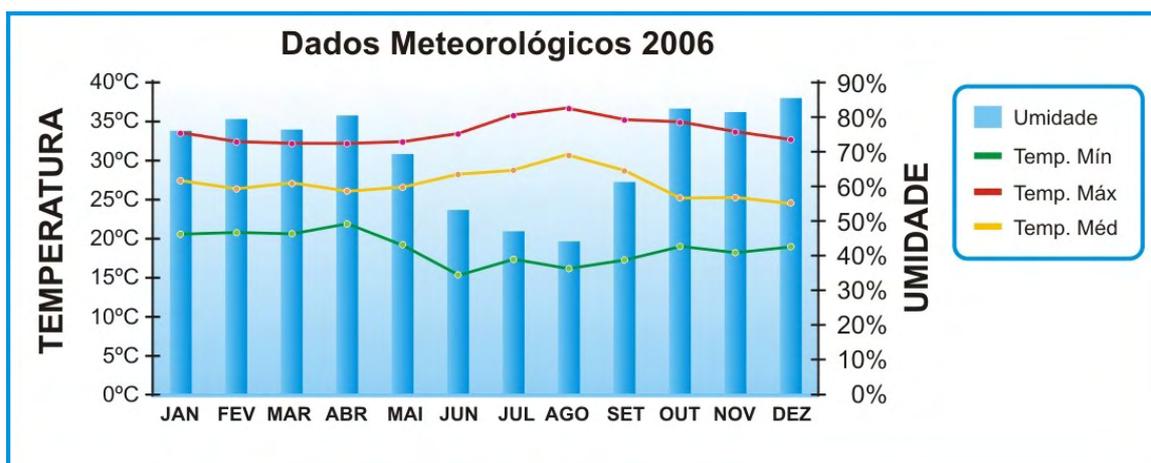


Figura 23: Gráfico de temperatura do ar e umidade relativa de Palmas (ano de 2006)⁷
Fonte: INFRAERO (2008)

4.3.4. Ventos Dominantes

Com base nos dados da Estação Meteorológica da INFRAERO, coletados em Palmas, nos anos de 2006 e 2007, conforme Anexos II e III, a orientação dos ventos dominantes desta região é sudeste com velocidade média predominante anual de 2,06m/s.

⁷ Utilizou-se como referencia o ano de 2006 por representar a realidade de Palmas com relação aos demais dos anos o que não ocorre no ano de 2007, ver anexo III.

4.3.5. Radiação Solar

A radiação solar global é de ordem de 176kcal/cm^2 em agosto e mínimo de $12,7\text{kcal/cm}^2$ em dezembro, conforme cita SEPLAN (2004).

A NBR 15.220-3 para a zona 7, onde se situa a cidade de Palmas (figura 24), recomenda as estratégias bioclimáticas das letras **F**; **G e H**; **H e I**; **I e J**, e **K**, citadas no referencial teórico.

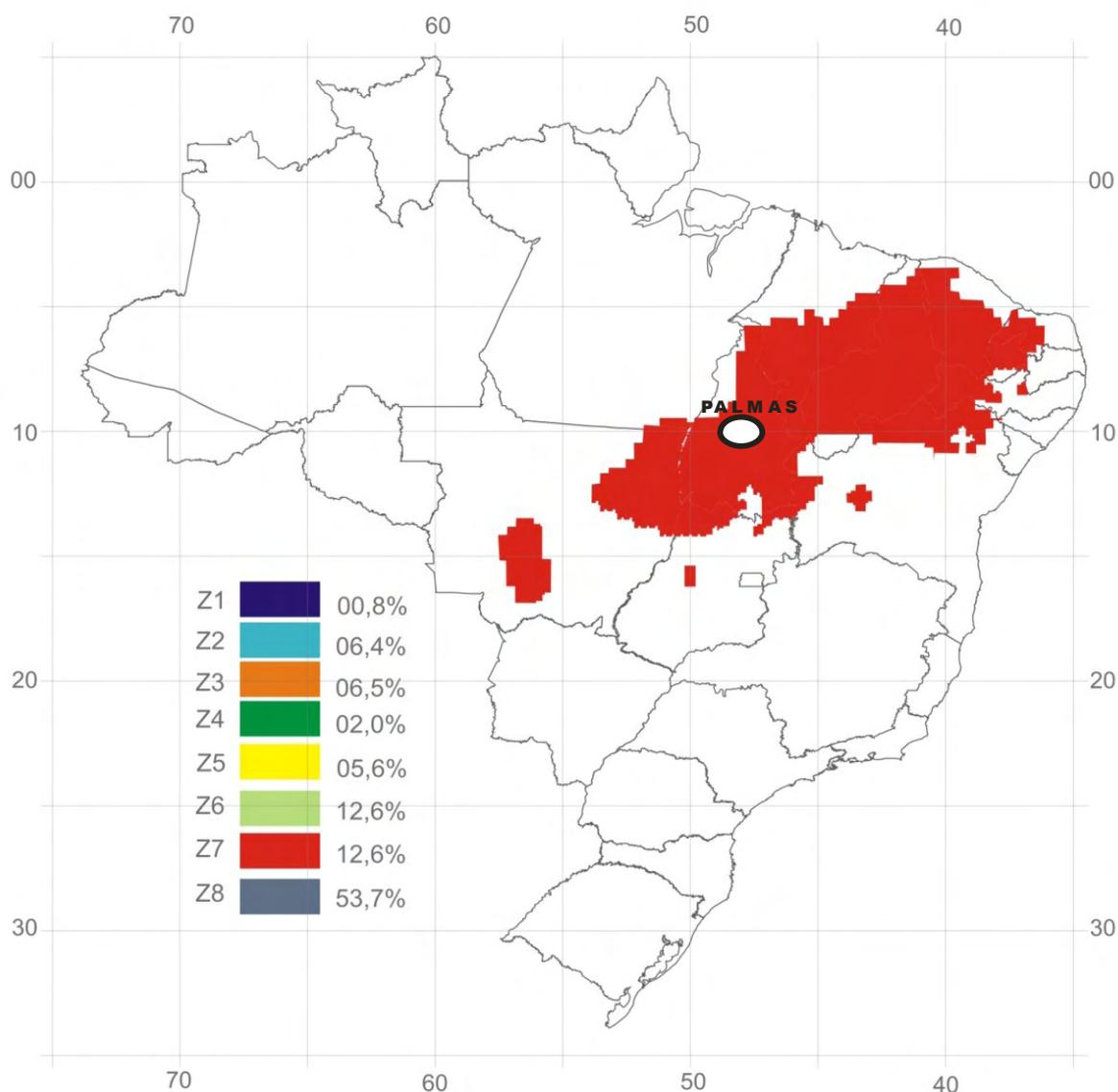


Figura 24: Zona Bioclimática Brasileira onde Palmas se insere.

Fonte: Adaptado da NBR 15.220-3 (2005)

No caso da estratégia **K**, seu uso faz-se necessário quando a região é muito quente e as estratégias passivas de acondicionamento do ar são insuficientes para permitir a sensação de conforto térmico ao indivíduo.

4.1. Projeto da ETI Padre Josimo em Palmas

Levando-se em consideração os fatores apresentados no histórico de Palmas, planejou-se uma estrutura física concentrando todos os esforços na criação de uma escola que correspondesse às necessidades e demandas físico-pedagógicas.

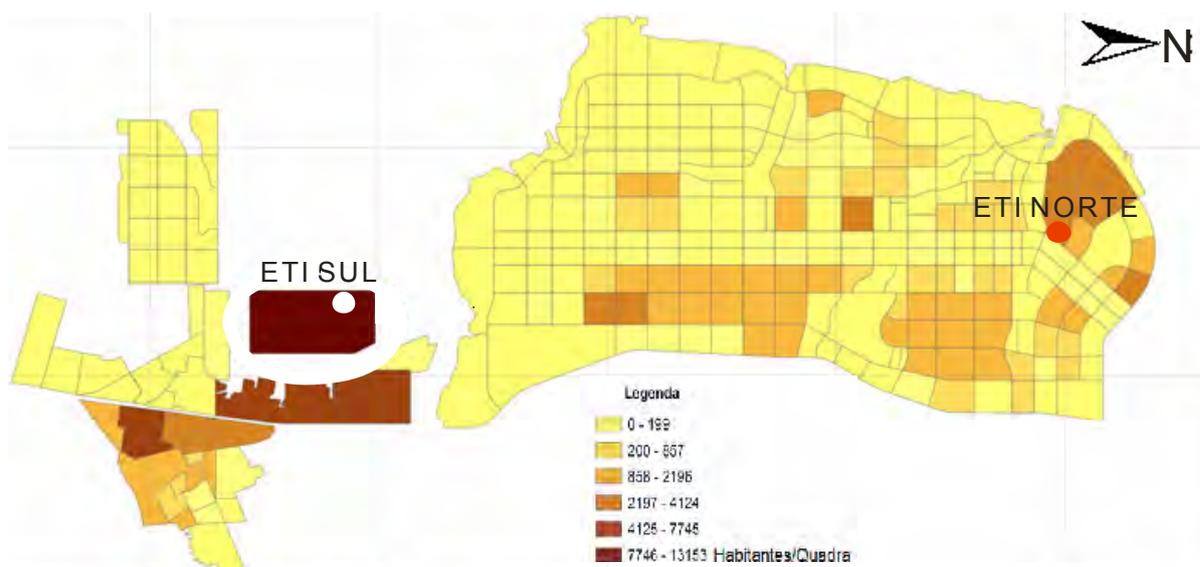


Figura 25: Mapa do Plano Urbanístico de Palmas com as densidades demográficas
Fonte: Prefeitura Municipal de Palmas – SEDUH 2006

A deficiência de vagas, maior densidade demográfica da população de baixa renda e terrenos com área suficiente para implantação de uma escola de grande porte foram os critérios adotados para a escolha dos locais onde se implantariam as ETIs, demonstrados na figura 25 do mapa do Plano Urbanístico de Palmas com as informações referentes às densidades demográficas e a localização delas nas regiões norte e sul, por serem as áreas mais populosas e com o maior índice de comunidades de baixa renda.



Figura 26: Fachada Principal da Escola ETI Norte
Fonte: Secretaria Municipal da Educação de Palmas

No bloco 2, localiza-se o auditório com capacidade para 365 lugares; no 3 a biblioteca; no 6 estão as salas de aula, laboratórios e a parte administrativa da escola. O bloco 6 (em vermelho) é o objeto da maioria das análises efetuadas neste trabalho, por se tratar daquele que abriga as salas de aula (figura 26) do currículo regular. No bloco 16, encontram-se o refeitório e o pátio coberto que se interliga aos demais blocos. A parte esportiva se compõe pelos seguintes blocos: no de número 9, o campo de futebol; no bloco 10, a quadra coberta; no 11, vestiário, sanitários e salas de música, dança, artes marciais, nos 12 e 13, piscinas. O bloco 11 possui também consultório médico e departamento de educação física. (figura 27)

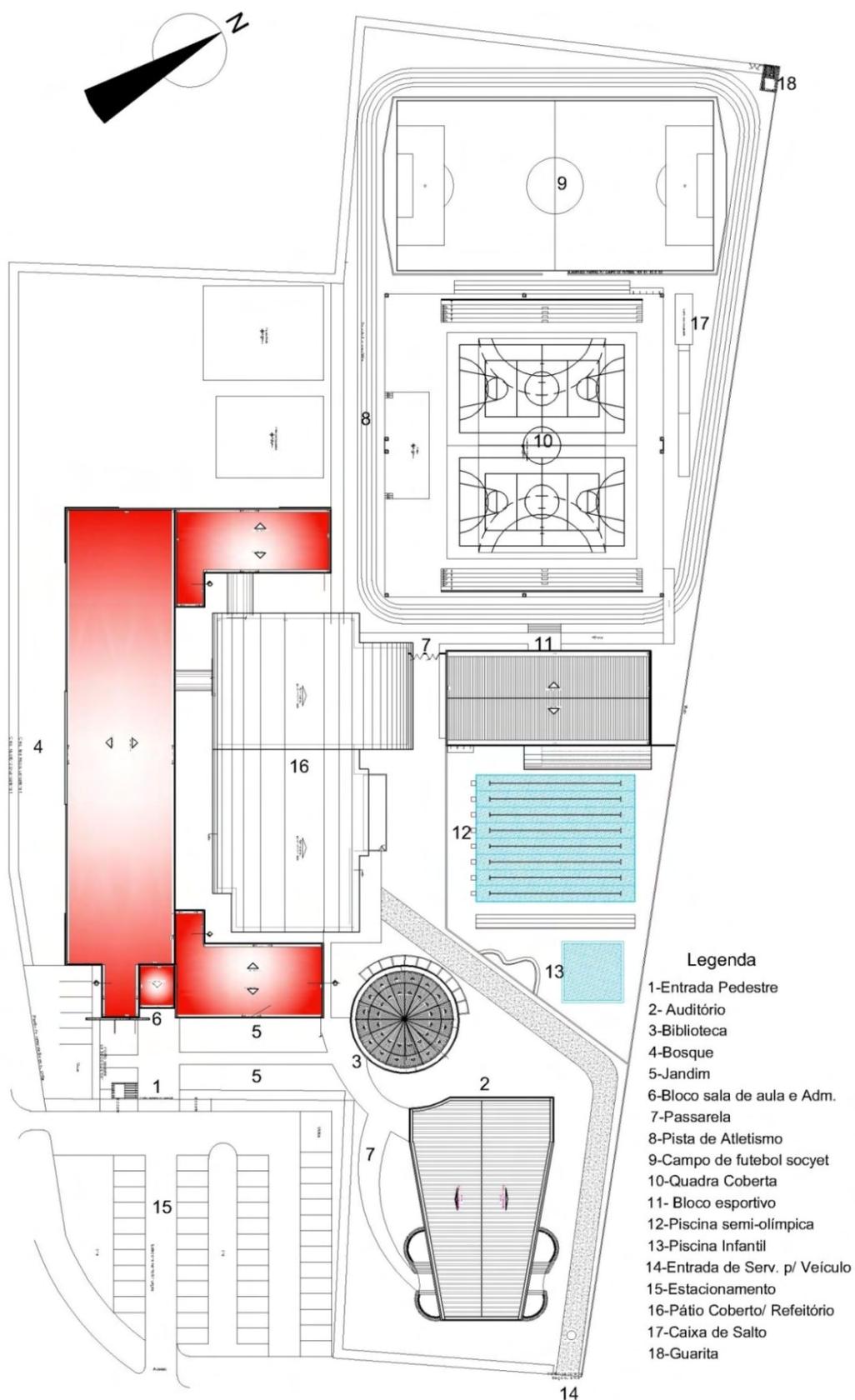


Figura 27: Locação da Escola Municipal de Tempo Integral Padre Josimo
 Fonte: Secretaria Municipal da Educação

5. METODOLOGIA DO ESTUDO

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos adotados para estudo e análise das condições de conforto ambiental, com foco específico no conforto térmico e acústico da Escola Municipal de Tempo Integral Padre Josimo, implantada na região norte da Capital do Tocantins, Palmas. Tais procedimentos são elencados a seguir.

5.1. Referencial Teórico

5.1.1. Estudo das concepções e características das ETIs

Baseando-se nos seguintes autores: Coelho e Carvalho (2002), Lima (1995) FDE (1998) e outros.

5.1.2. Estudos de conceitos e estratégias de conforto ambiental e arquitetura bioclimática

Fundamentados nos seguintes autores: Frota e Schifer (2003), Vilas Boas (1985), Coberlla e Yannas (2003), Dutra, Lamberts e Pereira (2004), Amorim (1998), Amorim e Braga (2009), Marco (1982), dentre outros, e também normas.

5.1.3. Análise de precedentes arquitetônicos

Nesta fase, fez-se uma análise do esboço de duas ETIs representativas no Brasil, para exame dos principais condicionantes destes projetos. Em função da disponibilidade de dados, da semelhança, da estrutura, do arranjo dos blocos, com a ETI de Palmas, escolheram-se os projetos do CIEP (Rio de Janeiro) e CEU (São Paulo), a fim de se analisarem principalmente itens como implantação, forma e distribuição interna, além dos materiais construtivos, conforme a disponibilidade de informações.

5.2. Seleção do Estudo de Caso

Como a pesquisa consiste em avaliar as salas de aula das ETIs em Palmas, com vistas ao conforto térmico e acústico, definiu-se por analisar a Escola Municipal de Tempo Integral Padre Josimo, visto se tratar de projeto-

padrão, a ser implantado noutras regiões de Palmas, propostos pela Prefeitura, que tem por meta transformar 100% da rede de ensino em ETIs. Esta pesquisa pode contribuir para melhorar a qualidade destes projetos.

5.3. Análises do Estudo de Caso

Nesta etapa, utilizaram-se diversos métodos e instrumentos, segundo os itens descritos a seguir:

5.3.1. Análise do clima local

Analisaram-se, nesta fase, os dados geográficos e climáticos da região, quais sejam: latitude, longitude e altitude, precipitação atmosférica (mm), médias mensais de temperatura do ar (°C), umidade relativa do ar (%), ventos dominantes (direção e velocidade em m/s) e radiação solar (kcal/cm²). A INFRAERO informou dados coletados de 2006 e 2007 (Anexos II e III), em Palmas. Consultou-se, também, o relatório do SEPLAN (2004), que menciona algumas características do clima local. Cabe ressaltar a não-existência de dados da cidade de Palmas das Normais Climatológicas (Ministério da Agricultura, 1992), que sejam ideais, pois, para isso, é necessário contemplar uma série de trinta anos de dados climáticos.

5.3.2. Análise do projeto arquitetônico

Analisou-se, nesta fase, o projeto arquitetônico da escola, com base principalmente na revisão bibliográfica, nos estudos de antecedentes arquitetônicos e nas NBRs 15.220-3 – Desempenho Térmico de Edificações e NBR 12.179 - Tratamento Acústico em Recintos Fechados. A partir daí, definiram-se os seguintes itens a serem analisados: implantação, forma e distribuição interna, dimensão e orientação das aberturas e materiais das paredes e cobertura. Além disso, examinou-se por meio de medições *in loco* e questionários, a adequação da escola quanto ao conforto térmico e acústico. Visto a atividade principal da escola se desenvolver nas salas de aula, em alguns itens a análise somente se efetivou no bloco das salas de aula e do currículo regular (não se examinaram os blocos que abrigam as demais atividades esportivas e artísticas).

5.3.2.1. Implantação e orientação

Estudou-se o projeto da estrutura física da escola, para avaliar a disposição dos blocos no terreno em relação às vias de acesso a ela. E mais, a orientação resultante do bloco que abriga as salas de aula em relação à incidência de radiação solar direta.

5.3.2.2. Forma

Observou-se, ainda, a forma do bloco das salas de aula, do ponto de vista de se favorecer o aproveitamento dos ventos dominantes. Outro aspecto examinado diz respeito à forma e interligação dos blocos da escola e sua interação com relação às atividades e à propagação dos ruídos gerados nestes.

