

SIMONE SCATOLON MENOTTI VIANA

**CONFORTO TÉRMICO NAS ESCOLAS ESTADUAIS DE
PRESIDENTE PRUDENTE/SP**

Orientadora: Prof^a. Dr.^a Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim

**PRESIDENTE PRUDENTE
2013**

SIMONE SCATOLON MENOTTI VIANA

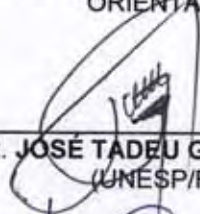
**CONFORTO TÉRMICO NAS ESCOLAS ESTADUAIS DE
PRESIDENTE PRUDENTE/SP**

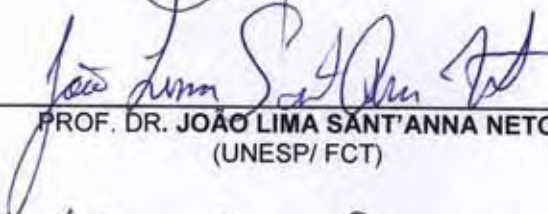
Orientadora: Prof^a. Dr.^a Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim

**PRESIDENTE PRUDENTE
2013**

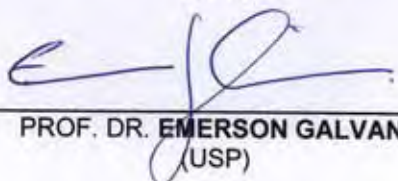
BANCA EXAMINADORA


PROFA. DRA. MARGARETE CRISTIANE DE C. T. AMORIM
ORIENTADOR


PROF. DR. JOSÉ TADEU GARCIA TOMMASELLI
(UNESP/FCT)


PROF. DR. JOÃO LIMA SANT'ANNA NETO
(UNESP/ FCT)


PROFA. DRA. MARIA ELISA ZANELLA
(UFC)


PROF. DR. EMERSON GALVANI
(USP)


SIMONE SCATOLON MENOTTI VIANA

Presidente Prudente (SP), 18 de fevereiro de 2013.

RESULTADO: Aprovado

Na vida não somos nada sozinho...

*Dedico ao Carlos Augusto, grande incentivador e meu fiel companheiro.
Dedico ao Miguel, criança maravilhosa e meu pequeno “cientista maluco”.*

AGRADECIMENTOS

Este trabalho só se concretizou pelo auxílio e participação de várias pessoas, por isso, agradeço...

A Margarete, por tudo e por fazer parte de um tempo tão importante na minha vida e digo *“você é brilhante profissionalmente e maravilhosa como pessoa”*. Levo-te para sempre no meu conhecimento e no meu coração. Obrigada! Foi muito bom compartilhar essa jornada com você. Mas, ainda não acabou...

Ao Prof. José Tadeu Garcia Tommaselli, pelo carinho, amizade e contribuições no exame de qualificação, que enriqueceram este trabalho. Valeu a consultoria nos quadros sínteses e nas cartas solares.

Ao Prof. João Lima Sant’Anna Neto pelas contribuições valiosas no exame de qualificação, que muito auxiliaram nos resultados e apontamentos desta pesquisa. O referencial teórico foi imprescindível.

Ao Carlos Augusto, pela paciência e “abstração” nos momentos de irritação e stress, pela compreensão nos momentos de ausência e pelo carinho, amor, companheirismo. *“Onde ela foi eu fui”*, agradeço por trilhar esse caminho junto comigo, que por muitas vezes exaustivo. Ah!...por ser o motorista nos trabalhos de campo...a propósito, logo, logo eu arrumo outro trabalho para fazer e vai sobrar para você.

Ao Miguel, meu eterno companheirinho, que despertou em mim a estranha habilidade de fazer várias coisas ao mesmo tempo... e peço perdão por ser uma mãe tão ausente...prometo que vamos brincar...

Aos meus pais Luiz e Santa, pelo o que sou como pessoa, pela dedicação, incentivo, carinho e pela melhor herança deixada, a educação.

Ao meu irmão Luiz Armando e cunhada Rogéria, pelo carinho e horas de discussões proveitosas e nem sempre proveitosas, pois não chegávamos a lugar nenhum.

A minha prima Juliana (quase arquiteta – termina logo esse TCC) pelo auxílio na elaboração das cartas solares e maquetes, pelo carinho e muita risada (Haja festa da UNESP...). Valeu a pena pegar DP em conforto...teve que aprender na marra.

A tia Fátima, grande torcedora e incentivadora em minha vida. Valeu Laís “Lali”, o carinho e as discussões...mesmo a distância.

A minha *“segunda família”*, Zezinho, Márcia, Fabiano e Gabi, Aline e a Socorrinho, pelo amor e carinho para conosco e, principalmente, ao Miguel. Obrigada! Por cuidarem dele para mim.

Aos amigos (as), Renata, Raffaella, Sandra, Fábio, Patrícia Bonati, Regina Rita, Maria das Dores, Fátima Molinari, Maria Antônia, José Carlos, Paulo, Alex, Digelza, Edna, Néia, Juliana, Orival, Nilton, Sandra Leila, Urani "Ni", Rosângela, pela amizade, companheirismo e por compartilhar da mesma jornada, a educação. Foi muito bom conhecê-los.

Ao pessoal da secretaria da EE Plácido Braga Nogueira (Gislene, Rose, Araceli e Rodrigo), sempre muito simpáticos, atenciosos e competentes na disponibilização de documentos e por cuidar da minha vida profissional.

Ao José Carlos Ugeda pelo auxílio nos gráficos de análises rítmicas e pela amizade. Valeu Silvinha!

A todos os diretores e coordenadores das escolas participantes da pesquisa, pela gentileza e colaboração nas pesquisas e por cuidarem dos equipamentos.

A todos os alunos participantes das pesquisas. Como eu aprendi e aprendo com essas crianças e jovens. Vocês são maravilhosos, exemplos de vida e superação...valeu molecada!!

A Secretaria da Educação do Estado de São Paulo pelo auxílio financeiro nesses anos de pesquisa. A supervisora Carmen Valente sempre muito prestativa em suas orientações, a cerca do Programa "Bolsa Mestrado e Doutorado" da SEESP.

Aos funcionários da seção de pós-graduação (Cíntia, André, Ivonete e Erynat) pela gentileza em seu atendimento e pela elaboração mensal do atestado de frequência.

A toda e qualquer escola pública, que em meio a tanta descrença, ainda, consegue formar cidadãos capazes de contribuir com o país.

Espero não ter esquecido ninguém, caso tenha esquecido...sinta-se agradecido. OBRIGADA!!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS
LISTA DE TABELAS
LISTA DE QUADROS
RESUMO
ABSTRACT
EPIGRÁFE

1	INTRODUÇÃO	20
2	O CONFORTO TÉRMICO: AS CONTRIBUIÇÕES DO CLIMA URBANO E LOCAL, DO CONFORTO AMBIENTAL, DA BIOCLIMATOLOGIA E DO COMPORTAMENTO HUMANO: CONCEITOS, ÍNDICES E DEMAIS CONSIDERAÇÕES UTILIZADAS	29
2.1	As contribuições do clima urbano	29
2.2	As contribuições do conforto ambiental e do conforto térmico	32
2.3	As contribuições internacionais para os estudos de conforto térmico	41
2.4	As contribuições de bioclimatologia	43
2.4.1	Processos térmicos que envolvem o organismo humano (formas de condução de calor e trocas, mecanismo de termorregulação)	45
2.4.2	O conceito e as variáveis condicionantes do conforto térmico (fisiológicas, ambientais e subjetivas)	48
2.4.3	Os índices (biofísicos, fisiológicos e subjetivos) que compõem o conforto térmico	52
2.5	As contribuições do clima local, dos elementos geocológicos e geourbanos ao conforto térmico	56
2.5.1	A interação do clima local com a arquitetura e o conforto térmico	56
2.5.2	A influência dos elementos geourbanos e geocológicos nas condições climáticas locais e de conforto térmico	59
2.6	O comportamento dos seres humanos associado ao ambiente construído	64
2.6.1	A influência do conforto térmico no comportamento e aprendizagem dos alunos	67
3	TEORIA E OS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	70
3.1	Escolha dos índices de conforto para a análise	72
3.2	As pesquisas de campo – escolha das edificações escolares, procedimentos para caracterização dos materiais construtivos e elaboração do material cartográfico e estatístico	74
3.3	Questionários	78

4	A CIDADE DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP: SUA HISTÓRIA OCUPACIONAL, AS CONDIÇÕES DE QUALIDADE DE VIDA E AMBIENTAL E AS CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	81
4.1	Um breve histórico do início da cidade de Presidente Prudente/SP e a atual condição da ocupação do solo e densidade de edificações	81
4.2	O conforto térmico e a qualidade ambiental urbana de Presidente Prudente/SP	86
4.3	O clima e as condições sinóticas em Presidente Prudente/SP	90
4.3.1	Condições sinóticas entre os dias 18 de maio e 14 de junho de 2010	95
4.3.2	Condições sinóticas entre os dias 23 de novembro e 17 de dezembro de 2010	107
5	AS ESCOLAS PESQUISADAS: CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS E ESTRUTURAIS, A CLIMATIZAÇÃO NATURAL, A POLÍTICA CONSTRUCIONAL E A ARQUITETURA UTILIZADA	115
5.1	Características ambientais e estruturais das escolas pesquisadas em Presidente Prudente	116
5.1.1	E.E. Profª Maria Luíza Bastos	116
5.1.2	E.E. Profª Maria Luíza Formozinho Ribeiro	119
5.1.3	E.E. Monsenhor Sarrion	122
5.1.4	E.E. Prof. Placídio Braga Nogueira	125
5.1.5	E.E. Dr. José Foz	128
5.1.6	E.E. Comendador Tannel Abbud	131
5.1.7	E.E. Profª Anna Antônio	134
5.1.8	E.E. Prof. Arlindo Fantini	137
5.1.9	E.E. Prof. Miguel Omar Barreto	140
5.1.10	E.E. Prof. Hugo Miele	143
5.1.11	E.E. Estação meteorológica	146
5.2	A escola e o seu entorno como parte integrante do meio urbano	147
5.3	Situações da climatização natural das edificações escolares estudadas	149
5.4	A política construcional e a arquitetura das escolas estaduais do Estado de São Paulo/SP	155

6	CARACTERIZAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO NAS ESCOLAS ESTADUAIS DE PRESIDENTE PRUDENTE: COMPARAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA EFETIVA PROPOSTA POR THOM (1959) E A CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGYAY (1963)	158
6.1	Caracterização da temperatura efetiva e a carta bioclimática nas escolas estaduais em comparação com a UNESP entre os dias 18/05 e 14/06, período representativo do outono de 2010	158
6.2	Caracterização da temperatura efetiva e a carta bioclimática nas escolas estaduais em comparação com a UNESP entre os dias 23/11 e 17/12, período representativo da primavera de 2010	164
7	O CONFORTO TÉRMICO NA EE PLACÍDIO BRAGA NOGUEIRA, AS SENSações DE CONFORTO E A PRÁTICA EDUCACIONAL/PEDAGÓGICA NA GEOGRAFIA	172
7.1	Caracterizações das sensações de conforto sentidas pelos alunos na E.E. Plácido Braga Nogueira, no período de 07 a 11 de junho de 2010	174
7.2	Caracterizações das sensações de conforto sentidas pelos alunos na E.E. Plácido Braga Nogueira, no período de 24 a 30 de novembro de 2010	180
7.3	O estudo do conforto térmico em sala de aula e uma forma de aprendizado	185
8	O CONFORTO TÉRMICO NAS ESCOLAS ESTADUAIS DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP	191
8.1	Necessidades, alternativas e sugestões para melhorar o conforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente/SP	196
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	204
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	208
	ANEXO 1 Ficha de observação das características ambiental e estrutural das unidades escolares	
	ANEXO 2 Ficha de observações da temperatura de acordo com a sensação de conforto sentida	
	ANEXO 3 Dados de radiação solar incidente sobre os planos verticais para a latitude de 20°S	

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Trocas secas de calor entre o corpo humano e o ambiente	47
Figura 2	Resistência térmica de algumas vestimentas	50
Figura 3	Campos inter-relacionados do equilíbrio bioclimático	54
Figura 4	Nomograma de temperatura efetiva	55
Figura 5	Planilha específica para o cálculo de Temperatura Efetiva	75
Figura 6	Planilha para preenchimento das sensações de temperatura do associada às cores	78
Figura 7	Organograma das ações tomadas na estruturação e desenvolvimento da Tese	79
Figura 8	Localização do município de Presidente Prudente no Estado de São Paulo/SP	80
Figura 9	Carta de densidade de edificações em Presidente Prudente/SP	83
Figura 10	Carta de cobertura vegetal em Presidente Prudente/SP	84
Figura 11	Carta de conforto térmico em Presidente Prudente/SP	87
Figura 12	Carta de qualidade ambiental em Presidente Prudente/SP	89
Figura 13	Recorte do território brasileiro e o tipo climático da cidade de Presidente Prudente/SP	90
Figura 14	Efeito global do El Niño	93
Figura 15	Efeito global do La Niña	94
Figura 16	Exemplo de Complexo Convectivo	95
Figura 17	Temperatura da Superfície do Mar (TSM) em maio de 2010	96
Figura 18	Desvio de precipitação (mm) em relação à média climática para maio de 2010.	96
Figura 19	Temperatura média do ar na superfície (em °C), em maio de 2010, para o Estado de São Paulo	97
Figura 20	Seções estação <i>versus</i> tempo dos sistemas frontais que penetraram no interior do Brasil em maio de 2010	97
Figura 21	Sistemas frontais em Presidente Prudente	98
Figura 22	Atuação da massa de ar Polar em 23/05/2010	99
Figura 23	Atuação da Frente estacionária no dia 25/05/2010	99
Figura 24	Frente fria adentrando ao oeste paulista em 30/05/2010	100
Figura 25	Temperatura média do ar na superfície (em °C), em Junho de 2010, para o Estado de São Paulo	101
Figura 26	Seções estação <i>versus</i> tempo dos sistemas frontais que penetraram no interior do Brasil em Junho de 2010	101
Figura 27	Frente fria no oeste paulista	102
Figura 28	Atuação de um cavado no dia 10 de junho de 2010	103
Figura 29	Frente estacionária adentrando o oeste paulista no dia 13 de junho de 2010	103
Figura 30	Gráfico de análise rítmica – Presidente Prudente – maio de 2010 às 9h	
Figura 31	Gráfico de análise rítmica – Presidente Prudente – junho de 2010 às 9h	

