

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE TECNOLOGIA
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS**

GISELLE GODOI

**CONFORTO TÉRMICO NAS EDIFICAÇÕES ESCOLARES PÚBLICAS:
ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DO PROJETO PADRÃO 023 DA REDE
PÚBLICA DE ENSINO DO ESTADO DO PARANÁ**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

**CURITIBA
2010**

GISELLE GODOI

**CONFORTO TÉRMICO NAS EDIFICAÇÕES ESCOLARES PÚBLICAS:
ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DO PROJETO PADRÃO 023 DA REDE
PÚBLICA DE ENSINO DO ESTADO DO PARANÁ**

Monografia apresentada para a obtenção do Título de Especialista em Construção de Obras Públicas no Curso de Pós Graduação em Construção de Obras Públicas da Universidade Federal do Paraná, vinculado ao Programa Residência Técnica da Secretaria de Estado de Obras Públicas/SEOP.

Orientador: Prof^o. MSc. José Remigio Soto Quevedo

**CURITIBA
2010**

Ficha catalográfica

Godoi, Giselle

Conforto térmico nas edificações escolares públicas: Análise da implantação do projeto padrão 023 da rede pública de ensino do estado do Paraná. / Giselle Godoi – 2010.

65f. : il. ; 30cm

Orientador: Profº. MSc. José Remigio Soto Quevedo

Monografia (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Especialização em Construção de Obras Públicas. Curitiba, 2010.

Bibliografia: f. 39-41

1. Arquitetura bioclimática. 2. Construção civil – Projeto padrão escolar. 3. Arquitetura e Clima. 4 – Construção civil – Conforto térmico do usuário I. Quevedo, José Remigio Soto, orient. II. Universidade Federal do Paraná. Curso de Especialização em Construção de Obras Públicas. III. Título.

TERMO DE APROVAÇÃO

GISELLE GODOI

CONFORTO TÉRMICO NAS EDIFICAÇÕES ESCOLARES PÚBLICAS: ANÁLISE DA IMPLANTAÇÃO DO PROJETO PADRÃO 023 DA REDE PÚBLICA DE ENSINO DO ESTADO DO PARANÁ

Monografia aprovada como requisito parcial para a obtenção do Título de Especialista em Construção de Obras Públicas no Curso de Pós-Graduação em Construção de Obras Públicas da Universidade Federal do Paraná (UFPR), vinculado ao Programa de Residência Técnica da Secretaria de Estado de Obras Públicas (SEOP), pela Comissão formada pelos Professores:

Profº. MSc. José Remigio Soto Quevedo
Profº. Orientador

Profº. MSc. José Remigio Soto Quevedo
Profº. Tutor

Profº. Dr. Hamilton Costa Junior
Coordenador Curso de Especialização em Construção de Obras Públicas

Curitiba, 16 de dezembro de 2010.

“Se podes olhar, vê. Se podes ver, repara”.
José Saramago.

AGRADECIMENTOS

À Secretaria de Estado de Obras Públicas, pela oportunidade de desenvolvimento científico e profissional através do aprendizado prático e intelectual sobre aspectos da construção de obras públicas.

Ao professor orientador José Remigio Soto Quevedo.

À minha família.

E agradeço as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

GODOI, Giselle. Conforto térmico nas edificações escolares públicas: Análise da implantação do projeto padrão 023 da rede pública de ensino do estado do Paraná. 2010. 65 f. Monografia (Especialização em Construção de Obras Públicas) – Programa de Pós Graduação em Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

O Índice de desenvolvimento da educação básica (IDEB) tem como proposta ser um condutor de política pública em prol da qualidade da educação, constituindo uma ferramenta para acompanhamento das metas de qualidade do programa de desenvolvimento educacional (PDE) para a educação básica. Sua análise é realizada através do fluxo escolar e médias de desempenho nas avaliações, porém, sem a avaliação do espaço físico escolar, que é considerado como parte do currículo por vários profissionais da educação. A configuração física do ambiente escolar e a adaptação do estudante a este meio exercem grande influência na evolução do aprendizado. No contexto das edificações escolares, o projeto padrão se insere como uma edificação escolar com vantagens de racionalização construtiva e economia. Porém, as condições de conforto ambiental não são sistematicamente consideradas como princípio de projeto, ou seja, o projeto padrão não possui flexibilidade de adaptação às características climáticas e do terreno onde poderá ser construído. A falta de flexibilidade nestes projetos acarreta condições desfavoráveis principalmente no conforto térmico da edificação, que interferem na produtividade, motivação e concentração dos usuários. Com o estudo do clima e das estratégias bioclimáticas pela Carta de Givoni e NBR 15220-3 é possível compreender a real necessidade imposta pelo meio ambiente e readequar os pontos mais relevantes para o projeto da edificação. A adequação dos projetos deve entre outros aspectos, considerar uma adequada implantação e orientação das edificações, desta maneira é possível obter benefícios de ventilação, resfriamento e aquecimento, evitando recursos artificiais de climatização.

Palavras-chave: Edificação escolar padrão, Arquitetura Bioclimática, Conforto térmico do usuário.

ABSTRACT

GODOI, Giselle. Thermal comfort in public school buildings: Analysis of the implementation of the standard design of 023 public schools in the state of Parana. 2010. 65 f. Monograph (Specialization in Construction of Public Works) – Post Graduate Program in Technology, Federal University of Paraná.

The Index of Basic Education Development (IDEB) have as a propose to be a driver of public policy in favor of quality education, providing a tool for monitoring the quality goals for the Educational Development Program (EDP) for basic education. His analysis is performed using the student flow and average performance evaluations, however, without an evaluation of the physical space that is considered part of the curriculum for many teachers. The physical configuration of the school environment and the student adaptation to this environment exerts great predominance in the evolution of learning. The standard design of the school building has the advantages of constructive rationalization and economy. However, the conditions of comfort are not routinely considered as design principle, in other words, the standard design has no flexibility to adapt to climatic and terrain where is being built. The lack of flexibility leads to unfavorable conditions in these projects mainly in the thermal comfort of the building, that interfere with productivity, motivation and concentration of users. With the study of climate and bioclimatic strategies by the Charter of Givoni and NBR 15220-3 it is possible to understand the real necessity imposed by the environment and readapt the most relevant points to the building project. The project readapt should among other things, consider the deployment and orientation of the buildings properly to have benefits of ventilation, cooling and heating, preventing artificial climate control features.

Keywords: Building school standard, Bioclimatic Architecture, User thermal comfort.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1- Edificações – Padrão 023..... | 14 |
| Figura 2 - Carta bioclimática adotada para o Brasil | 17 |
| Figura 3 - Carta solar para latitude subtropical no hemisfério Sul e trajetória do sol nos Solstícios e Equinócios..... | 20 |
| Figura 4 - Orientação das edificações e sombreamento das edificações..... | 21 |
| Figura 5 - Interface do programa Analysis Bio LABEEE - Ufsc..... | 22 |
| Figura 6 - Mapa Climático do Paraná..... | 24 |
| Figura 7 - Carta Bioclimática com TRY (Ano Climático de Referência) de Curitiba | 25 |
| Figura 8 - Zoneamento Bioclimático de Curitiba..... | 27 |
| Figura 9 - Carta Bioclimática com TRY (Ano Climático de Referência) de Londrina..... | 28 |
| Figura 12 - Escola Marly Queiroz Azevedo – Curitiba (Padrão 023 – Fundepar)..... | 32 |
| Figura 11 - Implantação da Escola Marly Queiroz Azevedo - Curitiba..... | 33 |
| Figura 13 - Bloco 01: Orientação solar e ventos dominantes..... | 33 |
| Figura 14 - Bloco 02: Orientação solar e ventos dominantes..... | 34 |
| Figura 15 - Bloco 03: Orientação solar e ventos dominantes..... | 35 |
| Figura 16 - Escola Roseli Piotto Roehrig – Londrina (Padrão 023 – Fundepar)..... | 35 |
| Figura 17 - Implantação da Escola Roseli Piotto Roehrig - Londrina..... | 36 |
| Figura 18 - Bloco 01: Orientação solar e ventos dominantes..... | 37 |
| Figura 19 - Bloco 02: Orientação solar e ventos dominantes..... | 37 |
| Figura 20 - Bloco 03: Orientação solar e ventos dominantes..... | 38 |

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Exigências para projetos de edificações escolares | 9 |
| Tabela 2 - Alunos matriculados no ensino fundamental, segundo municípios do Paraná (2009) | 13 |
| Tabela 3 - Caracterização das zonas bioclimáticas e suas estratégias..... | 18 |
| Tabela 4 - Estratégias Bioclimáticas para a cidade de Curitiba | 26 |
| Tabela 5 - Estratégias Bioclimáticas para a cidade de Londrina..... | 28 |
| Gráfico 1 - Zoneamento Bioclimático de Londrina..... | 30 |
| Gráfico 2 - Estratégias Bioclimáticas para Curitiba e Londrina..... | 31 |

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNICOS

| | |
|----------------|---|
| AFT | Clima tropical super úmido |
| ANALISYS BIO | Programa computacional desenvolvido pela Labee |
| APO | Avaliação pós-ocupação de edificações. |
| CFA | Clima temperado úmido com verão quente |
| CFB | Clima temperado úmido com verão temperado |
| CHILLER | Sistema refrigeração de ar |
| FAN-COIL | Sistema de aquecimento e resfriamento de ar |
| FUNDEPAR | Fundação de desenvolvimento educacional do Paraná |
| IAPAR | Instituto agrônomo do Paraná. |
| IDEB | Índice de desenvolvimento da educação básica |
| INEP | Instituto nacional de estudos e pesquisas educacionais Anísio Teixeira |
| IPARDES | Instituto paranaense de desenvolvimento econômico e social |
| IPPUC | Instituto de pesquisa e planejamento urbano de Curitiba |
| KOPPEN | Classificação climática de Koppen |
| LABEEE | Laboratório de eficiência energética em edificações |
| MULTISPLIT | Condicionador de ar |
| PDE | Programa de desenvolvimento da educação básica |
| SELF CONTAINED | Condicionador de ar compacto ou dividido |
| SUDE | Superintendência de desenvolvimento educacional |
| TRY | Test reference year |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| Resumo | I |
| Abstract..... | II |
| Lista de figuras | III |
| Lista de tabelas e gráficos..... | IV |
| Lista de abreviaturas, siglas e acrônimos | V |
| 1 INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 Problema da pesquisa | 2 |
| 1.2 Objetivos | 3 |
| 1.2.1 <i>Objetivo geral</i> | 3 |
| 1.2.2 <i>Objetivos específicos</i> | 3 |
| 1.3 Metodologia..... | 3 |
| 1.4 Justificativa..... | 4 |
| 1.5 Estruturação do trabalho..... | 5 |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO | 7 |
| 2.1 Arquitetura escolar e a proposta pedagógica..... | 7 |
| 2.2 Projetos de edificações escolares | 9 |
| 2.2.1 <i>Edificações escolares do estado paraná</i> | 11 |
| 2.2.2 <i>Projeto padrão 023</i> | 13 |
| 2.3 Arquitetura e clima..... | 14 |
| 2.4 Arquitetura bioclimática..... | 16 |
| 2.4.1 <i>Caracterização das zonas de conforto: e suas estratégias de aplicação</i> | 18 |
| 2.4.2 <i>Influência da implantação e orientação das edificações no conforto térmico</i> | 20 |
| 2.4.3 <i>Estratégias bioclimáticas do “analysis bio”</i> | 21 |
| 3 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E ANÁLISE CRÍTICA DOS PADRÕES ARQUITETÔNICOS ADOTADOS | 23 |
| 3.1 Caracterização climática do estado paraná..... | 23 |
| 3.1.1 <i>Curitiba: clima e estratégias bioclimáticas</i> | 25 |
| 3.1.2 <i>Londrina: clima e estratégias bioclimáticas</i> | 27 |
| 3.2 Diferenças entre os climas e as estratégias bioclimáticas adotadas para as cidades de Curitiba e Londrina..... | 30 |
| 3.3 Desempenho da edificação das escolas padrão 023: Londrina e Curitiba através do estudo da implantação | 32 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 3.3.1 | <i>Escola Estadual Marly Queiroz Azevedo - Curitiba</i> | 32 |
| 3.3.2 | <i>Escola Estadual Roseli Piotto Roehrig - Londrina</i> | 35 |
| 4 | CONCLUSÕES | 39 |
| 5 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 40 |
| | ANEXO A – PROJETO PADRÃO 023 – MÓDULOS. (FUNDEPAR) | 43 |
| | ANEXO B – CARTA BIOCLIMÁTICA PARA O BRASIL | 54 |

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Kowaltowski (2001) por proporcionar condições de ensino à população, a edificação escolar é um equipamento de significativa importância no contexto social, cultural e econômico de um país. Quando se faz referência a um país em desenvolvimento, com grandes desigualdades econômicas e sociais, a importância desse equipamento se intensifica.

Por isso, a qualidade almejada do projeto de edificações escolares está ligado a correspondência do projeto com exigências funcionais, pedagógicas, formais, de flexibilidade, habitabilidade, sistema estrutural e escolha de materiais adequados, racionalização construtiva e economia. Dentre estas exigências, a habitabilidade está ligada aos conceitos pedagógicos, considerando a satisfação das necessidades emocionais, físicas e intelectuais do aluno. Refere-se também aos fenômenos ambientais que atuam sobre os ocupantes dos espaços construídos, influenciando no bem-estar e percepção.

O Conforto térmico, visual e acústico, e ainda a ventilação, iluminação e espaço apropriado estão vinculados a habitabilidade.. O foco deste estudo será o conforto térmico dos projetos escolares, especificamente, com padrão pré-determinado, ou seja, cujo programa arquitetônico é estipulado pela modulação em função das salas de aula. A partir da padronização, os espaços de uma edificação escolar são organizados dentro de um determinado terreno considerando-se a legislação local vigente.

A padronização das edificações tem grandes vantagens na rapidez do processo público de licitação, pois não necessita de licitação específica para o projeto. Já definido o projeto arquitetônico, estrutural e os projetos complementares, permite somente os ajustes de implantação da edificação ao terreno. Porém, se a implantação e a orientação solar das edificações determinadas não considerem as características climáticas da região, a qualidade da edificação escolar poderá ser afetada, comprometendo todo o investimento realizado. O resultado será um projeto que poderá não atender as exigências de conforto para os usuários, ou seja, proporcionar ambiente propício e estimulante para o ato de lecionar e aprender.

Neste contexto, a adaptação do projeto arquitetônico ao clima de uma dada região e a escolha de materiais condizentes a este clima são fatores determinantes para se garantir uma arquitetura de boa qualidade, implicando em projetos racionalizados, capazes de reduzir o consumo de energia e oferecer condições de satisfação térmica ao usuário. (BERALDO, 2006)

1.1 PROBLEMA DA PESQUISA

As edificações escolares em vários estados do país, geralmente se baseiam em projetos-tipo que atendem com eficácia a necessidade de construir com rapidez, em prazos exíguos e baixo custo. Mas, este sistema de padronização recebe muitas críticas, pois a sua utilização muitas vezes, mostrou que não considera situações locais específicas de clima e sítio, resultando em ambientes escolares desfavoráveis, como salas de aula com localização inadequada, edificações onde as soluções são quase independentes dos terrenos e áreas externas com pouco ou nenhum tratamento paisagístico. (KOWALTOWSKI, 2001)

Segundo Kowaltowski (2001), as avaliações pós-ocupação ¹ (APO) realizadas em vários estados do país apontam frequentemente problemas, principalmente referentes ao conforto ambiental (térmico, acústico, lumínico e funcional). As principais falhas observadas dizem respeito às condições de conforto térmico e à funcionalidade. Segundo o autor, o projeto-padrão necessita de flexibilidade, de modo a permitir ajustes para condições peculiares de implantação.

Considerando este foco de análise crítico para os projetos padrões e sabendo que a Fundação Educacional do Paraná (FUNDEPAR) em conjunto com a Superintendência de Desenvolvimento Educacional (SUDE) possui diversos projetos padrão escolares já implantados no Estado do Paraná.

Esta monografia deverá se debruçar no estudo do projeto padrão escolar 023, e analisar com base nas teorias da Bioclimatologia, se estas edificações atendem de maneira satisfatória duas situações de implantação em regiões de clima e características de sítio adversas no Estado do Paraná.

¹ Avaliação Pós-Ocupação (APO) é um processo sistematizado e rigoroso de avaliação de edifícios, passado algum tempo de sua construção e ocupação. Esta avaliação focaliza os ocupantes do edifício e suas necessidades, a partir das quais elabora relatórios sobre as consequências das decisões de projeto na desempenho da edificação. Este procedimento constitui-se na base para a criação de edifícios melhores no futuro. (Rheingantz et al, 1997).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho pretende responder à seguinte questão: “A implantação da edificação escolar padrão 023 adotada na rede pública de ensino do estado do Paraná possibilita um desempenho homogêneo dos aspectos do conforto térmico ao usuário, quando construída em regiões com características climáticas distintas”?