5.3.2.3. Materiais de construção e revestimentos

Concernentes aos materiais aplicados na escola, avaliaram-se as recomendações estabelecidas na NBR 15.220-3, que estabelece critérios de desempenho térmico de edificações por zona bioclimática brasileira. Entre as recomendações especificadas para a zona 7, na qual Palmas se insere, a norma estabelece para vedações externas: transmitância térmica, atraso térmico e fator solar (tabela 2).

solar.Vedações externas
Parede: Pesada
Cobertura: Pesada

Tabela 1 – Tipo de vedação externa para zona Bioclimática 7
Fonte: NBR 15.220-3

Vedação Externa	Transmitância térmica - U W/m ² .K	Atraso térmico – φ Horas	Fator solar – F _{so} %
Paredes: Pesada	$U \leq 2,20$	$\varphi \geq 6,5$	$FS_o \leq 3,5$
Cobertura: Pesada	$U \leq 2,00$	$\varphi \geq 6,5$	$FS_o \leq 6,5$

Tabela 2: Parâmetros NBR 15.220-3 para paredes e cobertura
Fonte: NBR 15.220-3

O projeto com relação à disposição dos blocos no terreno e às vias de acesso à escola também foi objeto de estudo. Assim como os materiais aplicados por serem fontes de propagação ou não de ruídos, de acordo com a NBR 12.179 que estabelece o isolamento acústico em decibéis para cada tipo de material.

Com respeito a cores e absorção de superfície, o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética em Edificações (2009) estabelece serem obrigatórios, nas Zonas Bioclimáticas de 2 a 8, os seguintes requisitos: utilização de materiais de revestimento externo de paredes e coberturas não aparentes com absorvância solar baixa, $\alpha < 0,4$ (cores claras).

Adotaram-se critérios da NBR 15.220-3, que estabelecem o tamanho e as exigências de sombreamento para as aberturas. Essa norma exige, para a zona bioclimática 7, sejam as aberturas:

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Pequenas $10\% < A < 15\%$	Sombrear aberturas

Tabela 3 – Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 7
Fonte: NBR 15.220-3

5.1.1. Análise por meio de medições *in loco*

Medições de Conforto Térmico

Utilizou-se o aparelho Humidity/Temp Meter, da marca Anaheim Scientific, modelo H300, para levantamento da temperatura do ar das salas de aula números 3, 7 e 9 do térreo; 12, 16 e 18 do pavimento superior (figura 28), por serem as mais prejudicadas com relação à orientação solar (fachadas NO e SO) e à poluição sonora. Fizeram-se as medições no horário de temperaturas mais elevadas, ou seja, às 15 horas. O aparelho foi colocado em cima de uma carteira no centro da salas. Devido a limitações de tempo, estes levantamentos se deram nos dias 2, 3, 10 e 18 de março de 2009. Nesses dias, de acordo com a base meteorológica do INMET, a porcentagem de nebulosidade era de 80%, e, conforme a INFRAERO, as temperaturas externas variavam entre 27,2 °C a

31,8°C. Tratar-se de um período de temperatura amena em relação aos demais meses do ano.

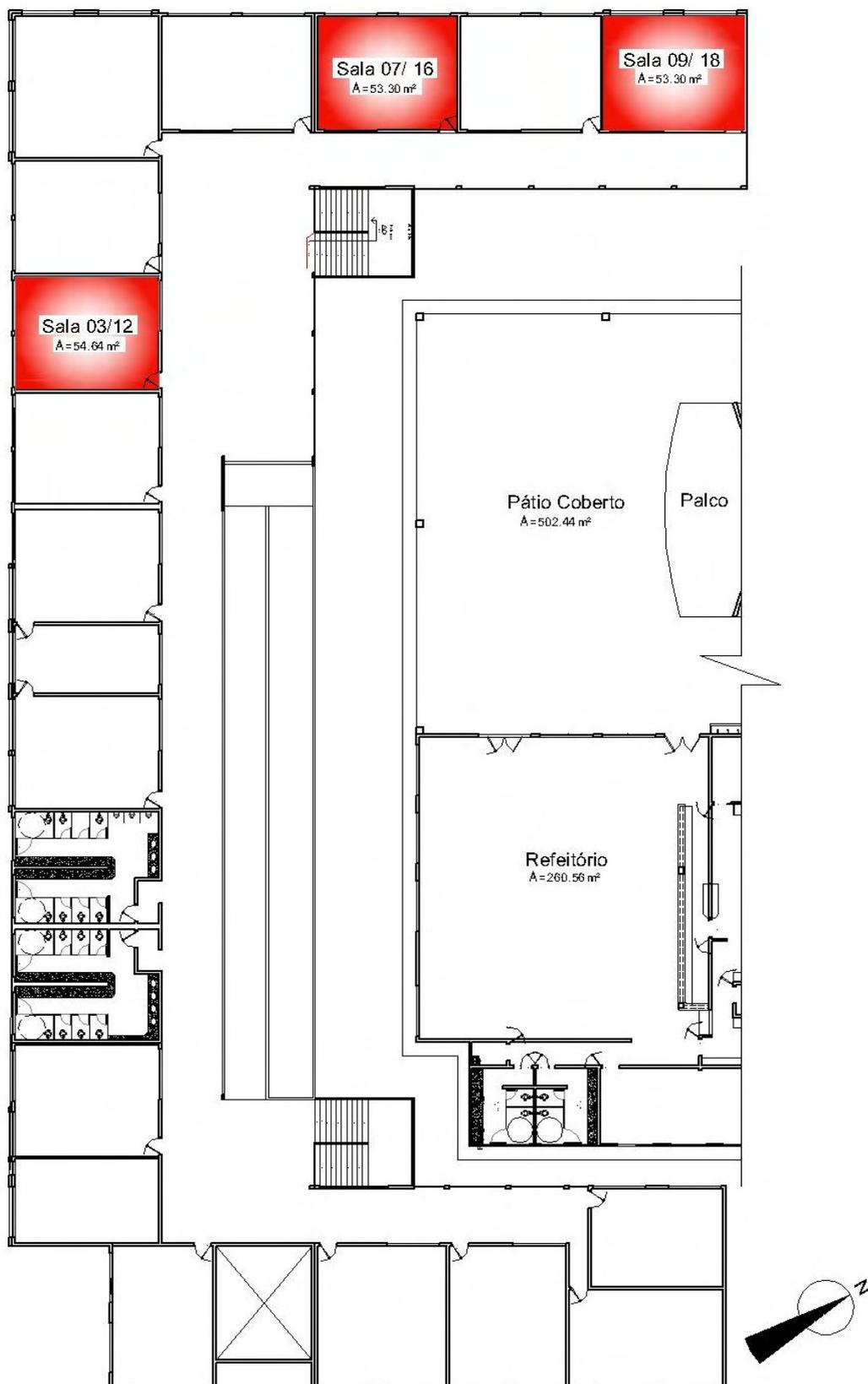


Figura 28: Planta Baixa Térreo e 1ª Pavimento Bloco Salas de Aula
Fonte: Secretaria Municipal da Educação – SEMED

Medições de Conforto Acústico

Para as aferições dos níveis de ruídos nos ambientes escolhidos, utilizou-se o decibelímetro em três salas de aula do térreo, três no pavimento superior e na sala dos professores. Salas estas onde se mediu a temperatura do ar e que apresentam alguns problemas de proximidade das fontes de ruído da escola (o ginásio e o pátio coberto) e das vias coletoras que circundam a escola com grande tráfego de veículos.

Coletaram-se níveis de ruído (em dB) com o aparelho decibelímetro digital, da marca Minipa, modelo MSL 1352c, em três pontos (figura 29), conforme estabelece a NBR 10.151: com janela fechada, para verificar a redução de ruído proporcionado pelas esquadrias e vidros existentes, e com as janelas abertas, para se obter o nível real de ruído externo. Realizaram-se medições externas ao ambiente para confronto com dados coletados no interior das salas. De cada ambiente escolhido, tabularam-se três pontos das máximas e três das mínimas, com obtenção da média destas entre os três pontos. A norma recomenda que os pontos selecionados estejam a um metro de distância da parede e do mobiliário e a um metro da altura do piso. Seguiram-se todos os critérios, exceto o afastamento do mobiliário, por se tratar de sala de aula onde há carteiras. O procedimento se deu com a sala ocupada (de 36 a 40 alunos).

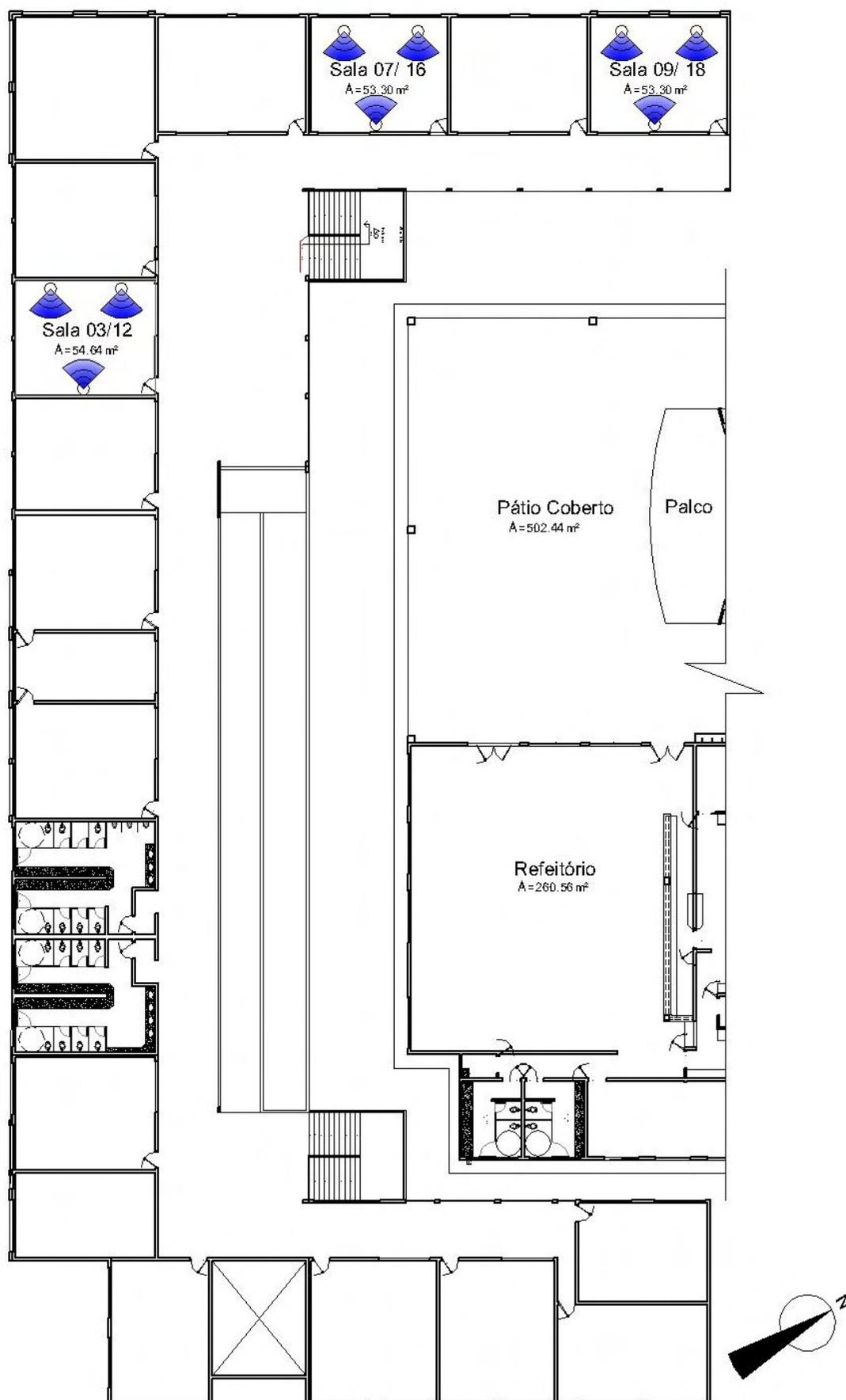


Figura 29: Planta Baixa Térreo - Pontos medição acústica
Fonte: Secretaria Municipal da Educação - SEMED

Após a medição verificou-se as os níveis de decibéis no interior das salas estavam dentro dos limites estabelecidos na NBR 10.152.

Examinaram-se, também, os materiais de construção das paredes internas quanto ao seu isolamento acústico, comparados com os níveis recomendados pela NBR 12.179.

5.1.2. Análise por meio de questionários

Esta etapa consistiu na elaboração de um questionário, com base modelo sugerido por Ornstein (1992), aplicado aos professores e coordenadores da escola. Fez-se um pré-teste com a diretora da escola, visando ao seu correto entendimento. Excluíram-se algumas questões por serem muito técnicas, como por exemplo: *Como você considera a temperatura sensível média do ar exterior?*; *Como avalia o controle do condicionamento ambiental durante o período diário?*; *Como avalia a segurança do prédio contra fogo?*. Após a aplicação do pré-teste, foram elaboradas outras perguntas com termos mais adequados à população da amostragem.

Com o objetivo de se obter um nível satisfatório por parte do usuário quanto ao conforto térmico e acústico, dividiu-se o questionário (Anexo I) em cinco partes, com questões estruturadas e abertas, referentes aos espaços físicos dos blocos de salas de aula.

O questionário foi aplicado apenas aos professores e aos coordenadores, pelo fato de permanecerem a maior parte do tempo em sala de aula e por sua relação indireta com o ambiente em estudo, respectivamente.

A aplicação dos questionários ficou a cargo da diretora, em função da rotina estabelecida pelo currículo pedagógico de tempo integral e o grande número de profissionais que trabalham na escola. De um total de 51 profissionais, foram entrevistadas 38 pessoas, sendo 33 professores e 5 coordenadores.

A definição do tamanho da amostra ocorreu com base no processo chamado de “Amostragem Aleatória Simples”, tendo em vista ser um método elementar, de fácil compreensão e frequentemente utilizado. Este tipo de

amostragem também é chamada de “Simples ao Acaso”, “Aleatória”, “Casual”, “Simples” ou “Randômica”⁸.

A amostragem aleatória simples equivale a um sorteio de loteria. Nela todos os elementos da população têm igual probabilidade de pertencer à amostra e todas as possíveis amostras também têm igual probabilidade de ocorrer. Sendo N o número de elementos da população e n o número de elementos da amostra, cada elemento da população tem probabilidade n/N , denominada *fração de amostragem*. (COSTA NETO 2000).

Tendo em vista que para a escolha da amostra foi utilizado o processo da amostragem aleatória simples e que a amostra é finita, para um Intervalo de Confiança adotado de 95% (figura 30), temos:

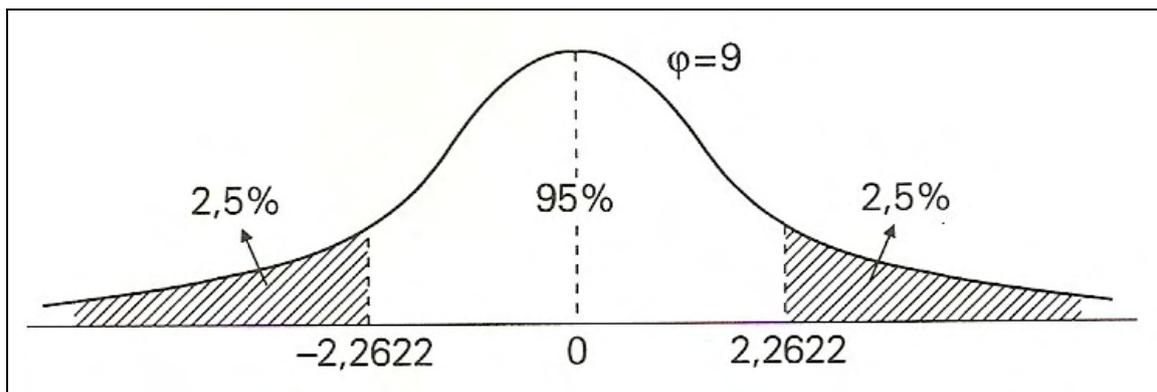


Figura 30: Nível de confiança adotado
Fonte: (FONSERCA E MARTINS 1996)

$$d = Z_{\alpha/2} \cdot (p \cdot q/n)^{1/2} \cdot [(N-n)/(N-1)]^{1/2}, \text{ onde:}$$

d = Erro amostral;

$Z_{\alpha/2}$ =Abscissa da curva normal padrão, fixado um nível de confiança desejado. No caso específico, definiu-se um intervalo de confiança igual 95%. De acordo com os dados da (tabela 4), tem-se $Z= 1,96$; (FONSECA E MARTINS 1996)

n = tamanho da amostra;

p = proporção de elementos com características estudadas. Caso se desconheça, adota-se 50% (0,50).

⁸ Do inglês random, isto é acaso.

q = complemento de p , isto é, $q = 1 - p$, ou seja, 50% (0,50) para a hipótese de $p = 50\%$

z	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	0,0000	0,0040	0,0080	0,0120	0,0160	0,0199	0,0239	0,0279	0,0319	0,0359
0,1	0,0398	0,0438	0,0478	0,0517	0,0557	0,0596	0,0636	0,0675	0,0714	0,0753
0,2	0,0793	0,0832	0,0871	0,0910	0,0948	0,0987	0,1026	0,1064	0,1103	0,1141
0,3	0,1179	0,1217	0,1255	0,1293	0,1331	0,1368	0,1406	0,1443	0,1480	0,1517
0,4	0,1554	0,1591	0,1628	0,1664	0,1700	0,1736	0,1772	0,1808	0,1844	0,1879
0,5	0,1915	0,1950	0,1985	0,2019	0,2054	0,2088	0,2123	0,2157	0,2190	0,2224
0,6	0,2257	0,2291	0,2324	0,2357	0,2389	0,2422	0,2454	0,2486	0,2517	0,2549
0,7	0,2580	0,2611	0,2642	0,2673	0,2703	0,2734	0,2764	0,2794	0,2823	0,2852
0,8	0,2881	0,2910	0,2939	0,2967	0,2995	0,3023	0,3051	0,3078	0,3106	0,3133
0,9	0,3159	0,3186	0,3212	0,3238	0,3264	0,3289	0,3315	0,3340	0,3365	0,3389
1,0	0,3413	0,3438	0,3461	0,3485	0,3508	0,3531	0,3554	0,3577	0,3599	0,3621
1,1	0,3643	0,3665	0,3686	0,3708	0,3729	0,3749	0,3770	0,3790	0,3810	0,3830
1,2	0,3849	0,3869	0,3888	0,3907	0,3925	0,3944	0,3962	0,3980	0,3997	0,4015
1,3	0,4032	0,4049	0,4066	0,4082	0,4099	0,4115	0,4131	0,4147	0,4162	0,4177
1,4	0,4192	0,4207	0,4222	0,4236	0,4251	0,4265	0,4279	0,4292	0,4306	0,4319
1,5	0,4332	0,4345	0,4357	0,4370	0,4382	0,4394	0,4406	0,4418	0,4429	0,4441
1,6	0,4452	0,4463	0,4474	0,4484	0,4495	0,4505	0,4515	0,4525	0,4535	0,4545
1,7	0,4554	0,4564	0,4573	0,4582	0,4591	0,4599	0,4608	0,4616	0,4625	0,4633
1,8	0,4641	0,4649	0,4656	0,4664	0,4671	0,4678	0,4686	0,4693	0,4699	0,4706
1,9	0,4713	0,4719	0,4726	0,4732	0,4738	0,4744	0,4750	0,4756	0,4761	0,4767

Tabela 4: Tabela dos Dígitos Aleatórios
Fonte: (FONSERCA E MARTINS 1996)

Dessa forma, para uma amostra utilizada de 38 profissionais, obteve-se o um Erro Amostral igual 8,1% (Anexo IV) para um Intervalo de Confiança adotado de 95%.