Figura 32	Totais acumulado de precipitação no trimestre – novembro, dezembro e janeiro	106
Figura 33	Temperatura média do ar na superfície (em °C) em novembro/2010, para o Estado de São Paulo.	107
Figura 34	Atuação de um cavado	107
Figura 35	Formação da Zona de Convergência de Umidade (ZCAS) dia 26 de novembro de 2010	108
Figura 36	Atuação de cavado no dia 30 de novembro de 2010 e a formação de áreas de instabilidades	109
Figura 37	Atuação conjunta de um cavado e uma frente fria no dia 09 de dezembro de 2010	109
Figura 38	Frente estacionária no Estado de São Paulo no dia 14 de dezembro de 2010	110
Figura 39	Formação da Zona de Convergência de Umidade no dia 16 de dezembro de 2010	111
Figura 40	Gráfico de análise rítmica – Presidente Prudente – Novembro de 2010 – às 9h	112
Figura 41	Gráfico de análise rítmica – Presidente Prudente – Dezembro de 2010 – às 9h	113
Figura 42	Vista parcial da malha urbana e a localização das escolas pesquisadas	114
Figura 43	Localização da E.E. Maria Luíza Bastos	115
Figura 44	Fachada sudoeste da E.E. Maria Luíza Bastos	116
Figura 45	Síntese das principais características e orientação geográfica e solar da escola	118
Figura 46	Localização da E.E. Maria Luíza Formozinho Ribeiro	119
Figura 47	Fachada norte da E.E. Maria Luíza Formozinho Ribeiro	120
Figura 48	Síntese das principais características e orientação geográfica e solar da escola	121
Figura 49	Localização da E.E Monsenhor Sarrion	122
Figura 50	Fachada nordeste da E.E. Monsenhor Sarrion	123
Figura 51	Síntese das principais características e orientação geográfica e solar da escola	124
Figura 52	Localização da E.E. Placídio Braga Nogueira	125
Figura 53	Vista das fachadas sudeste (A) e sudoeste (B) da E.E. Placídio Braga Nogueira	126
Figura 54	Síntese sobre as principais características e orientação solar da escola	127
Figura 55	Localização da E.E. Dr. José Fóz	128
Figura 56	Vista parcial da fachada norte da E.E. Dr. José Fóz	129
Figura 57	Síntese das principais características e orientação geográfica e solar da escola	130
Figura 58	Localização da E.E. Comendador Tannel Abbud	131
Figura 59	Vista das fachadas sul (frente) e leste (lateral) da E.E.Comendador Tannel Abbud	132
Figura 60	Síntese das principais características e orientação geográfica e solar da escolar	133
Figura 61	Localização da E.E. Anna Antônio	134
Figura 62	Vista parcial das fachadas oeste (A) e sul (B) da E.E. Anna Antônio	135
Figura 63	Síntese das principais características e orientação geográfica e solar da escola	136
Figura 64	Localização da E.E. Arlindo Fantini	137
Figura 65	Vista parcial das fachadas oeste (A) e leste (B) da E.E. Arlindo Fantini	138

Figura 66	Síntese das principais características e orientação geográfica e solar da escolar	139
Figura 67	Localização da E.E. Miguel Omar Barreto	140
Figura 68	Vistas das fachadas sudeste (A) e nordeste (B) da E.E. Miguel Omar Barreto	141
Figura 69	Síntese das principais características e orientação geográfica e solar da escolar	142
Figura 70	Localização da E.E. Hugo Miele	143
Figura 71	Vista da fachada norte da E.E. Hugo Miele	144
Figura 72	Síntese das principais características e orientação geográfica e solar da escolar	145
Figura 73	Localização da Estação Meteorológica da FCT/Unesp	146
Figura 74	Avaliação das orientações quanto aos aspectos térmicos	152
Figura 75	Direção predominante dos ventos em Presidente Prudente/SP – duração média anual (1969 - 2007)	153
Figura 76	Sensações térmicas sentidas por meninos no outono – manhã	174
Figura 77	Sensações térmicas sentidas por meninas no outono – manhã	174
Figura 78	Sensações térmicas sentidas por mulheres no outono – manhã	175
Figura 79	Sensações térmicas sentidas por homens no outono – manhã	175
Figura 80	Sensações térmicas sentidas por meninos no outono – tarde	176
Figura 81	Sensações térmicas sentidas por meninas no outono – tarde	176
Figura 82	Sensações térmicas sentidas por meninos durante a manhã – primavera	180
Figura 83	Sensações térmicas sentidas por meninas durante a manhã – primavera	181
Figura 84	Sensações térmicas sentidas por professores durante a manhã – primavera	181
Figura 85	Sensações térmicas sentidas por meninos e meninas durante a tarde – primavera	182
Figura 86	As grandes competências do Currículo do Estado de São Paulo	186
Figura 87	Influência das janelas e portas nas condições de ventilação de um edifício	197
Figura 88	Ventilação vertical	197
Figura 89	Exemplo de sombreamento na E.E. Arlindo Fantini no dia 22 de junho às 9h30min	198
Figura 90	Disposição da vegetação em relação aos edifícios	200
Figura 91	Forro vegetal junto às paredes	200
Figura 92	Exemplos de sistemas de proteção solar exteriores para janelas	202
Figura 93	Sombreamento a partir de prateleiras de luz	202

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Energia consumida em diversas atividades realizadas	49
Tabela 2	Resistências térmicas de diferentes tipos de vestimentas	50
Tabela 3	Classificação climática de acordo com a arquitetura	58
Tabela 4	Propriedades radioativas dos materiais construtivos e urbanos	148
Tabela 5	Calor cedido ao ambiente (Watts), segundo a atividade desenvolvida pelo indivíduo	149
Tabela 6	Dados de radiação solar incidente (I_g) sobre planos verticais (W/m^2), para uma latitude de 23°S no solstício de verão, associada à orientação geográfica	150
Tabela 7	Dados de radiação solar incidente (I_g) sobre planos verticais (W/m^2), para uma latitude de 23°S no equinócio de outono e primavera, associada à orientação geográfica	151
Tabela 8	Dados de radiação solar incidente (I_g) sobre planos verticais (W/m^2), para uma latitude de 23°S no solstício de inverno, associada à orientação geográfica	151
Tabela 9	Situações de desconforto térmico para o calor na E.E.Prof. Placídio Braga Nogueira em comparação com a UNESP – 28/05/2010	158
Tabela 10	Situações de desconforto térmico para o calor na E.E. Placídio Braga Nogueira em comparação com a UNESP – 14/06/2010	159
Tabela 11	Situações de desconforto térmico para o frio nas escolas Mielle, Formozinho e Tanel – 14/06/2010	160
Tabela 12	Situações de desconforto para o frio na E.E. Formozinho Ribeiro em comparação com a UNESP – 06/06/2010	161
Tabela 13	Situações de desconforto para o frio nas E.E. (s) Hugo Mielle e Arlindo Fantini em comparação com a UNESP – 06/06/2010	161
Tabela 14	Situações de desconforto para o frio na E.E. Formozinho Ribeiro em comparação com a UNESP – 07/06/2010	162
Tabela 15	Temperatura efetiva em todas as escolas em comparação com a Unesp no dia 25/05/2010 – Situações de conforto térmico	163
Tabela 16	Temperatura efetiva em todas as escolas em comparação com a Unesp no dia 05/06/2010 – Situações de conforto térmico	163
Tabela 17	Situações de desconforto térmico para o calor nas E.E.(s) Omar Barreto e Arlindo Fantini em comparação com a UNESP – 25/11/2010	165
Tabela 18	Situações de desconforto para o calor nas E.E. (s) Formozinho Ribeiro e Anna Antônio em comparação com a UNESP – 11/12/2010	165
Tabela 19	Situações de desconforto térmico para o calor nas E.E.(s) Fantini e Placídio em comparação com a UNESP – 11/12/2010	166
Tabela 20	Situações de desconforto térmico para o calor nas E.E.(s) em comparação com a UNESP – 12/12/2010	167
Tabela 21	Situações de desconforto térmico para o calor nas E.E(s) Omar Barreto e Anna	167

	Antônio em comparação com a UNESP – 12/12/2010	
Tabela 22	Situações de conforto térmico para o calor nas E.E.(s) Omar Barreto e Arlindo Fantini em comparação com UNESP – 14/12/2010	168
Tabela 23	Situações de conforto térmico nas E.E.(s) Plácido e Formozinho em comparação com a UNESP – 14/12/2010	168
Tabela 24	Temperatura efetiva em todas as escolas em comparação com a UNESP no dia 12/12/2010 – Situações de desconforto térmico para o calor	169
Tabela 25	Temperatura efetiva em todas as escolas em comparação com a UNESP no dia 13/12/2010 – Situações de desconforto térmico para o calor	169
Tabela 26	Respostas dos questionários aplicados aos alunos, professores e funcionários na E.E. Plácido Braga Nogueira no período de 07 a 11 de junho durante a manhã, associada ao sistema atmosférico atuante	178
Tabela 27	Respostas dos questionários aplicados a alunos, professores e funcionários na E.E. Plácido Braga Nogueira no período de 07 a 11 de junho durante a tarde, associada ao sistema atmosférico atuante	179
Tabela 28	Respostas dos questionários aplicados a alunos, professores e funcionários na E.E.Plácido Braga Nogueira no período de 24 a 30 de novembro durante a manhã, associada ao sistema atmosférico atuante	183
Tabela 29	Respostas dos questionários aplicados a alunos, professores e funcionários na E.E.Plácido Braga Nogueira no período de 24 a 30 de novembro durante a tarde, associada ao sistema atmosférico atuante	184

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Alguns trabalhos sobre conforto térmico elencados por Bogo et al (1994)	53
Quadro 2	Síntese dos sistemas atmosféricos atuantes e as condições de conforto térmico observadas, no outono e na primavera de 2010	170
Quadro 3	Síntese das situações de conforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente, no outono de 2010	171
Quadro 4	Síntese das situações de conforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente, na primavera de 2010	171
Quadro 5	Nível, espécime e tipo de grupamento associado à exposição solar das fachadas das edificações escolares.	201

RESUMO

Os estudos e discussões sobre o ambiente construído e suas relações com os seres humanos são muitos, mas são poucas as suas aplicações para os projetos arquitetônicos escolares, assim, este estudo buscou compreender se a composição dos materiais construtivos das unidades escolares, associada ao uso e ocupação do solo presentes no entorno das escolas estaduais de Presidente Prudente/SP, comprometem as condições do conforto térmico das pessoas que frequentam esses espaços, especialmente os alunos. Estudos dessa natureza se tornam relevantes, pois a escola é um dos principais lugares em que os seres humanos adquirem competências e habilidades, que serão utilizadas na vida pessoal e profissional. A pesquisa teve como base teórica a proposta do Sistema Clima Urbano (Monteiro, 1976) com ênfase no canal de termodinâmico, que compreende o conforto térmico a partir do estudo das características da temperatura e umidade nas suas variações diurnas e sazonais no espaço urbano e os seus elementos construtivos. Para a análise foram utilizados dois índices de conforto, a Temperatura Efetiva de THOM (1959) e a Carta Bioclimática de Olgyay (1963). O estudo concluiu que: no outono, em condições atmosféricas que propiciaram temperaturas do ar livre abaixo de 15°C, com valores de umidade relativa acima dos 80% os materiais construtivos se mostraram com baixa eficiência para a retenção de calor e geração de conforto térmico nas escolas. De maneira geral, nos dias pesquisados as temperaturas estiveram próximas dos 18°C e as edificações escolares serviram como abrigo para as temperaturas mais baixa ao ar livre (UNESP). Na primavera, os materiais construtivos das edificações escolares se mostraram extremamente eficientes na faixa de temperatura entre 18°C e 22°C com umidade relativa acima dos 80%, no qual as edificações cumpriram com a sua função de abrigo, assim gerando situações de conforto térmico. Mas, na grande maioria dos dias estudados, as temperaturas internas estiveram acima de 28°C e as edificações escolares serviram como verdadeiras “bombas térmicas”, gerando várias horas de desconforto térmico, que se mantiveram por vários dias, continuamente. Assim, as condições de conforto térmico nem sempre são satisfatórias e condizentes com as atividades nelas realizadas, pois, o padrão construcional não é apropriado para o clima da região de Presidente Prudente/SP.

Palavras-chave: Conforto térmico, desconforto térmico, edificações escolares, materiais construtivos, Presidente Prudente/SP.

ABSTRACT

The studies and discussions on the built environment and its relationship with human beings are many, but few applications for the architectural school, thus, this study sought to understand the composition of building materials of school units, associated with the use and occupation of land surrounding the present state schools in Presidente Prudente / SP, undertake the conditions of thermal comfort of people who attend these spaces, especially students. Studies of this nature become relevant, because the school is one of the main places where humans acquire skills and abilities that will be used in personal and professional life. The research was based on the theoretical proposal of the urban climate system (Monteiro, 1976) with emphasis on thermodynamic channel, comprising the thermal comfort from the study of the characteristics of temperature and humidity in its diurnal and seasonal variations in the urban space and the its constructive elements. For the analysis we used two indices of comfort, Effective Temperature of THOM (1959) and the Bioclimatic Chart of Olgay (1963). The study concluded that: in the fall, under atmospheric conditions that favored outdoor temperatures below 15°C with relative humidity values above 80% have proved constructive materials with low efficiency for the retention of heat generation and thermal comfort in schools. In general, the days surveyed temperatures were near 18°C and the school buildings served as shelter for the lowest temperatures outdoors (UNESP). In the spring, the constructive materials of the school buildings were extremely efficient in the temperature range between 18°C and 22°C with relative humidity above 80%, in which the buildings complied with its function as shelter, thus generating situations of comfort heat. But, in most studied days, intraescolas temperatures were above 28°C and school buildings served as true "heat pumps", causing thermal discomfort several hours, which persisted for several days continuously. The conditions for thermal comfort are not always satisfactory and consistent with the activities carried out in them, because the constructional standard is not appropriate for the climate of Presidente Prudente/SP.