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste estudo visam:

- Apresentar as exigências de projeto para edificações escolares e todas as estratégias bioclimáticas aplicadas à edificação segundo a Carta de Givoni.
- Caracterizar as estratégias bioclimáticas para as duas regiões escolhidas para o estudo (Londrina e Curitiba).
- Apresentar os resultados comparativos do conforto e desconforto térmico, de acordo com a Carta de Givoni e NBR 15220-3 para as cidades de Londrina e Curitiba.
- Caracterizar as estratégias bioclimáticas estudadas e a orientação solar mais favorável para serem aplicadas às escolas estaduais Marly Queiroz de Azevedo (Curitiba) e Roseli Piotto Roehrig (Londrina)

1.3 METODOLOGIA

Inicialmente, foram utilizados como base de caracterização das escolas públicas escolhidas para o estudo, os dados fornecidos pela Superintendência de Desenvolvimento Educacional (SUDE), cujas instalações referem-se ao projeto – padrão 023: Projetos arquitetônicos e complementares e planilhas de orçamento.

Houve uma preocupação em definir os objetos de estudo (Escolas) de acordo com a observação da instalação completa do padrão 023, sem que essa estrutura tivesse sofrido modificações em desacordo com o estipulado pelo projeto-padrão. Além disso, as

duas escolas escolhidas deveriam estar instaladas em regiões com clima característico anual diferente entre si.

Para o estudo das recomendações bioclimáticas, que são obtidas através de proposições de cartas bioclimáticas para projetos arquitetônicos, foi aplicada a ferramenta chamada Analysis Bio 3.0, programa que através de um banco de dados informatizado com 52.640 dados de elementos climatológicos no formato de TRY - Test Reference Year ² possibilita o exame de caso para o clima de Londrina-PR e Curitiba-PR. Através do resultado de tais procedimentos procura-se obter a definição de recomendações conclusivas para o clima da localidade, como forma de contribuição para o ensino, pesquisa e aplicações práticas, visando adequação às prescrições normativas de desempenho de edifícios.

1.4 JUSTIFICATIVA

Em 2007, foi lançada uma iniciativa pioneira de avaliação, o Índice de desenvolvimento da educação básica (IDEB), no qual foram reunidos em um indicador, dois conceitos igualmente importantes para a qualidade da educação: fluxo escolar e médias de desempenho nas avaliações.

A proposta do IDEB é ser um condutor de política pública em prol da qualidade da educação, constituindo uma ferramenta para acompanhamento das metas de qualidade do Programa de desenvolvimento educacional (PDE) para a educação básica. O Plano de Desenvolvimento da Educação estabelece como meta, que em 2022 o IDEB do Brasil seja 6,0 – média que corresponde a um sistema educacional de qualidade comparável a dos países desenvolvidos. (INEP, 2009)

Porém, esta avaliação não considera o espaço físico escolar, espaço que é considerado como parte do currículo por vários pedagogos, pois a configuração física do ambiente escolar e a adaptação do estudante a este meio exercem grande predominância na evolução do aprendizado.

O comportamento dos indivíduos pode ser influenciado pelas condições desfavoráveis de conforto em escolas, como temperaturas elevadas, ruído excessivo, iluminação inadequada, densidade excessiva na sala de aula, equipamentos inadequados à

² Test Reference Year – TRY consiste na determinação de um ano representativo, a partir de uma série histórica de dados climáticos. O ano climático de referência é usado em diversos programas de simulação computacional para cálculo de consumo de energia ou para determinação de estratégias bioclimáticas, como é o caso do software Analysis BIO. (LABEEE, 2007).

faixa etária atendida podem influenciar negativamente no desempenho escolar dos alunos podendo causar distúrbios de saúde. (KOWALTOWSKI et al, 1997). Sendo assim, os resultados baixos dos índices do IDEB podem sofrer influências indiretas da qualidade do espaço físico das edificações escolares.

1.5 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

O tema foi organizado nesta monografia, através de cinco capítulos. Abaixo se encontram os assuntos referentes a cada um deles:

- **Capítulo 1**

Primeiramente é feita uma introdução ao tema pesquisado retratando seus aspectos gerais. Em seguida, são apresentadas as justificativas para o estudo e suas possíveis contribuições obtidas através da pesquisa do tema. São expostos os objetivos gerais e específicos da monografia e seu procedimento metodológico.

- **Capítulo 2**

O presente capítulo apresenta a relação entre arquitetura de edificações escolares e a proposta pedagógica aplicada na educação. Apresenta as exigências de projetos de edificações escolares e a organização das edificações escolares do Paraná, destacando o Padrão 023 (FUNDEPAR), padrão escolhido como objeto de análise.

Em seguida, expõem-se a relação da arquitetura e do clima, os conceitos da arquitetura bioclimática, com foco na orientação e posicionamento das edificações. E ainda, é realizada explanação sobre o programa de análise de clima e arquitetura, Analysis Bio 3.0, utilizado neste trabalho.

- **Capítulo 4**

Neste capítulo são apresentadas as características das principais zonas bioclimáticas do Paraná, segundo NBR 15220-3 e as estratégias indicadas pelo software Analysis Bio para as cidades escolhidas para a pesquisa: Londrina e Curitiba. A seguir, é realizada uma comparação entre os resultados das estratégias para estas regiões.

Após esta explanação, os objetos de estudo (Escola Padrão 023) são apresentados e a seguir analisados através dos aspectos da arquitetura bioclimática.

- **Capítulo 5**

Por fim estão apresentadas as conclusões e algumas considerações finais a respeito dos estudos realizados durante toda a execução da presente monografia, e ainda sugestões para novas pesquisas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ARQUITETURA ESCOLAR E A PROPOSTA PEDAGÓGICA

O enfoque da educação se revela hoje mais do que uma preparação para o futuro, mas um processo permanente, preparando o indivíduo para o fluxo da vida, impedindo-o de paralisar no comodismo e conformismo, e para que sempre esteja se projetando para a revisão e reformulação constante.

Este olhar sobre a educação revelou-se através de um processo evolutivo de métodos de ensino que ainda se transformam e que também se relaciona com a história das escolas no Brasil. Segundo Cerqueira et al (2003), à medida que as práticas de ensino evoluem, exige-se uma correspondente adequação da edificação escolar ao novo contexto.

Na época do império no Brasil, o método de aprendizagem nas escolas se baseava na difusão dos conhecimentos de leitura, escrita e cálculo e doutrina cristã baseados em métodos de memorização e repetição aos alunos. O ambiente físico, muitas vezes era a extensão da casa do professor (não obrigatoriamente com preparação de magistério), funcionando em paróquias, salas comerciais, geralmente em ambientes com pouco ar e pouca luz.

Segundo Buffa (2002), o vínculo entre edifício escola e concepção educacional se inicia quando a escola primária começa a se organizar em classes seqüenciais, sistema reconhecido ainda hoje, e que necessitou uma nova organização do espaço escolar.

A defesa da necessidade de espaços especialmente construídos para serem escolas, inicia-se no final do século XIX, quando, de acordo com Buffa (2002), políticos e educadores pronunciam a necessidade de construção de prédios arejados, bonitos, destinados a cumprir sua finalidade principal, a de ser escola, mostrando a valorização que o Estado dava ao ensino e, ainda, para que a população admirasse estas edificações, que passaram a compor a paisagem urbana.

É importante mencionar que neste contexto, já existiam publicações internacionais divulgando a nova concepção de prédios escolares que deveriam ser cuidadosamente planejados com a participação dos educadores.

Neste período no Brasil, as escolas eram edificações quase sempre térreas com rígida simetria, divididas em duas alas com entradas independentes e pátios restritos, com

separação entre seções masculina e feminina, que exigidos pelos regimentos dos estabelecimentos. (FRANDALOSO, 2001)

Muitas transformações ocorreram na organização do espaço escolar desta época até os dias atuais. Segundo Ribeiro (2004), atualmente, há uma busca por novos paradigmas para a educação, destacando-se dentre estes, a inclusão de alunos independente de suas diferenças, sobretudo, para os alunos com deficiências físico-motoras, sensoriais, que põem em análise a questão do espaço da escola para contemplar qualquer tipo de exigência espacial para permitir o uso de qualquer aluno ou docente, seja qual for sua necessidade.

De acordo com Ribeiro (2004), este espaço escolar onde se desenvolverá a prática pedagógica pode constituir um espaço de possibilidades ou de limites, tanto o ato de ensinar como o de aprender exige condições propícias ao bem-estar docente e discente.

A metodologia empregada e os componentes que possibilitam este ambiente escolar não são sintetizados apenas na relação mestre e aluno. Segundo Piaget apud Ribeiro (2004), os espaços de vivência (casa, escola, bairro) representam uma experiência decisiva na aprendizagem e na formação das primeiras estruturas cognitivas, e em sua materialidade, propiciam experiências espaciais que são fatores determinantes do desenvolvimento sensorial, motor e cognitivo, e ainda podem contribuir para que este espaço seja transformado em lugar que propicie laços afetivos, sentimento de identidade e de pertencimento.

“... o processo educativo não se restringe à relação individual entre professor e alunos. Quem realmente educa é um ambiente geral, uma *Pandéia*, um clima cultural complexo que envolve, num mesmo processo educativo, alunos, professores, administradores da escola e população. O espaço físico da escola, sua fachada, os corredores, a sala dos professores e do diretor, enfim, toda a organização arquitetônica do espaço é parte importante desse determinado ambiente que educa.” (BUFFA, 2002; p.13).

Analisar o ambiente escolar é uma necessidade muito importante, pois existe uma grande negligência de escolas públicas e até mesmo de instituições privadas, cujas edificações escolares, na maioria das vezes não contemplam sequer condições básicas de conforto ambiental e de segurança. Isto pode gerar reflexos negativos no aprendizado e desenvolvimento dos alunos. (RIBEIRO, 2004)

A inobservância dessas condições constitui a principal causa de sintomas diversos e desagradáveis como: a fadiga, desconcentração e desânimo. (SANTOS ET AL

APUD RIBEIRO, 2004). Por isso, a área de conforto ambiental começa a ganhar força nas áreas responsáveis por pensar, projetar e construir os espaços escolares.

2.2 PROJETOS DE EDIFICAÇÕES ESCOLARES

De acordo com Frandaloso (2001), os elementos de abordagem na elaboração de projetos de edificações educacionais que devem ser considerados são os seguintes:

Tabela 1 - Exigências para projetos de edificações escolares

| | | |
|--------------------|---|---|
| Pedagógicas | <p>Espaço deve considerar a satisfação das necessidades emocionais, físicas e intelectuais do aluno.</p> <p>Propostas pedagógicas que consideram o ambiente como desempenhando um papel relevante na formação do conhecimento e no processo de ensino/aprendizagem.</p> | <p>Necessidades Físicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estrutura segura - Condições sanitárias - Condições acústicas - Abrigo - Conforto térmico - Iluminação apropriada - Espaço adequado <p>Necessidades Emocionais</p> <ul style="list-style-type: none"> - Entorno agradável - Ambiente inspirador - Atmosfera segura e amigável - Entorno colorido - Local de descanso - Sentimento de não confinamento |
| Funcionais | <p>O atendimento às necessidades educacionais de uma comunidade requer definição de requisitos para a implantação de unidades de ensino a partir da análise dos terrenos destinados para escolas.</p> <p>A programação arquitetônica das necessidades funcionais é resultado de um conjunto de operações que permitem estimar os requisitos dos espaços em termos qualitativos, quantitativos e suas inter-relações em função de uma demanda determinada.</p> | <p>Implantação</p> <p>Terreno localizado em áreas com:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fácil acesso viário - Áreas próximas das demandas atendidas - Espaços com facilidades de mobilidade ao terreno - Considerar os raios de abrangência para implantação definidos por planos, diretores. - Distantes de fontes poluidoras - Próximos à áreas verdes - Orientação solar favorável - Topografia adequada - Salubridade - Segurança - Disponibilidade de serviços e infra-estrutura <p>Programação arquitetônica</p> <p>A organização dos espaços e ambientes está relacionada com o modelo educativo adotado e com suas particularidades, porém, as atividades para a educação foram sistematizadas pela Companhia de construções escolares do Estado de São Paulo de acordo com cinco grupos funcionais:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Direção e Administração - Apoio técnico - Apoio pedagógico - Vivência - Serviços gerais |
| Formais | <p>As decisões formais, geométricas, quanto à</p> | <p>Devem considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Escala em relação ao usuário |

| | | |
|--|--|--|
| | <p>tipologia a ser adotada, têm uma relação intrínseca com a otimização dos recursos financeiros disponíveis, de grande influência especialmente quando se refere à escola pública de países em desenvolvimento.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Proporção em relação ao usuário - Cores do ambiente - Texturas do ambiente <p>Devem promover:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sensibilidade dos usuários - Criatividade dos usuários - Identidade espacial. - Sentimento de pertencimento e aceitação |
| Flexibilidade | <p>A idéia da flexibilidade não é apenas um requisito pedagógico, mas também econômico.</p> <p>Estes espaços flexíveis não devem ser considerados como espaços abertos onde tudo é possível, e sim devem ser pré-determinadas estas expansões e re-usos.</p> | <p>Propiciar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Expansão e a diversificação das atividades cotidianas de aprendizagem - Fluidez e versatilidade ao espaço - Expansibilidade dos espaços. - Adaptação às demandas de espaço útil ou às técnicas de aprendizagem. <p>Está associada:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adaptabilidade - Ao sistema estrutural e de materiais construtivos específicos e adequados. |
| Habitabilidade | <p>A habitabilidade está muito ligada aos conceitos pedagógicos, considerando a satisfação das necessidades emocionais, físicas e intelectuais do aluno.</p> <p>Refere-se também aos fenômenos ambientais que atuam sobre os ocupantes dos espaços construídos, influenciando no bem-estar e percepção.</p> | <p>Garantir:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conforto térmico - Ventilação - Conforto visual - Conforto acústico - Conforto térmico - Iluminação apropriada - Espaço adequado |
| Sistemas Estruturais e Construtivos | <p>O resultado final eficiente da edificação escolar, válido também nas demais tipologias funcionais, inclui os aspectos relativos aos materiais de construção e aos sistemas estruturais empregados.</p> | <p>Estrutura deve garantir:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estabilidade do conjunto - Flexibilidade do conjunto - Atendimento a requisitos de coordenação modular <p>Materiais adotados devem garantir:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Requisitos funcionais - Requisitos formais - Isolamento acústico e térmico - Segurança - Durabilidade - Manutenção: Fácil prevenção de desgaste e recuperação. - Redução ou eliminação de problemas decorrentes de vandalismo |
| Racionalização Construtiva e Economia | <p>A aplicação da racionalização construtiva e da coordenação modular facilita não apenas o desenho como, também, a execução da obra, conferindo rapidez de atendimento.</p> <p>Porém essa racionalização deve considerar a adaptabilidade aos condicionantes do terreno e que seja assegurado o atendimento aos</p> | <p>Promover:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Racionalização dos processos de construção - Composição ordenada de ambientes de diferentes funções <p>Proporcionar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Benefício de custo e tempo - Adaptação fácil de programa e terreno |

condicionantes climáticos de
cada local de implantação.

FONTE: Adaptado de FRANDALOSO (2001)

Percebe-se que o quesito habitabilidade está diretamente relacionado ao conforto ambiental da edificação, aspecto considerado como mais relevante aos problemas de desempenho das edificações escolares. Mediante avaliações pós-ocupação de edifícios escolares, no processo criativo, as condições de conforto ambiental não são sistematicamente consideradas como um princípio de projeto. . (KOWALTOWSKI, 2004).

A adoção de projetos padrão para as edificações escolares tem sido uma das causas de problemas de conforto ambiental. A padronização, muitas vezes, não leva em conta situações locais específicas, resultando em ambientes escolares desfavoráveis. (KOWALTOWSKI, 2001).

O atendimento às exigências de conforto térmico é de extrema importância, principalmente no Brasil, caracterizado por um clima tropical, com temperaturas bastante elevadas na maior parte do país. Porém, nota-se que a maioria das edificações escolares municipais e estaduais apresenta partidos arquitetônicos e sistemas construtivos mais ou menos padronizados, moldados à mesma maneira em todo o país, sendo o mesmo projeto construído diversas vezes, com diferentes implantações, sem levar conta às características do terreno e do clima. (KOWALTOWSKI, 2001)

Todos estes fatores aliados conferem à maioria das edificações escolares públicas um espaço que não satisfaz as necessidades básicas de conforto. Certamente, estas condições interferem negativamente na motivação e concentração dos seus usuários.

Desta forma, faz-se necessário uma arquitetura escolar que tenha como preocupação o atendimento às necessidades de conforto térmico, principalmente, proporcionando um ambiente agradável e que favoreça um aprendizado adequado. (NOGUEIRA & NOGUEIRA, 2003).

2.2.1 EDIFICAÇÕES ESCOLARES DO ESTADO PARANÁ

A Superintendência de Desenvolvimento Educacional (SUDE) teve suas atribuições e incorporação efetivada ao sistema estadual de gestão educacional em 2007 com o Decreto 1.396/07, pelo qual foram regulamentados os objetivos e a estrutura organizacional da Secretaria de Estado da Educação.