5.1.3. Análise dos resultados e discussões

Após o cruzamento dos dados das etapas anteriores, avaliou-se até que ponto as informações provenientes das diferentes análises são coerentes, e se o projeto proporciona boas condições de conforto térmico e acústico nas salas de aula.

5.2. Elaboração das conclusões e sugestões para projeto de ETIs, em Palmas

Elaboraram-se, após o cruzamento dos dados e discussões das etapas citadas anteriormente, sugestões para projeto arquitetônico das ETIs na região de Palmas, almejando conforto térmico e acústico especialmente nas salas de aula.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta os resultados finais. *A priori*, mostram-se os das análises dos antecedentes arquitetônicos, as escolas CIEP (Rio de Janeiro) e CEU (São Paulo), conforme metodologia descrita no capítulo 3.

Em seguida, os resultados do Estudo de Caso da Escola de Tempo Integral Padre Josimo em Palmas. A análise contempla todos os itens da metodologia descritos no capítulo 3.

A discussão confronta as várias formas e instrumentos de análise, verificando-se os pontos discordantes e os principais fatores que influenciam nas condições de conforto térmico e acústico na ETI de Palmas.

Com todas essas informações, é possível estabelecer sugestões para projetos de ETIs adequados à região climática de Palmas e ao conforto acústico, ambos importantíssimos para favorecer a concentração e aprendizagem dos alunos.

6.1. Análise do projeto arquitetônico dos Centros de Informação Escolar e Profissional - CIEPs (Rio de Janeiro)

A estrutura física dos CIEPs possui três blocos, sendo o principal de salas de aula e os demais abrigando centro médico, cozinha e refeitório, além de áreas de apoio e recreação. O partido arquitetônico, na concepção do projeto, adotou a técnica do concreto pré-moldado, que possibilitou montar cada CIEP como um jogo de armar, em um prazo de apenas quatro meses. Niemeyer criou um projeto-padrão 30% mais barato de uma obra que utiliza a técnica convencional de concretagem no próprio local de construção.

Ao se observar o projeto, pode-se fazer uma breve análise da implantação e disposição do terreno, forma, materiais aplicados e aberturas dos ambientes.

6.1.1. Implantação

Dimensão: Conforme a locação (figura 31) verifica-se ter a escola se

subdivide basicamente em três edificações. Bloco principal em formato retangular com pavimento térreo e dois pisos para salas de aula (A), refeitório e pátio coberto. O tamanho do terreno parece compatível com as edificações tanto ao favorecimento da ventilação quanto à distância entre os blocos, visto estes diminuirão a propagação do som entre um e outro, principalmente o pavilhão de esportes, o maior gerador de ruído no projeto dos CIEPs, que se encontra afastado do bloco de salas de aula, para minimizar a propagação dos ruídos até o bloco onde se ministram as aulas regulares. Residência

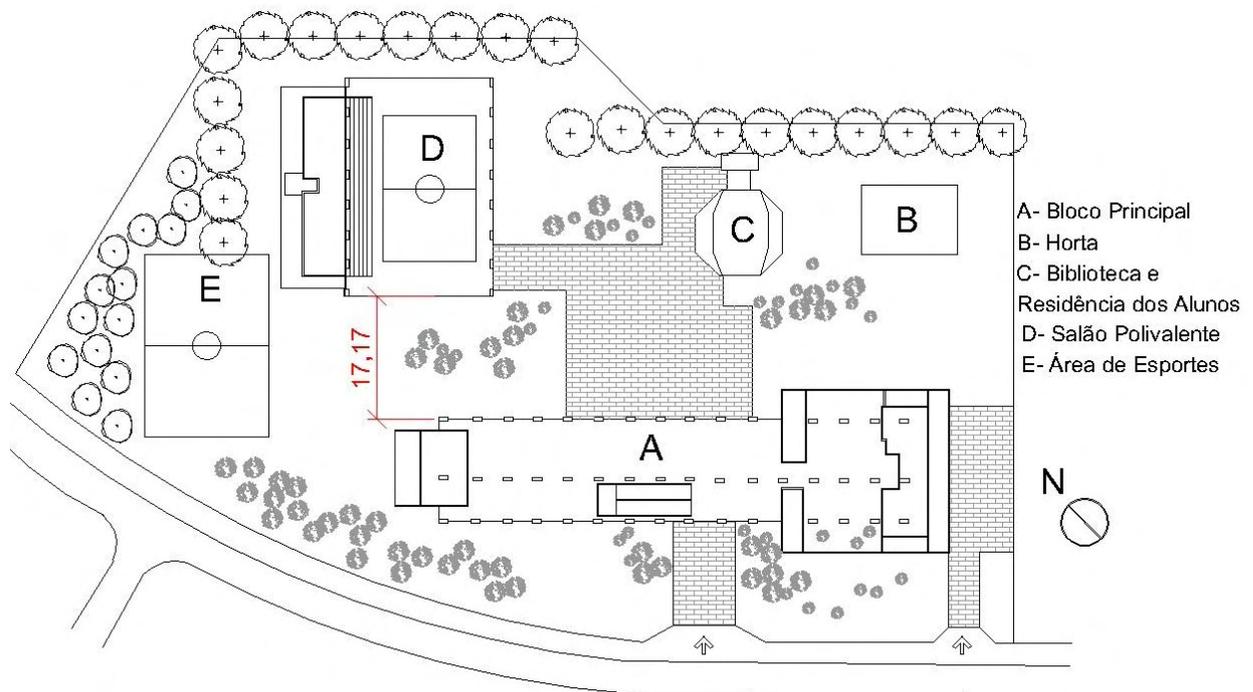


Figura 31: Planta de localização CIEP
 Fonte: http://www.pdt-rj.org.br/images/Cieps_104_105.jpg

Incidência da radiação solar: No contexto da incidência da radiação solar no bloco principal, observa-se este possuir fachadas orientadas para Nordeste-Sudoeste, Olgyay (1998), recomenda fachadas maiores voltadas para Norte-Sul. Apesar de não ser o posicionamento ideal o pior seria fachada Leste-Oeste.

De qualquer maneira, para se evitar problemas de insolação, o bloco possui brises mistos de concreto nas fachadas longitudinais, que amenizam a

insolação nas aberturas, independente de sua disposição no terreno, o que constitui um ponto favorável.

6.1.2. Forma e Distribuição Interna

Sobre conforto térmico e acústico, a disposição das salas de aula formando um conjunto único separados por corredor central (figura 32) é desfavorável em ambos os aspectos (térmico e acústico). No conforto térmico, a disposição das salas minimiza a ventilação cruzada, contrariando o que propõe uma das estratégias estabelecidas pela NBR 15.220-3, para obtenção de conforto térmico. Quanto ao conforto acústico, essa disposição também é desfavorável, pois todas as portas acessam o corredor que propaga o som gerado entre as salas. (EDUCAÇÃO 2009)



Figura 32: Planta Baixa 1º pavimento bloco 1 CIEP
Fonte: http://www.pdt-rj.org.br/images/Cieps_104_105.jpg

6.1.3. Materiais

O principal problema na concepção do projeto arquitetônico, quanto aos materiais aplicados, refere-se às paredes internas que dividem as salas de aula com uma altura de 1,80m. Os profissionais que atuam nas escolas durante todos os anos de existência dos CIEPs discutiram largamente a questão, pois o ruído gerado no interior de uma sala propaga-se rapidamente para as demais por falta do fechamento total da parede. Essa característica provoca desconforto principalmente aos professores que têm de falar cada vez mais alto ao transmitirem conhecimento a seus alunos.

Em função disso, a estrutura física dos CIEPs está passando por um processo de reforma para que se fechem as paredes até o teto. No intuito de se resolver o mais rápido possível e a um menor custo financeiro, estão aplicando

gesso acartonado no fechamento, mas sem tratamento acústico, como informa a arquiteta do Departamento da Rede Física do Rio de Janeiro.

Os 316 Cieps da rede estadual serão reformados. Tudo para dar fim a uma freqüente reclamação dos professores: o excesso de barulho, já que as paredes de todas as unidades não vão até o teto. Nas obras será utilizado gesso acartonado nas paredes, material que, segundo o Superintendente de Programas e Projetos Especiais, Sérgio Mascondes, possui melhor isolamento térmico e acústico. (<http://www.educacao.rj.gov.br/>, 2009)

6.2. Análise do projeto arquitetônico dos Centros Educacionais Unificados - CEUs (São Paulo)

O projeto-padrão do CEU tem 13.000 metros quadrados de área construída, e se compõe de três blocos: o pavilhão principal com três pavimentos (figura 34), bloco circular com a creche, o bloco cultural com cinco (figura 33), são eles: os ateliês de arte, as salas de dança, os estúdios de rádio e fotografia e o ginásio de esportes, como também o núcleo administrativo e gestão. Além das edificações, o projeto-padrão ainda possui um solário com três piscinas, parque de diversão e pista de *skate*. Nas regiões com áreas maiores, disponíveis para a implantação do projeto, instalam-se também quadra poliesportiva e campo de futebol que completam o conjunto da estrutura física da escola.



Figura 33: Foto Bloco Cultural - CEU
Fonte: Secretaria Municipal da Educação - Edif

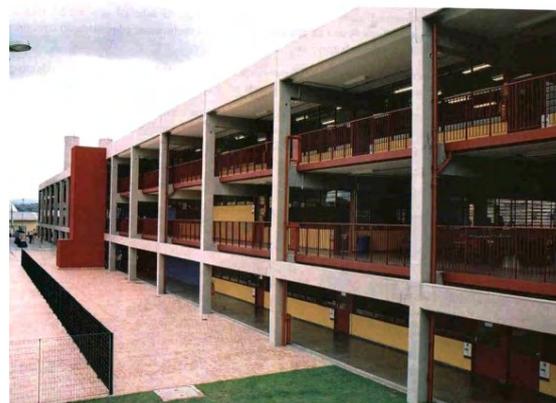


Figura 34: Foto Pavilhão Principal - CEU
Fonte: Secretaria Municipal da Educação - Edif

6.2.1. Implantação

Dimensão: Nota-se que as dimensões do terreno estão compatíveis, contribuindo para uma boa distribuição das edificações relacionadas às inúmeras atividades oferecidas na escola (figura 35). Outro fator positivo na concepção é o bloco destinado às atividades artísticas e esportivas - as maiores geradoras de ruído - estarem afastado do pavilhão onde se ministram as aulas regulares.

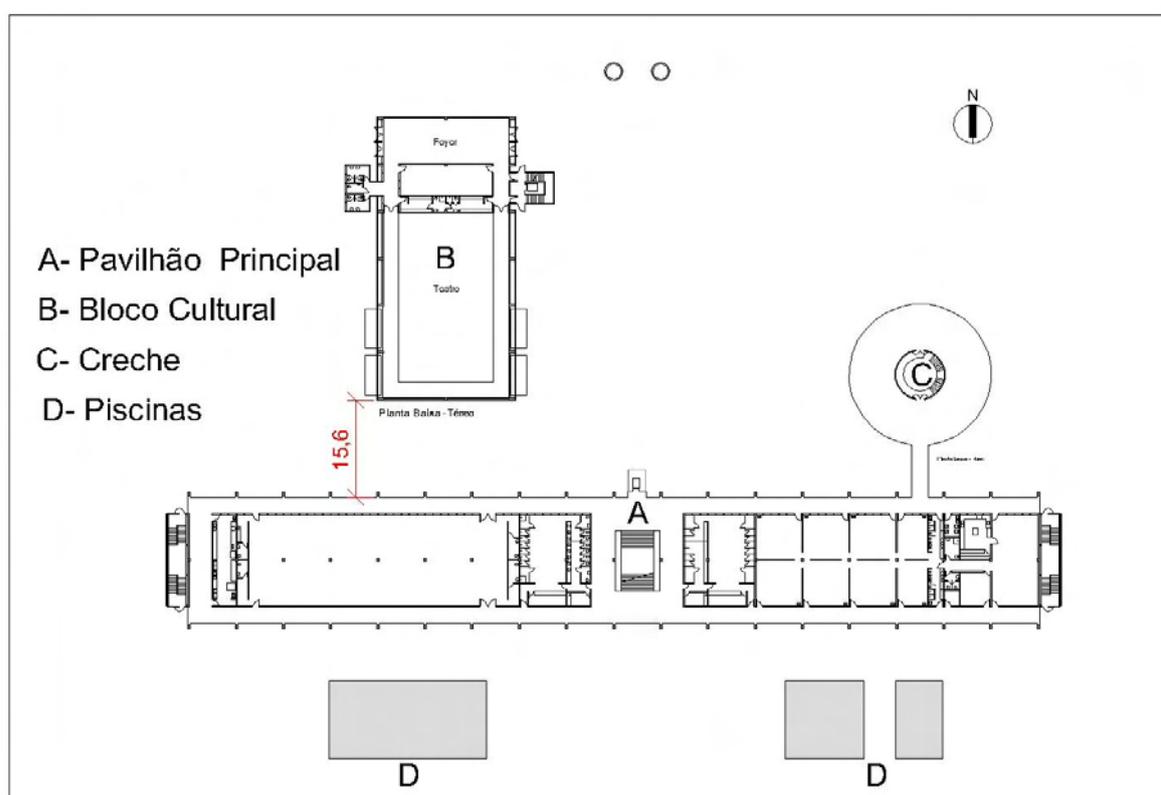


Figura 35: Localização - CEU
Fonte: Secretaria Municipal da Educação - Edif

Incidência da radiação solar: Quanto à incidência da radiação solar no bloco principal, observam-se as maiores fachadas dispostas no sentido Norte-Sul, conforme recomendado por Olgyay (1998). Além disso, estas fachadas possuem corredores com 2,70m de largura nas duas fachadas longitudinais. Estes acessam as salas de aula, por isso, as paredes das salas não recebem radiação solar, o que impede o aquecimento do ambiente interno por condução de calor. Por se tratar de um projeto-padrão, ou seja, a ser implantado em diversos terrenos, esse tipo de disposição dos corredores auxilia na distribuição da edificação no lote.

6.2.2. Forma e Distribuição Interna

Na disposição das salas (figura 36), constata-se que o agrupamento delas com a circulação periférica é um fato negativo em relação ao conforto térmico por não favorecer a ventilação cruzada, conforme sugere a NBR 15.220-3, para haver ventilação cruzada seria necessário ter aberturas entre uma sala e outra, o que prejudicaria o conforto acústico.

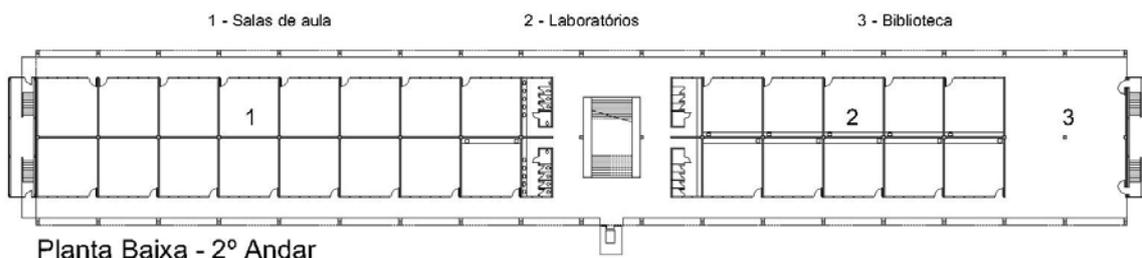


Figura 36: Planta Baixa Térreo - CEU
Fonte: Secretaria Municipal da Educação - EDIF

No entanto, esse tipo de disposição no contexto do conforto acústico é benéfico, pois o ruído gerado em uma sala não se propaga a outra por se localizarem, as portas e janelas, no sentido oposto.

Outro ponto positivo neste pavilhão é o fato de as atividades se distribuírem diferenciadamente por andar, resultando num melhor conforto sonoro.

6.2.3. Materiais

Efetuuou-se a estrutura da escola com blocos pré-moldados em função da urgência na execução das obras. A parede divisória dos ambientes com o corredor, em todos os pavimentos, possui 2/3 de seu fechamento em esquadrias de vidro. As varandas auxiliam na proteção da radiação solar direta e não impedem a ventilação natural. Com relação à acústica um aspecto negativo é o fato de 2/3 das paredes externas serem de vidro; de acordo com a NBR 12.179, o isolamento acústico deste material é baixo (de 20 a 24 dB), portanto, característica desfavorável ao conforto acústico.

Em ambos os projetos, há preocupação com a disposição dos blocos no terreno, de forma a separar as atividades e isolar ao máximo as atividades produtoras de ruídos, e certa preocupação com a proteção solar (com brises ou varandas). Quanto aos materiais utilizados, nota-se o amplo uso de vidro nos

CEUs, o que pode ser problemático aos confortos térmico e acústico. Nos CIEPs, a questão das paredes não-inteiras, causa problemas de conforto acústico.

6.3. Análise do Desempenho Térmico e Acústico da Escola Municipal de Tempo Integral Região Norte - ETI Padre Josimo

No Estudo de Caso da ETI de Palmas, a análise se subdividiu em Conforto Térmico e Acústico, por se tratar de estudo mais extenso e detalhado, conforme a Metodologia descrita no capítulo 3.

6.3.1. Análise do projeto com relação ao Conforto Térmico

6.3.1.1. Implantação

Dimensão: O terreno da escola possui 18.230,57m² com quatro metros de desnível, de uma extremidade a outra (figura 37). Um dos pontos negativos do terreno é o fato de estar circundado por duas avenidas com fluxo intenso de veículos, pois são as vias coletoras das quadras circunvizinhas. Outro agravante é o fato de o terreno possuir apenas 18.230,57 para a implantação de um equipamento de 11.000 m².