Keywords: Thermal comfort, thermal discomfort, school buildings, constructive materials, Presidente Prudente/SP.



*“Se é a razão que faz o homem, é o sentimento que o conduz.”
(Jean-Jacques Rousseau)*

1 INTRODUÇÃO

O Homem, desde os seus primórdios, vive em consonância com a natureza. Quando tudo era meio natural, o homem escolhia e extraía da natureza os elementos considerados fundamentais ao desenvolvimento da vida, valorizando os lugares, as culturas e a condição natural da sua própria existência. O meio natural era utilizado pelo homem sem grandes transformações. As técnicas de trabalho casavam-se com as dádivas da natureza, com as quais se relacionavam sem outra mediação (SANTOS, 2004).

Santos (2004) explica que as modificações impostas à natureza já eram técnicas, entre as quais a domesticação de plantas e animais aparece como um momento marcante: era o homem mudando a natureza, impondo-lhe suas leis. Nesse sentido, a sociedade local era ao mesmo tempo criadora das técnicas utilizadas, comandante dos tempos sociais e dos limites de sua utilização. A harmonia socioespacial assim estabelecida era, desse modo, respeitosa da natureza herdada, no processo de criação de uma nova natureza. Produzindo a sociedade territorial, produzia também, uma série de comportamentos, cuja razão era a preservação e a continuidade do meio de vida. Tais sistemas sem objetos técnicos não eram invasivos/agressivos, pelo fato de serem parte da natureza que, em sua operação, ajudavam a reconstruir.

(...) a natureza é a primeira condição material de existência da espécie humana, sendo que o homem é fundamentalmente constituído por ela. Esta natureza por sua vez sofreu transformações pela ação concreta do homem em sociedade, com o objetivo de assegurarem melhores condições de sobrevivência. (MARIMOTO e SALVI, 2009, p.8).

Atualmente, os seres humanos vivem em sociedade e organizam-se de diferentes formas para produzir a sua subsistência, retirada de uma fonte: a natureza, e dela retiram os elementos primordiais para a sua existência (Marimoto e Salvi, 2009).

Ainda que a história registre uma série de fatos demonstrando a preocupação do homem com a natureza, Marimoto e Salvi (2009) complementam que a sociedade contemporânea tem vivenciado muitos problemas envolvendo o seu modo de relacionar-se com a natureza no processo de produção e reprodução do espaço geográfico, colocando em questão o conceito de natureza em vigor, o que perpassa pelo modo de vida dessa sociedade.

A sociedade atual escolheu como morada a cidade e nela a vida e as condições ambientais tem se desenvolvido de maneira imprópria. Nesse sentido, as cidades podem ser entendidas como organizações excelentemente humanas, nas quais o homem atua com toda a sua plenitude, transformando a natureza em prol de suas necessidades, conforme afirma Santos (1991).

Nas relações homem *versus* natureza, as questões climáticas aparecem, mais especificamente a partir das relações estabelecidas entre os seres humanos e a atmosfera terrestre.

Mendonça e Danni-Oliveira (2007) evidenciam que conhecer a atmosfera do planeta Terra é uma das aspirações que vêm sendo buscadas pela humanidade desde os tempos mais remotos. No momento em que o homem tomou consciência da interdependência das condições climáticas e daquelas resultantes de sua deliberada intervenção no meio natural como necessidade para o desenvolvimento social, ele passou a produzir e registrar o conhecimento sobre os componentes da natureza.

Desvendar a dinâmica dos fenômenos naturais, dentre eles, o comportamento da atmosfera, foi necessário para que os grupos sociais superassem a condição de meros sujeitos às intempéries naturais e atingissem não somente a compreensão do funcionamento de alguns fenômenos, mas também a condição de utilizá-los e de manipulá-los em diferentes escalas. (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2009, p.11).

Assim, entender a atmosfera (clima) é uma condição para o desenvolvimento e sobrevivência da vida humana. Desta forma, ao longo de toda a sua trajetória, os seres humanos sempre se preocuparam com as condições climáticas do ambiente habitado. Dentre essas preocupações climáticas, pode-se destacar a que relaciona o clima aos tipos de edificações utilizadas.

As edificações têm como finalidades abrigar as pessoas das intempéries climáticas (a chuva, o vento, o calor, o frio) e proporcionar o conforto aos seus habitantes/ocupantes, sejam eles temporários ou por um longo período.

Muitas estruturas urbanas já foram construídas através do tempo, levando em consideração o clima local. O passado construcional das edificações mostra que os problemas do habitat não devem ser considerados e resolvidos na escala da edificação (casa) isolada, mas a partir de uma lógica ligada ao clima local e aos elementos construtivos empregados (cidade). Esses elementos são: a relação dos volumes construídos com o exterior, a sua relação com o solo, a organização de seus espaços interiores e das superfícies que os delimitam, seu acabamento, tamanho, forma e proteção de suas aberturas, além de outros elementos. Antes do aparecimento e da difusão dos métodos modernos de climatização artificial, o

problema era quase que resolvido com recursos de formas, materiais, orientação e localização das edificações (CUNHA, et.al. 2006, p. 24 e 25)

Cunha (op.cit.) afirma que os acertos desses recursos levaram às motivações de caráter sociocultural e estilos regionais construcionais, que favoreceram o controle térmico intraedificações em diferentes climas e regiões do mundo. Por exemplo: a utilização de paredes pesadas de considerável massa, de terra, rocha e alvenaria em regiões de clima quente e seco, pois sua inércia térmica permite-lhes atrasar a entrada e saída do calor e diminuir as variações térmicas diárias; paredes leves e isolantes, em zonas frias oferecem resistência à perda de calor; superfícies brancas associadas a pátios cavados em climas mediterrâneos, etc..

Toda essa discussão acerca dos tipos de edificações, principalmente no meio urbano, deve levar em consideração os princípios bioclimáticos da arquitetura. Pensar em bioclima dentro da arquitetura é dar importância a três fundamentos, o lugar, a história e a cultura. Cunha (2006) explica esses três fundamentos da seguinte maneira:

O lugar, como origem e ponto de referência do homem, em suas duas concepções clássicas de *locus* e *situs*, que hoje se poderia traduzir como *contexto* e *entorno*, (...) fornecendo os valores climáticos e microclimáticos, por um lado, e os materiais de construção, a paisagem e as formas construtivas, por outro. O microclima inclui (...) os aspectos térmicos, luminosos e acústicos, inseparáveis no espaço construído (...) no espaço arquitetônico.

A paisagem, os materiais e as formas construtivas constituem fonte de inspiração e de delimitação do campo de possibilidades para a adequação das formas arquitetônicas ou urbanas.

A história, de outro lado, aponta com precisão a constante adequação do homem ao seu entorno e revela a estrutura da evolução social, econômica e política do *habitat* humano, indicando também o rico repertório de linguagens arquitetônicas que se fazem presentes e compatíveis com a arquitetura e a cidade.

A cultura mostra os mecanismos e recursos do fazer humano, dos fatos arquitetônicos que constituem o espaço habitável, e extrai, analisa e pondera os valores estéticos que fazem possível a arquitetura. (CUNHA, 2006, p. 36 e 37 grifos do autor).

Esses três fundamentos levantados por Cunha (2006), nem sempre estão presentes nas edificações escolares, pois é comum a edificação não apresentar uma condição/estrutura construcional condizente com a realidade climática local, sendo necessário recorrer a tecnologias para a climatização artificial (ventiladores ou condicionadores de ar) e iluminação do ambiente (lâmpadas), altamente consumidores de energia.

As discussões sobre o ambiente construído e suas relações com os seres humanos são muitas, mas, poucas, as suas aplicações nos projetos arquitetônicos

escolares. Desta forma, estudos dessa natureza tornam-se relevantes, pois a escola é um dos principais lugares em que os seres humanos adquirem competências e habilidades, a serem utilizadas na vida pessoal e profissional.

Mas, Lage (2005) afirma que a arquitetura escolar se transformou ao longo da história, com base, primordialmente, na necessidade de garantir a demanda por vagas, cada vez mais crescente. A partir da Proclamação da República do Brasil (1889), houve um aumento na preocupação com a construção de prédios específicos para a educação.

No decorrer do tempo, as edificações escolares modificaram-se, em consequência das discussões acerca da urbanidade, do higienismo e da necessidade da educação alcançar o progresso. O edifício escolar passou a ser portador de uma identificação arquitetônica diferenciada dos demais edifícios públicos e civis, tornando-se um espaço próprio e específico para as atividades de ensino-aprendizagem e do trabalho docente. (SOUZA, 1998).

Contudo, as escolas ainda são projetadas e construídas de forma reducionista, com espaços que resultam na massificação da educação, a partir de prazos curtos, pouca reflexão e sem a participação dos futuros usuários (alunos, pais e a comunidade em geral) no projeto e na construção da edificação escolar. (AZEVEDO e BASTOS, 2000).

No Brasil, ainda predominam as edificações com salas de aula tradicionais, que não tiveram seu conceito espacial alterado em função das mudanças das metodologias pedagógicas e demandas sociais vivenciadas nos últimos anos. As relações entre espaços internos (salas de aula) e externos são praticamente ignoradas, desde as fases de programa de necessidades, no qual os ambientes aparecem apenas descritos com relação às suas dimensões físicas. (DELIBERADOR, 2010).

Desta forma, de maneira geral, as escolas são “*grandes caixotes*”, divididos em partes para a otimização dos espaços internos. Dentro desses caixotes são realizadas as divisões das salas de aula (“*pequenos caixotes*”) e são distribuídos os mobiliários escolares (mesas, cadeiras, carteiras, armários) de maneira que possa garantir, no mínimo, a presença de 35 alunos.

As escolas são edificações, espaços coletivos, que merecem atenção especial e com certeza o planejamento adequado com relação ao ambiente interno, e também externo, visando boas condições climáticas (conforto) para o desenvolvimento das atividades escolares, seja pelos alunos, pelos docentes ou demais funcionários.

Após a vivência espacial nos ambientes familiares, a escola é o primeiro espaço que insere a criança numa experiência coletiva, assumindo um importante

papel no desenvolvimento de sua socialização. Este processo faz parte da construção do conhecimento da criança, incluindo aí, além das relações com o outro, a interação com o próprio ambiente construído, como ressalta Azevedo (2002).

Além de um espaço de socialização, para Libâneo (1985), a escola funciona como modeladora do comportamento humano através de técnicas específicas, tais como, pedagógicas, psicológicas, econômicas e sociais. A ela compete organizar o processo de aquisição de habilidades, atitudes e conhecimentos específicos, úteis e necessários para os indivíduos.

A tarefa de concepção de um edifício escolar é muito complexa e com um nível de relevância bastante acentuado, considerando sua significação social tanto como objeto arquitetônico emblemático para determinada comunidade – inserido no tecido urbano, ao mesmo tempo que consolida sua importância enquanto símbolo educacional – mas principalmente, sua relevância no próprio processo educativo, que tem em vista a formação de futuros cidadãos. (AZEVEDO, 2002).

A construção de uma edificação escolar deve ater-se a muitos fatores para que a sua função maior – educação – seja garantida. Assim, durante a elaboração e execução do projeto devem estar previstos: as exigências humanas quanto ao conforto térmico, a partir de determinada tarefa/atividade desenvolvida; características do clima local e o partido arquitetônico¹³; o controle da radiação solar (geometria solar, dispositivos de proteção solar, sombras, incidência da radiação solar); a climatização natural (fontes de calor e a ventilação natural); e, a participação no projeto dos principais interessados, levando em consideração os aspectos históricos, sociais e culturais do local da edificação.

De forma complementar, Azevedo (2002) destaca que toda a dinâmica das relações existentes no ambiente escolar normalmente é pouco conhecida pelos profissionais de arquitetura e engenharia, o que torna a tarefa do planejamento escolar difícil e, como acontece na maioria dos projetos da arquitetura escolar, os resultados não oferecem soluções espaciais satisfatórias quanto à proposta pedagógica.

A partir do momento em que esses fatores (exigências humanas, clima, participação dos usuários e projeto pedagógico) são levados em consideração, há a otimização da edificação escolar e ganhos nas condições ambientais internas e externas, que se tornarão agradáveis aos seus ocupantes.

Com relação aos alunos, a situação torna-se passível de uma melhor apreciação, pois eles estão em pleno processo de aprendizagem e necessitam de um

¹ Partido arquitetônico é o nome que se dá à consequência formal de uma série de determinantes, tais como o programa do edifício, a conformação topográfica do terreno, a orientação, o sistema estrutural adotado, os condicionantes legais, a verba disponível, as condições das posturas que regulam as construções e, sobretudo a intenção plástica do arquiteto (SILVA, 1983).

local que ofereça ambientes apropriados, o que inclui as condições climáticas. As situações desfavoráveis de conforto térmico podem prejudicar o rendimento dos seres humanos. Essa atenção especial é justificável porque o organismo humano é sensível às variações térmicas do ambiente e este reage conforme as condições climáticas do local, fechado ou aberto (ar livre), associadas à infinidade de tarefas desenvolvidas diariamente.

É sabido que as sensações térmicas do ambiente influenciam os seres humanos em diversos fatores, como na saúde, no bem-estar, na fisiologia, nas emoções, no comportamento humano, no desempenho das atividades diárias, devendo-se enfatizar que a influência das condições do tempo atmosférico pode ser tanto positiva quanto negativa, de acordo com Rossi e Krüger (2005, p.94).