Neste momento, de acordo com a Lei 15.466/07, as atribuições da Fundação de Desenvolvimento Educacional do Paraná (FUNDEPAR) foram transferidas ao âmbito administrativo da Secretaria de Estado da Educação do Paraná.

A FUNDEPAR foi criada em 1962, com a finalidade de administração do Fundo Estadual do Ensino, desenvolvendo ações de suporte ao sistema de ensino e permaneceu com esta atribuição até 1991. A partir deste ano, 2010, a FUNDEPAR passa a ser denominada como Instituto de Desenvolvimento Educacional do Paraná. (DORIGO, 2007)

Esta modificação refletiu as novas necessidades quanto ao planejamento e organização das políticas públicas educacionais no país e no Estado. A sua incorporação à estrutura organizacional da SUDE, se deve ao fato de que na história recente, as políticas públicas de desenvolvimento educacional são priorizadas pelo governo estadual com o objetivo de melhorar os indicadores do desenvolvimento humano no estado do Paraná e, por extensão no Brasil. (PARANÁ APUD DORIGO, 2007).

Muitos dos projetos de escolas públicas construídas atualmente seguem os projetos padronizados e modulares da FUNDEPAR, como por exemplo, padrão 010, 023 ou 025. Os projetos de Escolas Públicas, no Estado do Paraná, são elaborados em módulos padronizados ajustáveis à necessidade de novas escolas, dependendo da previsão do número de alunos e configuração do terreno onde serão construídas. (ZWIRTES, 2006)

O projeto arquitetônico e os projetos complementares de escolas para ensino da rede estadual do Paraná são padronizados, cujo programa arquitetônico é estipulado pela modulação em função das salas de aula. A partir da padronização, os espaços de uma edificação escolar são organizados dentro de um determinado terreno considerando-se a legislação local vigente.

A padronização gera um modelo de projeto que considera uma boa solução aquela que atende às restrições e diretrizes constantes em catálogos de especificação de ambientes e nas normas técnicas de elaboração de projetos de escolas dos ensinos fundamental e médio no âmbito do Estado do Paraná.

Esses problemas podem ser resultados de decisões realizadas no início do processo, quando são definidas a forma geral do edifício e a sua implantação. Considerando, que no ano de 2009, segundo dados do IPARDES, o número de matriculados em escolas estaduais de ensino fundamental (foco deste estudo), foi 774.913 alunos em relação ao total 1.514.507 alunos da rede pública, sendo que Curitiba e Londrina possuem o maior número de alunos.

Acredita-se que a análise ou aplicação de critérios de avaliação pode ser um meio para melhorar o processo do projeto e melhorar o ambiente de estudo de milhares de alunos que estudam na rede pública de ensino do Paraná.

Tabela 2 – Alunos matriculados no ensino fundamental, segundo municípios do Paraná (2009).

| MUNICÍPIOS | PÚBLICO | | | | PRIVADA | TOTAL GERAL |
|----------------------|------------|----------------|----------------|------------------|----------------|------------------|
| | Federal | Estadual | Municipal | Total | | |
| PARANÁ | 521 | 744.913 | 769.073 | 1.514.507 | 162.621 | 1.677.128 |
| Curitiba | 521 | 100.593 | 98.251 | 199.365 | 48.928 | 248.293 |
| Londrina | - | 34.986 | 23.920 | 58.906 | 10.136 | 69.042 |
| Ponta Grossa | - | 22.197 | 23.206 | 45.403 | 8.283 | 53.686 |
| Foz do Iguaçu | - | 19.487 | 20.914 | 40.401 | 6.037 | 46.438 |
| São José dos Pinhais | - | 19.479 | 19.983 | 39.462 | 3.271 | 42.733 |
| Cascavel | - | 19.218 | 19.359 | 38.577 | 5.816 | 44.393 |

NOTAS: Os dados de 2007 referem-se à matrícula do ensino regular com os inclusos. Ensino fundamental: inclui matrículas de 8 e 9 anos. .

FONTE: IPARDES (2009)

2.2.2 PROJETO PADRÃO 023

Conforme levantado por Loro (2003) apud Dorigo (2007), o projeto padrão modular 023 foi elaborado em 2000 pela equipe técnica da FUNDEPAR, somente no período 2000-2005 essa mesma tipologia foi utilizada em 78 escolas, distribuídas em 35 diferentes municípios do Paraná com perceptível diferença de clima entres estes, ainda continua sendo usada atualmente.

Estas variações climáticas entre estas cidades onde o padrão 023 foi implantado, podem influenciar o desempenho térmico das edificações e a produtividade dos usuários destas edificações.

Segundo Dorigo (2007), todas as escolas da rede de ensino público do Estado são edificadas conforme projetos arquitetônicos, estruturais, hidráulicos e elétricos padronizados, cuja uniformidade é garantida pelos Cadernos de Especificações e pelos Memoriais Descritivos de cada projeto, repetição exata de um mesmo projeto em diferentes localidades do Paraná.

O mesmo autor analisa as configurações dos módulos do padrão 023 (Anexo A) referentes às salas de aula da rede pública através de dois tipos de layout básico aplicados:

uma fileira de salas de aula com circulação lateral ou duas fileiras de salas de aula com uma circulação central entre elas.

Figura 1- Edificações – Padrão 023



FONTE: SEOP (2010)

2.3 ARQUITETURA E CLIMA

O significado da adequação da arquitetura ao clima de uma localidade é a possibilidade de criar condições de conforto ao homem. Aos projetistas cabe projetar edificações que amenizem as sensações de desconforto impostas por climas muito rígidos, e excessivamente frios, quentes e com muito vento. Assim como, garantir ambientes que sejam confortáveis como as áreas livres em climas amenos (BROWN E DEKAI, 2004).

O desconforto térmico é, geralmente, uma das maiores reclamações dentre os fatores que compõem o conforto ambiental. Dentre os diversos estudos que vêm sendo desenvolvidos sobre a análise da relação homem conforto térmico. Kowaltowski (2001) salienta as abordagens voltadas para o ensino-aprendizagem nas escolas da rede pública, onde as reações fisiológicas desses alunos são afetadas vindo a prejudicar a qualidade do ensino quando expostos aos ambientes não adequados ao clima local com elevadas temperaturas.

Para compreender a definição de conforto ambiental é necessário, segundo Lamberts (1997), o conhecimento da relação entre três categorias distintas de variáveis: climáticas, humanas e arquitetônicas.

- **Variáveis Climáticas**

Estas variáveis podem ser classificadas em três escalas distintas de clima:

- Macroclima; São quantificadas por estações meteorológicas e descrevem as características gerais de uma região.
- Mesoclima: Sua escala de análise corresponde ao nível mais próximo da edificação, como exemplo, o litoral, o campo e vale. Segundo Lamberts, variáveis como: vegetação, topografia, tipo de solo e a presença de obstáculos naturais ou artificiais irão influenciar nas condições locais de clima para esta escala.
- Microclima: Está diretamente relacionado com a edificação e seu entorno (terreno). O microclima pode ser concebido e alterado pelo profissional que irá projetar a edificação.

As principais variáveis climáticas do conforto térmico são as temperaturas, umidade do ar externo, velocidade do ar do ar externo, e radiação solar incidente diretamente relacionado com a orientação, tipos de fechamentos e proteções solares (BROWN E DEKAI, 2004).

▪ **Variáveis Humanas**

Em relação às exigências humanas de conforto térmico, estas estão relacionadas com o funcionamento de seu organismo homeotérmico, com uma temperatura interna relativamente constante de 37°C. (FROTA E SCHIFFER, 2003).

Quando as trocas de calor entre corpo humano e ambiente ocorrem sem maior esforço, a sensação do indivíduo é de conforto térmico e sua capacidade de trabalho é máxima.

Neste processo, a pele é o principal órgão termorregulador, a vestimenta representa uma barreira para as trocas de calor por convecção. E as condições fisiológicas e de saúde do indivíduo interferem na sua percepção de conforto. (SCHIFFER E FROTA, 2003).

Além disso, deve-se considerar o calor gerado pelos ocupantes, no qual depende e sua atividade física e metabolismo e número dos usuários no ambiente.

▪ **Variáveis Arquitetônicas**

Estas variáveis interagem simultaneamente com o meio ambiente e com o homem, e se aplicam na edificação como sua forma, função, os tipos de fechamento e os sistemas de condicionamento - climatização e iluminação (LAMBERTS, 1997).

O projeto de edificações consciente deve garantir uma perfeita interação entre homem e meio em todas as escalas (urbana, arquitetônica, construtiva e imediata). Podemos classificar:

- Forma
- Função
- Fechamentos Opacos (Troca de calor com meio exterior, Condução através de fechamento, Troca de calor com o meio interior, Fluxo térmico, Inércia Térmica).
- Fechamentos Transparentes (Orientação e tamanho, Tipo de vidro, Uso de proteções solares internas e externas, Fator Solar).
- Sistemas de aquecimento de água
- Sistemas de iluminação artificial (Lâmpadas, Luminárias, Reatores).
- Controle de luz elétrica (Sensores de ocupação)
- Climatização artificial (Ventilação mecânica, Aquecimento, Resfriamento).
- Ganho de calor pelos equipamentos presentes no ambiente.

2.4 ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

Inicialmente, o conceito da bioclimatologia foi aplicado à arquitetura pelos irmãos Olgyay, na década de 60. A expressão de *Projeto Bioclimático* começa ser difundida como o projeto de arquitetura considerando o conforto térmico humano. Segundo Lamberts (1997), a arquitetura concebida, busca utilizar por meio de seus próprios elementos, as condições favoráveis do clima com o objetivo de satisfazer as exigências de conforto térmico do homem.

Para Watson e Labs apud Andrade (1996) o projeto bioclimático é aquele cuja fonte ou recurso encontra-se no microclima de seu sítio, onde deverá ser implantado e apresenta um fluxo natural de energia ao redor da edificação criado por meio de uma total integração do sol, vento, precipitação e o resultado das temperaturas do ar e da terra.

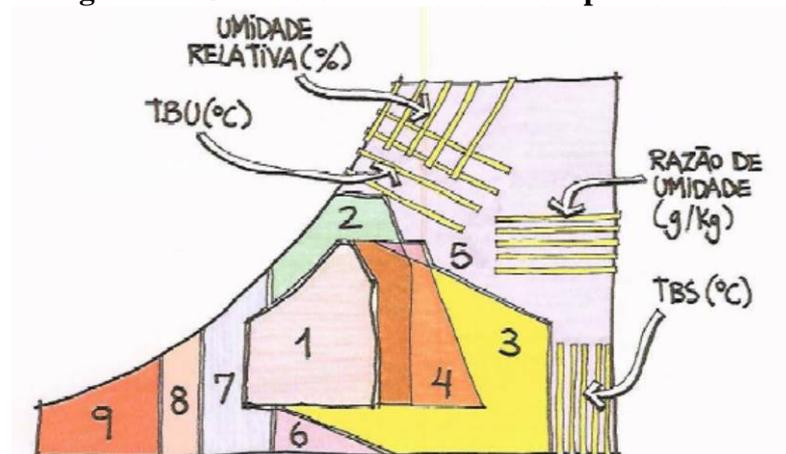
Porém, o diagrama idealizado por Olgyay, pelo qual, apresentava estratégias de adaptação da arquitetura ao clima possuía algumas limitações, pois sua aplicação era estritamente relacionada para as condições externas. Segundo Givoni apud Lamberts (1997),

o clima interno em edifícios não condicionados reage largamente à variação do clima externo e à experiência de uso dos habitantes.

Em 1969, Givoni concebe uma carta bioclimática para edificações, baseada em temperaturas internas do edifício, propondo estratégias construtivas para adequação da arquitetura ao clima. De acordo com Lamberts (1997), este instrumento de análise foi construído sobre o diagrama psicrométrico (Fig. 03), que relaciona a temperatura do ar e a umidade relativa. Com a obtenção dos valores destas variáveis para os principais períodos do ano climático da localidade, permite ao profissional a verificação das indicações fundamentais sobre a estratégia bioclimática a ser adotada no desenho da edificação.

As cartas bioclimáticas, por sua vez, são elaboradas a partir das zonas de conforto térmico e proporcionam de maneira integrada informações sobre comportamento bioclimático e proporcionam de maneira integrada informações sobre comportamento climático do entorno e previsão de estratégias para a correção desse comportamento quando fora da zona correspondente ao conforto térmico.

Figura 2 – Carta bioclimática adotada para o Brasil



- | | |
|---|--|
| 1 Zona de Conforto | 6 Zona de Umidificação. |
| 2 Zona de Ventilação | 7 Zona de Massa Térmica para Aquecimento |
| 3 Zona de Resfriamento Evaporativo | 8 Zona de Aquecimento Solar Passivo |
| 4 Zona de Massa Térmica para Resfriamento | 9 Zona de Aquecimento Artificial |
| 5 Zona de ar-condicionado | |

FONTE: (LAMBERTS, 1997).

Bogo et al (1994) apresenta análise as aplicações de diversas cartas bioclimáticas e concluíram que a de Givoni revista em 1992 (GIVONI, 1998) era a mais adequada para países em desenvolvimento, como o Brasil. Baseados nesta conclusão, Lamberts, Dutra e Pereira (1997) empregaram-na nos estudos sobre eficiência energética e, especialmente, no programa computacional Analysis Bio 3.0 que permite, a partir de dados

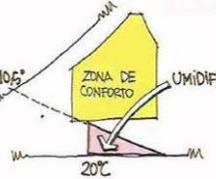
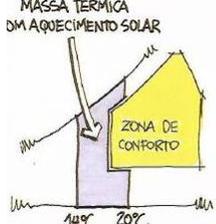
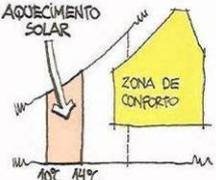
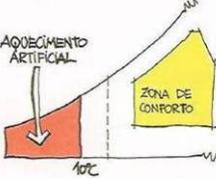
climáticos locais, a construção de cartas bioclimáticas com as estratégias passivas e ativas recomendadas aos projetos de arquitetura.

Pelo exposto, ressalta-se que as cartas bioclimáticas facilitam as análises das características climáticas de um clima local conhecido sob o ponto de vista do conforto humano especificando diretrizes de projeto para maximizar o conforto interior de edifícios não condicionados mecanicamente. Neste trabalho, serão seguidas as recomendações dos autores acima citados utilizando a carta de Givoni.

2.4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ZONAS DE CONFORTO: E SUAS ESTRATÉGIAS DE APLICAÇÃO

Tabela 3 – Caracterização das zonas bioclimáticas e suas estratégias

| ZONAS | CARTA BIOCLIMÁTICA | CARACTERIZAÇÃO E ESTRATÉGIAS |
|---|--------------------|--|
| Zona de Conforto (1) | | <p>Caracterização: Verifica-se que haverá grande probabilidade de que os usuários estejam em conforto térmico no ambiente interior da edificação. De acordo com a figura, verifica-se, que segundo Givoni, o organismo humano pode estar em conforto mesmo em diversos limites de umidade relativa e de temperatura.</p> <p>Estratégia: Segundo Stipen (2007), para o conforto seja mantido, é necessário: Quando for baixa a temperatura encontrada, deve-se manter menor a velocidade do vento no local. E quando maior a temperatura, deve-se evitar incidência direta de radiação solar.</p> |
| Zona de Resfriamento Evaporativo (3) | | <p>Caracterização: Esta zona indica a evaporação da água como redutor da temperatura e para o aumento simultâneo da umidade relativa de um ambiente. Sugere-se que este recurso seja aplicado quando a temperatura de bulbo úmido máximo não excede 24 graus e a temperatura de bulbo seco máxima não ultrapassa 44 graus.</p> <p>Estratégia: - Construir áreas gramadas ou arborizadas - Resfriamento evaporativo das superfícies edificadas - Resfriamento Evaporativo Indireto - Umidificação</p> |
| Zona de Massa Térmica para Resfriamento (4) | | <p>Caracterização: Indica o uso da inércia térmica da edificação, que poderá diminuir a amplitude da temperatura interior em relação a exterior, evitando picos. Pode ser aplicada em locais com condições de temperatura e umidade relativa situadas entre os limites da zona da massa térmica demonstrada na figura.</p> <p>Estratégia: - Massa térmica da terra - Emprego de materiais isolantes nas construções.</p> |

| | | |
|--|---|---|
| <p>Zona de Ar Condicionado (5)</p> |  | <p>Caracterização: Segundo Givoni apud Lamberts (1997), quando a temperatura de bulbo seco for maior que 44° e a de bulbo úmido for superior a 24° Recomenda-se o uso de ar condicionado para climatização.</p> <p>Estratégia: Ar condicionado de janela Minicentraís de pequeno porte Minicentraís “Multisplit” Self contained Chiller & Fan-coil Centrífugas</p> |
| <p>Zona de Umidificação (6)</p> |  | <p>Caracterização: Quando a umidade relativa do ar é muito baixa, inferior a 20%, há desconforto devido à secura do ar. Nestes casos a umidificação do ar melhora a sensação de conforto, ainda que possa produzir um efeito indesejado de resfriamento evaporativo.</p> <p>Estratégia: Recursos simples, como recipientes com água colocados no ambiente interno (figura 4.15) podem aumentar a umidade relativa do ar. Da mesma forma, aberturas herméticas podem manter esta umidade, além do vapor de água gerado por atividades domésticas ou produzido por plantas.</p> |
| <p>Zona de Massa Térmica para Aquecimento (7)</p> |  | <p>Caracterização: Temperatura de bulbo seco entre 14°C e 20°C; • Umidade relativa entre 0% e 100%.</p> <p>Estratégia: Caso se observe estas condições térmicas no local da edificação, deve-se optar pela inclusão de componentes construtivos com maior inércia térmica. Assim, as baixas temperaturas (principalmente noturnas) seriam compensadas pela cessão ao ambiente do calor solar armazenados na construção ao longo do dia.</p> |
| <p>Zona de Aquecimento Solar Passivo (8)</p> |  | <p>Caracterização: Temperatura de bulbo seco entre 10,5°C e 14°C; Umidade relativa entre 0% e 100%. Nesta situação é recomendado o uso de aquecimento solar passivo, haja vista que as perdas de calor deverão ser significativamente maiores.</p> <p>Estratégia: O projeto do edifício deve incorporar superfícies envidraçadas orientadas ao sol, aberturas reduzidas nas orientações que recebem menos insolação (para reduzir a perda de calor) e proporções apropriadas de espaços externos para se aproveitar o sol no inverno. Esta estratégia pode ser conseguida através de orientação adequada da edificação (norte) e de cores que maximizem os ganhos de calor, através de aberturas zenitais, de coletores de calor colocados no telhado e de isolamento para reduzir perdas térmicas.</p> |
| <p>Zona de Aquecimento Artificial (9)</p> |  | <p>Caracterização: Temperatura de bulbo seco inferior a 10,5°C. Umidade relativa entre 0% e 100%.</p> <p>Estratégia: Em locais regularmente muito frios (com temperaturas abaixo de 10,5°C), o aquecimento solar passivo pode não ser suficiente para a obtenção da sensação de conforto térmico. Nestes casos, o uso do aquecimento artificial costuma ser indispensável. Porém, vale ressaltar que o uso combinado de ambos os sistemas (artificial e solar passivo) é extremamente aconselhável, pois reduz o consumo elétrico, assim como a dependência por uma única solução. Radiador incandescente, Convectores elétricos, Painel radiador de baixa temperatura, Aquecedor central.</p> |