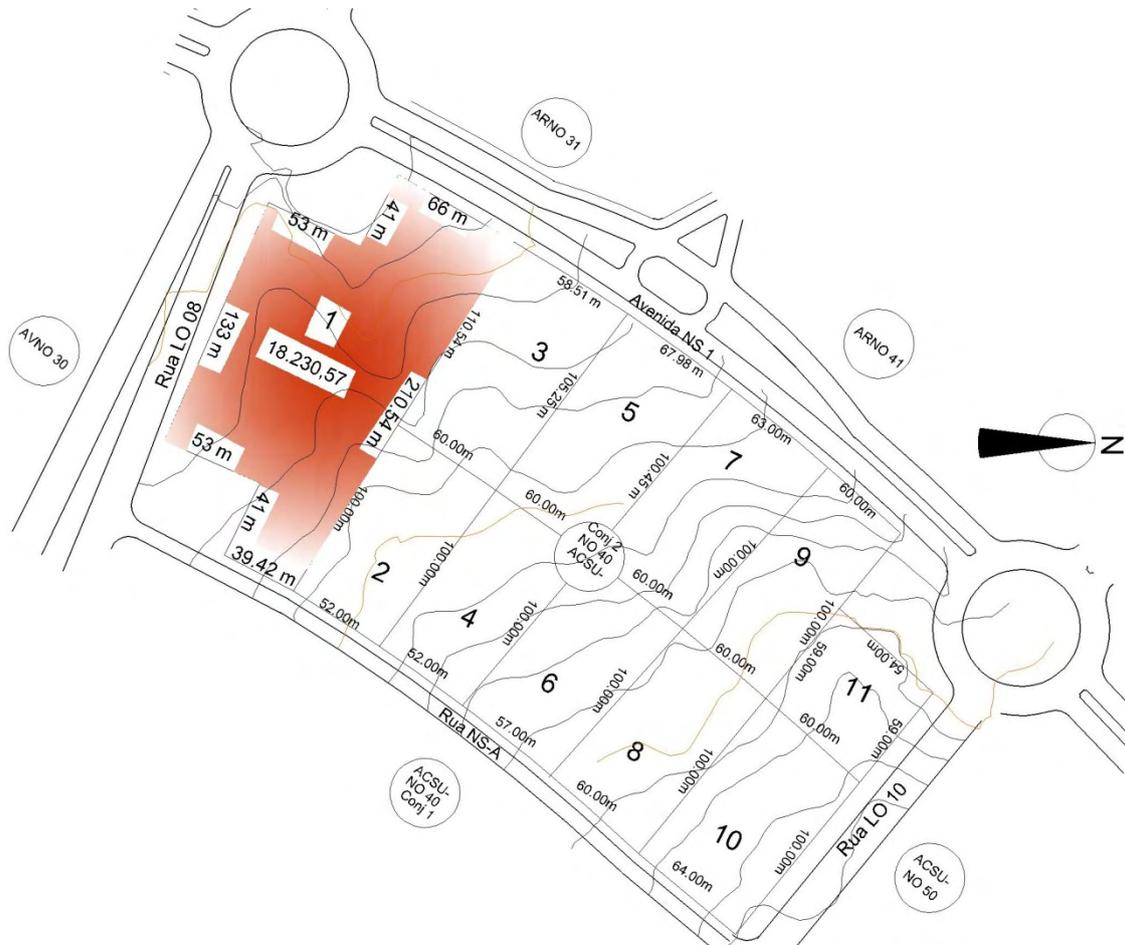


Figura 37: Planta de situação do terreno da escola
 Fonte: Secretaria Municipal da Educação

O projeto arquitetônico tentou tirar partido dos desníveis locando a parte esportiva na área de maior desnível, com o intuito de utilizar as barreiras naturais para minimizar a propagação dos ruídos produzidos pelas atividades ministradas nestes blocos (figura 38). O projeto possui 8.345m² de área construída, distribuídos em seis blocos separados, conforme as atividades a serem executadas. As dimensões do terreno para o número de blocos implantados nele podem comprometer a circulação dos ventos entre as edificações, principalmente nos das salas de aula e de refeitório-pátio cobertos por estarem muito próximos.

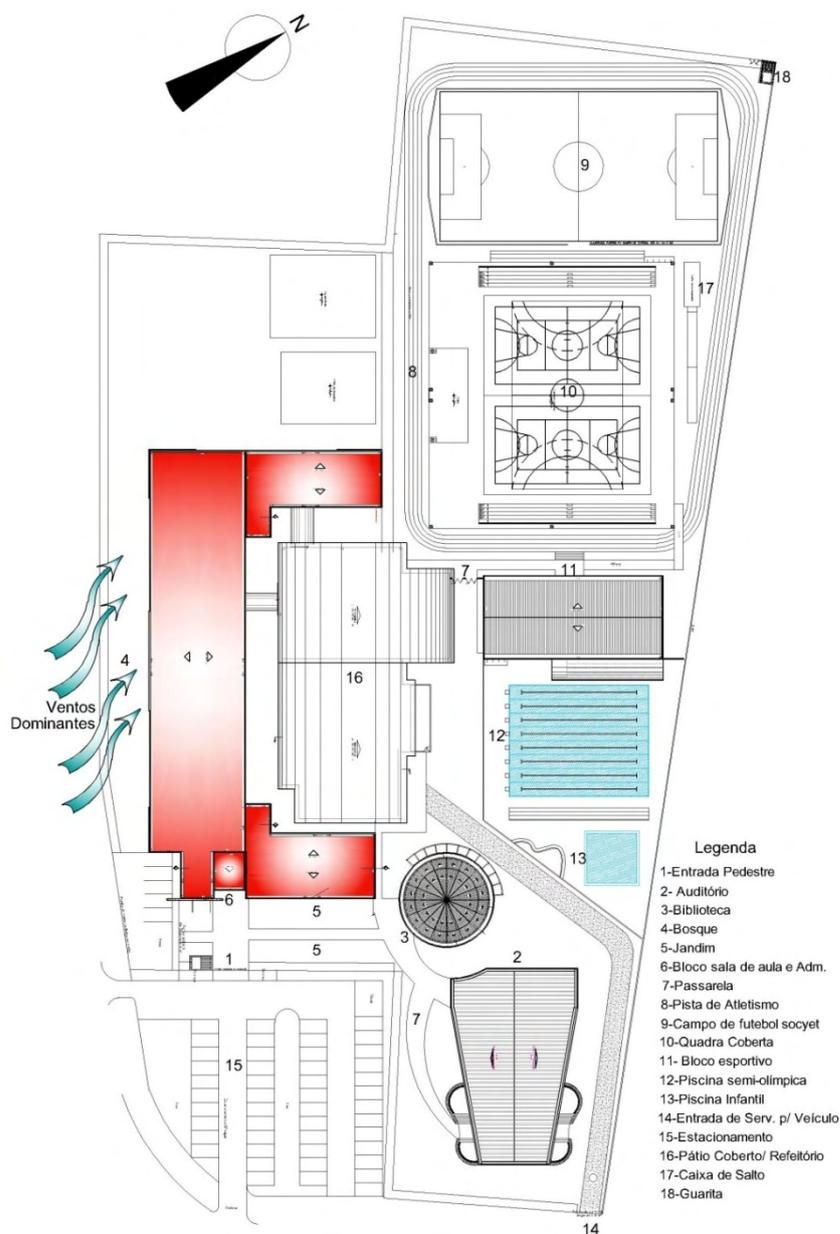


Figura 38: Locação da Escola Municipal de Tempo Integral Padre Josimo
 Fonte: Secretaria Municipal da Educação

Incidência da radiação solar e dos ventos: Com relação à incidência da radiação solar no bloco das salas de aula, observa-se (figura 38 e 31) que as maiores fachadas⁹ estão posicionadas para sudeste e noroeste, contudo há fachadas voltadas também para sudoeste e nordeste. Da análise com a carta solar (figura 39), percebe-se que as que recebem maior insolação no período da tarde são as do NO e SO, potencialmente causando problemas de conforto

⁹ Por ser um projeto-padrão, ou seja, para ser implantado em diversos terrenos, na concepção do projeto todas as aberturas das fachadas do bloco das salas de aula possuíam brises para facilitar o arranjo das edificações nos terrenos, mas nas duas escolas implantadas não se aplicaram os brises por falta de recursos financeiros. Estando previsto para 2009.

térmico por excesso de insolação. Por este motivo, escolheram-se salas nestas duas fachadas (em vermelho, figura 39) para as medições, de forma a confirmar esta hipótese.

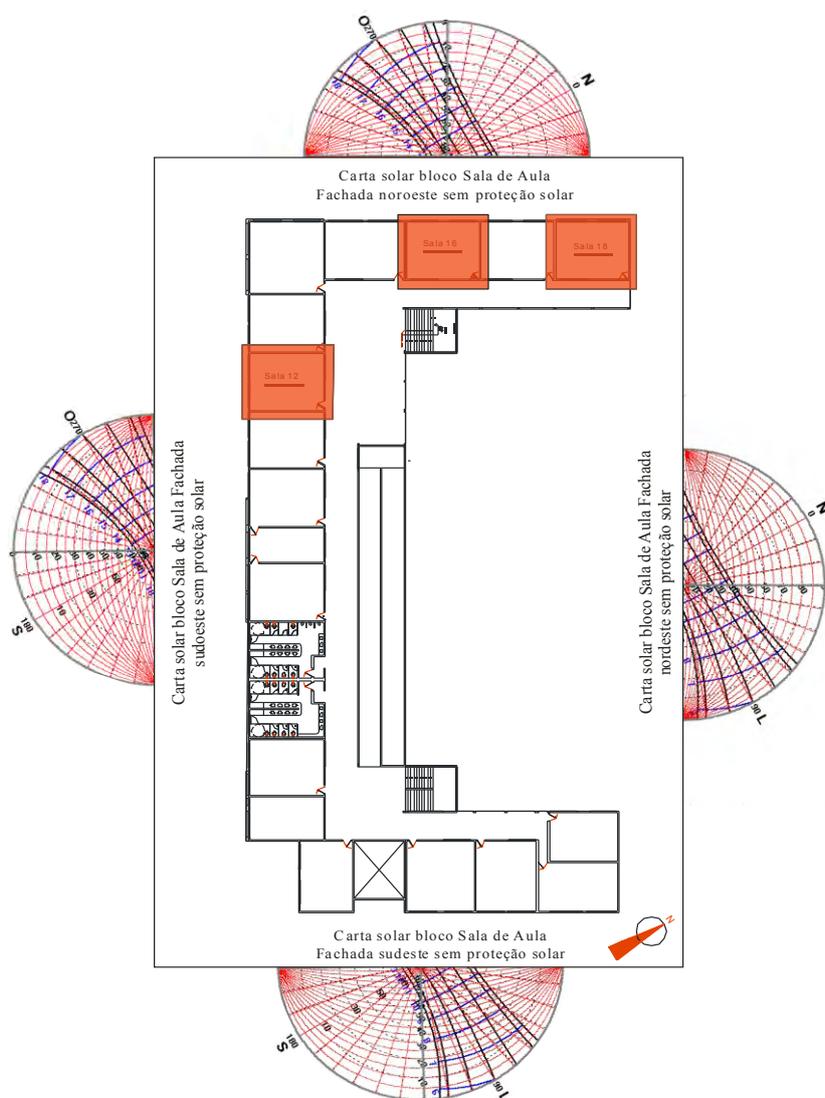


Figura 39: Bloco sala de aula e cartas solares

A implantação favorece a ventilação natural, pois a predominância dos ventos é sudoeste, e a maior fachada está nesta orientação.

6.3.1.2. Forma e distribuição interna

O bloco das salas de aulas regulares possui formato em “U”, circundado por varandas abertas em uma de suas extremidades, na tentativa de integrar os usuários com o exterior, ao mesmo tempo possibilitar o sombreamento das janelas e a ventilação cruzada no interior dos ambientes. (figura 41e 42). As

salas são protegidas pela varanda de um lado, mas com aberturas para os dois lados, favorecendo ventilação cruzada sem causar problemas acústicos.

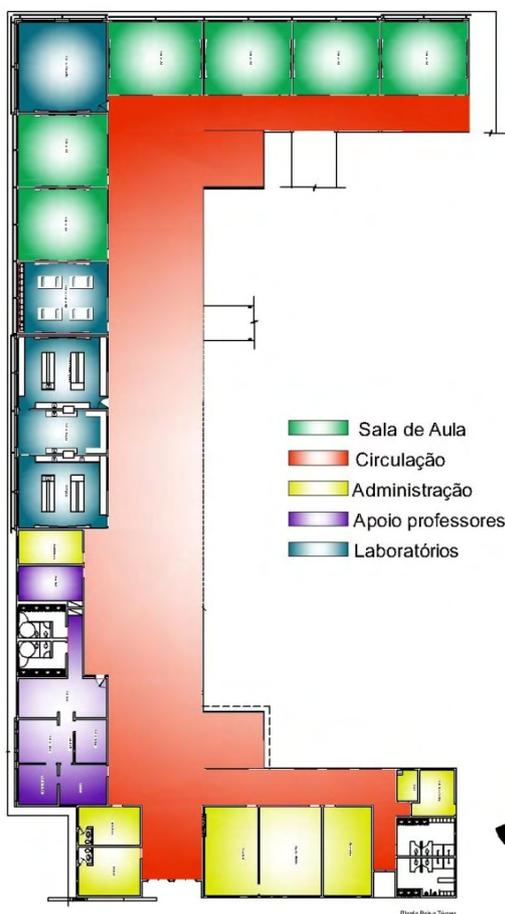


Figura 40: Planta Baixa Térreo, Bloco das salas de aula
Fonte: Secretaria Municipal da Educação - SEMED

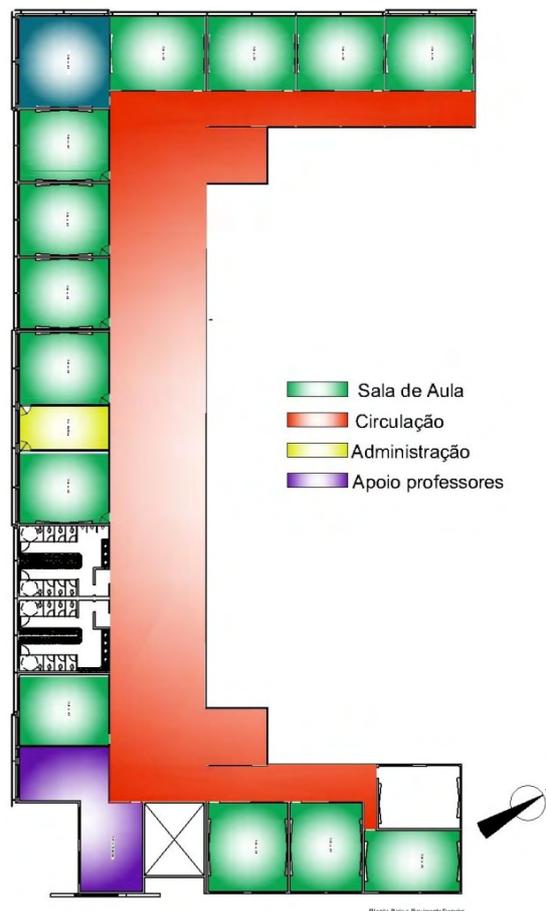


Figura 41: Planta Baixa Pavimento Superior
Fonte: Secretaria Municipal da Educação - SEMED

6.3.1.3. Materiais

O bloco das salas de aula da ETI Padre Josimo é de dois pavimentos, com pé direito de 3,5m.

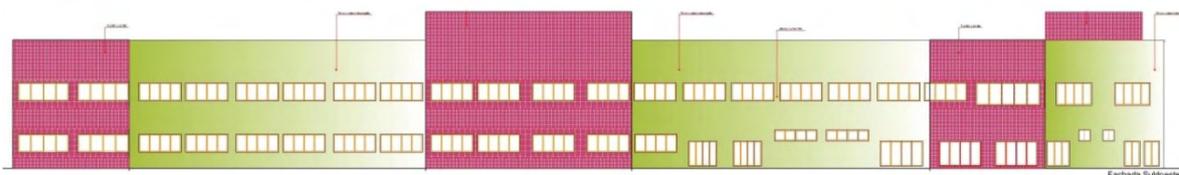


Figura 42: Fachada Sudoeste
Fonte: Secretaria Municipal da Educação - SEMED

Construíram-se as paredes do bloco das salas de aula em alvenaria com tijolo de cerâmica com furo quadrado 9x19x19cm assentados na menor

dimensão (9cm), espessura argamassa de assentamento de 1cm e espessura do reboco de 1,5cm. A espessura total da parede com 14cm. A transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico estão conforme o recomendado para a Zona 7, (tabela 6) na qual Palmas se insere. Nas fachadas, aplicou-se pastilha cerâmica 5x5cm na cor vermelha em alguns pontos (figura 42). No interior das salas, cerâmica 10x10cm na cor palha com barrado verde até a altura de 1.30m; acima da cerâmica, pintura acetinada na cor marfim. A pintura externa em textura acrílica fosca na cor palha, com alguns pontos da fachada em pastilha 5x5cm vermelha (figura 42). Apesar a pastilha possuir alto índice de absorvância e principalmente com tonalidade escura como é o caso, nestes postos as paredes possuem espessura de 30cm favorecendo o atraso térmico. A pintura das pares, por serem claras, favorecem a baixa absorvância, conforme estabelece o Regulamento Técnico da qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos.

A cobertura do bloco das salas de aula, com estrutura metálica e telha galvanizada de espessura 0,43mm, está circundada por platibanda. A laje de piso com 16cm de espessura e a de cobertura com 12cm, ambas treliçadas. No pavimento superior, a circulação não possui laje, utilizou-se apenas forro de PVC comum, sem tratamento térmico ou acústico. Ver anexo V.

Cobriu-se o bloco em análise com estrutura e telha metálicas galvanizadas comuns, ou seja, sem tratamento térmico ou acústico, com espessura de 0,44mm. Todo o telhado está circundado por platibanda, sem espaço para a saída de ar, formando um colchão de ar quente debaixo da telha. A laje de cobertura treliçada tem 16cm de espessura, considerada, pois, uma coberta pesada como estabelece a NBR 15.220-3 para a zona onde Palmas se insere.

De acordo com o anexo C da NBR 15.220-3 tabela C2 se estabelecem vedações externas, o recomendado para transmitância térmica, atraso térmico e fator solar.

Vedação Externa	Transmitância térmica - U W/m ² .K	Atraso térmico – φ Horas	Fator solar – Fso %
Paredes: Pesada	$U \leq 2,20$	$\varphi \geq 6,5$	$FS_o \leq 3,5$
Cobertura: Pesada	$U \leq 2,00$	$\varphi \geq 6,5$	$FS_o \leq 6,5$

Tabela 5: Parâmetros NBR 15.220-3 para paredes e cobertura

Depois de analisados os materiais utilizados na edificação em estudo, pôde-se avaliar se encontram-se de acordo com os coeficientes estabelecidos na NBR 15.220-3 atendendo as diretrizes recomendadas para a zona bioclimática na região onde Palmas se insere.

Bloco Sala de Aula							
Ambientes	Transmitância térmica - U W/m ² .K		Atraso térmico – φ Horas		Fator solar – Fso %		Aberturas p/ ventilação
Térreo							
Salas de Aula	Par.	Cob.	Par.	Cob.	Par.	Cob.	
Sala 4	2,49 ⁽¹⁰⁾	1,16 ⁽¹¹⁾	3,3 ⁽¹²⁾	8,47 ⁽¹³⁾	2,98 ⁽¹⁴⁾	1,39 ⁽¹⁵⁾	22% ⁽¹⁶⁾
Sala 7	2,49	1,16	3,3	8,47	2,98	1,39	22%
Sala 9	2,49	1,16	3,3	8,47	2,98	1,39	22%
Pav Superior.							
Sala 12	2,49	1,16	3,3	8,47	2,98	1,39	22%
Sala 16	2,49	1,16	3,3	8,47	2,98	1,39	22%
Sala 18	2,49	1,16	3,3	8,47	2,98	1,39	22%

Tabela 6: Dados transmitância térmica, atraso térmico e fator solar das paredes e cobertura da ETI Palmas.