Como esclarece Lamberts (2005), o conforto térmico ambiental pode ser entendido como “estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda”, sendo medido através das sensações individuais ou de um grupo de pessoas. Frota e Schiffer (2003, p.17) complementam que o “homem tem melhores condições de vida e de saúde quando seu organismo pode funcionar sem ser submetido à fadiga ou estresse, inclusive térmico”.

García (1996) salienta que os organismos humanos se diferem entre si, pois cada indivíduo tem uma capacidade sensitiva diferente. Ou seja, uma sensibilidade térmica ambiental diferenciada em virtude de diferenças no metabolismo associadas às outras variáveis, tais como: hábitos, trabalho, vestimentas, etc. Assim, não se pode generalizar as sensações de conforto ou desconforto térmico.

Complementando, García (1996) evidencia a interação existente entre os seres humanos e o ambiente habitado demonstrando que a análise do clima local tem sua importância nos mecanismos que condicionam o conforto térmico, a partir das análises das variáveis climáticas, fisiológicas e psíquicas.

Ressaltando as considerações de García (1996), Mendonça (2003) aponta que:

O clima constitui-se numa das dimensões do ambiente urbano e seu estudo tem oferecido importantes contribuições ao equacionamento da questão ambiental nas cidades. As condições climáticas destas áreas, entendidas como clima urbano, são derivadas da alteração da paisagem natural e da sua substituição por um ambiente construído, palco de intensas atividades humanas. (MENDONÇA, 2003 p.93).

Desta forma, o estudo das variáveis climáticas – temperatura, umidade, vento e precipitação - apresentam extrema relevância para o entendimento do comportamento humano.

De acordo com Monteiro (1976), não somente os componentes termodinâmicos do clima são um referencial básico para a noção do conforto térmico urbano, como deve haver uma associação com os demais componentes do meio urbano. Nesse sentido, além do estudo das variáveis climáticas, considerar-se-á o grau de transformação que os elementos urbanos (edificações, pavimentação asfáltica e o concreto) exercem sobre o clima da cidade.

A variação das atividades humanas nos espaços internos diferenciados, como parques, casas, indústrias e a configuração física da cidade contribuem para as variações climáticas, notando-se alterações significativas de temperatura, umidade e vento. Essas alterações manifestam-se dependendo da estrutura inicial e do crescimento da malha urbana, conforme esclarece Lombardo (1985).

A intervenção humana na produção do espaço urbano altera as condições climáticas locais (clima urbano – ilhas de calor) das quais, por sua vez, também depende a resposta térmica de suas edificações. Toda essa estrutura térmica espacial acaba gerando, para as cidades, efeitos paralelos relacionados à percepção humana, nos níveis individual e social, como o conforto térmico do ambiente.

Monteiro (2003) aponta que no Sistema Clima Urbano (S.C.U.) há a co-participação da natureza e do homem na elaboração do clima da cidade. E que é:

(...) passível de auto-regulação, função conferida ao elemento homem urbano que, na medida em que o conhece é capaz de detectar suas disfunções, pode, através do seu poder de decisão, intervir e adaptar o funcionamento do mesmo, recorrendo a dispositivos de reciclagem e/ou circuitos de retroalimentação capazes de conduzir o seu desenvolvimento e crescimento seguindo metas preestabelecidas. (MONTEIRO, 2003, p.25).

O S.C.U. aponta que o conforto térmico é entendido como um efeito paralelo perceptivo dos seres humanos, que está inteiramente ligado ao fenômeno da ilha de calor, alterações na precipitação e ventilação. E, ainda, o conforto térmico influencia diretamente o desempenho humano, seja no nível individual (fisiológico e psicológico) como no social (problemas sanitários e de higiene pública).

Para tudo isso, o S.C.U. prevê duas ações: no nível individual, o desenvolvimento de tecnologias para o aprimoramento do conforto térmico habitacional e, no nível social, ações que regulamentem o uso e a ocupação do solo, a partir de um planejamento urbano adequado.

Nesse sentido, cabe à arquitetura urbana servir ao homem, ao seu bem-estar, oferecendo-lhe condições compatíveis ao conforto térmico humano, no interior dos edifícios, sejam quais forem as condições climáticas externas (cidade) (FROTA e SCHIFFER, 2003).

Na atualidade, pensar em ambiência urbana é refletir sobre a qualidade de vida oferecida e o tipo de recinto utilizado e oferecido, pois há um aumento nas atividades realizadas no ambiente urbano, como a quantidade de veículos, adensamento e verticalização das edificações, aumento nas superfícies impermeabilizadas (ruas, avenidas e calçadas) por asfalto e concreto e a retirada da cobertura vegetal, criando condições críticas para o solo urbano.

Os recintos urbanos devem ser criados e construídos através da utilização de materiais naturais e artificiais, a fim de uma adequação ao clima, com uma ordem senso-ambiental. O projeto deve ligar o espaço externo ao interno para que haja o uso racional da energia na edificação. (MASCARÓ e MASCARÓ, 2009).

Nesse caso, o tipo de recinto urbano será a *escola* e o seu entorno. É comum observar nas escolas que não há uma ligação eficiente entre o espaço externo (pátio e os arredores) e o interno (salas e corredores), devido ao padrão construcional e o tipo de janela utilizada, os basculantes¹⁴.

Outros fatores podem interferir nessa relação entre o espaço interno e o externo (escola e seus arredores), como: radiação solar, a vegetação, o desempenho térmico dos materiais construtivos, os sistemas de iluminação artificial e ainda, o próprio organismo urbano, agindo como fonte térmica para o recinto fechado.

A análise do desempenho ambiental-energético da edificação/recinto é algo complicado pela quantidade de circunstâncias e momentos relevantes (MASCARÓ e MASCARÓ, 2009).

Para um estudo de conforto térmico, muitas variáveis e circunstâncias devem ser analisadas e levadas em consideração. Assim, diante da importância das condições ambientais para o desenvolvimento da vida humana, esta tese tem como hipótese principal a seguinte afirmativa: “a composição dos materiais construtivos das edificações, associada ao uso e ocupação do solo, presentes no entorno das escolas estaduais de Presidente Prudente comprometem as condições do conforto térmico e a qualidade de vida da clientela escolar¹⁵”.

Com base nessa hipótese, a pesquisa tem como objetivo principal realizar o estudo do conforto térmico em escolas estaduais na cidade de Presidente Prudente, localizada no oeste do Estado de São Paulo, visando entender como as edificações e o processo de uso e ocupação do solo do entorno dessas construções têm afetado a qualidade térmica dos ambientes escolares.

² Basculante - tipo de janela que se projeta para dentro ou para fora, num movimento de rotação em torno de um eixo horizontal ou por meio de um braço de articulação, chamado báscula. Dependendo do ângulo de abertura de suas folhas, a ventilação é parcial, mas constante.

³ Clientela escolar – alunos, professores, gestores, funcionários e demais pessoas que circulam e permanecem nesse ambiente.

Além desse objetivo mais amplo, buscou-se identificar situações de conforto e desconforto térmico nas unidades escolares distribuídas na malha urbana de Presidente Prudente, a partir da análise e comparação entre o índice de temperatura efetiva de THOM (1959), a Carta Bioclimática de Olgyay (1963) e os questionários aplicados para os alunos da E.E. Prof. Placídio Braga Nogueira; entender como as edificações e o processo de uso e ocupação do solo têm afetado a qualidade térmica do ambiente em que as escolas estão inseridas; analisar conteúdos geográficos abstratos, como o tempo atmosférico a partir de uma linguagem sensitiva e visual, e assim desenvolver nos alunos outra forma de entender os elementos (temperatura e umidade) que compõem o tempo atmosférico, a partir das sensações de conforto ou desconforto térmico sentidas.

Por fim, para demonstrar o estudo proposto, a tese foi estruturada na seguinte sequência de capítulos:

Capítulo 2 - Conforto térmico: as contribuições do clima urbano, do conforto ambiental e da bioclimatologia, conceitos e índices utilizados, do clima local e do comportamento humano.

Capítulo 3 - Teoria e os procedimentos metodológicos.

Capítulo 4 - A cidade de presidente prudente/SP: sua história ocupacional, as condições de qualidade de vida e ambiental e as características climáticas.

Capítulo 5 – As escolas pesquisadas: características ambientais e estruturais, a climatização natural, a política construcional e a arquitetura utilizada.

Capítulo 6 - Caracterização do conforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente: comparação entre a temperatura efetiva proposta por Thom (1959) e a Carta Bioclimática de Olgyay (1963).

Capítulo 7 - O conforto térmico na E.E. Prof. Placídio Braga Nogueira e as sensações de conforto sentidas pelos alunos.

Capítulo 8 - O conforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente/SP.

Capítulo 9 - Considerações finais.

2 O CONFORTO TÉRMICO: AS CONTRIBUIÇÕES DO CLIMA URBANO E LOCAL, DO CONFORTO AMBIENTAL, DA BIOCLIMATOLOGIA E DO COMPORTAMENTO HUMANO: CONCEITOS, ÍNDICES E DEMAIS CONSIDERAÇÕES UTILIZADAS

2.1 As contribuições do clima urbano

O crescimento das cidades tem provocado uma série de transformações no ambiente e, dentre elas, destaca-se o clima. “A cidade é por excelência o lugar do Homem na Terra, o seu habitat. A questão ambiental se associa intensamente à questão urbana”. (MONTEIRO, 1990).

O primeiro estudo que fez referência às condições atmosféricas do ambiente urbano foi realizado por Evelyn, no ano de 1661, na cidade de Londres. (GÓMEZ, 1993).

Com a Revolução Industrial, ocorrida nos séculos XVIII e XIX, houve o aumento da produção, conseqüentemente da população e urbanização. Seja pelo aumento demográfico, seja pela explosão das atividades, os espaços urbanos passaram a assumir a responsabilidade do impacto máximo da atuação humana sobre a organização na superfície terrestre e na deterioração do ambiente (Monteiro, 1976).

Em 1818, o químico Howard realizou um trabalho, em Londres, sobre a contaminação do ar e descobriu a ocorrência de temperaturas mais elevadas na cidade em relação ao campo próximo. Essas alterações encontradas foram conseqüências da poluição produzida pela queima de carvão, que provocava aumento na temperatura da cidade. A diferença térmica constatada foi de 2,2°C, que fazia a cidade mais quente que as áreas circunvizinhas. (OKE, 1981).

O francês Renou, em meados do século XIX, observou que a cidade possuía a temperatura do ar mais elevada em 1°C e atribuiu isto à influência do Homem. Schmidt, no ano de 1927, utilizou em Viena veículos a motor com aparatos de medidas para obter dados a partir de um trajeto urbano, possibilitando traçar perfis e isolinhas dos fenômenos térmicos. Desta forma, em Viena, foi possível obter-se o primeiro mapa de temperatura urbana. (GÓMEZ, 1993)

Kratz, em 1937, atribuiu a maior temperatura urbana do ar, durante a noite, como fruto do balanço de radiação diferenciado, em relação ao campo. (GÓMEZ, 1993).

Após a Segunda Guerra Mundial, ocorreu um crescimento acelerado das áreas metropolitanas devido ao forte desenvolvimento da industrialização. A partir daí, intensificaram-se os estudos relacionados à atmosfera urbana, devido à evidente contaminação do ar pela poluição.

A atmosfera passou a ser reconhecida como um recurso vital básico e o clima, pela própria dinâmica de sua essência física, como um insumidor energético ativando o ambiente por suas variações temporais, através de suas associações com os demais componentes naturais, ajudando a definir a estrutura do espaço ambiente e sua organização funcional. (MONTEIRO, 1976, p.10).

Chandler (1965) realizou novo estudo em Londres - primeira cidade a ter seu clima intraurbano estudado detalhadamente - sendo um estudo de grande importância para a climatologia urbana. A partir de Chandler, houve uma multiplicação dos estudos voltados para o clima urbano, principalmente os incentivados pela OMM (Organização Mundial de Meteorologia). Os estudos disseminaram-se pela Europa e América do Norte.

Pode-se destacar o trabalho de Landsberg (1981), que estabeleceu uma síntese para a compreensão do clima urbano de uma cidade. A síntese esclarece que o clima urbano é a modificação substancial de um clima local, não sendo possível decidir sobre o ponto de concentração populacional ou densidade de edificações em que essa notável mudança principia.

O autor esclarece que o desenvolvimento urbano tende a acentuar ou eliminar as diferenças causadas pela posição ou sítio. Da comparação entre a cidade e o campo surgem os seguintes fatos: a cidade modifica o clima através de alterações em superfície; a cidade produz um aumento de calor, complementada por modificações na ventilação, na umidade e até nas precipitações, que tendem a ser acentuadas; a maior influência manifesta-se através da alteração na própria composição da atmosfera.

Os estudos de Chandler (1965) e Landsberg (1981) podem ser considerados pioneiros no descobrimento das modificações climáticas provocadas pela urbanização nas cidades industriais de latitudes médias.

Na Europa, houve o desenvolvimento desses estudos na Espanha e no Reino Unido. Como exemplo, pode-se citar os estudos de Gómez e García (1984), os quais estudaram a ocorrência da ilha de calor na cidade de Madri (Espanha), utilizando-se de 10 pontos distribuídos pela zona urbana e rural, tendo como base os dados coletados no período de 1979 a 1982. A ilha de calor urbana ocorreu com uma

diferença de mais de 4°C, em temperaturas médias, e mais de 7°C, em temperaturas mínimas.

Johnson (1985) estudou a ilha de calor em Birmingham (Reino Unido). Tomou como base os estudos realizados por Oke e Maxwell, em 1975, que utilizou taxas de aquecimento e frescor para definir a ilha de calor.

Outra proposta importante, em nível internacional, é a de Oke (1978), que definiu duas ordens de grandeza para o clima urbano: *urban boundary layer* (camada limite urbana); *urban canopy layer* (dossel urbano).

É notório o enfoque que deram os trabalhos de clima urbano, em climas temperados, primeiramente, à poluição do ar na geração das alterações do ambiente urbano, e também, a grande preocupação voltada para a estrutura vertical da atmosfera sobre a cidade, demonstrando que os trabalhos realizados possuem foco muito mais meteorológico do que geográfico.