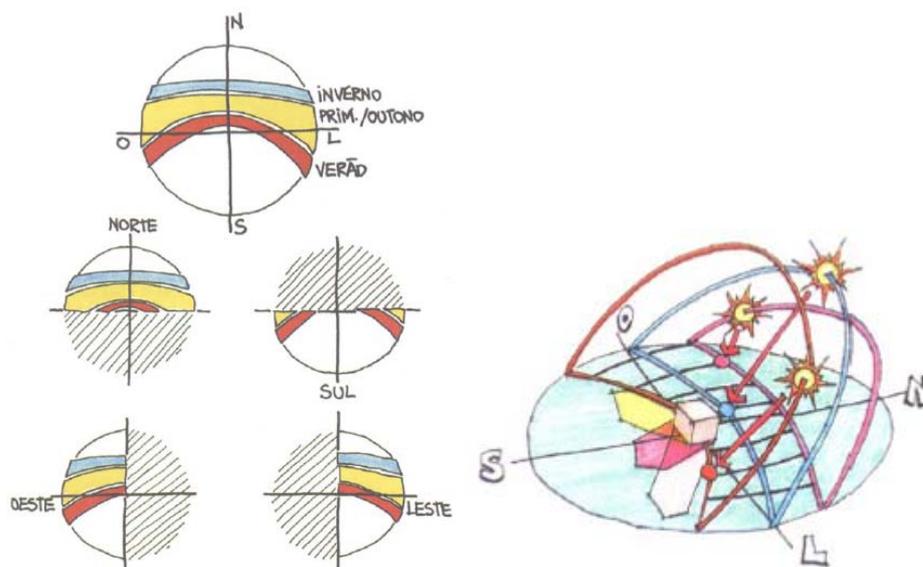
FONTE: Adaptado de LAMBERTS (1997)

2.4.2 INFLUÊNCIA DA IMPLANTAÇÃO E ORIENTAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES NO CONFORTO TÉRMICO

Segundo Givoni apud Campos (2005), o aquecimento das paredes e dos ambientes interno, causada pela radiação solar, varia de acordo com a orientação da edificação. No hemisfério sul, as fachadas com face Norte recebem a radiação máxima no mês de junho (inverno) e mínima em dezembro (verão). As fachadas orientadas para Nordeste e Noroeste também recebem um alto nível de radiação no inverno, entretanto as variações anuais são menores que as verificadas para as de face Norte (CAMPOS, 2005).

As fachadas com orientação Leste e Oeste recebem mais radiação solar no verão do que durante o inverno. Da mesma forma as superfícies horizontais (telhados) recebem a maior quantidade de radiação solar no verão, enquanto que no inverno recebem menos radiação que as fachadas com orientação Nordeste e Noroeste. (CAMPOS, 2005).

Figura 3 – Carta solar para latitude subtropical no hemisfério Sul e trajetória do sol nos Solstícios e Equinócios



FONTE: (LAMBERTS, DUTRA E PEREIRA, 1997 APUD CAMPOS, 2005).

A carta solar indicada acima, demonstra com facilidade a insolação de uma fachada. Segundo Campos (2005), em uma latitude Sul, próxima do Trópico de Capricórnio, o comportamento de cada orientação de fachada é o seguinte:

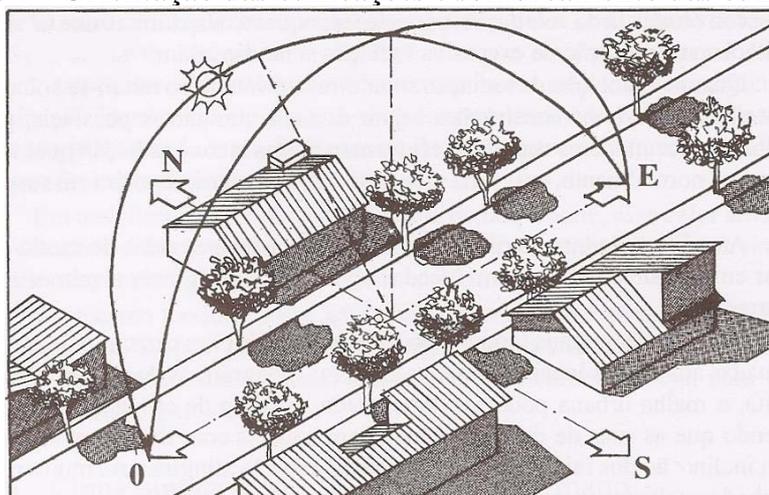
- Norte: Durante o inverno e em boa parte da primavera e outono recebe Sol durante todo o dia (O Sol está mais baixo). No verão recebe Sol durante poucas horas do dia (o

Sol está mais alto).

- Sul: No inverno não recebe nenhum Sol. Na primavera e outono recebe pouco Sol no início e final do dia. No verão recebe Sol no início e final do dia, desaparecendo ao meio dia.
- Oeste: Recebe Sol durante as tardes e em todas as estações
- Leste: Recebe Sol todas as manhãs e em todas as estações.

De acordo com Campos (2005), a orientação Norte é a mais indicada para ter o melhor desempenho térmico durante o ano todo. A implantação do projeto escolar padrão 023 é sugerida pela SUDE corretamente, com as aberturas dos blocos de salas de aula orientados para a face norte-sul. (Anexo A). A seguir será analisada a implantação de duas escolas padrão 023, em Londrina e Curitiba.

Figura 4 – Orientação das edificações e sombreamento das edificações



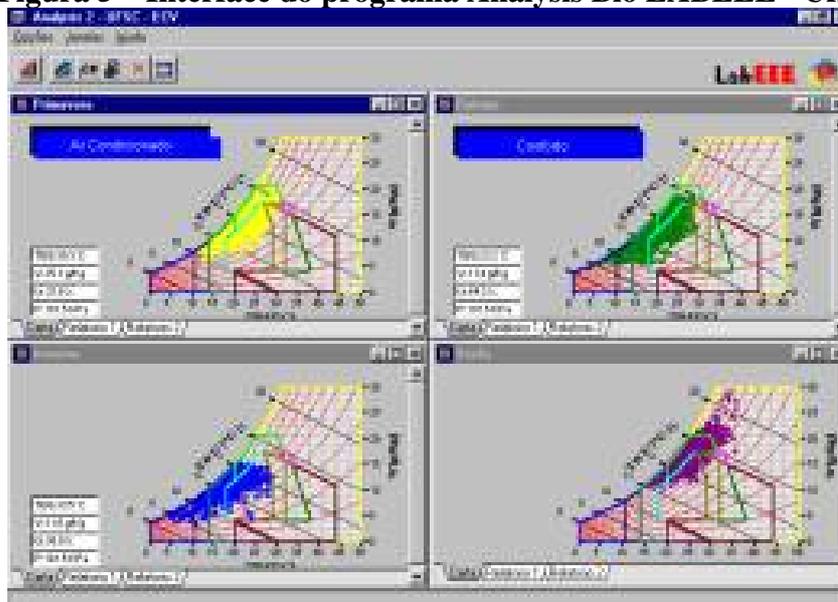
FONTE: (SCHIFFER E FROTA, 2006).

2.4.3 ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS DO “ANALYSIS BIO”

O programa Analysis Bio 3.0 foi desenvolvido por pesquisadores do Labe - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina. (LAMBERTS ET AL, 1997) Seu objetivo é propiciar uma análise rápida das estratégias bioclimáticas visando uma melhor adaptação das edificações ao clima local, através da avaliação de dados climáticos impressos sobre uma carta bioclimática, já descrita anteriormente.

Conforme mencionado anteriormente, o Programa utiliza a carta revista por Givoni com limites máximos de conforto expandidos, tendo em vista a aclimação dos habitantes de países em desenvolvimento e de clima quente. O método utilizado é apropriado para projetos residenciais e para o caso de edificações de comércio e serviço há limitações, pois não são considerados os aumentos de geração de calor internos a partir dos equipamentos e dos ocupantes. Ao método de Givoni foi combinado o de Watson e Labs apud Andrade, 1996, pelo tipo de dados climáticos indicados. O programa utiliza dois tipos de dados climáticos: a) Test Reference Year (TRY) - com informações climáticas para as 8.760 horas do ano e; b) Normais Climatológicas (1961 - 1990) - com valores médios mensais das principais variáveis climáticas.

Figura 5 – Interface do programa Analysis Bio LABEEE - Ufsc



FONTE: (LABEE, 2010)

3 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA E ANÁLISE CRÍTICA DOS PADRÕES ARQUITETÔNICOS ADOTADOS

O objetivo do presente trabalho é verificar o conforto térmico dos usuários no ambiente escolar da rede pública do Paraná, através da análise da implantação das edificações do projeto padrão 023 (FUNDEPAR) quando construídos em duas regiões de climas distintos – Londrina (Clima Subtropical com verão quente) e Curitiba (Clima subtropical com verão ameno).

As cidades de Curitiba e Londrina foram escolhidas porque possuem o maior número de alunos na escola fundamental do Estado do Paraná. (Tabela 2). Desta forma, foram buscadas informações através do órgão SUDE, e as escolas selecionadas foram:

- - Escola Estadual Marly Queiroz Azevedo – Ensino Fundamental e Médio, localizada no Bairro Cidade Industrial (CIC), na cidade de Curitiba.
- - Escola Estadual Roseli Piotto Roehrig – Ensino Profissionalizante, Fundamental e Médio, localizada no Conjunto Habitacional José Giordano, na cidade de Londrina.

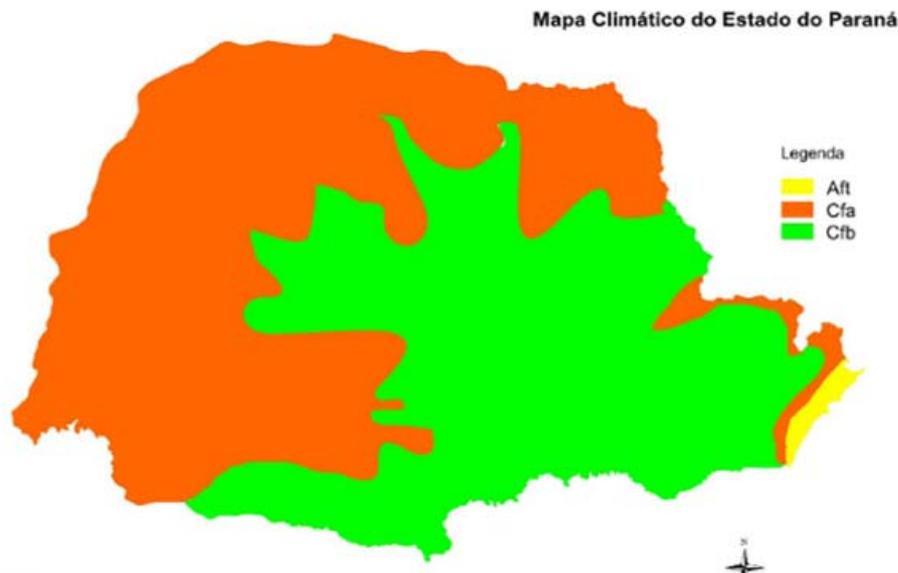
Primeiramente, foram buscadas as informações sobre a característica climática das cidades de Londrina e Curitiba, através da utilização do programa computacional *Analysis Bio e Zoneamento Bioclimático Brasileiro – ZBBR* (Programa baseado na NBR 15220-3), pelos quais foi possível conhecer as estratégias bioclimáticas para resolver o problema do desconforto térmico específico destas regiões. Em seguida, foram verificadas as implantações das edificações existentes nas escolas escolhidas, e, sobretudo, verificar se a orientação solar das edificações contribui para o conforto térmico dos usuários.

3.1 CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DO ESTADO PARANÁ

O Paraná está localizado entre as latitudes 17° e 24°, situado na região Sul do país, ocupando uma área de 199.314km², que corresponde a 2,3 % da superfície total do Brasil. O território de Paraná possui clima predominante subtropical, com verões quentes e invernos frescos (frios para os padrões brasileiros). De acordo com a classificação de

Koppen³, encontramos dez diferentes tipos de clima no Brasil, três deles presentes no Paraná (Fig.4):

Figura 6 – Mapa Climático do Paraná



- Cfa; Clima subtropical úmido com verão quente – Com chuvas bem distribuídas durante o ano, ocorre nas porções mais baixas do planalto, isto é, em sua porção ocidental. Registra temperaturas médias anuais de 19°C, com média do mês mais quente superior a 22°C e no mês mais frio inferior a 18°C, sem estação seca definida, verão quente e geadas menos frequentes e pluviosidade de 1.500mm anuais.
- Cfb; Clima subtropical úmido com verão ameno – Com chuvas bem distribuídas durante o ano, ocorre na porção mais elevada do estado. As temperaturas médias anuais oscilam em torno de 15 C e são inferiores aos 20, com média do mês mais quente inferior a 22°C e do mês mais frio inferior a 18°C, não apresenta estação seca, verão brando e geadas severas. A pluviosidade alcança cerca de 1.200mm.
- Aft; Clima Tropical super úmido (Tropical Chuvoso) – Com média do mês mais quente acima de 22°C e do mês mais frio superior a 18°C, sem estação seca e isento de geadas. Situado em todo o litoral e na porção oriental da Serra do Mar.