¹⁰ Dados extraídos da Tabela D.3 da NBR 15.220-3, para as especificações do material utilizado nas paredes.

¹¹ Ver cálculo anexo V

¹² Dados extraídos da Tabela D.3 da NBR 15.220-3

¹³ Ver cálculo anexo V

¹⁴ $FS = 100 \cdot U \cdot \alpha \cdot R_{se}$ Parede: $100 \times 2,49 \times 0,03 \times 0,04 = 2,98$

¹⁵ Ver cálculo anexo V

¹⁶ Janela: $3m \times 1,3m = 3,9m^2 \times 3unidades = 11,70m^2$ que equivale a 22% da área do piso

6.3.1.4. Aberturas

Analisa-se aqui as aberturas das salas de aula 3,7,9,12,16 e 18 deste bloco, relativas à radiação solar recebida e ao tamanho para ventilação natural. As avaliadas são: 3, 7 e 9, no térreo, e as salas 12, 16 e 18 do pavimento superior (figura 44). As salas 3 e 12 possuem janelas externas com orientação solar voltadas para o sudoeste. Todas com ventilação cruzada, o que favorece a circulação desta.

A radiação solar recebida nas fachadas, principalmente nas aberturas, durante o dia de forma direta, interfere significativamente no conforto térmico dos ambientes. As cartas solares das fachadas do bloco das salas de aula estão representadas nas figuras 45 e 48.

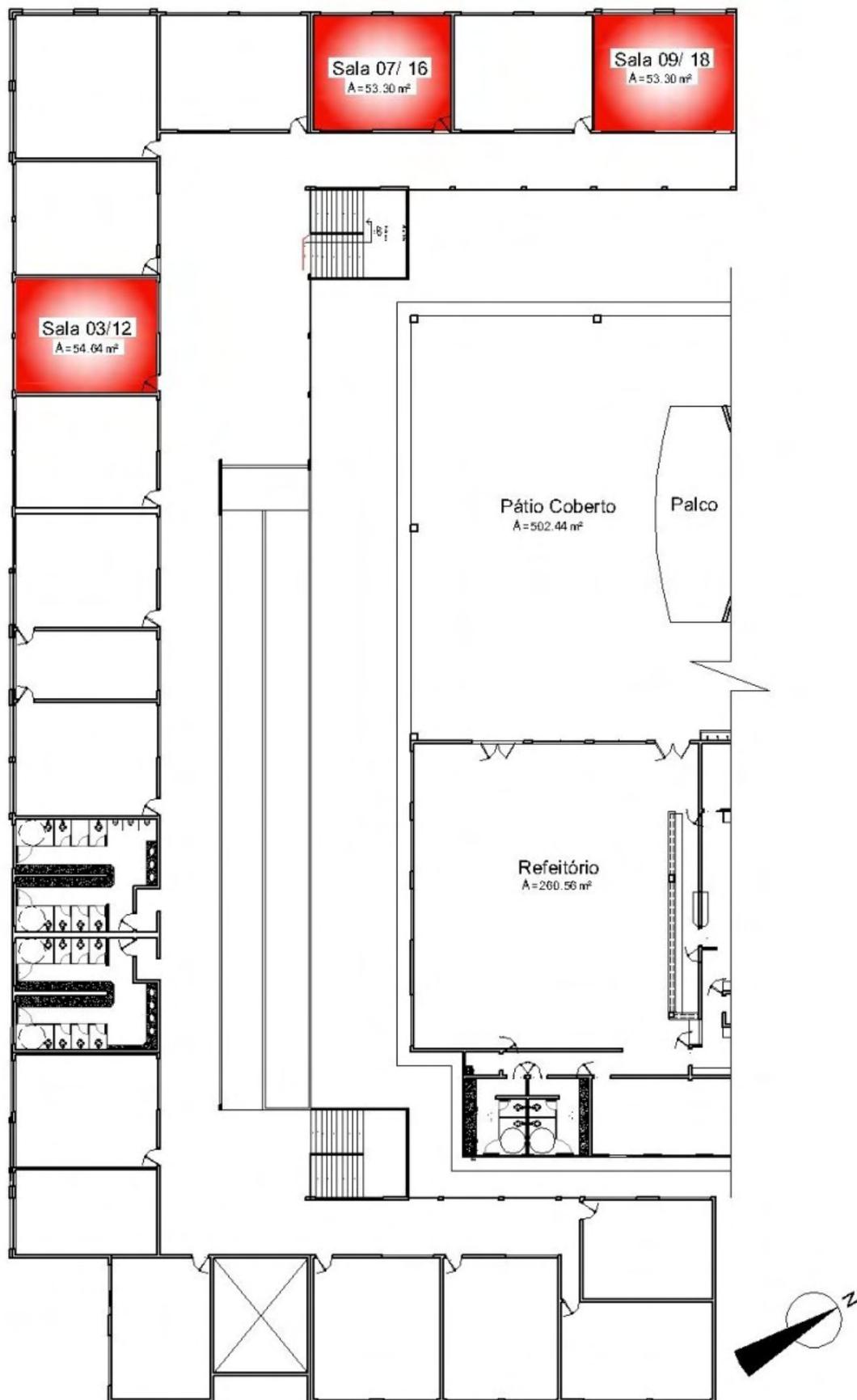


Figura 43: Sala de aula definidas para medições
Fonte: Projeto arquitetônico SEMED

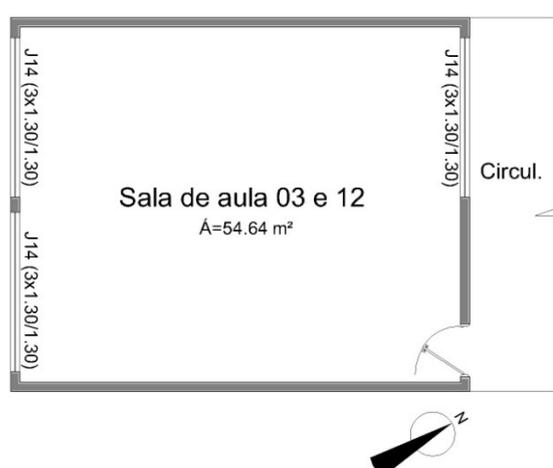


Figura 44: Sala de aula fachada sudoeste
Fonte: Projeto arquitetônico SEMED

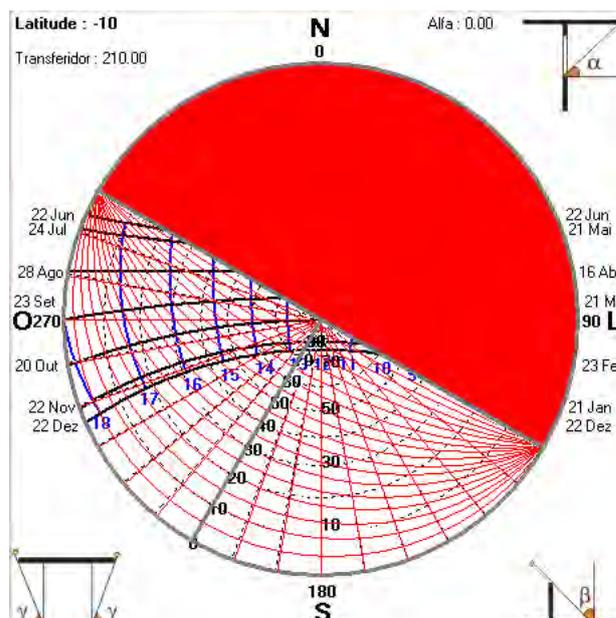


Figura 45: Carta solar fachada sudoeste
Fonte: Programa Sol-Ar

Nota-se, na carta solar (figura 45), que o sol penetra nas salas nos meses de junho a dezembro, e os raios solares incidem no interior das salas, por não serem protegidas com brises, conforme previsto em projeto (tabela 7).

Meses	Horário
Junho	16:20 às 17:40
Julho	15:40 às 17:40
Agosto	14:30 às 18:00
Setembro	13 às 18:00
Outubro	12 às 18:20
Novembro	10:40 às 18:30
Dezembro	10:00 às 18:30

Tabela 7: Mês e insolação fachada sudoeste



Figura 46: Sala de aula fachada noroeste
Fonte: Projeto arquitetônico SEMED

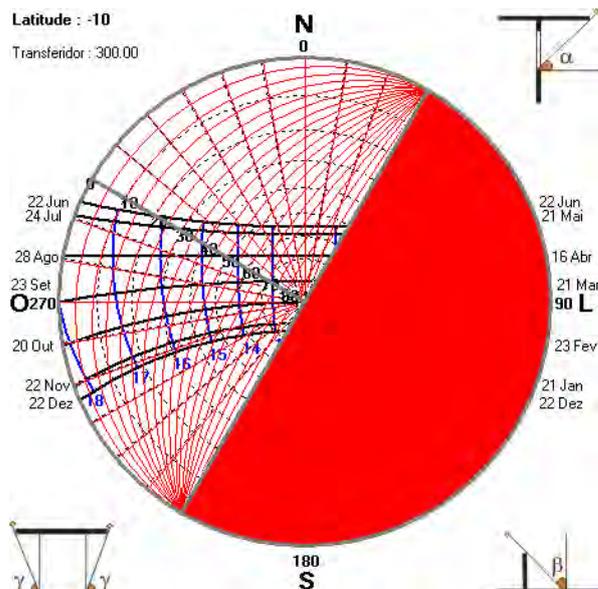


Figura 47: Carta solar fachada noroeste
Fonte: Programa Sol-Ar

Nas salas 7, 9, 16 e 18 que possuem as janelas com orientação solar voltadas para o noroeste, conforme demonstrado nas figuras 47 e 48, percebe-se que há penetração do sol no interior das salas (tabela 8).

Meses	Horário
Junho	10:30 às 17:40
Julho	10:40 às 17:40
Agosto	11:00 às 18:00
Setembro	11:40 às 18:00
Outubro	12:00 às 18:20
Novembro	12:20 às 18:30
Dezembro	12:30 às 18:30

Tabela 8: Mês e horários de insolação fachada noroeste

As dimensões das aberturas estão acima do recomendado, conforme demonstra a tabela, e as salas com 22% de abertura, sendo que a norma estabelece dimensão entre 10% e 15% da área de piso.

5.1.1. Medições das temperaturas nos ambientes

Coletaram-se as medições de temperatura do ar e a umidade nos ambientes da escola nos dias 2, 3, 10 e 18 de março de 2009, próximo ao equinócio de outono. O horário se deu a partir das 15 horas por serem neste as

temperaturas mais altas. Registraram-se os resultados dos dados medidos em planilha (tabela 9, 10, 11 e 12). Os marcados em vermelho significam temperaturas superiores às recomendadas por Givoni, (1994). Os coeficientes de conforto indicados para países em desenvolvimento variam entre 18°C a 29°C, e a umidade de 20% a 80%.

Nebulosidade: 80% (INMET)

Temperatura média externa às 15h: 27,2°C

Umidade: 73%

Data 2/3		Temperatura do Ar Interna (° C)			Umidade Relativa Interna (%)		
Térreo							
Nº da Sala	Horário	Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média
Sala 3 (SO)	15h10min	28,01	28,04	28,025	74,88	76,00	75,22
Sala 7 (NO)	15h12min	29,40	29,40	29,40	75,88	77,40	76,64
Sala 9 (NO)	15h14min	29,01	29,01	29,01	75,00	76,00	75,55
Sala prof.	15h00min	28,05	28,00	28,05	74,64	75,83	75,21
1º Pav.							
Sala 12 (SO)	15h10min	29,30	29,30	29,30	74,80	76,00	75,40
Sala 16 (NO)	15h11min	29,01	30,00	29,50	74,40	76,90	75,65
Sala 18 (NO)	15h13min	29,04	29,90	29,47	72,40	73,90	73,15

Tabela 9: Dados de temperatura e umidade do dia 2/3/2009

-  Temperatura acima dos limites de conforto
-  Umidade acima dos limites de conforto

Nebulosidade: 80% (INMET)

Temperatura média externa às 15h: 31,8°C

Umidade: 55%

Data 3/3		Temperatura do Ar Interna (° C)			Umidade Relativa Interna (%)		
Térreo							
Nº da Sala	horário	Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média
Sala 3 (SO)	15h30min	29,80	29,90	29,85	71,10	71,80	71,45
Sala 7 (NO)	15h31min	30,70	30,80	30,75	73,10	74,70	73,90
Sala 9 (NO)	15h33min	30,90	31,00	30,95	73,00	73,60	73,30
Sala prof.	15h40min	29,60	29,70	29,65	72,40	73,20	72,80
1º Pav.							
Sala 12 (SO)	15h30min	30,30	31,00	30,65	72,10	75,00	73,55
Sala 16 (NO)	15h32min	31,30	31,50	31,40	67,70	68,90	68,30
Sala 18 (NO)	15h35min	31,70	32,00	31,85	65,30	66,10	65,70

Tabela 10: Dados de temperatura e umidade do dia 3/3/2009

Nebulosidade: 80%

Temperatura média externa às 15h: 29,5°C

Umidade: 70%

Data 10/3		Temperatura do Ar Interna (° C)			Umidade Relativa Interna (%)		
Térreo							
Nº da Sala	Horário	Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média
Sala 3 (SO)	15h20min	29,70	29,90	29,80	75,70	77,60	76,65
Sala 7 (NO)	15h21min	30,30	30,50	30,40	71,80	73,00	72,40
Sala 9 (NO)	15h22min	30,70	30,80	30,75	70,00	70,90	70,45
Sala prof.	15h25min	30,10	30,30	30,20	69,40	70,10	69,75
1º Pav.							
Sala 12 (SO)	15h20min	29,20	29,60	29,40	74,10	75,30	74,65
Sala 16 (NO)	15h22min	30,80	31,00	30,90	72,30	66,50	69,40
Sala 18 (NO)	15h23min	30,70	31,00	30,85	68,20	68,80	68,50

Tabela 11: Dados de temperatura e umidade do dia 10/3/2009

Nebulosidade do Dia:

Temperatura média externa às 15h: 30,7°C

Umidade: 57%

Data 18/3		Temperatura do Ar Interna (° C)			Umidade Relativa Interna (%)		
Térreo							
Nº da Sala	Horário	Mínima	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média
Sala 4	15h30min	30,2	30,03	30,25	64,7	65,5	65,1
Sala 7	15h32min	30,8	30,8	30,80	65,5	66,9	66,2
Sala 9	15h35min	30,6	30,6	30,60	65,1	65,7	65,4
Sala prof.	15.45	29,8	29,8	29,80	68,2	68,6	68,4
1º Pav.							
Sala 12	15h31min	30,5	30,5	30,50	65,7	66,1	65,90
Sala 16	15h34min	30,9	30,8	30,85	66,3	68,5	67,40
Sala 18	15h37min	31,3	31,3	31,30	65,8	70,6	68,20

Tabela 12: Dados de temperatura e umidade do dia 18/3/2009

Observa-se, pelas medições das temperaturas no interior das salas, serem estas mais altas que a externa, excedendo os limites de conforto, principalmente nas salas com orientação NO, no pavimento superior, posto sofrerem influência também da cobertura, apesar de caracterizada como pesada, de acordo com a NBR 15.220-3.

No primeiro pavimento, todas as salas apresentam temperaturas acima dos limites de conforto térmico, por sofrerem grande influência também da cobertura, mesmo caracterizada como pesada, conforme a NBR 15.220-3. De qualquer maneira, ainda no primeiro pavimento, as salas voltadas para NO apresentam maiores temperaturas do que as voltadas para SO, evidenciando-se tal orientação, conforme já demonstrado na análise da carta solar, problemática,

devido receber grande quantidade de radiação solar direta nos meses quentes, julho a setembro.

Concernente aos materiais da cobertura, depois de analisados, e apesar de estarem dentro do estabelecido pela norma, percebe-se não serem suficientes para resolver os problemas de conforto térmico nas salas do primeiro pavimento. Seria necessário um pé direito maior? Ou maior isolamento térmico?

6.4. Análise do projeto com relação ao conforto acústico

6.4.1. Implantação

No contexto da escola de Palmas, ao avaliar os fatores que interferem na propagação dos ruídos, desde sua implantação na malha urbana até a aplicação dos materiais de acabamento utilizados na execução do projeto, percebe-se não serem os mais adequados.

Apesar de ser uma cidade nova com apenas vinte anos, possui problemas próprios das grandes capitais como a falta de terrenos disponíveis adequados e com área suficiente para implantação de equipamentos de grande porte, como é o caso da referida ETI que possui 8.300m² de área construída e 11.000m² de área urbanizada. O único terreno disponível da região norte e próximo às áreas de grande demanda de vagas ao ensino fundamental, com área aproximada para comportar a estrutura física, é inadequado para sua implantação, posto estar na esquina de duas avenidas coletoras da cidade: a NS1 com a LO 8, responsáveis pelo trajeto de interligação das quadras internas, ocasionando intenso trânsito de veículos e, por consequência, grandes ruídos.

Todavia, há um fator que favorece a minimização da interferência dos ruídos, apesar de a sua localização ser desfavorável: no horário de tráfego de veículos, que se intensifica das 12 às 13h é hora do almoço, e das 18 às 19h, coincide com o encerramento das atividades que ocorre as 17h30min, ou seja, a poluição sonora externa provocada por isso não interfere no bom funcionamento da escola.

6.4.2. Forma e distribuição interna

Na estrutura do projeto, um dos fatores negativos ocorre em função de o pátio estar acoplado ao bloco das salas de aula, o qual se integra aos demais espaços da escola, ocasionando grande fluxo de circulação de professores e alunos. Essa disposição central provoca problemas que interferem no bom funcionamento da escola, em menor escala nos horários das aulas, exceto nos momentos de troca de turmas que também ocorre no pátio coberto. Nesses momentos e nos intervalos os níveis de ruídos excedem, e muito, aos recomendados pela NBR 10.152 (45-50 decibéis). Os níveis de ruído são altos insuportáveis, atingindo 83 a 98 decibéis, criando um ambiente de trabalho estressante para os discentes e docentes que permanecem por até nove horas diárias na escola.

Por ser uma escola que oferece atividades de currículo regular e complementar, principalmente na área de esportes (figura 48), música (figura 49) e dança, o ideal seria que as distâncias entre os blocos fossem maiores para que a poluição sonora daqueles ambientes não interferisse nas salas de aula, local que exige grande concentração de alunos e professores. Então, para implantação de outras escolas de tempo integral, deste porte, será necessário um terreno maior do que este onde está implantada a escola. Outra solução seria a verticalização do projeto para prevenir os conflitos entre as atividades.



Figura 48: Atividade esporte
Fonte: Secretaria Mun. da Educação de Palmas



Figura 49: Aula de música
Fonte: Secretaria Mun. da Educação de Palmas

6.4.3. Materiais

As características construtivas dos materiais de revestimento aplicados no interior das salas não favorecem a absorção acústica de acordo com a NBR 12.179, ao contrário, a grande maioria apresenta níveis baixos de absorção acústica (tabela 13). As salas analisadas, 3, 7 e 9, no térreo, e 12, 16 e 18, no pavimento superior, possuem:

- esquadrias em estrutura de alumínio com vidro comum de 6mm equivalendo a 22% da área do piso;
- paredes revestidas com cerâmica 10x10cm até uma altura de 130cm;
- pintura em esmalte sintético acima da cerâmica;
- e piso de granitina.