Dessa maneira, houve uma concentração de análises que enfatizaram o nível meteorológico, limitando, verdadeiramente, as perspectivas geográficas de adentrar a cidade e levar em consideração o conjunto de atributos como morfologia, arborização, rugosidades em relação ao clima local. Neste sentido, houve uma desvinculação do estudo da cidade com seu contexto geoecológico e urbano.

Os estudos sobre as cidades de regiões tropicais são recentes e nesses últimos 40 anos, as pesquisas sobre clima urbano cresceram de maneira considerável.

Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, em 1976, foi, no Brasil, o pioneiro a formalizar uma teoria com um quadro de referências teóricas e uma perspectiva metodológica para o estudo do fenômeno “clima urbano”. Tal teoria sobre o clima urbano requer uma estrutura teórica capaz de atingir e enquadrar tanto os fatos mais amplos e complexos como os mais simples e restritos. O contexto teórico requer uma elasticidade ou diferença no tempo e no espaço.

Nos trabalhos realizados em cidades de clima tropical, essa associação entre a cidade e o seu contexto geoecológico e geourbano é mais explícita. Vários pesquisadores utilizaram-se da proposta de Monteiro (1976), como, por exemplo: Tavares (1977), Tarifa (1977), Lombardo (1985), Danni-Oliveira (1987), Maitelli (1994), Mendonça (1994), Brandão (1996), Pitton (1997), Amorim (2000), Mendonça (2002), Minaki e Amorim (2005), Viana (2006), Fialho (2009), Pinheiro e Amorim (2009), Donato (2009), Ortiz (2012), Ugeda Júnior (2012).

Todos os trabalhos mencionados apontam preocupações com os diversos fatores presentes no ambiente urbano, ou seja, as pesquisas buscaram considerar as interações dos aspectos geoecológicos (relevo, vegetação, hidrografia) com o uso e

ocupação do solo urbano e a atmosfera, apontando para o ambiente urbano como gerador de um clima específico, o clima urbano.

Enfim, desde a década de 1970 os trabalhos que envolvem o tema clima urbano vêm se multiplicando, com destaque maior nas alterações no meio urbano.

2.2 As contribuições do conforto ambiental e do conforto térmico

As primeiras preocupações com o conforto humano datam do século XIV, sendo registradas no documento chamado de manual *Ménagère* de Paris. O manual trazia orientações básicas de higiene doméstica e explicava para as donas de casa os procedimentos necessários de como varrer e espanar a casa. (VECCHIA,1997).

Observa-se que hábitos comuns do dia-a-dia surgiram da importância socialmente imposta pelas condições advindas do processo de urbanização. Com a industrialização nasceu uma nova forma de organização do homem no espaço e a cidade se transformou.

Portanto, primordialmente, com a vida na cidade, surge a necessidade de se repensar os hábitos, pois a aglomeração de pessoas gera um ambiente perfeito para a proliferação de bactérias e fungos, podendo gerar epidemias e uma infinidade de doenças que comprometem a saúde e o bem-estar dos cidadãos. Por exemplo, a epidemia da Peste Negra, que matou milhões de pessoas na Europa Medieval. (VICENTI, 2001).

As orientações para mudanças nos hábitos de higiene foram fundamentais, sem as quais não seria possível a humanidade ter atingido o nível de aglomeração existente hoje.

De tal modo, com a I Revolução Industrial, ocorrida no século XVIII, e precárias condições de higiene no espaço urbano da época, o conforto humano adquiriu a conotação de bem estar termofisiológico. (VICENTI, 2001).

Os primeiros estudos acerca da influência da temperatura e umidade sobre o rendimento no trabalho foram desenvolvidos pela Comissão Americana de Ventilação. Em 1916, presidida por Winslow, essa comissão efetuou estudos e pesquisas com o objetivo de determinar a influência das condições térmicas e higrométricas (umidade) no rendimento do trabalho, visando, principalmente, a relação do trabalho físico do operário, aos interesses de produção surgidos com a Revolução Industrial e às situações especiais de guerra, quando as tropas eram deslocadas para regiões de diferentes tipos de clima. (FROTA e SCHIFFER, 2003).

Conforme Frota e Schiffer (2003, p.17), os seres humanos necessitam de certa qualidade ambiental para manter o bom funcionamento do organismo e sobreviver e, ainda, desenvolver suas atividades diárias.

No Brasil, as primeiras preocupações com o conforto ambiental urbano surgiram no século XIX com a determinação de códigos e diretrizes construtivas da cidade. (VICENTI, 2001).

Atualmente, os estudos de conforto ambiental estão voltados para a identificação de como o organismo dos seres humanos reagem ao ambiente construído e transformado. Entende-se como conforto ambiental a interação de três parâmetros principais (conforto térmico, lumínico e acústico), que devem ser analisados para se chegar à conclusão sobre o conforto ou a insalubridade de um ambiente. Nesse estudo será privilegiado a análise do conforto térmico e a sua interação/influência no comportamento das pessoas, com destaque para as edificações escolares e a sua clientela (alunos, professores, gestores e demais funcionários).

Os estudos têm focado as condições de conforto térmico, pois o organismo humano reage ao meio ambiente exposto, seja através de reações biológicas e/ou fisiológicas, como através de reações psicológicas, ou da interação conjunta desses fatores.

Com relação aos efeitos do clima sobre o organismo humano, Olgay (1963) descreve dois métodos de investigação: um, que expõe sobre os efeitos negativos do clima, como estresse, dor, doenças e morte; e o outro, que procura inquirir sob que condições a produtividade, a saúde e a energia física e mental do ser humano.

Ao formalizar o Sistema Clima Urbano (S.C.U.), em 1976, Monteiro definiu três canais de percepção humana, sendo: o termodinâmico, o físico-químico e o hidrometeorológico. O canal termodinâmico envolve o conforto térmico que está diretamente relacionado com o fenômeno “ilha de calor”, com o desconforto e redução do desempenho humano, tanto no nível fisiológico, como no psicológico. O estudo prevê duas ações para minimizar os índices de desconforto: no nível individual, primeiramente, com tecnologias habitacionais e, na sequência, no nível coletivo, um planejamento urbano adequado a partir da regulamentação do uso do solo e do crescimento adaptativo da estrutura urbana.

Dessa proposta formalizada por Monteiro foram produzidos diversos estudos envolvendo a climatologia urbana e os efeitos da ilha de calor para os seres humanos. Entretanto, os estudos sobre conforto térmico, na Geografia, são mais recentes e em pequena quantidade. Na sequência dos parágrafos que seguem são apresentados alguns desses estudos.

O estudo sobre clima e planejamento para a cidade de Londrina/Paraná, realizado por Mendonça (1995) definiu que as áreas de ocorrências das mais elevadas diferenças térmicas urbano-rurais coincidiram com aquelas de menor teor de umidade do ar, gerando desconforto térmico urbano. Os casos mais extremos foram observados no período da tarde, como se observa nos dados: dia 01/01 com temperatura do ar a 37°C e umidade relativa a 20%, dia 02/01, 38°C e 25%, dia 03/01, 39°C e 25%.

Com base na teoria de Monteiro (1976) – canal termodinâmico –, Vicenti (2001) realizou o estudo do conforto térmico para a cidade de Presidente Prudente/São Paulo, aplicando o índice de temperatura efetiva desenvolvido por Thom (1959), considerado como um dos índices de conforto térmico mais aceitos e de simples aplicação para as áreas tropicais.

O estudo concluiu que os índices de temperatura interna mostraram a necessidade da reavaliação dos padrões de construção para a cidade. Os materiais usados armazenam calor durante o dia, liberando-o através da radiação de ondas longas, à noite. Esse processo aquece o ar interno da edificação, gerando desconforto, no período noturno. Ficou evidente que, em edificações mais precárias o desconforto é maior em virtude do material usado, e, portanto, a parcela que mais sofre com o desconforto térmico é a população de baixa renda. Em um país com a diversidade de materiais naturais, como é o caso do Brasil, a pesquisa poderia apontar para novos materiais construtivos melhor adaptados às especificidades das condições tropicais e a custos baixos. (VICENTI, 2001, p.68).

Na mesma abordagem metodológica de Vicenti (2001), Ikefuti (2009), com base no canal termodinâmico proposto por Monteiro (1976), estudou o conforto térmico em bairros com diferentes padrões de construções em Presidente Prudente/São Paulo. A pesquisa também utilizou o cálculo da temperatura efetiva de Thom (1959). As análises das temperaturas efetivas em três pontos determinados, no mês de inverno, apresentaram inúmeros desconfortos para o calor, mostrando que na região de Presidente Prudente, no decorrer do inverno, é comum apresentar temperaturas elevadas.

O estudo concluiu que a relação das temperaturas efetivas internas e externas nas edificações é diferente, mostrando que a utilização de materiais inadequados pode ocasionar desconforto no interior das edificações. Esse resultado aponta para a necessária reavaliação dos padrões de construção dos conjuntos habitacionais, já que as edificações com os materiais iguais ao estudado são comuns nas moradias populares. Esses materiais mostraram-se capazes de armazenar muito calor, contribuindo para o desconforto térmico. A área interna da construção

apresentou, de maneira geral, índices de calor acima da zona de conforto, gerando desconforto térmico segundo a metodologia utilizada. (IKEFUTI, 2009, p.91).

Dentro de uma perspectiva envolvendo o clima urbano e o conforto térmico, destacam-se os trabalhos de Funari (2006) e Dumke (2007). Funari (op.cit) determinou o índice de sensação térmica humana em função dos tipos de tempo na região metropolitana de São Paulo. Os resultados mostraram que no ano “padrão” de 1996, no verão, não houve desconforto. Já para o inverno, apenas na parte da tarde ocorreram alguns poucos dias com conforto. Na maioria dos dias de inverno houve desconforto ou resfriamento.

Dumke (op.cit) analisou as perspectivas *clima urbano/conforto térmico* e as condições de vida para o aglomerado urbano da região metropolitana de Curitiba/Paraná. O trabalho estabeleceu uma relação entre o estudo do clima urbano e do conforto térmico às condições sociais da população, pela interdisciplinaridade e pela utilização do Sistema Ambiental Urbano (SAU), de Mendonça (2004b), como fundamento teórico-metodológico. A pesquisa foi elaborada, ainda, com base na metodologia para o estudo do clima urbano de cidades de porte médio e pequeno, de Mendonça (1995), que propõe análises no âmbito das relações sociedade/natureza, espaço/tempo (clima) e na perspectiva da interação global/local.

Os resultados apontaram uma relação entre o desconforto térmico e a classificação das condições e qualidade de vida dos locais amostrados. Assim, houve coincidência, em geral, de um duplo desconforto – por frio e por maiores amplitudes térmicas (frio e calor) – nos espaços em que as parcelas menos favorecidas da sociedade se estabelecem, consequência do padrão de estratificação social observado em Curitiba, agravando ainda mais os baixos índices de qualidade de vida e a vulnerabilidade socioambiental.

Na arquitetura, as análises e as preocupações acerca do conforto da edificação e do meio urbano aparecem com bastante relevância e alguns trabalhos recentes podem ser mencionados, como os realizados por: Frota e Schiffer (2003) que desenvolveram um manual apresentando uma proposta de estudo do conforto térmico que contempla: a elaboração de cartas bioclimáticas, o complexo relacionamento térmico do organismo humano com ambiente e os índices de conforto térmico, programas de computação para estudos geométricos de insolação, desempenho térmico das edificações, e estudos de ventilação natural urbana e nas edificações.

Diante da escassez de trabalhos norteadores e com condicionantes para a execução de projetos arquitetônicos, Cunha (2006) desenvolve um rol de condicionantes contemplando o clima, a diversidade regional, cultural, técnicas,

disponibilidade de material aplicáveis, com o objetivo de proporcionar a eficiência energética nas edificações.

Hoje, mais do que nunca, a arquitetura deve evitar o desperdício energético, mas sem aceitar restrições indevidas. Não se trata de reduzir diretamente a forma das novas edificações a partir de modelos abstratos de grandes vantagens energéticas, mas de desenvolver técnicas de composição para elaborar um projeto arquitetônico energeticamente compatível com a realidade regional (CUNHA, 2006, p.11).

Com base na perspectiva da eficiência energética, Cunha (2006) buscou resgatar a “arquitetura bioclimática”, visando à retomada do projeto integrado que leva em consideração a forma, a matéria e a energia com base na arquitetura da climatização natural, resgatando assim, conceitos fundamentais da ambiência do espaço construído.

Cunha (2006) aponta que só é possível o uso racional da energia a partir de uma arquitetura bioclimática (sustentável). A arquitetura bioclimática trabalha o desenho arquitetônico da edificação a partir do lugar, do clima, das orientações e da insolação, visando, deste modo, melhoras nas condições do habitat antes de se recorrer a técnicas de climatização artificial. Desta forma, basta considerar onde o sol nasce, onde se põe e as suas inclinações incidentes em cada época do ano, que ganhos climáticos (conforto térmico) serão incorporados nas edificações.

Seguindo a mesma abordagem da eficiência energética para o projeto arquitetônico de Cunha (2006), Mascaró e Mascaró (2009) apresentaram toda uma discussão sobre a influência da forma dos conjuntos arquitetônicos no desempenho energético-ambiental dos edifícios. O estudo aponta uma preocupação centrada na ambiência urbana e procura compreender o modo como os valores culturais de diferentes momentos da sociedade – enraizados em projeções simbólicas sobre as contingências do meio natural – afetaram a paisagem urbana e seu clima original.

Mascaró e Mascaró (2009) apontam que o desempenho ambiental do recinto urbano é resultado das características da arquitetura da edificação e principalmente da eficiência das janelas, que são uma boa alternativa para a dispersão térmica, e também, para aproveitar a energia solar (radiação de onda curta e sua opacidade em relação à radiação de onda longa) através da transparência do vidro. Assim, o sistema construcional deve incluir/anexar o espaço interno ao externo, tendo a janela como o item de ligação.