³ A classificação climática de W. Koppen é baseada em valores médios anuais e mensais de temperatura e precipitação e, a vegetação nativa é utilizada para determinar os limites climatológicos de sua classificação, que apresenta cinco grandes climas representados de A a E, e cada clima é caracterizado mais detalhadamente e recebe duas ou três letras minúsculas do alfabeto. (Cunha, 1999)

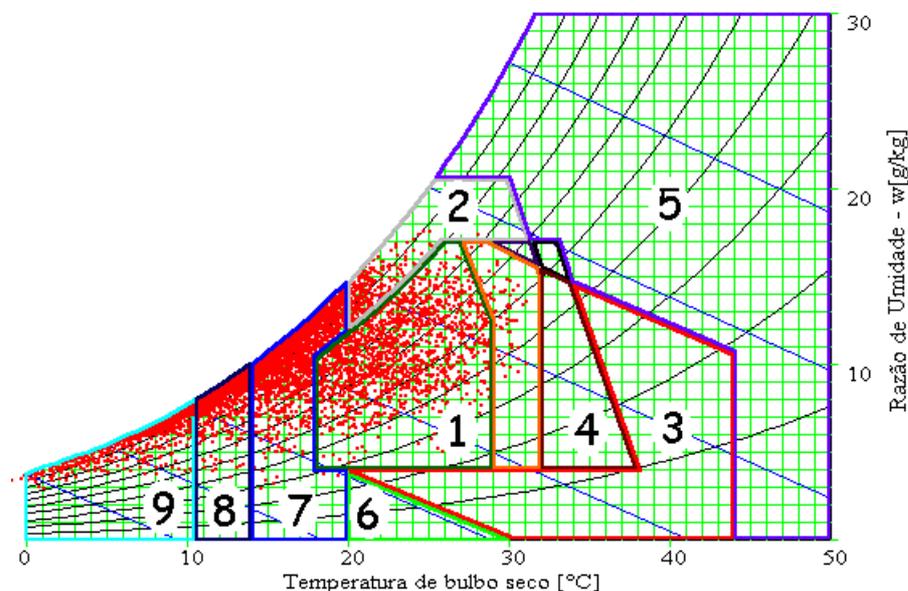
3.1.1 CURITIBA: CLIMA E ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS

Curitiba está situada no Estado do Paraná, a 25°42' de latitude sul e 49°26' de longitude oeste, com altitude média de 934 metros Segundo a classificação de Koppen (MAACK, 1981 APUD IPPUC, 2008), a cidade de Curitiba localiza-se em região climática do tipo Cfb, com clima temperado (ou subtropical) úmido, mesotérmico, sem estação seca, com verões frescos e invernos com geadas frequentes. Segundo Ippuc (2008), Em análise das médias mensais da procedência da direção dos ventos houve predominância de sentido Leste.

- Analysis Bio

A aplicação dos dados do ano climático de referência à ferramenta *Analysis Bio*, gera a porcentagem de horas do ano em que se tem conforto térmico (dentro dos intervalos de temperatura de 18°C e 29°C) e a porcentagem que não se tem conforto, para esta são definidas estratégias bioclimáticas para resolver o problema do desconforto térmico. Os dados são indicados através de uma carta psicrométrica indicada abaixo.

Figura 7 – Carta Bioclimática com TRY (Ano Climático de Referência) de Curitiba



FONTE: (LAMBERTS, GOULART E FIRMINO, 1998).

Desta maneira, a ferramenta permite saber que 20,9% das temperaturas do clima externo situam-se dentro da zona de conforto. O restante, 79,1%, está situado fora da zona, sendo 71,9% do desconforto pelo frio, e 7,2% do desconforto pelo calor. Deste modo, a ferramenta expõe estratégias bioclimáticas, as quais utilizam recursos do clima, para solucionar o problema.

Tabela 4 - Estratégias Bioclimáticas para a cidade de Curitiba

| | | | |
|------------------------------------|---------------|-------------------------------------|-------|
| Conforto (1) | | | 20,9% |
| Desconforto 79,1% | Calor 7,2% | Ventilação (2) | 5,8% |
| | | Resfriamento Evaporativo (3) | 0,7% |
| | | Massa térmica para resfriamento (4) | 0,7% |
| | | Ar condicionado (5) | 0% |
| | | Umidificação (6) | 0% |
| | Frio 71,9% | Massa térmica para aquecimento (7) | 42,4% |
| | | Aquecimento Solar Passivo (8) | 17,8% |
| | | Aquecimento Artificial (9) | 11,7% |
| Conforto + Desconforto | | | 100% |

FONTE: (LAMBERTS, GOULART E FIRMINO, 1998).

As recomendações de projeto para Curitiba definidas através da ferramenta Analysis Bio, sugerem predominantemente:

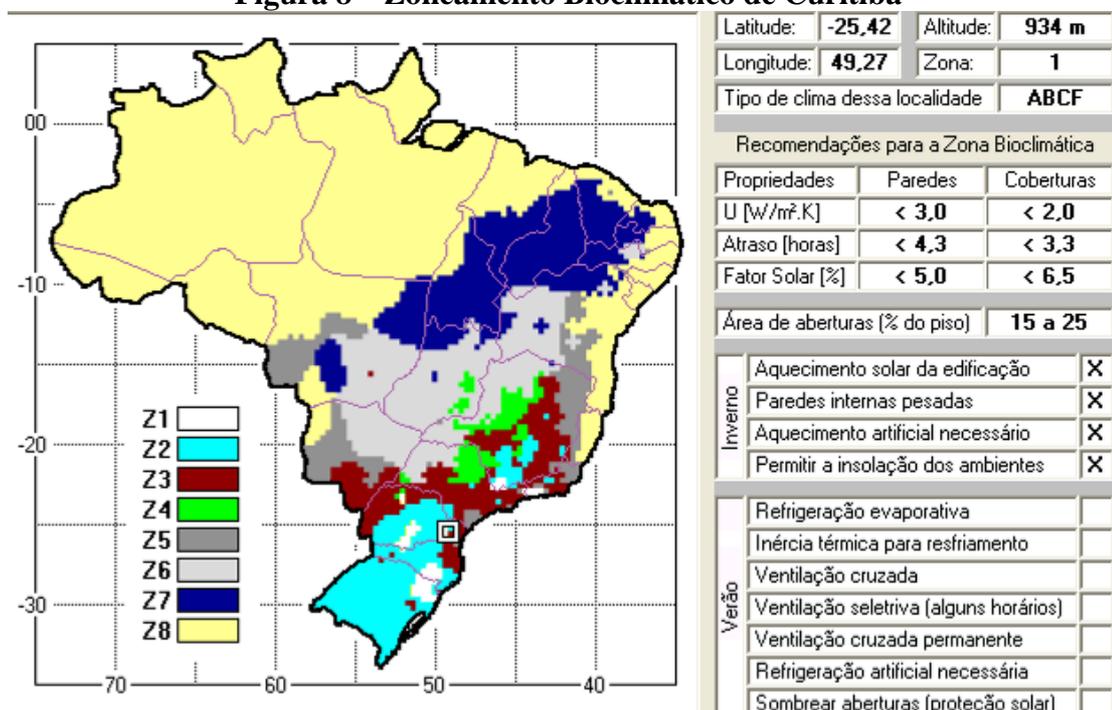
- Calor
 - Ventilação (2); Aberturas para ventilação natural no verão.
 - Resfriamento evaporativo (3); Presença de áreas gramadas ou arborizadas.
- Frio
 - Massa térmica para resfriamento (7); Fechamentos com massa térmica elevada no inverno. Paredes e coberturas devem ser pesadas, com maior capacidade térmica.
 - Aquecimento solar passivo (8); Orientação adequada da edificação (norte) e de cores que maximizem os ganhos de calor, através de aberturas zenitais, de coletores de calor colocados no telhado e de isolamento para reduzir perdas térmicas. Incorporar ao edifício superfícies envidraçadas orientadas ao sol, aberturas reduzidas nas orientações que recebem menos insolação (para reduzir a perda de calor) e proporções apropriadas de espaços externos para se aproveitar o sol no inverno.
 - Aquecimento Artificial (9);

- Classificação Bioclimática, conforme ABNT NBR 15220-3:

Verifica-se que a cidade de Curitiba, de acordo pela NBR 15220-3, é classificada como zona bioclimática 1. De acordo as recomendações sugeridas pela norma brasileira para a zona bioclimática 1, as paredes internas devem ser pesadas.

O sistema construtivo deve prever condições e aberturas que permitam a insolação dos ambientes. E em situações extremas, aquecimento artificial se necessário.

Figura 8 – Zoneamento Bioclimático de Curitiba



FONTE: Programa ZBBR 1.1 – Zoneamento Bioclimático do Brasil – (RORIZ, 2004).

3.1.2 LONDRINA: CLIMA E ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS

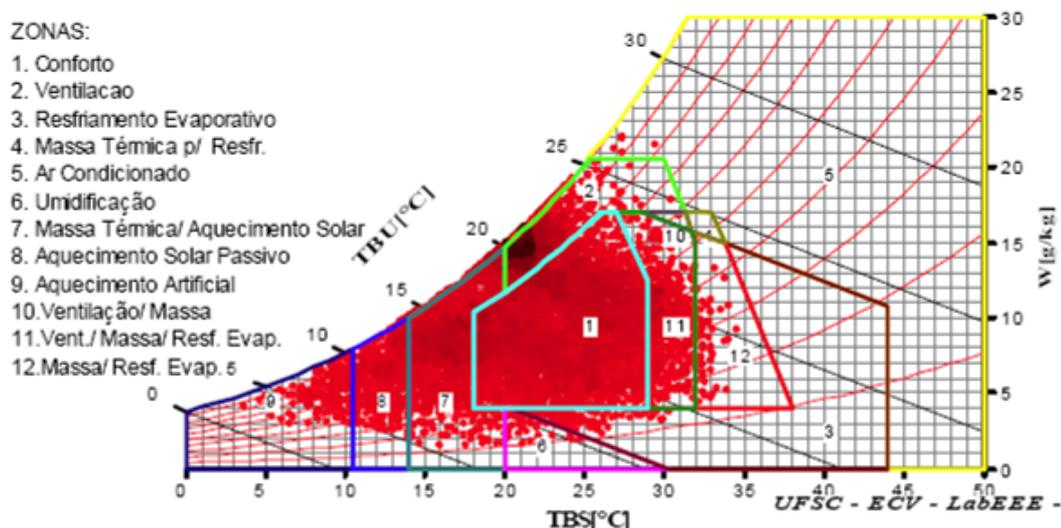
A cidade de Londrina está situada no norte do Paraná, a 23°31' de Latitude Sul e 51°16' de Longitude Oeste. Segundo a classificação de Koppen, a cidade de Londrina localiza-se em região climática do tipo Cfa, com clima temperado (ou subtropical) úmido, apresenta verões quentes e invernos amenos. O vento dominante na cidade vem da orientação Leste e em algumas situações tem direção nordeste. (LONDRINA, 2001).

- Analysis Bio

Para a cidade de Londrina, o programa Analysis Bio mostra que a porcentagem de horas do ano em que se tem conforto térmico (dentro dos intervalos de temperatura de 18°C e 29°C) corresponde a 36,04% das temperaturas do clima externo.

Para as horas de temperatura fora desta zona de conforto, são definidas estratégias bioclimáticas para resolver o problema do desconforto térmico, que correspondem a 63,96%. Verifica-se que existe mais desconforto térmico associado ao, com 37,89%, em relação ao período de frio, este contabiliza 26,07% do total de desconforto.

Figura 9 – Carta Bioclimática com TRY (Ano Climático de Referência) de Londrina



FONTE: (GIGLIO, 2005)

Tabela 5 - Estratégias Bioclimáticas para a cidade de Londrina

| | | | |
|------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|-------|
| Conforto (1) | | 36,04% | |
| Desconforto 63,96% | Calor 37,89% | Ventilação (2) | 22,2% |
| | | Resfriamento Evaporativo (3) | 8,11% |
| | | Massa térmica para resfriamento (4) | 6,99% |
| | | Ar condicionado (5) | 0,05% |
| | | Umidificação (6) | 0,54% |
| | Frio 26,07% | Massa térmica para aquecimento (7) | 18,8% |
| | | Aquecimento Solar Passivo (8) | 5,23% |
| | | Aquecimento Artificial (9) | 2,04% |
| Conforto + Desconforto 100% | | 100% | |

FONTE: (GIGLIO, 2005)

As recomendações de projeto para Londrina definidas através da ferramenta Analysis Bio, sugerem predominantemente:

- Calor
 - Ventilação (2); Aberturas para ventilação natural no verão.
 - Resfriamento evaporativo (3); Presença de áreas gramadas ou arborizadas.
 - Massa térmica para resfriamento (4); Fechamentos com massa térmica elevada no inverno. Paredes e coberturas devem ser pesadas, com maior capacidade térmica.

Dentre as recomendações bioclimáticas aplicadas para calor, consta porcentagem mínima para utilizar recursos de ar condicionado, 0,05% e umidificação, cujo valor é 0,54%.

- Frio

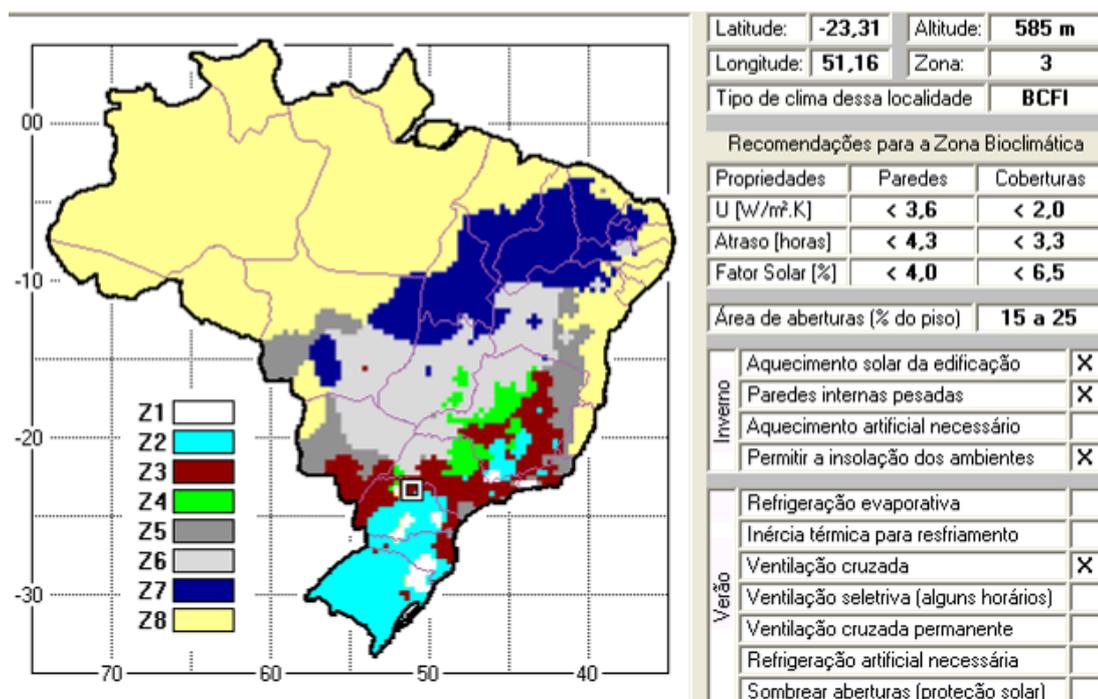
- Massa térmica para resfriamento (7); Fechamentos com massa térmica elevada no inverno. Paredes e coberturas devem ser pesadas, com maior capacidade térmica.

Dentre as recomendações bioclimáticas aplicadas para frio, consta porcentagem menor para utilização de aquecimento solar passivo, 5,23% e aquecimento artificial, cujo valor é 2,04%.

Segundo Giglio, deve-se estabelecer um equilíbrio entre as estratégias recomendadas para Curitiba já que a massa térmica elevada pode tornar desconfortável o ambiente interno no período noturno do verão, através da liberação do calor acumulado ao longo do dia.

Verifica-se que a cidade de Londrina, de acordo pela NBR 15220-3, é classificada como zona bioclimática 3. De acordo as recomendações sugeridas pela norma brasileira para a zona bioclimática 3, as paredes internas devem ser pesadas, ou seja, com massa térmica elevada no inverno, como indicado pelo programa Analysis Bio.

- **Classificação Bioclimática, conforme ABNT NBR 15220-3:**



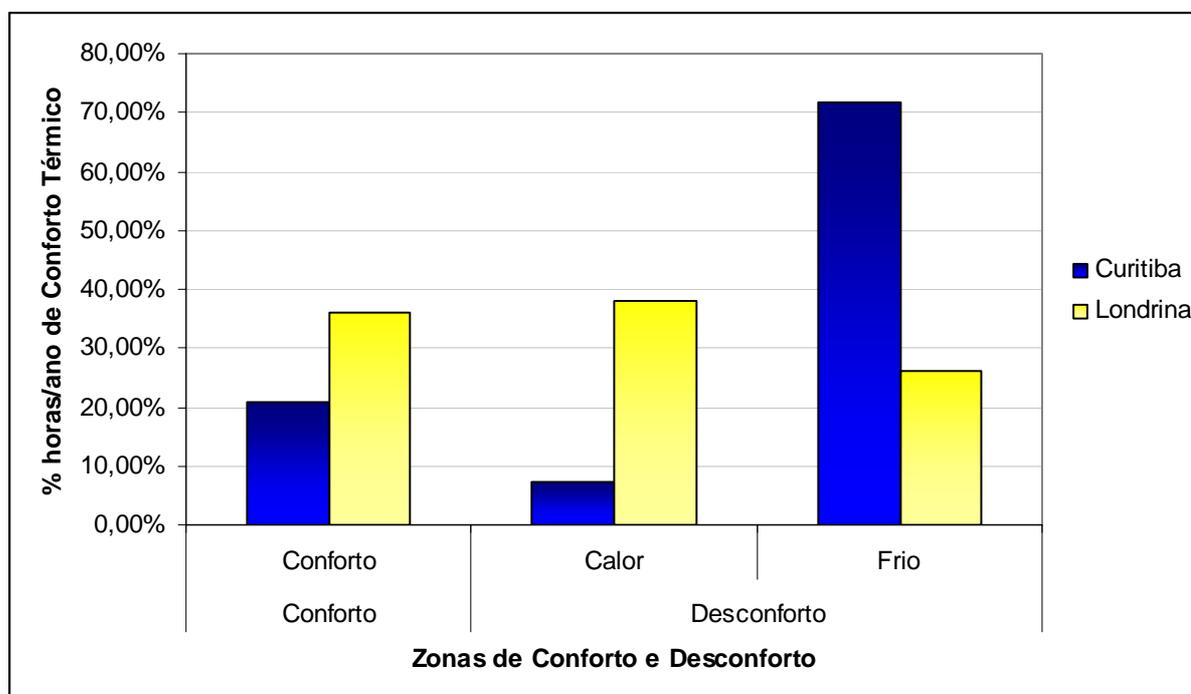
FONTE: Programa ZBBR 1.1 – Zoneamento Bioclimático do Brasil – (RORIZ, 2004).