Material	Coefficiente de absorção acústica (500 Hz)
Vidro 6mm	0,03
Cerâmica	0,05
Pintura esmalte sintético	0,03
Piso de granitina	0,01

Tabela 13: Coeficiente de absorção acústica (500 Hz) dos materiais aplicados
Fonte: NBR 12.179

6.4.4. Aberturas

Uma das características do projeto é que todas as salas de aula possuem esquadrias em duas extremidades das paredes a fim de favorecer a ventilação cruzada. Como as esquadrias da fachada externa são pivotantes e permanecem na maior parte do tempo abertas, praticamente não há isolamento dos ruídos provenientes das vias urbanas que circundam a escola. Já as janelas voltadas para a circulação permanecem na maior parte do tempo fechadas, para minimizar os ruídos provenientes do pátio coberto. A NBR 12.179 estabelece isolamento de 26 a 32dB ao tipo de vidro aplicado na escola.

No item seguinte, avaliar-se-ão os fatores citados acima, comparando-os com as recomendações estabelecidas pelas normas NBR 12.179 e NBR 10.152.

6.4.5. Medições dos níveis sonoros nos diferentes tipos de ambientes

A NBR 10.151 sugere sejam coletados três pontos no interior de cada sala, de acordo com o capítulo 3 da metodologia. Destes obtém-se a média, dados já trabalhados para avaliar se estão em conformidade aos recomendados pela NBR 10.152.

Data 18/3 após às 15h		Níveis de Ruído	
Térreo			
Sala	Situação	Média dos três pontos	
		Méd. Mím.	Méd. Máx.
4	Janela aberta	73,63	73,63
	Janela fechada	67,70	74,86
7	Janela aberta	74,30	74,80
	Janela fechada	66,80	73,40
9	Janela aberta	73,93	76,03
	Janela fechada	64,03	75,33
Sala prof.	Janela aberta	63,26	70,16
	Janela fechada	58,86	65,26
1º Pav.			
Sala 12	Janela aberta	73,40	83,06
	Janela fechada	63,00	68,41
Sala 16	Janela aberta	73,60	80,63
	Janela fechada	60,66	68,30
Sala 18	Janela aberta	73,86	77,83
	Janela fechada	58,06	62,50

Tabela 14 – Medição de Ruído em determinados ambientes da escola

A tabela 14 mostra que todos os ambientes estão com os níveis de ruído bem acima do recomendado pela NBR 10.152, ou seja, de 40 a 50 decibéis. Nas duas situações, janelas aberta e fechada os níveis estão elevados, sendo que nas fechadas os valores são menores. Este dado confirma o estabelecido na NBR 12.179, ou seja, o nível de isolamento do vidro é baixo.

6.5. Análise da Aplicação de Questionário aos funcionários

Estruturou-se o questionário em cinco partes (Anexo I), a primeira refere-se às características do entrevistado: sexo, idade, função e grau de escolaridade. Dos 39 questionários preenchidos 74% são de professores, destes 66% do sexo feminino, 9% com faixa etária menor de 25 anos, 65% de 25 a 40

anos, 26% de 41 a 55 anos. Quanto ao nível de escolaridade, 59% possuem nível superior e 41% pós-graduação (figura 50).

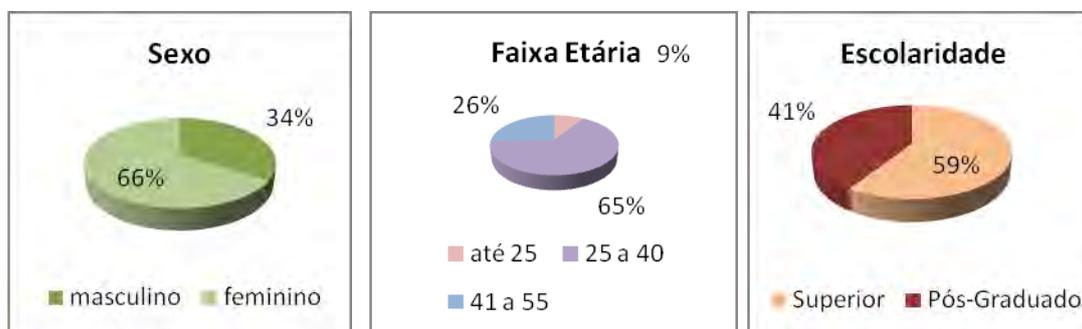


Figura 50: Características do quadro de professores da escola

No quadro dos demais funcionários que responderam às questões, 84% são do sexo feminino. Quanto à faixa etária, 70% destes estão entre os 25 e 45 anos, 20% entre 41 e 55 anos e 10% acima de 50 anos. No item escolaridade, 50% dos participantes são coordenadores pós-graduados; 30% têm nível superior e 20% o 2º grau. Veja-se, mais claramente, nos gráficos demonstrados abaixo (figura 52).



Figura 51: Características do quadro administrativo e coordenadores

A segunda parte trata da avaliação dos profissionais com relação ao edifício como um todo, quanto a sua percepção concernente a cinco itens que interferem nos confortos térmico e acústico do prédio de maneira geral. Como eles classificam a iluminação e ventilação natural, e se a arborização do terreno é adequada ao clima quente da região. Nas divisas do terreno onde se intensifica o tráfego de veículos se pensou na vegetação como forma de diminuir a propagação do ruído (figura 52 e 53).

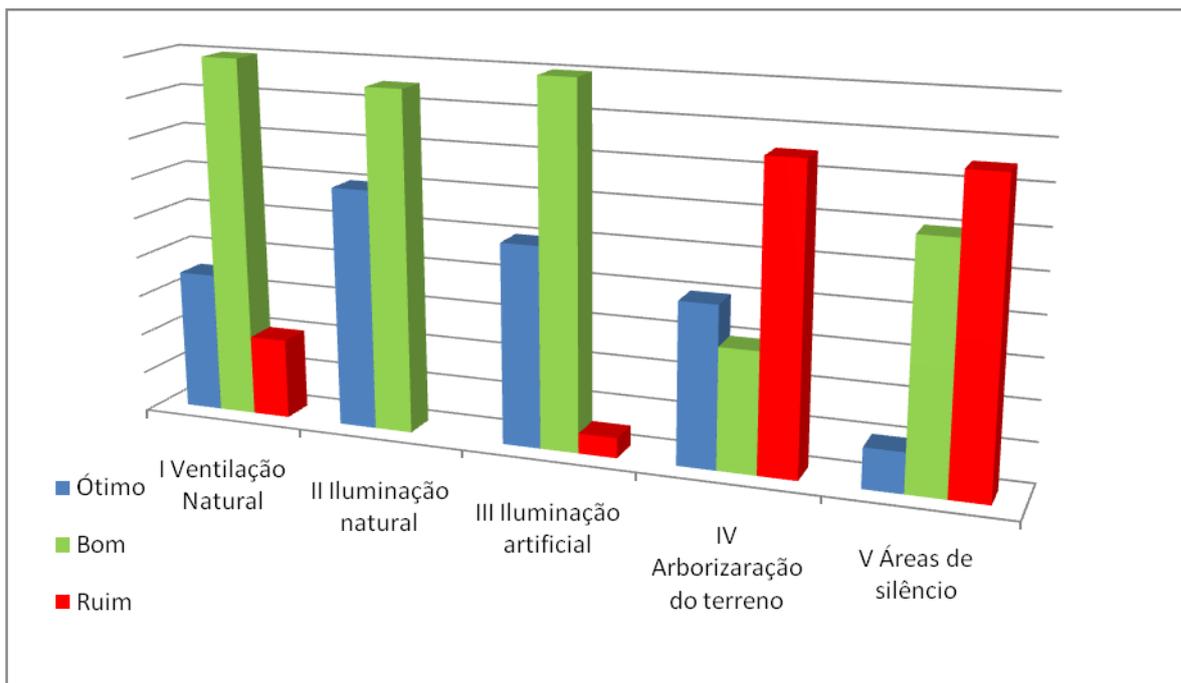


Figura 52: Avaliação dos professores

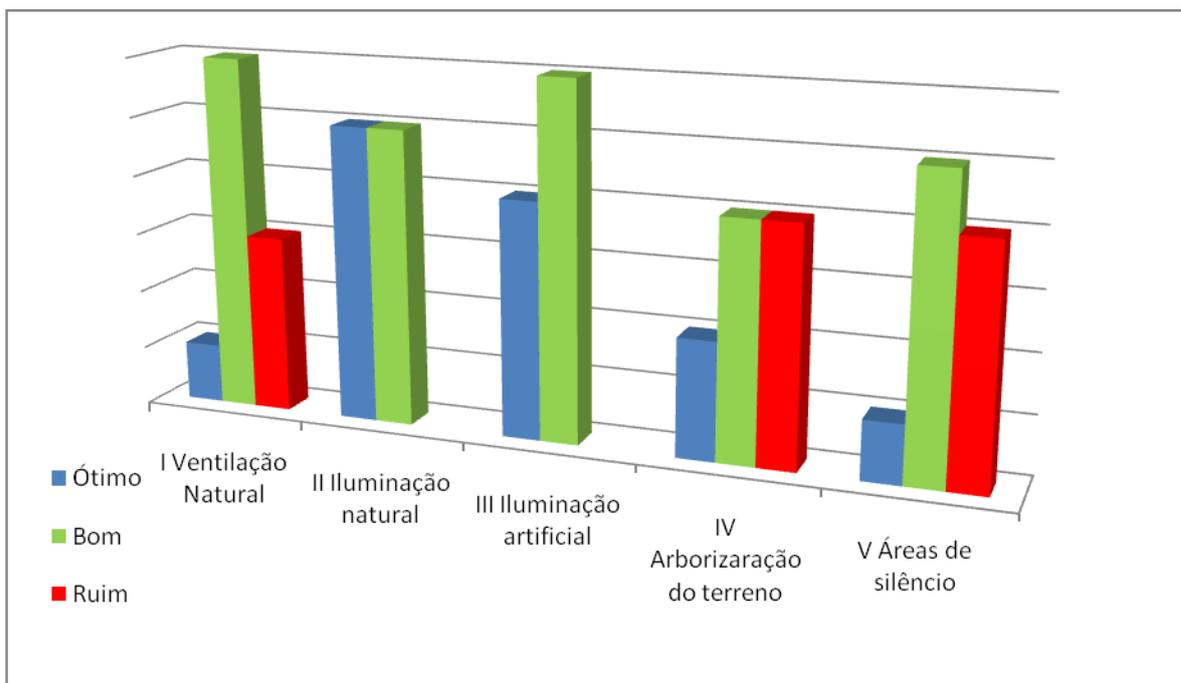


Figura 53: Avaliação quadro administrativo e coordenadores

A parte três do questionário trata de uma pergunta aberta, em que os usuários identificam até cinco itens, por ordem de importância, os problemas verificados na estrutura física do prédio. Apesar de a pesquisa estar focada na análise de conforto térmico e acústico, julgou-se pertinente a inclusão de outras

questões, pois busca aferir, dentre outras, o nível de satisfação dos usuários em relação ao edifício estudado. Boa parte dos questionários veio sem resposta neste item. As observações mais frequentes foram:

- **Calor intenso nas salas de aula apesar de a ventilação ser boa;**
- Interferência de sons externos na sala de aula;
- Poluição sonora;
- Falta de cobertura entre os blocos;
- Ausência de espaço recreativo;
- Película para as janelas.

A quarta parte se refere à avaliação do local onde o entrevistado permanece por mais tempo; com relação ao tamanho das salas; à proteção das janelas; ventilação natural; iluminação natural e artificial; se existe isolamento dos ruídos provocados no interior e exterior do prédio; como se aplicaram as cores e materiais, se estão adequados às atividades, e como é o contato do usuário com a vista do exterior da edificação. Seguem abaixo os gráficos da avaliação dos professores e do quadro administrativo, coordenadores e demais funcionários (figura 55 e 56):

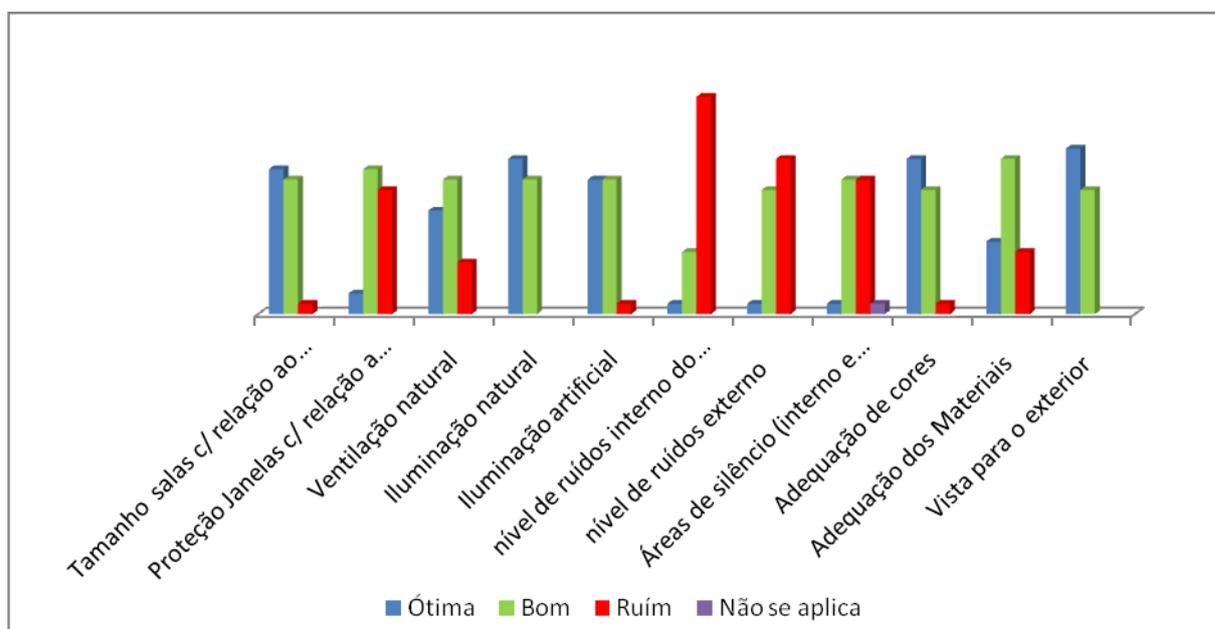


Figura 54: Avaliação dos professores

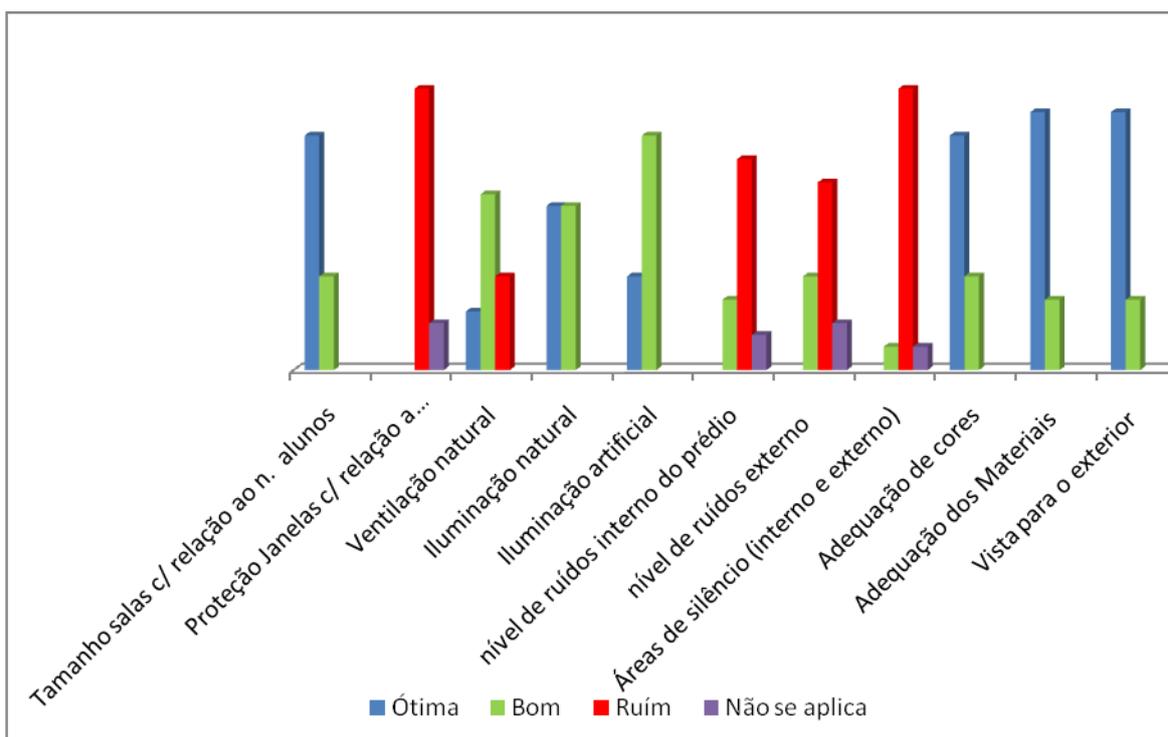


Figura 55: Avaliação do quadro de coordenadores

Elaborou-se, na parte cinco, uma questão específica quanto ao conforto acústico, hipótese trabalhada nesta pesquisa, no intuito de avaliar até que ponto as atividades esportivas e musicais interferem nas atividades em salas de aula. Os gráficos abaixo (figura 56) representam a tabulação das avaliações, da esquerda para a direita, dos professores e, após, do quadro administrativo, coordenadores e demais funcionários.

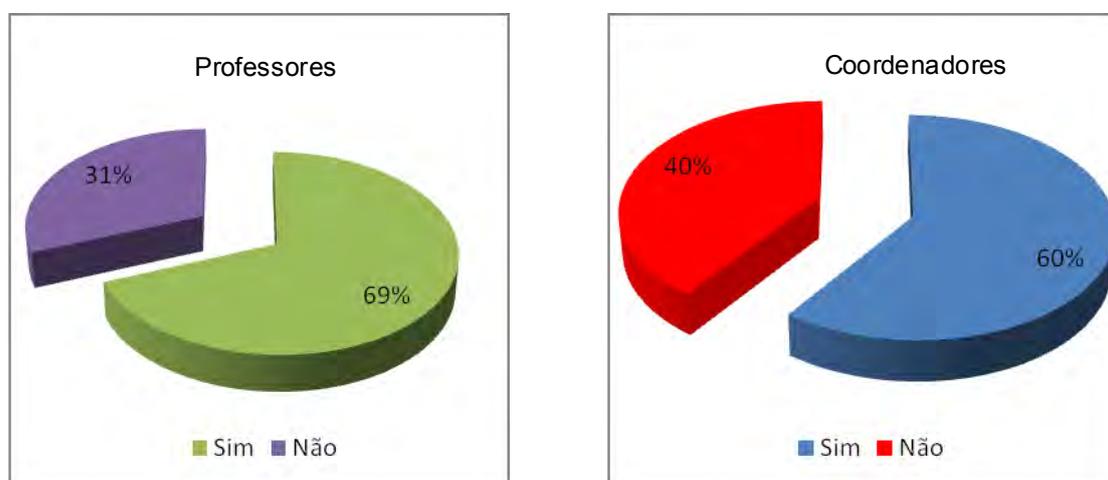


Figura 56: Avaliação dos profissionais da escola quanto à interferência dos ruídos

Discussões

Observou-se que, mesmo estando os valores da transmitância térmica, atraso térmico e fator solar dentro do recomendado pela NBR 15.220-3, as temperaturas no interior das salas variam entre 29,70°C e 31,80°C, de acordo com as medições *in loco*, valores estes acima dos recomendados por Givoni (1994). Os limites de conforto térmico para países em desenvolvimento (GIVONI 1994) recomendam temperatura do ar entre 18°C e 29°C e umidade relativa entre de 20% e 80%. Os dados coletados de umidade na ETI estão conforme os coeficientes recomendados, as médias variando entre 65,10% e 76,65%.