Os autores buscaram entender os efeitos produzidos pela arquitetura no espaço urbano, através da presença da edificação, com sua altura e forma, sua taxa de ocupação no lote, seus materiais construtivos (tipos de janelas, vedação, opacidade e transparência, concreto). A intenção era a de mostrar a ambiência de um

conjunto de espaços urbanos com diferentes tipologias, formas e funcionalidades, tanto os mais importantes como os secundários. Para isso, um rol de situações abstratas e concretas deve ser analisado, como: fatores econômicos, normativos, sociais, culturais, geográficos e ideológicos.

Mascaró e Mascaró (2009) e Cunha (2006) corroboram a idéia de Frota e Schiffer (2003), apontando que:

A arquitetura, ao se situar na cidade, a mostra como sendo marco de sua própria razão de ser. Mas, ao mesmo tempo, esta inter-relação cria o ambiente projetado da cidade, ao qual a arquitetura deveria contribuir a melhorar. A ambiência urbana é consequência desta inter-relação. O clima urbano e seus microclimas não se explicam nem são compreendidos sem a intermediação da arquitetura que forma recintos urbanos, cujo sentido está em seu entorno (MASCARÓ e MASCARÓ, 2009, p.9).

Quanto ao conforto ambiental e térmico, em prédios escolares, alguns estudos vêm se desenvolvendo e apontando discussões e resultados, como nos parágrafos seguintes.

Na literatura nacional, os estudos demonstram que a maioria das edificações escolares apresentou condições ambientais aquém das desejadas. As principais falhas observadas dizem respeito às condições de conforto térmico e à funcionalidade.

Ferreira e Melo (2006) apontam que, ao longo da história da construção escolar, o principal objetivo sempre foi o aumento na demanda por vagas, ou seja, a prioridade nem sempre era a qualidade dos edifícios, mas sim, a quantidade de vagas criadas/oferecidas. Embora os conceitos de qualidade e quantidade não sejam excludentes, a história demonstra que sua articulação nem sempre ocorreu. Essa questão mostra-se agravada quando se trata de obras públicas, nas quais, a equação desses dois aspectos depende de fatores políticos e de limitações existentes, muitas vezes relativas aos prazos, aos recursos disponíveis, à própria legislação vigente e até a disponibilidade de áreas para novas construções.

Nos estudos produzidos, até o momento, a maioria das escolas é considerada quente no verão e com ventilação inadequada, resultado relacionado com a orientação das aberturas em salas de aula e a inadequação dos elementos de proteção solar, gerando isolamento excessiva, conforme apontam Kowaltowsk et al. (1999, p.1 e 2).

O conforto ambiental de edificações escolares afeta o ambiente escolar e a qualidade do ensino. Esses prédios, no país, apresentam problemas referentes ao conforto, muitas vezes relacionados às modificações feitas pelo uso, problemas derivados do projeto e da obra original, bem como desgaste natural da construção. No geral, são problemas simples e com soluções fáceis que, quando solucionados,

podem oferecer possibilidades de ganhos qualitativos, com custo reduzido, de acordo com as explicações de Kowaltowsky et al. (1999, p.1 e 2).

Diante das explicações acima, os autores citados realizaram uma pesquisa junto às escolas estaduais da região de Campinas/SP, na qual objetivavam detectar problemas relacionados ao conforto e propor um acervo de soluções para que a própria escola possibilitasse as melhorias no ambiente construído.

As metodologias empregadas (observações, medidas de parâmetros ambientais térmicos, acústicos, luminosos, funcionais e avaliação de satisfação por questionários) revelaram problemas de manutenção e de conforto ambiental, como o desconforto térmico no verão, inadequação acústica, condições insalubres em cozinhas e banheiros. Referente aos problemas de conforto, os autores propuseram medidas simples e de baixo custo, por exemplo, a introdução de *brises* (Quebra-sol), no caso da isolamento (KOWALTOWSKY, 1999, p.3-8, grifo do autor).

A partir de uma abordagem diferente de Kowaltowsky et al. (1999), Azevedo (2002), propôs, em seu estudo, uma análise para adequação dos ambientes escolares, com base em observações realizadas na escola privada Aldeia Escola Curumim/Rio de Janeiro, a partir de uma abordagem interacionista (Piaget e Vigostsky), reconhecendo a relevância das relações usuário-ambiente, para a consolidação de um compromisso entre a arquitetura, a educação e o meio ambiente.

Nesse trabalho, as análises dos resultados (questionários, *wish poems* – questionário em forma de poema – e mapas mentais) apontaram para a necessidade de um planejamento global e sistemático da Aldeia Escola Curumim, tendo em vista futuras modificações nas instalações da escola, incluindo manutenções, reformas e novas edificações, visando a expansão da instituição. Os espaços edificados foram sendo construídos, entretanto, de acordo com a necessidade da escola, sem um planejamento adequado, gerando algumas adaptações de usos e improvisos no dia-a-dia, o que provocou prejuízos ao conforto ambiental da edificação escolar (AZEVEDO, 2002, p.200 - 210).

Na mesma linha de raciocínio de Kowaltowsky et al. (1999), segue a análise de Nogueira et al. (2005, p.2-3) afirmando que a preocupação com o desempenho térmico nas escolas públicas tem tido pouca importância, sendo pormenorizada e até mesmo desprezada. Ao projetar e construir os espaços destinados aos mais variados usos pelo homem, não se considerava o conforto a ser proporcionado aos seus usuários, fosse ele térmico, lumínico, acústico ou ergonômico. Além de não atender às condições mínimas de conforto requeridas pelos usuários, essas escolas colocaram em comprometimento o ensino-aprendizagem, a saúde física e psicológica

provocando um aumento excessivo do consumo de energia elétrica para condicionar os ambientes devido a problemas de condensação e ventilação insuficiente.

A maioria das edificações escolares municipais e estaduais apresenta projetos 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 em conta as características da área e do clima, conforme apontam e explicam Nogueira et al. (2005).

O estudo destes autores privilegiou a análise do conforto térmico de uma sala de aula, em uma escola pública na cidade de Cuiabá/Mato Grosso, posicionada numa área de insolação intensa, durante todo o dia, e um pátio coberto, que funcionava como refeitório. Tomaram-se as medidas de temperatura, umidade e velocidade do vento, na área externa circundante à escola e, através das análises desses dados coletados.

Os autores concluíram que os ambientes estudados apresentaram condições de desconforto e não atenderam às necessidades de conforto dos seus usuários; no período noturno, ocorreram índices elevados de temperatura, pois o calor ainda se encontrava armazenado dentro da sala de aula, visto que não consegue se dissipar durante a noite; daí, que há, não só a necessidade de desenvolver propostas de intervenções, com base nas características dos ambientes e das variáveis climáticas do local, como também a de intervir na edificação escolar referente à adequação do conforto ambiental, para melhorar a qualidade do ensino e aprendizagem. (NOGUEIRA, et al., 2005, p.43-47).

Corroborando com as idéias de Kowaltowsky et al. (1999) e Nogueira et al. (2005), tem-se o estudo de Beltrame e Moura (2009), no qual realizaram uma pesquisa sobre as edificações escolares, apontando que a infraestrutura utilizada não está adequada para as condições necessárias ao processo de ensino e aprendizagem. Utilizaram como base metodológica a aplicação de formulários de observação para a análise do espaço físico (banheiros, cozinha, pátio e corredores, áreas descobertas, bibliotecas, sala de multimeios, bebedouros, salas de aula e o conforto ambiental, mobiliário, acessibilidade). Os formulários foram aplicados em duas escolas, uma de educação infantil (A), e outra de ensino fundamental, pública (B).

Em referência ao conforto ambiental, essa pesquisa concluiu que as escolas apresentam as seguintes características: a escola A atende às necessidades básicas para tornar o ambiente confortável, pois as salas de aula são amplas, com seis vitrôs basculantes, sendo três ao lado direito e três ao lado esquerdo, o que permite uma excelente iluminação e ventilação cruzada, dispensando o uso de iluminação e

ventilação artificial. Além disso, a disposição dos vitrôs propicia ventilação adequada na direção do oeste, onde o sol incide com maior intensidade à tarde. (BELTRAME E MOURA, 2009, p.12).

Existem áreas livres com reservados de areia e grandes árvores que fornecem uma área sombreada nas salas de aula, tornando o ambiente fresco e agradável. As portas ficam no início da construção da parede do ambiente, por cruzar ventilação com um dos vitrôs. Em relação às duas ruas movimentadas, onde se localiza a escola, e pela forma centralizada como foi projetada a construção do prédio escolar, não há interferência acústica significativa que desconcentra os alunos. (BELTRAME E MOURA, 2009, p.12).

Em contrapartida, a escola B apresenta características que comprometem as condições de conforto ambiental. A porta está mal localizada, pois, quando aberta, tira a visibilidade de uma parte da lousa. Se fechada, aquece o ambiente, pois a sala conta com três vitrôs em apenas um lado da parede, só havendo circulação de ar quando a porta se encontra aberta. Devido à pouca ventilação natural, existe a necessidade da artificial. Com essa disposição dos vitrôs, a sala também não apresenta iluminação natural suficiente, falta que é suprida com iluminação artificial que, por sua vez, também é reduzida.

Concluindo a questão da ventilação e temperatura na escola B, há um constante incômodo ao abrir e fechar a porta, durante as horas de aula, também devido à propagação de sons pelo corredor, vindo das três salas que estão do lado esquerdo. Ainda, a disposição dos vitrôs, de frente para uma rua bastante movimentada, compromete a acústica, o que desconcentra os alunos. Na parte inferior do prédio há quatro salas, sendo duas do lado direito e duas do lado esquerdo. As salas que ficam do lado esquerdo têm a sua acústica comprometida, por causa da propagação dos sons provenientes das quadras onde são realizadas as aulas de Educação Física. (BELTRAME e MOURA, 2009, p.12 e 13).

Ainda no âmbito escolar, a partir da aplicação de um índice de conforto (THOM, 1959), e dentro da teoria proposta por Monteiro, em 1976 (subsistema termodinâmico), Silva (2009) realizou o estudo do conforto térmico nas salas de aula da FCT/Unesp/campus de Presidente Prudente/SP. Nele, a cidade de Presidente Prudente apresentou temperaturas efetivas desconfortáveis em relação ao calor, na maior parte dos dias de 2008, sobretudo no período da tarde, demonstrando que as situações “naturais” de desconforto afetam significativamente o local.

A pesquisa demonstrou como os seres humanos se diferenciam fisiologicamente, não havendo consenso entre as sensações térmicas, perante uma determinada temperatura, pois, há sim, diferentes respostas num mesmo horário de

coleta. Além disso, as pessoas podem ter sensações que se diferenciam ao mesmo tempo, como, por exemplo, cômodo e calor, bem estar e muito calor, etc., demonstrando que o conforto térmico é subjetivo e que as respostas humanas podem ser muito diversificadas. (SILVA, 2009, p.116-117).

Nesse sentido, é preciso considerar dados que contribuam para as projeções das edificações, tendo o máximo de cuidado possível com as características climáticas do local para a construção de edificações. Por fim, o conforto térmico pode afetar o desempenho das atividades, tornando necessário que o ambiente seja o mais confortável possível. (SILVA, 2009, p.116-117).

De uma maneira geral, os trabalhos de conforto ambiental e térmico dentro da Geografia são poucos e nos últimos anos está havendo um interesse maior por essa área, principalmente a partir da década de 90, com destaque para as análises voltadas para o conforto térmico do ambiente e como os seres humanos reagem às situações de conforto ou desconforto. Esse tipo de trabalho era mais comum na Arquitetura.

2.3 As contribuições internacionais para os estudos de conforto térmico

No nível internacional, alguns estudos merecem destaque, porque estabelecem relações entre o clima urbano e o conforto térmico, conforme será apresentado a seguir.

Gómez e García (1984), no estudo de clima urbano realizado para Madri/Espanha, concluíram que a cidade cria seu próprio clima, mas também, seu próprio conforto. No caso de Madri, o impacto urbano gerou situações de desconforto extremo, através das ilhas de calor durante o verão. No inverno, as ilhas de calor foram responsáveis por situações de conforto térmico com relação ao frio extremo.

Gómez, Tamarit e Jabaloyes (2001) realizaram um estudo de áreas verdes associado à bioclimatologia e ao conforto térmico humano, para a cidade de Valência/Espanha. O mesmo privilegiou desenvolver procedimentos de estudo de conforto térmico em áreas urbanas com vegetação.

Pellerin e Candas (2002) pesquisaram os efeitos combinados da temperatura e do ruído sobre o desconforto humano. Os resultados mostraram que as mulheres aceitaram melhor os ambientes “barulhentos” do que os homens, apesar de apresentarem maior desconforto com relação às condições térmicas. O ruído foi classificado como o fator mais desagradável, mas a temperatura foi o mais preocupante, quando os indivíduos começaram a experimentar condições térmicas que fugiam da termoneutralidade (25°C). A pesquisa concluiu que ruído e temperatura combinados não afetam os dados fisiológicos.

Emmanuel (2004) pesquisou o conforto térmico e as implicações da urbanização em uma cidade quente e úmida - o caso da região metropolitana de Colombo/Sri Lanka. O estudo analisou as tendências históricas em conforto térmico (temperatura e umidade) e a correlação com mudanças de cobertura vegetal na região. Concluiu que houve uma tendência crescente em desconforto térmico, especialmente à noite, principalmente na área suburbana. O estudo também ressaltou a importância relativa da cobertura do solo no centro da cidade versus áreas rurais.

Skoog, et al. (2004) analisou o ambiente térmico em hospitais suecos. Foram realizadas comparações entre os funcionários e os pacientes que mostraram que existem diferenças de percepção entre ambos os pesquisados. Os pacientes apontam que as condições térmicas desfavoráveis acontecem no inverno, mesmo que as medições físicas tenham apontado temperaturas semelhantes em ambas as estações.