Além disso, o sistema construtivo deve prever condições e aberturas que permitam a insolação dos ambientes e o aquecimento solar passivo da edificação. Ao contrário, do que foi indicada para Curitiba, a cidade de Londrina não necessita de soluções para aquecimento artificial da edificação.

Para o verão, a ventilação cruzada deve ser um recurso explorado nos projetos das edificações para garantir renovação do ar, e resfriamento da edificação.

3.2 DIFERENÇAS ENTRE OS CLIMAS E AS ESTRATÉGIAS BICLIMÁTICAS ADOTADAS PARA AS CIDADES DE CURITIBA E LONDRINA

Gráfico 1 - Zoneamento Bioclimático de Londrina



FONTE: O autor

Através do gráfico abaixo, elaborado através dos dados obtidos pelo programa Analysis Bio 3.0, pode-se observar a relação da incidência de conforto e desconforto (Calor ou frio) na cidade de Curitiba e Londrina.

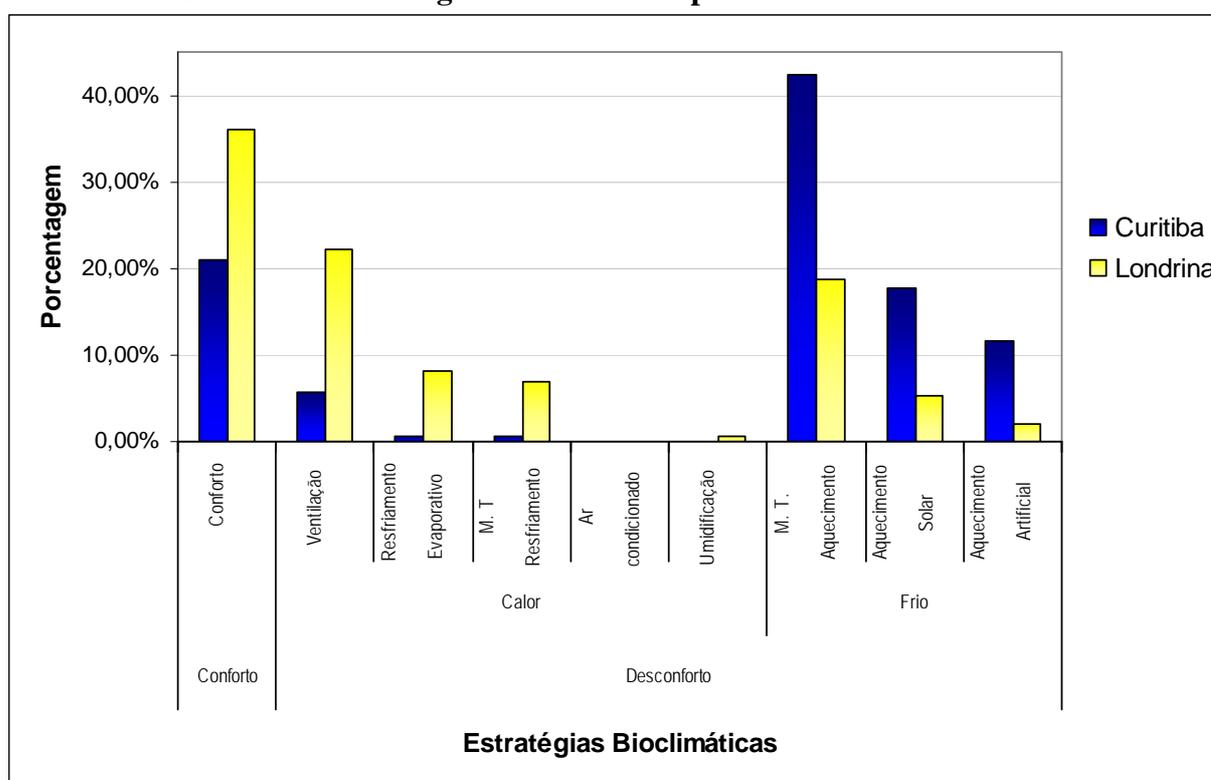
Sendo assim, a relação entre as zonas de conforto e desconforto em Londrina e Curitiba é:

| | |
|-----------------------------|---------------------|
| Conforto | Londrina > Curitiba |
| Desconforto ao calor | Londrina > Curitiba |
| Desconforto ao frio | Londrina < Curitiba |

Verifica-se que Curitiba e Londrina, por se situarem em duas zonas bioclimáticas diferentes, segundo NBR 15220-3, apresentam grandes diferenças em seus limites de conforto e desconforto. Em Curitiba, os projetos arquitetônicos devem focar e criar possibilidades para o uso de estratégias de arquitetura bioclimática para o desconforto ao frio, enquanto que em Londrina, ocorre o oposto, as estratégias nas edificações devem ser voltadas para que possam proporcionar conforto ao calor.

Através do gráfico, conclui-se que Londrina possui incidência maior de horas de temperatura em zona de conforto do que Curitiba (Gráfico 1 e 2).

Gráfico 2 – Estratégias Bioclimáticas para Curitiba e Londrina



FONTE: O autor

No Gráfico 2 abaixo, pode-se visualizar rapidamente que as duas principais estratégias que deverão ser aplicadas são: Massa Térmica de Aquecimento e Ventilação.

Segundo Lamberts (1997), a maneira mais simples de aplicar a massa térmica para aquecimento em uma edificação é construir fechamentos opacos mais espessos e diminuir a área de aberturas, orientando-as para o sol. Desta maneira, pode-se garantir que a massa térmica acumule o calor externo recebido e devolva ao interior da edificação.

Já em locais quentes, essa técnica pode ser utilizada para resfriar o ambiente,

para isso, as aberturas devem ser sombreadas. E ainda é aceito a mescla dessa técnica com outras vinculadas como a umidificação, através da instalação de água de fontes ou espelhos de água, para possibilitar a entrada de ar fresco pelas aberturas. Ou ainda, a criação de área arborizada próximas as aberturas, para que assim possa ser criado um microclima ameno que refresca os espaços interiores da edificação.

3.3 DESEMPENHO DA EDIFICAÇÃO DAS ESCOLAS PADRÃO 023: LONDRINA E CURITIBA ATRAVÉS DO ESTUDO DA IMPLANTAÇÃO

3.3.1 ESCOLA ESTADUAL MARLY QUEIROZ AZEVEDO - CURITIBA

Figura 10 – Escola Marly Queiroz Azevedo – Curitiba (Padrão 023 – Fundepar)

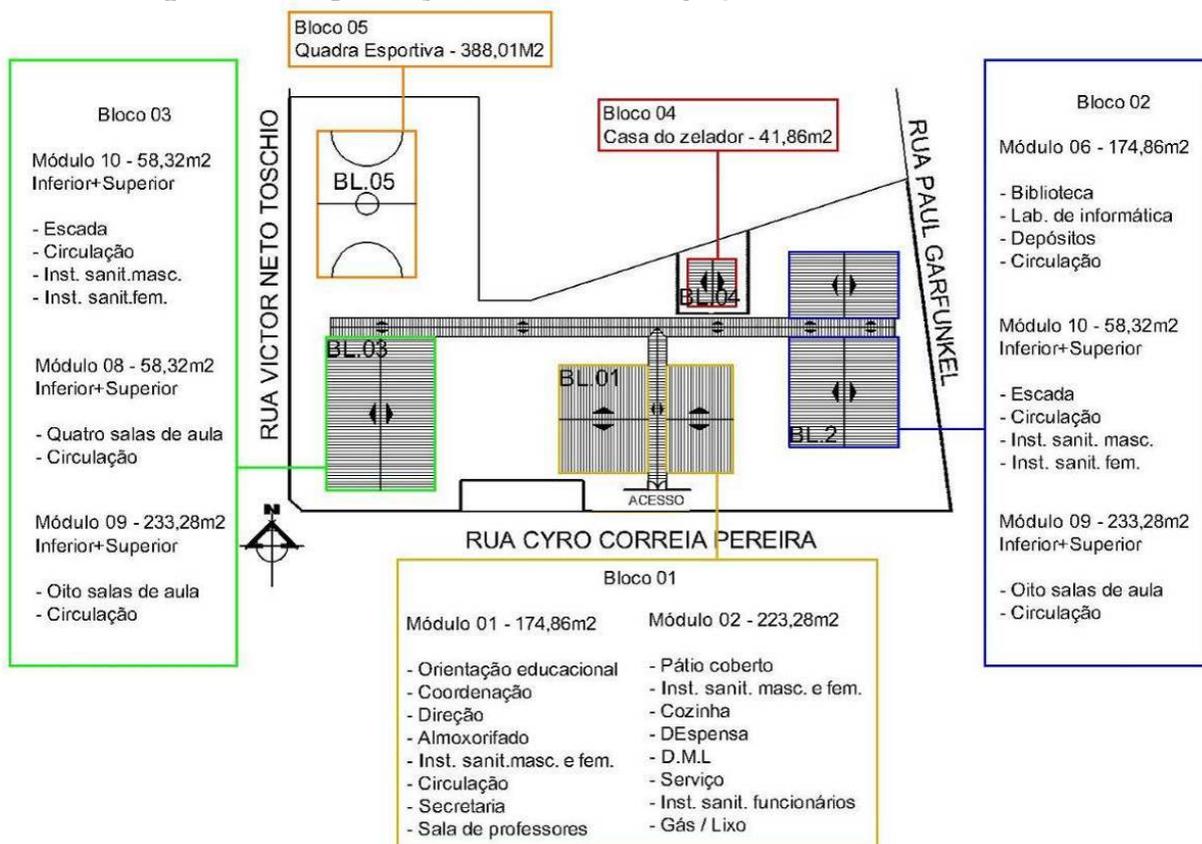


FONTE: Google Earth (2010)

A Escola Estadual Marly Queiroz Azevedo possui entorno com área verde preservada na orientação norte do terreno. (Fig. 11) Este posicionamento é vantajoso, pois contribui para a formação de microclima agradável, principalmente durante o verão.

A escola é composta por seis blocos, dentre os quais, dois, destinam-se exclusivamente às salas de aula. A escola possui vinte salas de aula, dois laboratórios, uma biblioteca e uma sala de múltiplo uso, uma cantina e um pátio coberto.

Figura11 – Implantação da Escola Marly Queiroz Azevedo - Curitiba



FONTE: O autor

Figura 12 – Bloco 01: Orientação solar e ventos dominantes

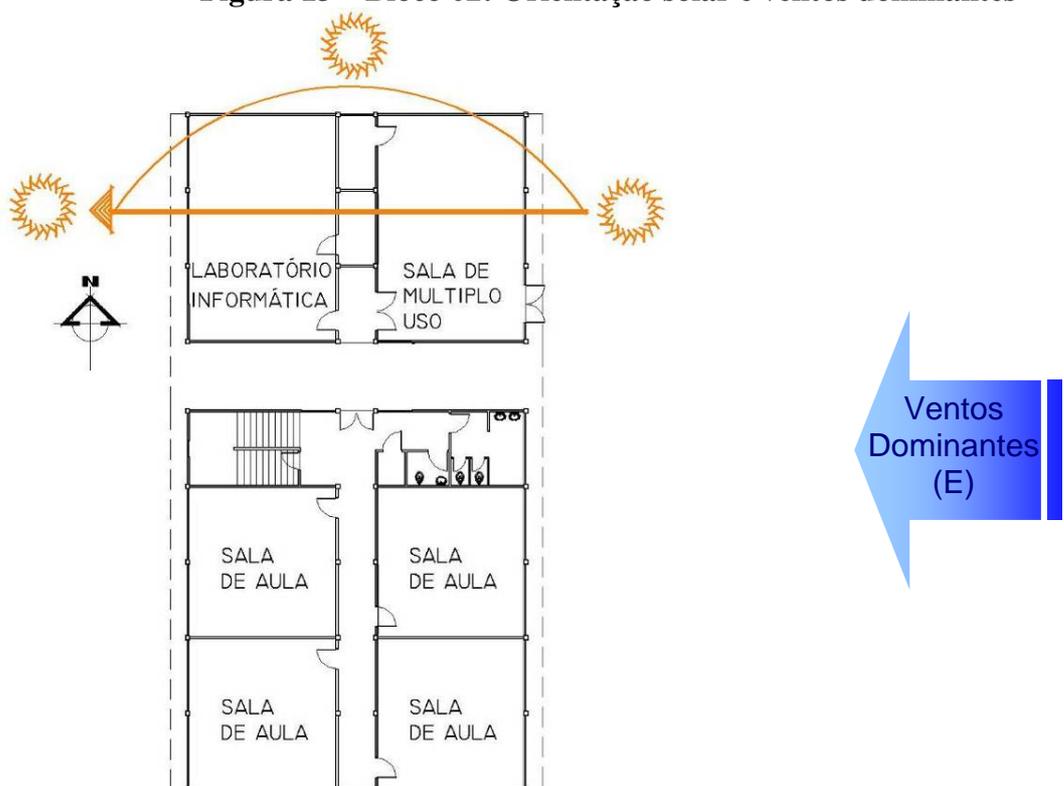


FONTE: O autor

O Bloco 01 possui a melhor orientação e insolação em relação às outras edificações da escola. A utilização do espaço possui horários controlados, durante os intervalos, e ainda, possibilita área para uso recreativo e para apresentações.

Os fechamentos do pátio para a orientação norte, são predominantemente envidraçados. Desta maneira, durante o inverno ocorre o aquecimento solar passivo da edificação. Para permitir melhor conforto, seria necessário o plantio de árvores caducifólias, possibilitando a incidência solar durante o inverno, devido a redução de folhas, e a proteção solar durante o verão. (Fig. 12)

Figura 13 – Bloco 02: Orientação solar e ventos dominantes

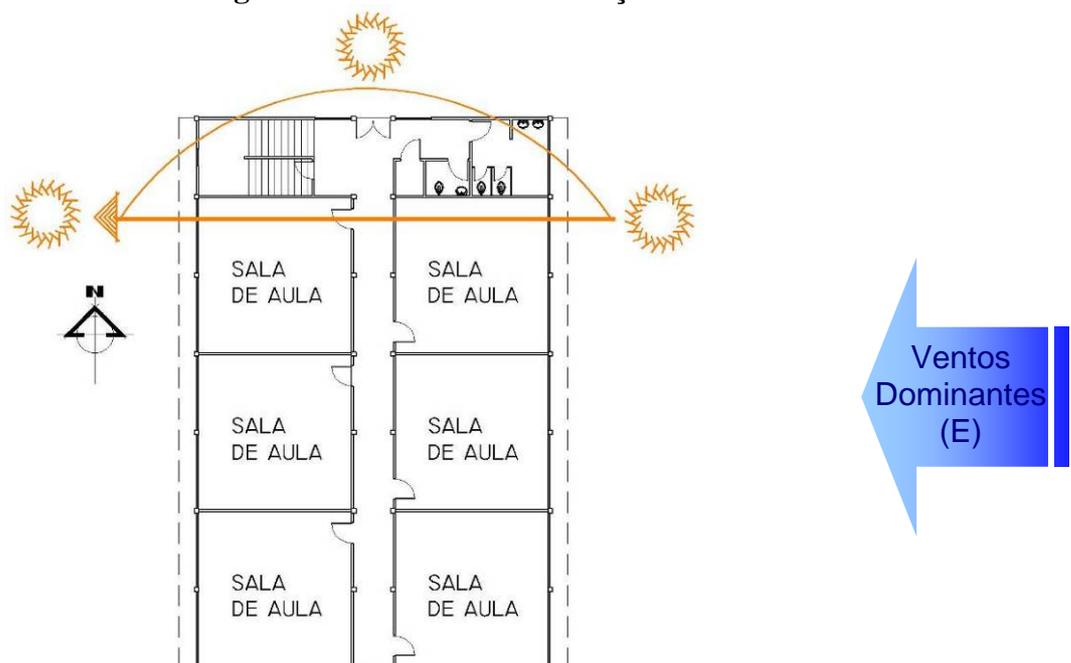


FONTE: O autor

Segundo Givoni apud Lamberts (1997), a edificação do Bloco 02 não possui orientação favorável. A edificação teria maior aproveitamento da insolação se seu posicionamento tivesse priorizado as aberturas laterais das salas de aula na posição Norte-Sul, como mostrado na figura 04.