Estas informações se confirmam pelo questionário aplicado aos professores e demais funcionários da escola, por meio da pergunta: “*Identifique até cinco itens, por ordem de importância, os principais problemas na estrutura física da escola*”. Dos 39 respondidos, 33 mencionaram o excessivo calor como problema na ETI, equivalendo a 84,61% dos entrevistados.

Com relação ao conforto acústico no cruzamento das três formas de análises, confirma-se, também, haver desconforto na ETI. Da análise dos materiais, constata-se a não-adequação de alguns para serem aplicados no interior das salas de aula, visto não propiciarem um bom isolamento e o coeficiente de absorção acústico não corresponder à NBR 12.179.

Evidenciou-se esta característica nas medições dos níveis sonoros no interior dos ambientes tanto com as janelas fechadas quanto abertas, posto os níveis de ruído estarem bem acima dos recomendados pela NBR 10.152, sendo indicados coeficientes de 40-50 dB, e a média das máximas dos níveis de ruído medida nas salas variou entre 62 e 83 dB.

Também o desconforto térmico se confirma, como já mencionado, pelas respostas do questionário aplicado à maioria dos entrevistados; evidente, pois, pelos gráficos da tabulação das perguntas, que os maiores picos se relacionam ao desconforto acústico nas salas (figura 55, 56 e 57).

Posto isso, constata-se a deficiência de projeto na obtenção do conforto térmico e acústico no interior das salas de aula da ETI de Palmas.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nas informações coletadas e no referencial teórico, pôde-se avaliar a extensão dos problemas das salas de aula da escola concernentes ao confortos térmico e acústico. Este estudo é importante, pois poderá dar suporte à elaboração dos novos projetos de ETIs em Palmas, colaborando no processo de aprendizagem, papel primordial da escola.

7.1. Análise do Estudo de Caso – ETI Padre Josimo, em Palmas

Por meio de medições e da análise do projeto, percebem-se algumas falhas no projeto da escola analisada. Estes se referem tanto à concepção do projeto arquitetônico quanto à escolha de alguns materiais de acabamento aplicados. Quanto a concepção arquitetônica, o terreno deveria ser maior em função do amplo programa de necessidades exigido para ETIs; o pouco espaçamento entre o blocos gera problema de conforto acústico e térmico nas salas de aula. Outro fator que prejudica a obtenção de melhores níveis de conforto sonoro nas salas de aula é o fato do pátio coberto integrar-se ao bloco das salas de aula e nele ocorrer intensa circulação do setor esportivo e vice-versa. Seria, pois necessário, nos dois casos, um terreno maior ou a verticalização da estrutura, dividindo os andares por atividades afins, podendo solucionar os problemas acústicos. Quanto aos materiais de construção empregados, boa parte deles possui níveis de isolamento e absorção acústica baixos, como é o caso do piso de granitina e das pastilhas aplicadas nas paredes, o que contribui para o aumento do ruído de fundo. Fatos estes evidenciados após a medição dos níveis sonoros das salas, com as janelas e portas fechadas ou abertas, para avaliar o isolamento dos ruídos externos, que estão bem acima dos recomendados pela NBR 10.152.

Uma situação crítica também é a da proteção das aberturas das salas de aula. O projeto foi concebido prevendo a aplicação de brises nas aberturas, mas na execução estes não foram instalados. Isso causa grande desconforto térmico aos usuários, posto que a incidência direta da radiação nos vidros, grandes

condutores de calor, aquece os ambientes, e incomoda alunos e professores, conseqüentemente interferindo no processo de ensino-aprendizagem.

7.2. Sugestões para projeto de ETIs em Palmas

Diretriz geral: Como sugestão de projeto inicial para edificações de ETIs em Palmas, deve-se elaborá-lo a partir de duas premissas principais: conforto térmico e acústico. Para atingir o conforto térmico deve-se adotar a aplicação da NBR 15.220-3, considerando-se as estratégias da zona bioclimática 7, na qual Palmas se insere. Para obtenção de conforto sonoro, devem-se aplicar as determinações da NBR 10.152 e NBR 12.179, pré-requisitos como ponto de partida para o projeto arquitetônico.

Estabelecer-se-ão as sugestões de projeto de acordo com quatro fatores: implantação, forma e distribuição interna, materiais e aberturas.

7.2.1. Implantação

7.2.1.1. Dimensão

No caso das ETIs com extenso programa de necessidades, em função das inúmeras atividades desenvolvidas, a primeira característica do terreno a se avaliar é a sua dimensão, pois, quanto menor, possivelmente maiores serão os problemas relacionados ao conforto acústico. Segundo Marco (1982), *para cada duplicação a distância da fonte sonora, a intensidade é dividida por quatro, para diminuir a intensidade do som o afastamento do local gerador do ruído deve ser cada vez maior*. Se o terreno apresentar dimensões insuficientes, essa dificuldade poderá ocorrer em função dos espaços destinados às atividades esportivas e artísticas, por ficarem próximas às salas de aula. Também os afastamentos mínimos entre os blocos poderão impedir a circulação dos ventos dominantes.

Devem-se considerar os requisitos para definição do terreno das escolas do currículo tradicional também nas ETIs, como:

- Áreas urbanas com infraestrutura existente;
- Terrenos afastados das vias com intenso tráfego de veículos;
- Terrenos próximos às redes de transporte coletivo;

- Áreas com topografia acidentada, devem ser evitadas para não dificultar a acessibilidade ou aumentar o custo da obra;
- Terrenos com obstáculos em suas proximidades que possam obstruir a ventilação natural devem ser evitados;
- Preservação da cobertura vegetal do terreno o máximo possível.

7.2.1.2. Incidência da radiação solar e dos ventos

Observar: a) a trajetória do sol nos doze meses do ano, por meio das cartas solares, para dispor as edificações de forma mais adequada aos diversos blocos que compõem a estrutura das ETIs; b) os pontos desfavoráveis de radiação solar e ventilação para utilização de estratégias com o intuito de otimização do conforto térmico.

Para disposição dos blocos, é importante verificar a trajetória dos ventos predominantes, priorizando a locação das janelas no sentido da direção deles. A distância entre os blocos deve ter pelo menos seis vezes a altura da edificação, para não haver barreira de uma para a outra, prejudicando a ventilação dos demais. Outra possibilidade seria a disposição dos blocos de maneira desencontrada no lote, assim, uma edificação não barraria as demais com relação ao fluxo dos ventos dominantes.

Também nas ETIs, é importante a disposição dos blocos relativos à definição do organograma das edificações, de acordo com as atividades a serem executadas em cada um, estabelecendo-se “barreira” para o ruído gerado em uma edificação não se propague as demais.

7.2.2. Forma e Distribuição Interna

A forma da edificação deve tirar partido para o melhor aproveitamento do conforto térmico, a fim de amenizar a incidência da radiação solar nela. Assim, o posicionamento no sentido longitudinal da edificação deve receber as menores quantidades da incidência do sol durante o ano, ou seja, em Palmas, deve-se posicionar uma edificação retangular as maiores fachadas no sentido leste/oeste.

Nos meses de maio a outubro, quando ocorre o período de estiagem, temos temperaturas mais elevadas e índices mais baixos de umidade relativa do ar, devem-se prever, pois, processos de resfriamento evaporativo, antes de o vento penetrar o ambiente, a fim de diminuir a temperatura e aumentar a umidade relativa do ar.

No caso das coberturas, deve-se tirar partido da forma para que ocorra ventilação entre a cobertura e a laje, pois, quando das medições *in loco*, constatou-se que o pavimento superior da ETI analisada sofreu interferência térmica da cobertura. Um dos motivos desta alteração da temperatura deve-se ao fato pela cobertura ser totalmente fechada, apesar de considerada do tipo pesado conforme a NBR 15.220-3. Portanto, para regiões com elevadas temperaturas, como Palmas, convém propiciar ventilação entre cobertura e laje para não criar um colchão de ar quente radiando o calor para o interior das salas.

7.2.3. Materiais

As vedações externas, paredes e coberturas devem ser do tipo pesado, para isso, devem-se utilizar materiais com elevada resistência térmica conforme estabelece a NBR 15.220-3. As estratégias H e I indicam que se podem obter temperaturas internas mais agradáveis por meio do uso de paredes (externas e internas) com mais massa térmica, de forma que se devolva o calor, armazenado em seu interior durante o dia, ao exterior durante a noite, quando as temperaturas externas diminuem. Como apenas as características citadas acima das estratégias não são suficientes; deve-se pensar em materiais de construção que diminuam a propagação do calor para o interior das salas. No caso das paredes, pode-se adicionar ao reboco a vermiculita que reduz a propagação do calor ao interior das salas; para as coberturas, telhas fabricadas com tratamento térmico ou pinturas com tintas térmicas que pode reduzir em até 90% a absorção do calor. Em alguns casos, é inviável utilizar de telha com tratamento térmico pelo seu elevado custo comercial. Outra solução viável, e com custo reduzido, é a utilização de manta aluminiada nas duas faces junto à telha, podendo reduzir em até 95% a propagação do calor.

Quanto ao conforto acústico, os materiais podem influenciar de forma significativa, como estabelece a NBR 12.179 de tratamento acústico em recintos fechados. Para se obter melhor isolamento acústico, a tabela 1 mostra as descrições dos materiais e seu isolamento em decibéis, e a tabela 2 os coeficientes de absorção acústicas dos materiais aplicados.

7.2.4. Aberturas

Adotar vãos entre 10% e 15% à área do piso para as aberturas de ventilação e sombreá-las em todos os meses do ano para diminuir a retenção do ganho solar, vai ao encontro da NBR 15.220-3.

A mesma norma estabelece, nas estratégias I e J, que se obtém a ventilação cruzada por meio da circulação de ar nos ambientes da edificação. Isso significa que, se o ambiente tem janelas em apenas uma das fachadas, deve-se manter a porta aberta para permitir a ventilação cruzada; atentar para os ventos predominantes da região, e para o entorno, pois este pode alterar significativamente a direção dos ventos.

Além de se avaliarem as sugestões para o projeto proposto acima, devem-se considerar todos os espaços, conforme a proposta pedagógica da ETI; as legislações vigentes para construções escolares, em especial o Código de Obras Municipal, Lei nº 45, de 22 de março de 1990, como também as leis da vigilância sanitária, que definem padrões mínimos em edificações.

7.3. Conclusões

Conclui-se, por meio deste estudo, que a aplicação dos conceitos e parâmetros de conforto térmico e acústico são fundamentais para a elaboração de projetos de ETIs em Palmas – TO, tanto quanto em qualquer outra localidade, levando-se em consideração a qualidade educacional desejada. No contexto do conforto térmico, Palmas – TO, por ser uma região com elevadas temperaturas e períodos com baixos índices de umidade, merece atenção especial. Quanto ao conforto acústico, comprovou-se serem os níveis de ruído em ETIs gerados principalmente pelas diversas atividades que acontecem concomitante às aulas regulares, peculiaridade desse tipo de escola. Portanto, as informações obtidas

por este estudo podem contribuir para a obtenção do conforto ambiental das futuras escolas, a serem implantadas, e na adequação das existentes.

Devem-se entender as propostas para elaboração de projeto das ETIs, ou adequações das unidades existentes, para região de Palmas, como sugestões para os projetos, sendo estas genéricas e se fundamentam em conceitos, parâmetros e normas de conforto térmico e acústico, além do estudo de caso realizado na ETI Padre Josimo, em Palmas.

A aplicação destas sugestões para projetos poderá ser ponto de partida aos profissionais se adequarem às edificações existentes, devendo-se avaliar cada caso, com vistas à otimização do investimento público, pois, em determinadas situações, a estrutura física da unidade de ensino pode estar tão precária que os custos de uma nova escola podem ser mais viáveis do que ajustar o edifício existente. Afinal, pressupõe-se que seja fundamental o investimento em uma escola pública de qualidade, responsável pela formação de boa parte da vida dos alunos. Consequentemente todas essas decisões devem compor uma política pública para eficiência da educação municipal.

Além da reorganização dos espaços, de acordo com a atividade e o nível de ruído provocado por cada uma, e da busca por melhores condições de conforto térmico nos ambientes, este estudo pode trazer, como resultado, um melhor desempenho dos alunos e professores no contexto do ensino-aprendizagem, objetivo final de qualquer questão direcionada à educação.

7.4. Sugestões para trabalhos futuros

Para as futuras pesquisas nesta área principalmente para a região de Palmas – TO, uma das possibilidades seria a medição de temperatura do ar em diversos períodos do ano, e a comparação dos resultados com simulações computacionais.

Como se coletaram os dados de temperatura desta pesquisa no período de maior ocorrência de céu nublado e com temperaturas mais amenas, a coleta de dados deverá ser feita de forma sistemática podendo facilitar a elaboração de diretrizes precisas para obtenção de conforto térmico. No entanto, deve-se

repetir esta pesquisa em toda e qualquer proposta de novas edificações escolares, especialmente para as de tempo integral, com vistas a obter um bom processo de ensino-aprendizagem.

Com base ainda na metodologia adotada neste trabalho, propõe-se, para novas linhas de pesquisa, a avaliação das ETIs de outras regiões do País para obtenção do conforto térmico e acústico, de acordo com as características climáticas do local e as atividades esportivas e artísticas desenvolvidas na escola.

Outra sugestão pertinente é a de pesquisar até que ponto as propostas para elaboração de projeto de ETIs deste trabalho podem ser estendidas a edificações com outras finalidades como escritórios, lojas e indústrias, que apresentam desconforto térmicos e acústicos semelhantes aos da escola apresentada.

Importante, também, seria verificar o custo do benefício e o investimento aplicados nas construções de novas ETIs enfocando as sugestões estabelecidos para elaboração dos novos projetos e adaptação das edificações existentes. Essa análise deve focar principalmente o consumo de energia e a satisfação dos usuários no contexto do conforto térmico e acústico.

Espera-se ainda que com as tendências mais avançadas das pesquisas na arquitetura, que procuram o integral conforto do usuário aos aspectos ambientais e o baixo custo de manutenção sem gerar danos ao meio ambiente, podem surgir novas tecnologias que favoreçam a obtenção do conforto térmico e acústico em edificações escolares, principalmente às de tempo integral.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA Jr., Gervalino de. **PCA e RCA da Orla 14 (Loteamento Graciosa)**. Palmas, 2004.

AMORIM, Cláudia Naves David. **Desempenho Térmico de Edificações e Simulação Computacional no Contexto da Arquitetura Bioclimática**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo- Universidade de Brasília, Brasília, 1998.

AMORIM, Cláudia Naves David, Darja Kos Braga. **Métodos e Técnicas para Conforto Ambiental e Reabilitação do Espaço Construído**. - Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

ARANHA, Maria Lúcia de Arruda. **História da Educação**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 1996.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.151: **Acústica – Avaliação do Ruído em Áreas Habitadas, Visando o Conforto da Comunidade**. Rio de Janeiro, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.152: **Níveis de Ruído para Conforto Acústico**. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.179: **Tratamento Acústico em Recintos Fechados**. Rio de Janeiro, 1992.

BARROSO-KRAUSE, Cláudia, SANTOS Maria Julia D de O., NIEMEYER, Maria Lygia e PORTO Maria Maio. **Bioclimatismo no Projeto de Arquitetura: Dicas de Projeto**. Proarq- DTC/ FAU-RFRJ, 2005.

BARBOSA, Miriam Jerônimo. **Uma Metodologia para Especificar e Avaliar o Desempenho Térmico de Edificações Residenciais Unifamiliares**. Tese de doutorado- UFSC, Florianópolis, 1997.

Bernardi, Núbia; Kowaltowski, Doris C. C. K. **Avaliação da Interferência Comportamental do Usuário para a Melhoria do Conforto Ambiental em Espaços Escolares: Estudo de Caso em Campinas - SP**. São Pedro: ENTAC 2006

CARTANA, Rafael Prado. **Oportunidades e limitações para bioclimatologia aplicada ao projeto arquitetônico. Estudo de caso em Florianópolis**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

CARLO, Joyce C.; LAMBERTS, Roberto. **Elaboração de Protótipos para Simulação do Desempenho Termo-energético de Edificações**. Florianópolis: ENTAC 2006.

CERQUEIRA, Huberto. **O Plano e a Prática na Construção de Palmas**. Rio de Janeiro: 1998. Dissertação de Mestrado em Planejamento Urbano.UFRJ/IPPUR

COELHO, Lúgia Martha Coimbra da Costa; CAVALIERE, Ana Maria Villela, **Educação Brasileira e (m) Tempo Integral**; Petrópolis RJ: Vozes, 2002.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em Busca de Uma Arquitetura Sustentável Para os Trópicos**. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

COSTA NETO, Pedro Luiz. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blucher LTDA. 2000.

DILONARDO, Lúcia F. de S. P. **Avaliação do Uso de Tecnologias Passivas Visando a Eficiência Energética em Edifícios de Escritório**. Dissertação de mestrado - FAU/USP, São Paulo, 2001.

DUTRA, Luciano; LAMBERTS, Roberto; PEREIRA, Fernando O. R. Pereira. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo, PW Editora, 1997.

DUTRA, Luciano; YANNAS, Simos. **Análise de processos de projeto bioclimático** Florianópolis: ENTAC 2006. Disciplina de Conforto Ambiental do Minter da FAU UFT/UNB, Apostila Claudia Naves D. Amorim.

ENIZA, A.; GARAVELLIA, S. L. **Acústica de Sala de Aula: Estudo de Caso de 2 Escolas da Rede Provada do Distrito Federal**. *Revista de Acústica e Vibrações*, n. 31, jul. 2003.

EVANS, M. e SCHILLER, S. de. **DisenoBioambiental y Arquitectura Solar**. Serie Ediciones Previas, Facultad de Arquitectura, Buenos Aires, 1991.

FATHY, H. **Natural Energy and Vernacular Architecture**. Chicago: U. P., 1986.

FERREIRA, Avany de Francisco; CORRÊA, Maria Elizabeth Peirão; MELLO, Mirela Geiger de; org. **Arquitetura Escolar Paulista**. São Paulo: FDE, 1998.