Flor et al. (2005) aplicaram uma metodologia para a avaliação do consumo energético dos edifícios, em relação às condições climáticas exteriores. A pesquisa determinou que o consumo de energia dos edifícios está relacionado a fatores que compõem o clima urbano, tais como cargas de energia solar, o fluxo de padrões de vento e temperatura do ar externo. Assim, melhorias em área urbanas, principalmente no microclima local, têm consequências diretas e indiretas na economia de energia.

Johansson (2005) analisou a influência da geometria urbana no conforto térmico ao ar livre em uma região de clima quente e seco - a cidade de Fez/Marrocos. O estudo contemplou duas áreas na cidade com diferenças altimétricas consideráveis (uma área de vale e outra plana). A pesquisa identificou que na área de vale, em dias quentes, o conforto térmico é bastante considerável em relação à área mais plana, embora, em dias frios, ocorresse uma inversão no padrão observado. Os resultados indicaram que, em clima quente e seco, um design urbano compacto, com vales profundos é preferível. No entanto, como existe uma estação fria em Fez, o desenho urbano deve incluir algumas ruas mais largas ou espaços abertos para que haja a penetração da radiação solar.

Carvalho (2006) realizou o estudo de conforto térmico na cidade do Porto/Portugal, no qual propôs contribuições bioclimáticas para o desenvolvimento sustentável da cidade, a partir de medidas mitigadoras e de adaptação das construções às alterações climáticas.

O estudo de Carvalho (2006) apontou que cabe ao planejamento urbano a criação de alternativas para a diminuição e a otimização do consumo de eletricidade, através de soluções bioclimáticas que possam, por um lado, aliviar a dependência do recurso contínuo a sistemas artificiais de aquecimento e resfriamento e, por outro lado,

contribuir para prevenir o risco bioclimático (desconforto térmico) inerente aos grupos mais vulneráveis da sociedade.

Oliveira e Andrade (2007) realizaram uma avaliação inicial do conforto bioclimático do espaço público ao ar livre para a capital Lisboa/Portugal. Os autores aplicaram uma metodologia que previa a análise da relação entre as condições climáticas e a percepção de conforto bioclimático. A pesquisa foi realizada em duas primaveras, através de questionários. Os resultados mostraram que, ao ar livre, as condições térmicas de conforto podem ser mantidas com relação a temperaturas interiores. E, ainda, que é difícil separar a percepção da real temperatura do ar, pois alguns parâmetros podem influenciar como o vento, que é a variável mais facilmente percebida, principalmente de forma negativa. A percepção do vento depende dos valores extremos, seja a velocidade ou a variabilidade. Mulheres mostraram uma reação negativa mais forte para a alta velocidade de vento que os homens.

Em suma, tanto no nível internacional como no nacional, os estudos são bastante diversificados em relação às variáveis do conforto ambiental estudadas, sendo que o destaque foi dado aos trabalhos que evoluíram o conforto térmico. No geral, os trabalhos buscam o diagnóstico de como o organismo dos seres humanos reagem ao ambiente urbano construído e apontam alternativas de melhor utilização dos materiais construtivos e do uso da energia, na busca de um melhor ambiente habitado.

2.4 As contribuições da bioclimatologia

A bioclimatologia é um ramo da climatologia que se ocupa de estudar as relações dos fenômenos climáticos e biológicos, bem como a atuação do clima sobre os seres humanos. Cartana (2005) complementa dizendo que a bioclimatologia é a interação do ambiente, seus fatores e elementos climáticos, com as sensações dos seres vivos.

O conhecimento bioclimatológico serve para avaliar o ambiente atmosférico, sendo útil no campo do planejamento de prevenção, para conservar e desenvolver o clima como um recurso natural que considera a saúde, o bem-estar e o desempenho dos indivíduos. Para atingir o conhecimento bioclimatológico é necessário atender a uma complexidade de condições de troca de calor que não se restringem somente à temperatura do ar, mas, antes agrupam e relacionam, simultaneamente, informações acerca da ação do vento, da umidade e dos fluxos de radiação solar. (JENDRITZKY, 1993).

Na atualidade, o urbanismo bioclimático está inserido nas concepções do desenvolvimento sustentável, cujo objetivo é melhorar a qualidade de vida das pessoas, aproveitando ao máximo todos os recursos disponíveis e controlando os efeitos negativos/indesejáveis sobre o meio ambiente, em todas as escalas (nos recursos ambientais e energéticos, no clima, nos elementos paisagísticos e socioeconômicos), conforme esclarece Higueiras (2006, p.16).

Higueiras (2006) aponta a bioclimatologia como forma de planejamento para as áreas urbanas, a partir de princípios geradores:

A cada lugar uma planificación mediante

Un trazado viário estructurante que responda a critérios de soleamiento y viento local (jerarquía y sección transversal).

Calles adaptadas a la topografía, buscando las orientaciones óptimas de soleamiento y viento local.

Zonas verdes adecuadas a las necesidades de humedad y evaporación ambiental (en superficie, conexión y especies vegetales apropiadas).

Morfología urbana de manzanas que generen fachadas bien orientadas y adecuada proporción de patios de manzana según el clima.

Parcelación que genere edificios con fachadas y patios bien orientados.

Tipología edificatoria diversa y adecuada a las condiciones del sol y viento del lugar. (HIGUEIRAS, 2006, p.16).

Para Carvalho (2006, p.53) a bioclimatologia humana, dedica-se ao estudo da relação entre elementos climáticos e a saúde e bem-estar das populações de um determinado local. O conhecimento da bioclimatologia pode ser sentido de modo direto, tanto ao perceber a influência da atmosfera no organismo humano, como através do esforço de compreensão dos efeitos indiretos.

Dentre os interesses da bioclimatologia podemos destacar a interação entre os seres humanos e o conforto térmico do ambiente. Pois, em síntese, o conforto térmico envolve a satisfação psicológica e fisiológica de um organismo humano com suas atividades, vestimentas e com o ambiente construído, sem a necessidade da ativação do sistema termorregulação para a manutenção do equilíbrio. Ou seja, o organismo humano está em equilíbrio com a sua temperatura e o ambiente.

A importância do conforto térmico relaciona-se não só com a sensação de conforto das pessoas, mas também, ao seu desempenho no trabalho e à sua saúde. Os limites da sobrevivência, dependendo do tempo de exposição das pessoas às condições térmicas ambientais, definem uma faixa bastante larga de temperatura. Já

os limites da saúde são bem mais estreitos e os de conforto, ainda mais. (RORIZ, 1987).

Roriz (1987 grifo do autor) explica que a condição de conforto é obtida mediante o efeito conjugado e simultâneo de um complexo conjunto de fatores objetivos, destacando os elementos do clima (temperatura do ar, umidade relativa, movimento do ar e radiação) e a vestimenta. E, outros de caráter subjetivo como aclimatação, forma e volume do corpo, cor, metabolismo etc. O efeito conjugado destes parâmetros, quando produz sensações térmicas agradáveis, é denominado *zona de conforto* e seu estudo é de suma importância para o condicionamento térmico natural das edificações ou arquitetura bioclimática.

Nesse sentido, pensando na interação entre seres humanos e o clima, será discutido, na sequência, como o organismo humano reage às condições térmicas impostas pelo meio ambiente, habitado, e as variáveis e índices que compõem o conforto térmico.

2.4.1 Processos térmicos que envolvem o organismo humano (formas de condução de calor e trocas, mecanismo de termorregulação)

Os seres humanos são classificados como homeotérmicos, ou seja, são seres que possuem uma temperatura interna estável, em torno de 37°C, e com limites um tanto rígidos, entre 36,1 e 37,2°C, sendo 32°C o limite mínimo e 42°C o limite máximo para vida, em caso de enfermidade.

O organismo dos homeotérmicos pode ser comparado a uma máquina térmica. A energia térmica produzida pelo organismo humano advém de reações químicas internas, sendo a mais importante a combinação do carbono, introduzido no organismo sob a forma de alimentos, com o oxigênio, extraído do ar pela respiração. (FROTA e SCHIFFER, 2003, p.19).

Frota e Schiffer (2003) esclarecem que o organismo humano experimenta sensação de conforto térmico quando não necessita recorrer a nenhum mecanismo de termorregulação (reação ao frio – arrepios – e reação ao calor – suor) e quando o calor produzido pelo metabolismo está compatível com a atividade desenvolvida.

O que mantém o equilíbrio térmico, dos ganhos e perdas de calor do corpo humano, é o aparelho termorregulador. A termorregulação é um mecanismo natural do organismo, mas a sua ativação representa um esforço extra, por conseguinte, uma queda de potencialidade de trabalho.

A termorregulação ocorre através de dois processos: quando há ganho de calor (reação ao calor) e quando há perda de calor (reação ao frio) pelo organismo.

A reação ao calor ocorre quando as condições ambientais não proporcionam perdas de calor necessárias para a manutenção de sua temperatura interna constante. O organismo reage através do sistema nervoso simpático¹⁶, que proporciona condições de troca de calor mais intensa entre o organismo e o ambiente, reduzindo as combustões internas. As perdas de calor ocorrem através da vasodilatação e da exsudação.

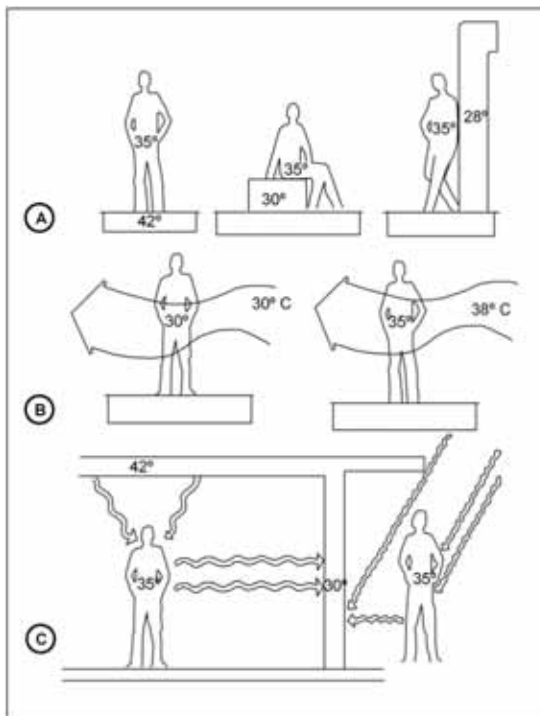
A reação ao frio ocorre quando as condições ambientais proporcionam perdas de calor do corpo além das necessárias para a manutenção de sua temperatura interna constante. O organismo reage através do sistema nervoso simpático, que busca reduzir as perdas e aumentar as combustões internas. A redução de trocas térmicas entre o indivíduo e o ambiente faz-se através do aumento da resistência térmica da pele, por meio da vasoconstrição, do arrepio, do tiritar.

Esses dois processos compõem os mecanismos de trocas térmicas entre o corpo e o ambiente. Os mecanismos de troca envolvem as trocas secas e úmidas. Todos esses processos de termorregulação acontecem através da pele. A pele é o principal órgão termorregulador do organismo humano. A temperatura da pele é regulada pelo fluxo sanguíneo interno, assim, quanto mais intenso o fluxo, mais elevada sua temperatura.

As trocas úmidas ocorrem através da evaporação, em que o calor perdido para o ambiente é denominado calor latente e envolve mudança de estado de agregação, ou seja, o suor em estado líquido passa para o estado gasoso, vapor, através da evaporação.

As trocas secas acontecem quando o calor perdido para o ambiente é através da condução, convecção e da radiação (Figura 1). Esse calor é denominado calor sensível e é função das trocas de temperatura entre o corpo e o ambiente.

⁴ Sistema Nervoso Simpático - um sistema de excitação, que ajusta o organismo para suportar situações de perigo, esforço intenso, *stress* físico e psíquico. Ele atua ao nível dos diferentes aparelhos do organismo, desencadeando alterações diversas. São exemplos da sua ação a dilatação pupilar, taquicardia (aumento da frequência cardíaca), intensificação da liberação da glicose armazenada no fígado, diminuição dos movimentos peristálticos intestinais, vasoconstrição da pele e eriçamento dos pelos e cabelos.



Legenda:

- A – Transferência de calor por Condução
- B – Transferência de calor por Convecção
- C – Transferência de calor por Irradiação

Figura 1 – Trocas secas de calor entre o corpo humano e o ambiente
 Fonte: (GONZÁLEZ 1986, p.46,48,49 apud CARVALHO 2006, p.57)

De acordo com Frota e Schiffer (2003), ao sentir desconforto térmico, o primeiro mecanismo fisiológico a ser ativado é a regulação vasomotora do fluxo sanguíneo da camada periférica do corpo, a camada subcutânea, por meio da vasodilatação ou vasoconstrição. Também pode ocorrer a transpiração ativa, quando as perdas por convecção e radiação, somadas às perdas por perspiração insensível são inferiores às perdas necessárias à termorregulação. A transpiração ativa ocorre por meio das glândulas sudoríparas.

Associado ao papel da termorregulação realizada pela pele, o organismo humano pode contar com auxílio das vestimentas para manter o conforto térmico do corpo em relação ao ambiente.

Frota e Schiffer (op.cit.) esclarecem que a vestimenta representa uma barreira para as trocas de calor por convecção. A camada de ar que forma entre o corpo e a vestimenta dificulta as trocas por convecção e radiação, funcionando como um isolante térmico, pois mantém, junto ao corpo, uma camada de ar mais aquecido ou menos aquecido, conforme seja mais ou menos isolante, de acordo com o ajuste ao corpo e conforme a porção de corpo que cobre.

Por fim, as exigências humanas de conforto térmico estão relacionadas diretamente com o funcionamento de seu organismo. O homem precisa liberar e/ou armazenar calor em quantidade suficiente para que sua condição de homeotermia seja garantida.

2.4.2 O conceito e as variáveis condicionantes do conforto térmico (fisiológicas, ambientais e subjetivas).

Existem várias definições para o conceito de conforto térmico. De acordo com a ABNT (1998, p.9), conforto térmico seria (...) “a satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente”. Para ASHRAE¹⁷ (1981) “estado mental que expressa satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa”. Vecchia (1997) afirma que (...) “há conforto térmico quando para uma atividade sedentária e uma dada indumentária, os sistemas termorreguladores não precisam intervir na adequação do equilíbrio ou do balanço térmico do organismo”. Ayoade (1986) esclarece como sendo a temperatura fisiológica de um organismo humano.