Como colocado anteriormente no gráfico 1 e 2, em Curitiba, as estratégias de projeto devem priorizar a solução para desconforto ao frio. Por isso, a posição Norte - Sul seria ideal para o controle excessivo de ventilação no sentido Leste, evitando e reduzindo a solução por aquecimento artificial. Essa mesma situação ocorre na edificação do Bloco 03 visualizado abaixo.

Figura 14 – Bloco 03: Orientação solar e ventos dominantes



FONTE: O autor

3.3.2 ESCOLA ESTADUAL ROSELI PIOTTO ROEHRIG - LONDRINA.

A escola é composta por cinco blocos, dentre os quais, dois, destinam-se exclusivamente às salas de aula. A escola possui doze salas de aula, dois laboratórios, uma biblioteca e uma sala de múltiplo uso, uma cantina e um pátio coberto.

Figura 15 – Escola Roseli Piotto Roehrig – Londrina (Padrão 023 – Fundepar)

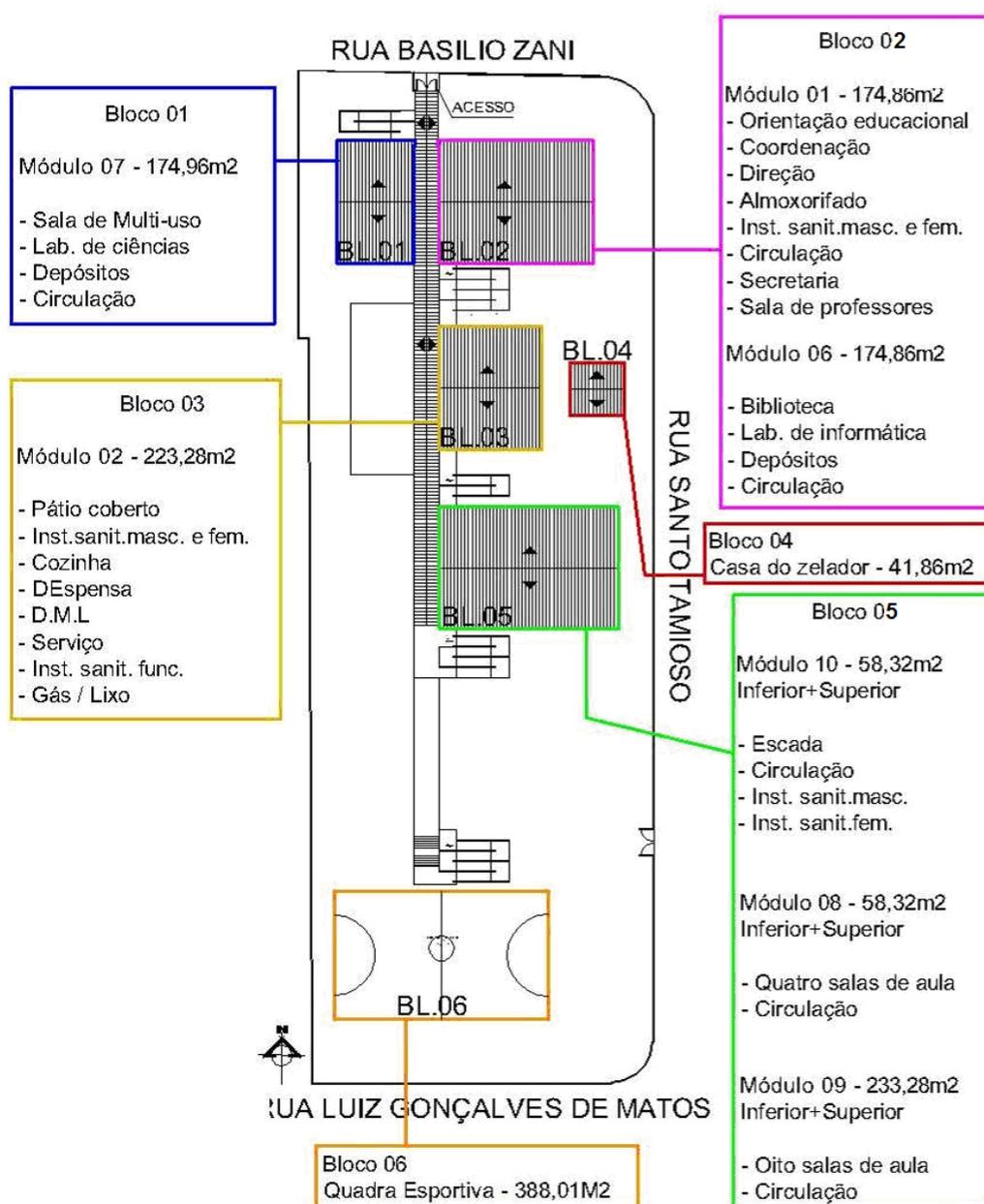


FONTE: Google Earth (2010)

A Escola Estadual Roseli Piotto Roehrig possui todas as edificações orientadas para as faces norte-sul. A cidade de Londrina, ao contrário de Curitiba, necessita de maior atenção nas estratégias ligadas ao conforto no período do verão. Para isso, deverá ter mecanismos que permitam a ventilação, o resfriamento evaporativo e a utilização de materiais de fechamento que possuam inércia térmica média a alta.

As quadras esportivas e o pátio estão posicionados em um nível inferior em relação aos demais ambientes.

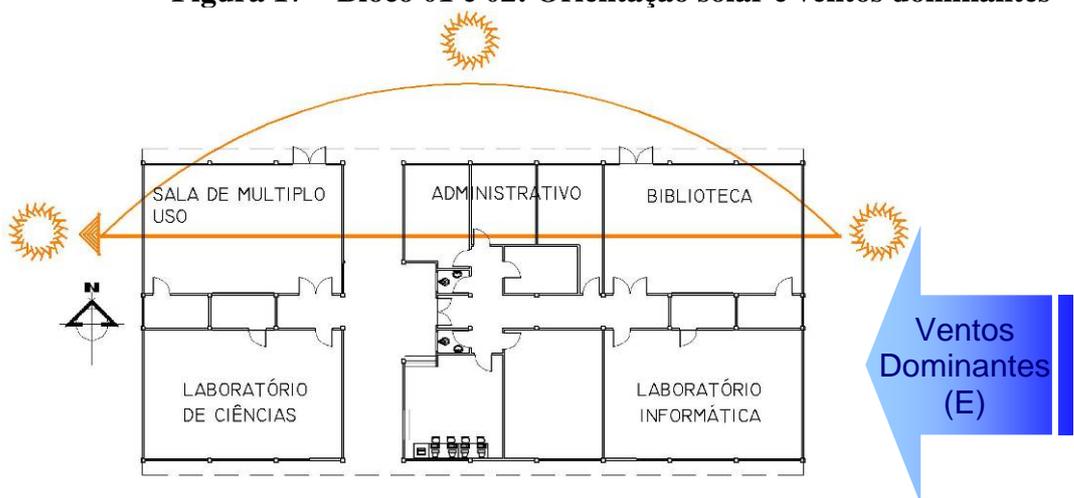
Figura16 – Implantação da Escola Roseli Piotto Roehrig - Londrina



FONTE: O autor

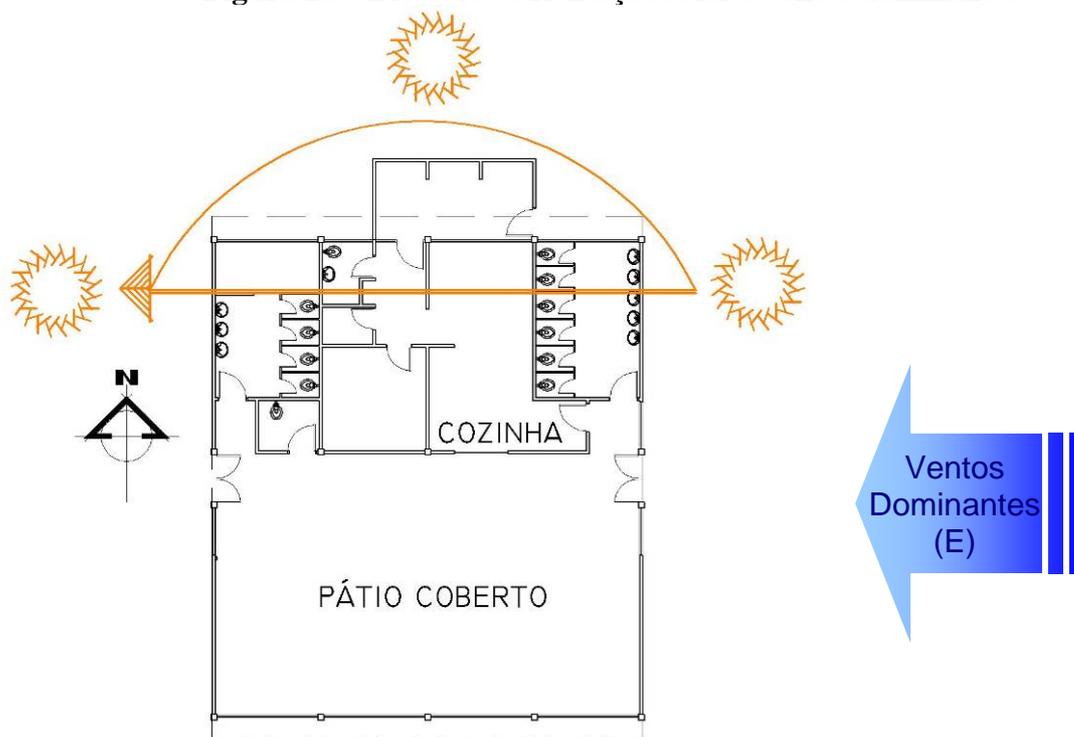
Segundo Schiffer e Frota (2003), a inércia térmica está associada a dois fenômenos de grande significado para o comportamento térmico do edifício: o amortecimento e o atraso da onda de calor, devido ao aquecimento ou ao resfriamento dos materiais. Este amortecimento e o atraso serão tão maiores quanto maior for a inércia da construção.

Figura 17 – Bloco 01 e 02: Orientação solar e ventos dominantes



FONTE: O autor

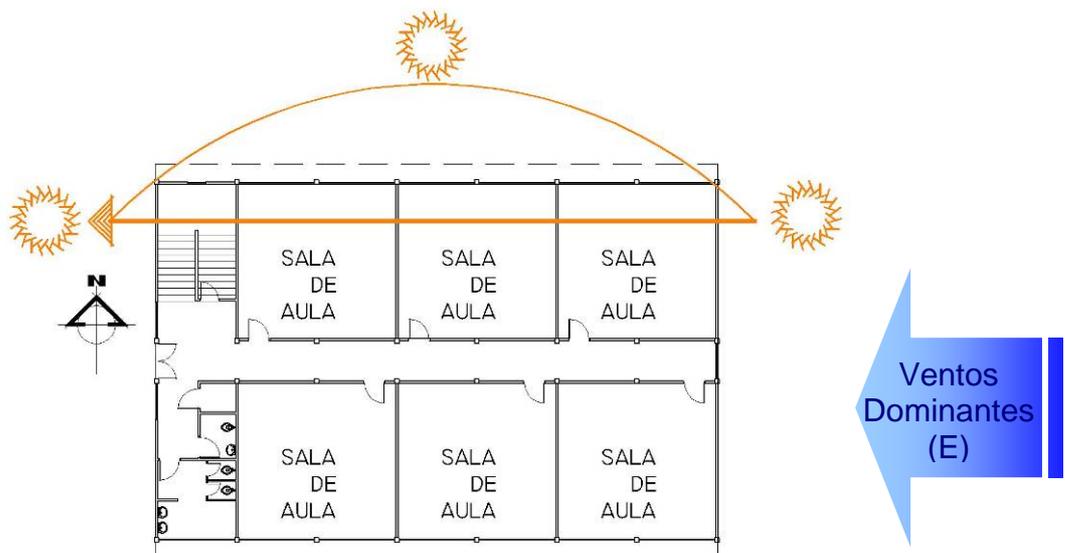
Figura 18 – Bloco 03: Orientação solar e ventos dominantes



FONTE: O autor

Quanto ao posicionamento em relação dos ventos dominantes, as edificações estão posicionadas no sentido oposto. Por isso, é necessário utilizar estratégias que desviem a direção destes ventos, como plantio de camada densa de árvores, que influenciem a orientação da massa de ar. Esta solução poderá colaborar também com o resfriamento evaporativo necessário para regiões com clima Cfa.

Figura 19 – Bloco 05: Orientação solar e ventos dominantes



FONTE: O autor

4 CONCLUSÕES

A importância do conhecimento do clima e das estratégias bioclimáticas se revela com um importante passo para compreender a real necessidade imposta pelo meio ambiente e que deve ser considerada nas edificações.

Através da análise do clima pela Carta de Givoni, concluiu-se que a cidade de Londrina, cuja característica climática segundo Koppen, é subtropical úmido com verão quente (Cfa) apresenta maior índice de conforto se comparada com a cidade de Curitiba, cujo clima é subtropical úmido com verão ameno (Cfb). Esses dois tipos de clima são os dois tipos de clima mais incidentes no Estado do Paraná.

Em relação ao desconforto, enquanto as edificações construídas em Londrina deverão estabelecer estratégias bioclimáticas para o desconforto ao calor, na cidade de Curitiba, será o oposto, deverá possuir estratégias para o desconforto ao frio.

Compreendendo esta diferença entre as estratégias adotadas para cada implantação, conclui-se que sem a análise rigorosa da implantação, orientação solar e análise das características do terreno e adjacentes, a edificação escolar padrão 023 pode não corresponder ao ideal de conforto térmico estabelecido pela Carta de Givoni e NBR 15220-3, em ambos os climas estudados.

Assim como vários outros padrões, a edificação escolar padrão 023 não considera características de clima e sítio, podendo proporcionar aspectos desfavoráveis para a eficiência térmica da edificação quando implantadas de maneira contrária ao adequado ao clima, como ambientes muito aquecidos durante o verão e frios no inverno.

A edificação escolar padrão 023 adotada no estado do Paraná não atenderá os aspectos de habitabilidade da edificação escolar, se não possuir estudos de padrões rigorosos de implantação para os três tipos de climas predominantes no Estado do Paraná (Cfa, cfb e Aft). A arquitetura bioclimática deve ser inserida no contexto das edificações padronizadas da Secretaria de Educação do Paraná.

Os principais usuários (Professores, funcionários e alunos) deste ambiente são os mais prejudicados, que podem sofrer com o déficit de atenção, queda de produtividade e rendimento nas atividades desenvolvidas. Sendo assim, o principal objetivo, a educação, é prejudicada pela estrutura física implantada.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15220-3 de 04/2005: 3 de 04/2005: Desempenho Térmico de Edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.**

AZEVEDO, Giselle Arteiro Nielsen. **As escolas públicas do rio de janeiro: Considerações sobre o conforto térmico das edificações.** 1995. 188 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Arquitetura, Departamento de Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1995.

AZEVEDO, Giselle Arteiro Nielsen. **Escolas, qualidade Ambiental e educação no Brasil: Uma Contextualização Histórica.** Publicado no Caderno de Boas Práticas na Arquitetura – Eficiência Energética nas Edificações – Vol. 8 – IAB/RJ

BERALDO, Juliano Coronato. **Eficiência energética em edifícios: avaliação de uma proposta de regulamento de desempenho térmico para a arquitetura do estado de São Paulo.** 2006. 283 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BROWN, G. Z; DEKAY, Mark. **Sol, vento e luz: Estratégias para o projeto de arquitetura.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004. 410 p.

CAMPOS, Rudnei Ferreira. **Análise da influência da orientação da testada dos lotes na ocupação do setor estrutural de Curitiba.** 2005. 202 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Construção Civil, Departamento de Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

CASTRO, Elizabeth Amorim. **Relatório Técnico de Pesquisa: As Escolas e a Arquitetura Escolar do Paraná na primeira metade do Século XX.** Curitiba: Programa de Pós-graduação em História, Universidade Federal do Paraná, 2006. 11 p.

CEBRACE. **Critérios para elaboração, aprovação e avaliação de projetos de construções escolares.** Brasília: MEC, 1976.

CERQUEIRA, Eufrosina; BONIN, Luis; SATTTLER, Miguel. **Análise do Conforto Ambiental em Edificação Escolar.** Sitientibus, Feira de Santana, n. 28, p.77-90, jan./jun. 2003.

DORIGO, Adriano Lucio. **Condições de luz natural em ambientes escolares – Estudo do projeto padrão 023 da rede pública de ensino do estado do Paraná.** 2007. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

DORNELLES, Kelen Almeida. **Estudos de casos sobre a inércia térmica de edificações na cidade de São Carlos, SP.** 2004. 150 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

FRANDALOSO, Marcos Antonio Leite. **Crériterios de projeto para escolas fundamentais bioclimáticas**. 2001. 233 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura, Departamento de Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. Manual de conforto térmico. 8. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003. 241 p.

GIGLIO, Thalita Gorban Ferreira. **Avaliação do desempenho térmico de painéis de vedação em madeira para o clima de londrina – PR** 2005. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós- Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2005.