FIGUERA, Daniela da Rocha. **A Efetividade do Projeto de Cidade Ecológica de Palmas Pelos Seus Espaços Verdes**. Dissertação de Mestrado em Ciência do Ambiente – Universidade Federal Tocantins, Palmas, 2005.

FONSECA, Simon da; MARTINS, Gilberto de Andrade. **Curso de Estatística**. São Paulo. 1996.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

FROTA, Anésia Barros / SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual do Conforto Térmico: arquitetura, urbanismo** – 3. ed. - São Paulo: Studio Nobel, 1998.

FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO – FDE.
Ambientes- especificações técnicas para elaboração de projetos escolares. São Paulo: FDE, 2003.

GIVONI, B. **Comfort climate analysis and building design guidelines. Energy and Buildings**. 1992.

GRAÇA, Valéria A. C. da; KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. ; PETRECHE, João R. D.. **Otimização de Projetos das Escolas da Rede Estadual de São Paulo Considerando Conforto Ambiental**. São Paulo. ENTAC 2001.

GUOLART, Solange; LAMBERTS, Roberto; FIRMINO, Samanta. **Dados Climáticos para Projetos e Avaliações Energética das Edificações para Cidades Brasileiras**. Florianópolis: UFSC, 1998.

IPUP- Instituto de Planejamento de Palmas- Caderno de Revisão do Plano-diretor de Palmas, 2002.

IZARD, J. L.; GUYOT, A. **Arquitetura bioclimática**. Barcelona, Gustavo Gilli, 1983

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. ; **Divulgação do Conhecimento em Conforto Ambiental**. São Paulo. ENTAC 2001.

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

LEÃO, Érika Fernanda Toledo Borges, **Carta Bioclimática De Cuiabá**. Mato Grosso, Dissertação Mestrado em Física e Meio Ambiente da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT, 2007.

LIMA, Mayumi Watanabe de Sousa, **Arquitetura e Educação**. São Paulo: Studio Nobel, 1995.

MARCO, Conrado Silva de, **Elementos de Acústica Arquitetônica**. São Paulo: Studio Nobel, 1982.

MASCARÓ, Juan e Mascaró, Lúcia. **Vegetação Urbana**. Porto Alegre: Finep, 2002.

Ministério da Educação, Fundo de Fortalecimento da Escola- FUNDESCOLA. **Espaços Educativos Ensino Fundamental, Sugestões para Elaboração de Projeto e Adequação de Edificações Escolares**. Caderno Técnico 4. Vol. 1 Brasília, 2002.

Ministério do Desenvolvimento Indústria e Comércio Exterior, **Regulamento Técnico da qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. RCQ-C 2. Brasília, 2009.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo; MENDONÇA Francisco. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

OITICICA, Maria Lúcia; ALVINO, Ivan Lamenha; SILVA; Luiz Bueno da; **Diagnóstico das Condições de Ruído de Fundo das Instituições Públicas de Ensino Fundamental da Cidade de Maceió-Al**. Florianópolis, SC, 2006.

OLGYAY, Victor. **Arquitectura y Clima, Manual de Diseño Bioclimático para Arquitectos y Urbanistas**. Barcelona: Gustavo Gili, 1998.

ORNSTEIN, Sheila. **Avaliação Pós-Ocupação do Ambiente Construído**. São Paulo: Studio Nobel, 1992.

PAPST, Ana Lúgia; **Diretrizes Bioclimáticas para Estruturação do Programa de Necessidades**. Florianópolis: ENTAC 2006.

PEDRAZZI, Thayse; ENGEL, Daniel; KRÜGER, Eduardo; ZANNIN, Paulo Henrique Trombetta. **Valiação do Desempenho Acústico em Salas de Aula do CEFET-PR**. São Paulo: ENTAC, 2001.

PEREIRA, Alessandro Guimarães. **Arquitetura Escolar, Notas Comparativas Sobre Projetos em São Paulo E Brasília**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo- Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Princípios Bioclimáticos para o Desenho Urbano**. - São Paulo: P.W., 1988.

SANTOS, N.Z.; TEIXEIRA, I.F. **Arborização de Vias Públicas: Ambiente x Vegetação**. 2 ed. Santa Cruz do Sul: Instituto Souza Cruz, 2001.

SEPLAN, SECRETARIA DE PLANEJAMENTO E MEIO AMBIENTE DO ESTADO DO TOCANTINS. **Relatório Parcial 01: Diagnóstico, prognóstico e alternativa de contabilização das disponibilidades e demandas hídricas**. Palmas: Tocantins, 2004

SEEP, B.; GLOSEMEYER, R.; HULCE, E.; LINN, M.; AYTAR, P. **Acústica em sala de aula**. *Revista Acústica e Vibrações*, n. 29, p. 2-22, jul. 2002.

SILVA, Luis Otávio Rodrigues. **Formação da Cidade de Palmas de Tocantins**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade de Brasília, Brasília, 2003.

SILVA, Joene Saibrosa; AMORIM, Cláudia Naves David. **Os Edifícios públicos de Escritórios de Brasília: Aspectos de Conforto Ambiental**. Florianópolis, ENTAC 2006.

SILVEIRA, Ana Lucia Ribeiro Camilo da. **Diretrizes de Projeto para Construções de Prédios Escolares em Teresina/PI**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo – Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade de Brasília, Brasília, 1999.

TAVARES, Mariza D. e CLÍMACO, Rosana S. C. **Análise do Conforto Sonoro em Escolas de Brasília**. Fortaleza, ENCAC, 1999.

VILLAS BOAS, Márcio. **“Significado da Arquitetura nos Trópicos: Um Enfoque Bioclimático”** in Anais do I Sem. Nac. de Arquitetura nos Trópicos, Fund. J. Nabuco, Ed. Massangana, Recife, 1985.

DOCUMENTOS ELETRÔNICOS:

DRAGO, Niuxa Dias & PARAIZO, Rodrigo Curi. **Ideologia e Arquitetura nas Escolas**. Disponível na Internet via <http://www.fau.ufrj.br/prourb/cidades/ftg-cmc2000/estetica.html>, julho 1999.

BASTOS, Maria Alice Junqueira. **A escola-parque: ou o sonho de uma educação completa(em edifícios modernos)**. In: www.revistaaau.com.br. Acesso em: 24/5/2009. <http://www.revistaaau.com.br/arquitetura-urbanismo/178/imprime122877.asp>

MENEZES, Ebenezer Takuno de; SANTOS, Thais Helena dos. **"CIACs (Centros Integrados de Atendimento à Criança)" (verbete)**. **Dicionário Interativo da Educação Brasileira** - EducaBrasil. São Paulo: Midiamix Editora, 2002, <http://www.educabrasil.com.br/eb/dic/dicionario.asp?id=82>, visitado em 24/5/2009.

ANEXOS

ANEXO I: Questionário aplicado



Universidade de Brasília - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo
Programa de Pós-Graduação- Minter UNB/UFT

QUESTIONÁRIO

Objetiva-se através deste questionário avaliar o nível de satisfação dos usuários com relação ao espaço físico da escola, na obtenção dos pontos negativos que possam comprometer as atividades desenvolvidas nela. Ao responder a estas perguntas você estará contribuindo para possíveis melhorias nas próximas unidades e no que for possível nesta escola.

Observações:

- I- O questionário não deve ser identificado.
- II- Responder apenas às perguntas aplicáveis às atividades que executa. Caso não, NÃO SE APLICA.
- III- Indicar suas respostas nos espaços correspondentes.
- IV- Comentários e sugestões devem-se realizar por escrito no campo OBSERVAÇÕES.

PARTE 1: Dados Pessoais

SEXO: Masculino Feminino

IDADE: Menos de 25 anos 25 a 40 anos 41 a 55 anos Mais de 55 anos

FUNÇÃO: Administrativo Coordenação Professor

ESCOLARIDADE: 2º grau Superior Pós-graduação

PARTE 2: Como você classifica o prédio da escola de ?

INSTRUÇÃO:	Ótimo	Bom	Ruim	Não se aplica
I- Posicionamento das janelas c/ relação à incidência solar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
II- Ventilação Natural	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III- Iluminação Natural	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
IV- Iluminação Artificial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V- Arborização do terreno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
VI- Acessibilidade de deficiente físico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
VII- Adequação do pisos, paredes e forros com relação atividades	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
VIII- Áreas de silêncio (interno e externo)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

PARTE 3: Identifique até cinco itens, por ordem de importância, os principais problemas do prédio.

I-
II-
III-
IV-
V-

PARTE 4: Como você classifica os locais onde permanece por mais tempo?

Local: _____

INSTRUÇÃO:	Ótimo	Bom	Ruim	Não se aplica
I- Tamanho das Salas com relação ao número de alunos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
II- Proteção das janelas c/ relação à incidência solar	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
III- Ventilação Natural	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
IV- Iluminação Natural	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
V- Iluminação Artificial	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
VI- Com relação ao nível de ruídos internos do prédio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
VII- Com relação ao nível dos ruídos externos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
VIII- Áreas de silêncio (interno e externo)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
IX- Adequação das cores	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
X- Adequação dos materiais aplicados	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
XI - Vista para o exterior	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Os ruídos provocados pelas atividades esportivas e musicais interferem no desenvolvimento das atividades em sala de aula? Não Sim

PARTE 5: Com relação aos aspectos perguntados, existe algum complemento que você gostaria de acrescentar?

Muito obrigada por sua atenção!

ANEXOII: Dados Meteorológicos 2006 da INFRAERO



INFRAERO - EMPRESA BRASILEIRA DE INFRA-ESTRUTURA AEROPORTUÁRIA
 Estação Meteorológica de Superfície Classe II / EMS-2
 Coleta realizada no Aeroporto de Palmas – TO

Dados Meteorológicos 2006

MÊS	Temperatura do Ar °C			UR%	Vento		Precipitação Total
	Mínima	Máxima	Média		Média	Máxima	
Janeiro/2006	20,8	33,7	27,3	75	360*/26**	360/04	109,8
Fevereiro/2006	20,9	32,8	26,6	79	300/20	030/04	90,1
Março/2006	20,5	33,3	27,2	76	280/15	030/04	124,8
Abril/2006	21,0	32,2	26,3	80	060/18	030/04	184,5
Mai/2006	18,4	32,5	26,7	69	180/12	180/04	65
Junho/2006	15,2	33,7	28,4	53	090/12	120/04	0
Julho/2006	17,2	36,0	28,9	47	110/12	120/04	0
Agosto/2006	16,2	36,4	30,8	44	160/18	120/04	10,7
Setembro/2006	17,3	35,1	28,8	61	270/18	120/02	121,2
Outubro/2006	19,0	35,0	25,1	82	030/15	060/04	195,2
Novembro/2006	18,4	33,8	25,3	81	110/20	360/04	263,6
Dezembro/2006	19,0	32,7	24,4	85	010/30	360/04	281,1
Média ano/2006	18,66	31,93	27,15	69			120,5

* Direção do Vento

** Velocidade em Nós

Tabela de transformação da velocidade do vento de nós para m/s

Máx. Nós	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	26	20	15	18	12	12	12	18	18	15	20	30
Seg.		10	7,71	9,25	6,17	6,17	6,17	9,25	9,25	7,71	10	

Méd. Nós	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
	04	04	04	04	04	04	04	04	02	04	04	04
Seg.	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	1,03	2,06	2,06	2,06

ANEXOIII: Dados Meteorológicos 2007 da INFRAERO

INFRAERO - EMPRESA BRASILEIRA DE INFRA-ESTRUTURA AEROPORTUÁRIA
 Estação Meteorológica de Superfície Classe II / EMS-2
 Coleta realizada no Aeroporto de Palmas – TO

Dados Meteorológicos 2007

MÊS	Temperatura do Ar °C			UR%	Vento		Precipitação
	Mínima	Máxima	Média	Média	Máxima	Média	Total
Janeiro/2007	19,6	33,4	24,8	86	030*/12**	360/04	377,9
Fevereiro/2007	19,0	32,9	24,5	87	030/24	360/04	443,4
Março/2007	19,9	33,2	25,0	82	060/25	090/04	349,7
Abril/2007	19,0	33,7	25,2	80	060/31	360/04	89,6
Mai/2007	14,3	34,0	24,8	76	210/12	120/04	18,6
Junho/2007	14,1	33,8	24,8	64	070/18	120/04	31,7
Julho/2007	15,0	34,8	25,4	61	180/18	120/04	34,8
Agosto/2007	14,3	35,8	26,0	53	090/12	120/04	6,6
Setembro/2007	17,2	36,4	25,9	69	030/14	030/02	40
Outubro/2007	18,2	35,0	25,5	76	060/37	330/04	111,5
Novembro/2007	19,5	33,8	25,3	82	010/34	030/04	236,3
Dezembro/2007	19	34	25	83	240/14	090/04	242,3

* Direção do Vendo

** Velocidade em Nós

Tabela de transformação da velocidade do vento de nós para m/s

Máx.	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Nós	12	24	25	31	12	18	18	12	14	37	34	14
Seg.	6,17	12,35	12,86		6,17	9,25	9,25	6,17	7,20	19,03	17,49	7,20

Méd.	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Nós	04	04	04	04	04	04	04	04	02	04	04	04
Seg.	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06	1,03	2,06	2,06	2,06

ANEXOIV: Cálculo do erro amostral

F6		fx					=(1,96*((2500/E6)^0,5)*((B6-E6)/(B6-1))^0,5)
	A	B	C	D	E	F	
4	Coordenadores	5		Coordenadores	5	95%	
5	Professores	46		Professores	33	Margem de erro, %	
6	Total	51		Total	38	8,11	
7							
8							
9				Amostra	Tamanho		
10				Coordenadores	4		
11				Professores	34		
12							

ANEXO V: Cálculo da Transmitância, Atrazo Térmico e Fator solar da cobertura**Transmitância Térmica**

material composto por duas seções

1- reboco = argamassa

$$\text{Área da seção: } 0,02 \times 0,4 + 0,04 \times 0,4 = 0,024$$

$$\text{Resistência1} = 0,4/1,15 = 0,34$$

2- laje+eps+laje

$$\text{Área da seção: } 0,12 \times 0,4 = 0,048$$

$$\text{Resistência2} = 0,2/1,75 + 0,4/0,39 = 1,13$$

$$\text{Resistência térmica} = 0,024 + 0,048 / (0,024/0,34) + (0,048/1,13) = 0,65$$

$$\text{Resistência Total} = 0,17 + 0,65 + 0,04 = 0,86$$

$$\text{Transmitância} = 1/0,86 = 1,16$$

Fator Solar

$$F_s = 100 \times U \times \alpha \times R_{se}$$

$$F_s = 100 \times 1,16 \times 0,03 \times 0,04 = 1,39$$

CÁLCULO DO ATRASO TÉRMICO COBERTURA						
1. Cálculo da Resistência Térmica - RT						
Seção a)	1	2	3	4	5	
	Telha de Zinco	Ar	Reboco	Laje Treliç Concreto	Reboco	
Espessura - e (m)	0,004	80,00	0,04	0,12	0,02	
Condutividade - λ [W/(m.K)]	112,00	-	1,15	1,75	1,15	
	0,00004	0,16	0,03	0,07	0,02	
			Ra =	0,28	(m2.K)/W	
Seção b)	Telha de Zinco	Ar	Reboco	EPS	Reboco	
Espessura (m)	0,040	-	0,04	0,12	0,02	
Condutividade [W/(m.K)]	1,15	-	1,15	0,04	1,15	
	0,03478	0,16	0,03	3,43	0,02	
			Rb =	3,68	(m2.K)/W	
Área da Seção "a" (Aa)	0,40	0,10	Aa =	0,04	m2	
Área da Seção "b" (Ab)	0,40	0,40	Ab =	0,16	m2	
$Rt = Ra + Rb = (Ra + Rb) / [(Aa/Ra) + (Ab/Rb)]$			Rt =	1,08	(m2.K)/W	
Rt =	1,08	(m2.K)/W				
Rt =	1,08	(m2.K)/W				
como:	RT = Rsi + Rt + Rse , temos:					
Rsi =	0,17	Tabela A.1 - Anexo A - NBR 15.220-2				
Rse =	0,04	Tabela A.1 - Anexo A - NBR 15.220-2				
	RT =	0,17	+	1,08	+	0,04
						RT = 1,29 (m2.K)/W
2. Cálculo da Capacidade Térmica						
Seção a)						
Área da Seção "a" - [Aa]	0,04	m ²				
	Telha de Zinco	Ar	Reboco	Laje Treliç de Concreto	Reboco	
Espessura - e (m)	0,004	0,80	0,04	0,12	0,02	
Calor específico - c [kJ/(kg.K)]	0,38	0,00	1,00	1,00	1,00	
Densidade Aparente - ρ (kg/m ³)	7.100,00	0,00	2.100,00	2.400,00	2.100,00	
	e.c.p =	10,79	0,00	84,00	288,00	42,00
				Cta =	424,79	kJ/(m2.K)
Seção b)						
Área da Seção "b" - [Ab]	0,16	m ²				
	Ctb =	Telha de Zinco	Ar	Reboco	EPS	Reboco
Espessura - e (m)	0,004	0,80	0,04	0,12	0,02	
Calor específico - c [kJ/(kg.K)]	0,38	0,00	1,00	1,42	1,00	
Densidade Aparente - ρ (kg/m ³)	7.100,00	0,00	2.100,00	40,00	2.100,00	
	e.c.p =	10,79	0,00	84,00	6,82	42,00
				Ctb =	143,61	kJ/(m2.K)
CT = Cta + Ctb	(Aa + Ab) / [(Aa/Cta) + (Ab/CTb)]					
Aa + Ab =	0,20					
(Aa/Cta) =	0,000094					
(Ab/CTb) =	0,001114					
CT = (Aa + Ab) / [(Aa/Cta) + (Ab/CTb)] =	CT = 165,52 kJ/(m2.K)					

3. Cálculo do Atraso Térmico				
$B_0 = CT - C_{text}$				
$C_{text} = (e \cdot c \cdot \rho)_{ext}$		Telha de Zinco		
		eext	cext	pext
		0,004	0,38	7.100,00
$C_{text} =$	10,79			
$B_0 =$	165,52	-	10,79	
$B_0 =$	154,73			
$B_1 = 0,226 \times B_0 / R_t$				
$B_1 =$	32,52			
$B_2 =$	$0,205 \times [(\lambda \times \rho \times c)_{ext} / R_t] \times (R_{ext} - (R_t - R_{ext})/10)$			
$ext =$	última camada =	Telha de Zinco		
Condutividade - λ	112,00		$R_{ext} =$	$(espessura)_{ext} / (condutividade)_{ext}$
Resistência - ρ	7,100		$R_{ext} =$	0,000036
Calor Específico - c	0,38			
$(\lambda \times \rho \times c)_{ext} =$	302,176,00			
$B_2 =$	-6,192,34			
Como $B_2 < 0$, então B_2 deve ser desprezado no cálculo do B_0 .				
$Atraso\ Térmico = 1,382 \times R_t \times \text{raiz quadrada} (B_1 + B_2)$				
$Atraso\ Térmico =$	8,47	horas		

ANEXO VI: Corte DD ETI Padre Josimo