GUIMARÃES, Carlos Alberto Araújo et al. **Manual para adequação de prédios escolares**. 5 ed. Brasília: Fundescola/DIPRO/FNDE/MEC, 2005. 50 p.

IPPUC – BANCO DE DADOS. **Características climáticas de curitiba – Janeiro de 1998 a Dezembro de 2001**. 2008. p.1.

KOWALTOWSKI, Doris Catharine Cornelie Knatz, FUNARI, Teresa B. **Arquitetura escolar e avaliação pós-ocupação**. In: ENCAC – ELACAC, 2005, Maceió. p. 1-3

KOWALTOWSKI, Doris; GRAÇA, Valéria A. C. Metodologia de avaliação de conforto ambiental de projetos escolares usando o conceito de otimização multicritério. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 4, n. 3, p.19-35, 21 set. 2004. Bimestral.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K et al. **Caracterização de climas compostos e proposição de diretrizes para o projeto bioclimático: O Caso de Campinas**. In: V Encontro Nacional de Conforto do Ambiente Construído e II Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 1999, Fortaleza. 7 p.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K; BERNARDI, Núbia. **Avaliação da interferência comportamental do usuário para a melhoria do conforto ambiental em espaços escolares: estudo de caso em Campinas - SP** In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2001, São Pedro, SP. 8 p.

KOWALTOWSKI, Doris C. C. K et al. **Otimização de projetos das escolas da rede estadual de São Paulo considerando conforto ambiental** In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2001, São Pedro, SP. 8 p.

LAMBERTS, Roberto; GOULART, Solange V. G.; FIRMINO, Samanta. **Dados Climáticos para Projeto e Avaliação Energética de Edificações para 14 cidades brasileiras**. 2. ed. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção, 1998. 345 p.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW, 1997. 96p.

LONDRINA. Secretaria de Planejamento. **Perfil 2001**. Disponível em:
<http://www.londrina.pr.gov.br/planejamento/perfil_2001/e_características.php3>. Acesso em novembro de 2010.

MARAGNO, Gogliardo Vieira. Adequação Bioclimática da Arquitetura do Mato Grosso do Sul. **Ensaio e Ciência**, Campo Grande, v. 6, n. 003, p.13-37, 01 dez. 2002.

NOGUEIRA, M.C.J.A. & NOGUEIRA, J. S. **Educação, meio ambiente e conforto térmico: Caminhos que se cruzam**. Revista Eletrônica em Educação Ambiental. Rio Grande, RS, ISSN: 1517-1256. p. 104-108, v. 10, 2003.

PIETROBON, Cláudio E.; LAMBERTS, Roberto; PEREIRA, Fernando O. R. **Estratégias bioclimáticas para o projeto de edificações: Conceituação e aplicação para Maringá, Paraná**. In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2001, São Pedro, SP. 8 p.

RHEINGANTZ, Paulo A; COSENZA, Carlos A.; COSENZA, Harvey; LIMA, Fernando R. **Avaliação Pós-Ocupação**. Arquitetura nº 80. Rio de Janeiro: IAB/RJ, jul./set. 1997, p.22-23.

RIBEIRO, Solange Lucas. **Espaço escolar: um elemento (in)visível no currículo**. Sitientibus, Feira de Santana, n. 31, p.103-118, jan./dez. 2004.

SANTO, Clóvis do Espírito. **Atlas do Paraná: O uso de novas tecnologias. Espaço escolar**. SEED – CDE, 2008.

SILVEIRA, A. L; ROMERO, M. A. **Diretrizes de projeto para construção de prédios escolares em Teresina/PI**. In: V Encontro Nacional e II Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, 1999, Fortaleza. 8 p.

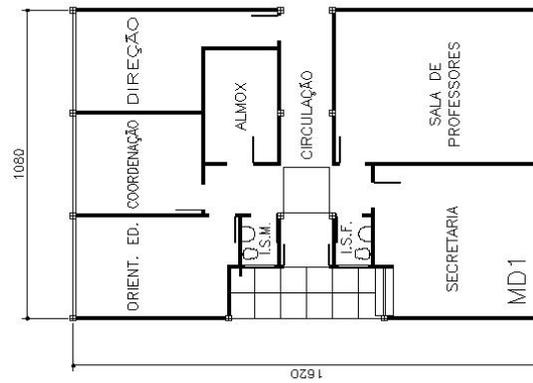
STILPEN, Daniel Vasconcelos de Souza. **Eficiência Energética e Arquitetura Bioclimática – O caso do centro de energia e tecnologias sustentáveis**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2007. (Dissertação de Mestrado).

RORIZ, Maurício. **ZBBR 1.1 - Zoneamento Bioclimático do Brasil: Conforme a ABNT NBR 15220-3**. Programa computacional, 2004.

ZWIRTES, Daniele Petri Zanardo. **Avaliação do desempenho acústico de salas de aula: Estudo de caso nas escolas estaduais do Paraná. 2006**. 161 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

ANEXO A – Projeto Padrão 023 – Módulos. (FUNDEPAR)

Bloco 01

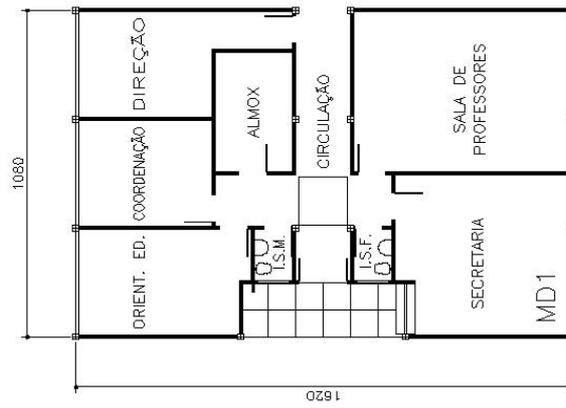


| | |
|---------|-----------------------|
| PROJETO | PROJETO PADRÃO 023 |
| ÁREA | 174,96 m ² |
| BLOCO | 01 |

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL DO PARANÁ
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DIVISÃO DE ESTUDOS E PROJETOS

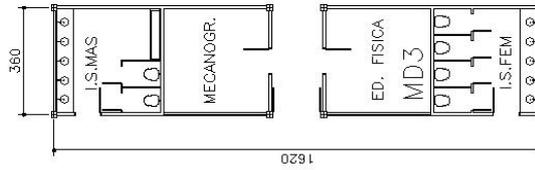


Bloco 02



FONTE: SUDE (2010)

Bloco 03



INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL DO PARANÁ

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

DIVISÃO DE ESTUDOS E PROJETOS

PROJETO

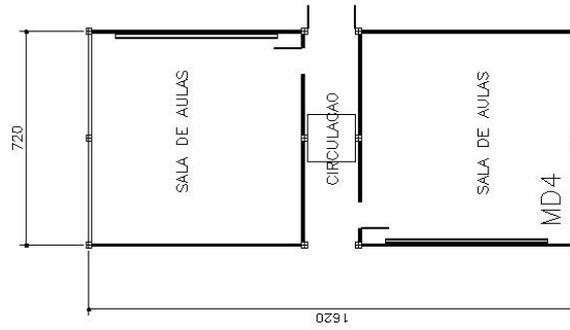
PROJETO PADRÃO 023

FIG. 0303

BLOCO 03

ÁREA 58,32 m²

Bloco 03



FONTE: SUDE (2010)



INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL DO PARANÁ

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

DIVISÃO DE ESTUDOS E PROJETOS

PROJETO

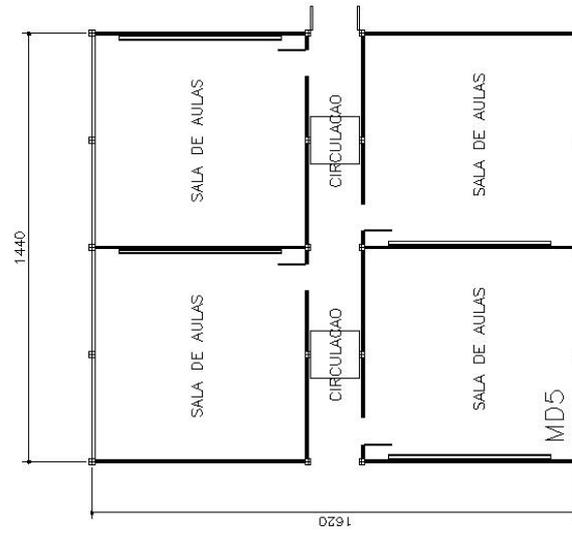
PROJETO PADRÃO 023

PLANO

BLOCO 04

ÁREA 116,64 m²

Bloco 04



FONTE: SUDE (2010)



INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL DO PARANÁ

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

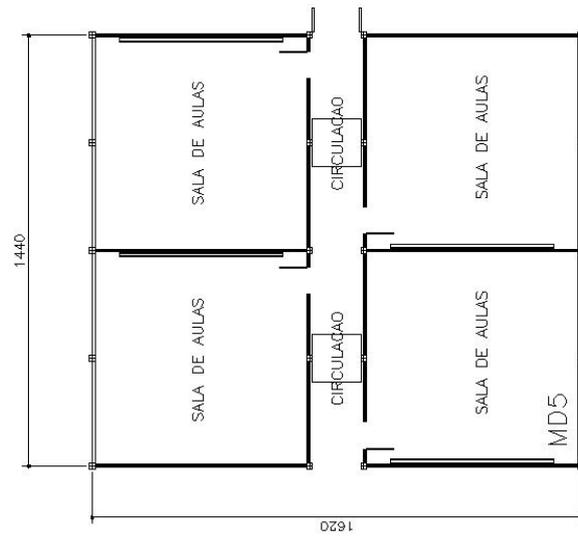
DIVISÃO DE ESTUDOS E PROJETOS

PROJETO PROJETO PADRÃO 023

BLOCO 05

ÁREA
233,28 m²

Bloco 05



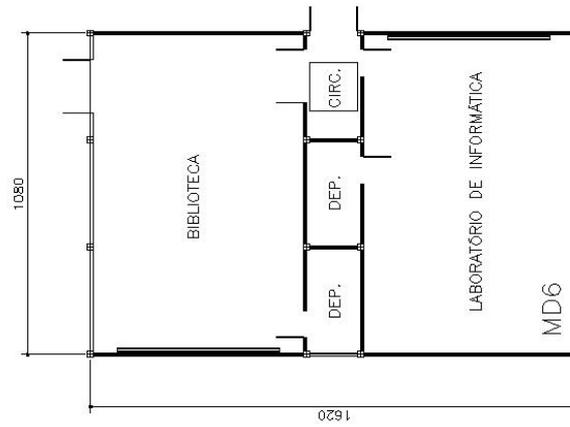
INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL DO PARANÁ

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

DIVISÃO DE ESTUDOS E PROJETOS

| | |
|---------|-----------------------|
| PROJETO | PROJETO PADRÃO 023 |
| PLANO | BLOCO 05 |
| ÁREA | 233,28 m ² |

Bloco 06



FONTE: SUDE (2010)



INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL DO PARANÁ

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

DIVISÃO DE ESTUDOS E PROJETOS

PROJETO

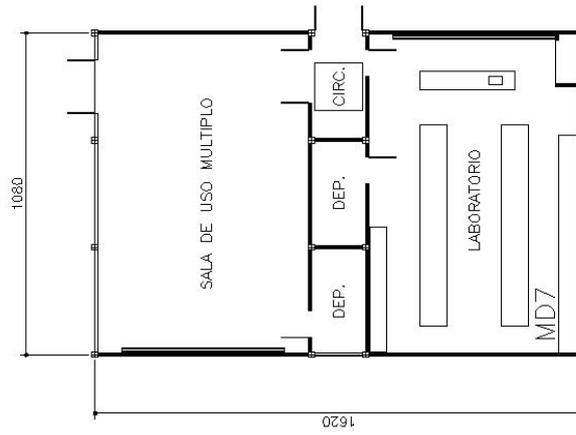
PROJETO PADRÃO 023

PLANO

BLOCO 06

ÁREA
1.741,96 m²

Bloco 07



FONTE: SUDE (2010)



INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL DO PARANÁ

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

DIVISÃO DE ESTUDOS E PROJETOS

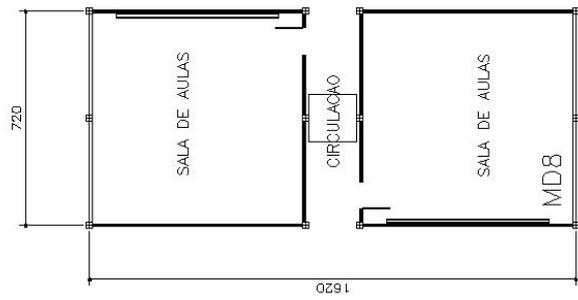
PROJETO

PROJETO PADRÃO 023

BLOCO 07

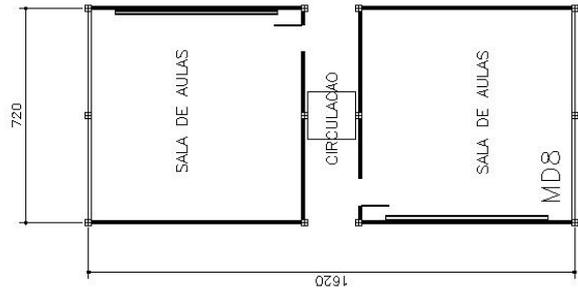
ÁREA 174,96 m²

Bloco 08



PAVIMENTO SUPERIOR

Área 116,64m²



PAVIMENTO INFERIOR

Área 116,64m²



INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL DO PARANÁ

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

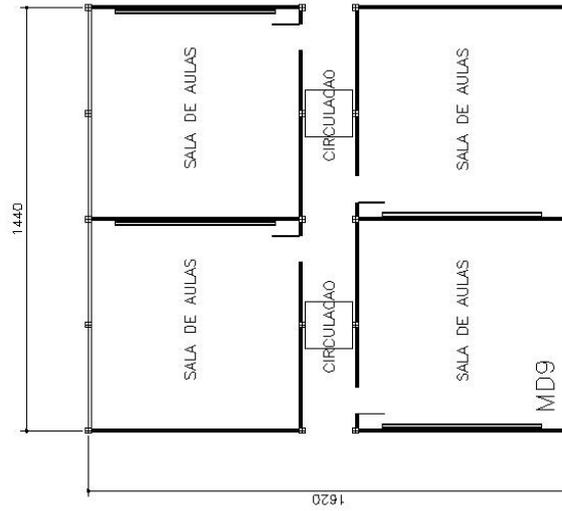
DIVISÃO DE ESTUDOS E PROJETOS

PROJETO PADRÃO 023

BLOCO 08

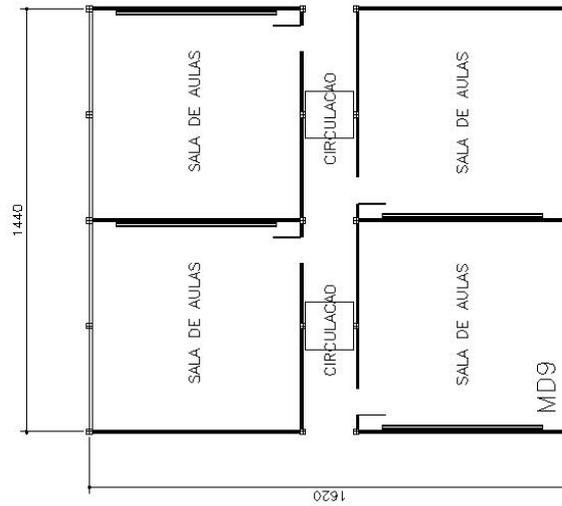
ÁREA 233,28 m²

Bloco 09



PAVIMENTO SUPERIOR

Área 233,28m²



PAVIMENTO INFERIOR

Área 233,28m²



INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL DO PARANÁ

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

DIVISÃO DE ESTUDOS E PROJETOS

PROJETO

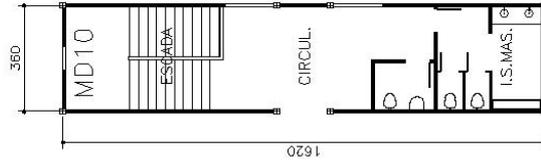
PROJETO PADRÃO 023

PLANO

BLOCO 09

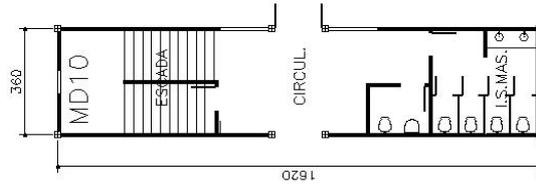
ÁREA 466,56 m²

Bloco 10



PAVIMENTO SUPERIOR

Área 58,32m²



PAVIMENTO INFERIOR

Área 58,32m²



INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL DO PARANÁ

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA

DIVISÃO DE ESTUDOS E PROJETOS

| | |
|---------|-----------------------|
| PROJETO | PROJETO PADRÃO 023 |
| FOLHA | BLOCO 10 |
| ÁREA | 116,64 m ² |