Os índices de conforto estão ligados a diversas variáveis, como individuais ou fisiológicas, ambientais e subjetivas (psicológicas).

Conforme esclarece Carvalho (2006) as variáveis individuais ou fisiológicas podem ser resumidas em:

- ✓ Hábitos alimentares - afetam o metabolismo e justificam as diferenças de dieta entre diferentes áreas geográficas;
- ✓ A idade – quanto mais idosa for uma pessoa maior a preferência por ambientes mais aquecidos;
- ✓ O sexo – as mulheres apresentam um metabolismo inferior ao dos homens, ou seja, produz menos calor, o que conduz a preferências, em termos médios, por ambientes um pouco mais aquecidos;
- ✓ A forma do corpo – a relação entre volume e superfície influencia na preferência térmica;
- ✓ A gordura do corpo – funciona como um isolante térmico;
- ✓ O estado de saúde – uma pessoa doente pode ter os seus limites de conforto muito estreitos;
- ✓ O vestuário – responsável pela alteração das trocas térmicas;
- ✓ Aclimatização dos indivíduos – o tempo de permanência do ser humano num determinado contexto climático tende a que este produza hábitos e alterações metabólicas (quantidade de sangue e de suor) enquanto respostas de adaptação térmica.

¹⁷ ASHRAE - American Society of Heating Refrigeration and Air conditioning

Para Carvalho (2006) as variáveis mais simples de pesquisar são o metabolismo e a vestimenta.

O organismo humano ganha energia através do metabolismo (...) “processo de produção de energia interna a partir de elementos combustíveis orgânicos” (FROTA e SCHIFFER, 2003, p.19). Cerca de 20% dessa energia é transformada em potencialidade de trabalho, os 80% restantes transformam-se em calor, que deve ser dissipado para que o organismo se mantenha em equilíbrio (FROTA e SCHIFFER, 2003).

Cada atividade desenvolvida consome uma quantidade de energia proveniente do metabolismo. A liberação de calor pelo organismo humano dependerá da intensidade e do tempo que uma determinada tarefa exige. Assim, quanto maior o esforço despendido, maiores serão as necessidades de perda de calor para que o corpo consiga manter a sua temperatura constante, sob pena de ocorrer um aumento progressivo que poderia ser fatal (CARVALHO, 2006).

A tabela 1 mostra a quantidade de energia metabólica consumida em diversas atividades.

Tabela 1 - Energia consumida em diversas atividades realizadas

Atividade	Watt (w)
Dormindo	70 (mínimo)
Sentado, movimentos moderados (Ex: digitalização)	130-160
Em pé, trabalho livre	160-190
Sentado, com braços e pernas em movimento	190-230
Em pé, trabalho moderado, às vezes andando	220-290
Andando, levantando ou empurrando pesos moderados	290-410
Carregando pesos pesados mais intermitentemente	440-580
Trabalho pesado	580-700
Trabalho muito pesado (30 minutos de duração)	1100 (máximo)

Fonte – Adaptado de Koenigsberger (1977)

A vestimenta constitui um segundo elemento que integra a componente das variáveis humanas do conforto térmico, pois constitui uma resistência térmica entre ambiente e corpo humano, ou seja, representa uma barreira para as trocas de calor por convecção, segundo Lamberts (2005).

Para Ayoade (1980) o objetivo do vestuário é proteger o homem contra os elementos do clima e melhorar o seu grau de conforto fisiológico, sendo a moda e a necessidade de pudor fatores secundários.

A unidade de medida do vestuário que permite quantificar a resistência térmica perante o ambiente é o *clo*. A palavra deriva do inglês *clothes* (vestimenta), podendo ser apresentada através da seguinte equivalência: $1\text{ clo} = 0.155\text{ m}^2\text{K/W}$.

A tabela 2 demonstra o tipo de vestimenta e a sua resistência térmica.

Tabela 2 – Resistências térmicas de diferentes tipos de vestimentas.

VESTIMENTAS	RESISTÊNCIA TÉRMICA (clo)
Meia Fina	0,03
Meia Grossa	0,05
Cuecas femininas e sutiã	0,03
Cuecas	0,03
Camisa	0,12
Camisa de manga curta	0,15
Camisa fina de manga comprida	0,20
Camisa manga comprida	0,25
Camisa flanela de manga comprida	0,30
Blusa com mangas compridas	0,15
Saia Grossa	0,25
Vestido Leve	0,15
Vestido grosso de manga comprida	0,40
Jaqueta	0,35
Calça Fina	0,20
Calça Média	0,25
Calça de flanela	0,28
Sapatos	0,04

Fonte: Adaptado de Lamberts et. all. (2005, p.8)

Para exemplificar, observa-se a figura 2 sobre a resistência térmica de algumas vestimentas. Assim, 1,0 clo equivale a um pessoa com o corpo totalmente vestido.

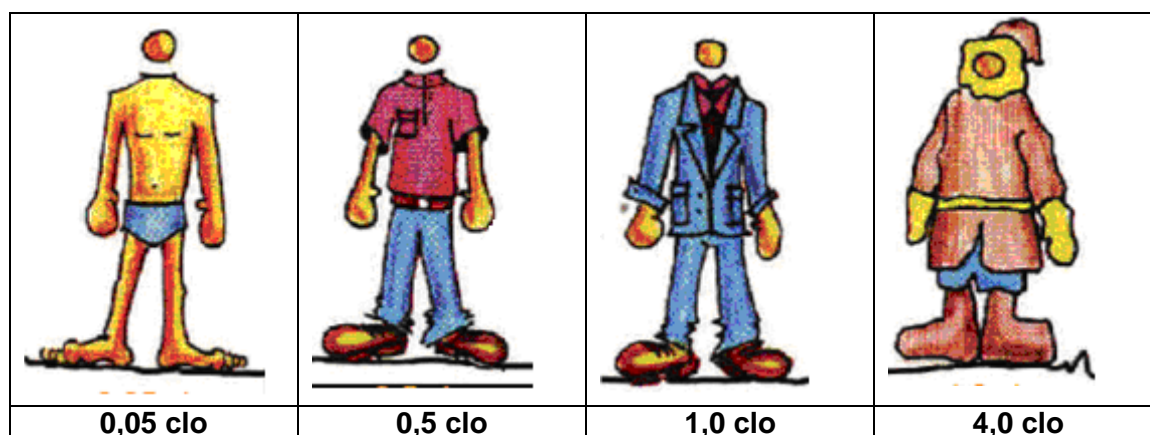


Figura 2 - Resistência térmica de algumas vestimentas

Fonte: Adaptado de Carvalho (2006, p.63)

De acordo com Frota e Schiffer (2003), compõem as variáveis ambientais do conforto térmico a temperatura, a umidade, a velocidade do ar e a radiação solar incidente. Agregam-se a estas variáveis: precipitação, vegetação, permeabilidade do solo, águas superficiais e subterrâneas, morfologia do relevo, entre outras características locais que podem ser alteradas pela presença humana.

As variáveis subjetivas devem fazer parte de um estudo que envolva o conforto térmico do ambiente. “A componente subjetiva do conforto térmico é inerente a cada indivíduo, dependendo das expectativas que cada um deposita em relação às condições ambientais” (CARVALHO, 2006, p.66).

As expectativas individuais e, até mesmo, as coletivas podem variar, dependendo do tipo de clima local e a época do ano (estações do ano). Decorrem daí diversas frases exclamativas do nosso cotidiano como: “Está frio, hoje!”, “Este verão é o mais quente de todos!”, “Como está frio, este ano!”, etc.

Os aspectos psicológicos do conforto térmico desempenham, portanto, um papel muito importante na definição da sensação de conforto ou desconforto de uma pessoa e/ou grupo.

Outro fator que pode influenciar é a experiência vivida pelo indivíduo. Nikolopoulou et. all. (2003, p.97) afirmam que “diferentes pessoas percebem o ambiente de modos distintos e as respostas humanas aos estímulos físicos não dependem diretamente da sua magnitude, mas da informação que as pessoas possuem, em particular, de uma situação”.

Associado a isso está o tempo de exposição do indivíduo às condições do ambiente, que podem causar sensações de conforto ou desconforto. Por exemplo, em uma tarde de calor acima de 32°C, um indivíduo andando pela rua, ao entrar em um local com ar condicionado, irá sentir-se “aliviado”, numa situação de conforto. E ainda, a situação de conforto ou desconforto em um ambiente irá determinar o tempo de permanência do indivíduo nesse local, pois, locais desconfortáveis fazem com que a pessoa procure sair o mais rápido possível.

Nesse sentido, as condições de conforto térmico são definidas pela atividade desenvolvida pelo indivíduo, por sua vestimenta, e pelas condições do ambiente habitado, que vão proporcionar as trocas de calor entre o corpo e o ambiente. Além disso, devem ser consideradas outras variáveis como: sexo, idade, biótipo, hábitos alimentares, etc.

2.4.3 Os índices (biofísicos, fisiológicos e subjetivos) que compõem o conforto térmico.

O conhecimento do conforto térmico pressupõe a análise das variáveis que o compõe. Para Bogo et al (1994, p.14) o início do entendimento do conforto térmico é a definição de “modelos de conforto térmico” que procuram montar uma estrutura teórica acerca das variáveis envolvidas no estudo.

Com a finalidade de quantificar o comportamento humano ante o ambiente térmico, de acordo com o modelo teórico em estudo, são definidos índices que expressam esta relação de causa e efeito, com a utilização de valores numéricos representativos do fenômeno. (BOGO et al, 1994, p.14)

Os índices de conforto térmico podem ser classificados em três, de acordo com o modelo teórico, sendo:

- ✓ Índices biofísicos – que se baseiam nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, correlacionando os elementos do conforto com as trocas de calor que dão origem a esses elementos;
- ✓ Índices fisiológicos – que se baseiam nas reações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura seca do ar, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar;
- ✓ Índices subjetivos – que se baseiam nas sensações subjetivas de conforto experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam.

Bogo et al (1994) faz uma explicação de como os índices de conforto térmico são determinados:

Para a definição de alguns desses índices são utilizadas ESCALAS DE CONFORTO que podem ser semânticas ou numéricas, montadas em termos de sensações subjetivas graduadas por conforto e desconforto térmico, relacionando-se tais graduações com os parâmetros físicos de estímulos.

Com base nos índices, estabelecem-se as ZONAS DE CONFORTO TÉRMICO delimitadas graficamente sobre diversos tipos de nomogramas ou através de cartas e diagramas que delimitam os parâmetros físicos e definem o domínio do qual se estabelecem as ditas zonas de conforto térmico.

Com base nas zonas de conforto térmico e elementos de previsão de comportamento térmico das edificações são definidas as CARTAS BIOCLIMÁTICAS, onde se associam três informações:

O comportamento climático do entorno;

A previsão de estratégias indicadas para a correção desse comportamento climático por meio do desempenho esperado na edificação;

A zona de conforto. (BOGO, et al. 1994, p.15)

Complementando Bogo et al (1994), Frota e Schiffer (2003) acrescentam que os índices de conforto térmico procuram englobar, num parâmetro, o efeito conjunto das seguintes variáveis: atividade, vestimenta, condições do ambiente, etc.. E, em geral, esses índices são desenvolvidos fixando um tipo de atividade e a vestimenta utilizada pelo indivíduo.

A utilização de índices para avaliar a situação de conforto de uma determinada área/localidade, seja aberta ou fechada, não é recente e existem estudos e aplicações em diversas partes do globo terrestre, o que inclui o “mundo” tropical. Bogo et al. (1994, p.16) elencou historicamente, em seu estudo, alguns trabalhos sobre a aplicação de escalas ou índices de conforto no ambiente tropical, conforme exposto no quadro 1:

Quadro 1: Alguns trabalhos sobre conforto térmico elencados por Bogo et al (1994)

AUTOR	ANO	DESCRIÇÃO
GROCOTT	1948	Usou a temperatura efetiva para estudar os limites máximos de conforto em casas de propriedade da Companhia de Óleo Anglo-Iraniana.
MOOKERJEE e MURGAI	1952	Usou a temperatura efetiva para determinação da zona de conforto para indianos, no verão.
ELLIS	1953	Usou a temperatura efetiva para examinar o conforto térmico em navios de guerra e encontrou várias diferenças de conforto entre europeus e asiáticos habitantes em Singapura.
NEWLING	1954	Em Singapura, através da Unidade de Pesquisa Tropical, construiu o “homem de metal” para examinar o efeito da temperatura radiante média.
AMBLER	1955	Concluiu que a temperatura efetiva era um bom índice de conforto para europeus morando na Nigéria.
YAGLOU e MINARD	1957	Idealizaram um índice simples conhecido como índice e bulbo úmido e termômetro de globo, para o controle de perdas (baixas) de soldados por calor no Centro de Treinamento Militar dos USA; este inclui os efeitos da radiação solar e da terra, temperatura do ar, umidade e velocidade do vento. (Este índice é adotado pela NR15 do Ministério do Trabalho no Brasil, para avaliação de ambientes de trabalho).

Fonte: Adaptado de Bogo et al. 1994, p.15 a 20.

A escolha de um índice de conforto deve levar em consideração a atividade desenvolvida pelo indivíduo, em um determinado ambiente.

Para o caso de um país tropical como o Brasil, existem vários índices que podem ser utilizados, dentre eles estão: as Cartas Bioclimáticas de: Olgay (1963 e 1968), Givoni (1962 e 1992) e as Temperaturas Efetivas de: Yaglou e Houghthen; Temperatura Efetiva Corrigida, de Vernon e Warner; Índice de Conforto Equatorial ou

Índice de Cingapura, de Webb e, ainda, o Índice de Temperatura Efetiva de Thom (Frota e Schiffer, 2005).

Em 1963, Olgay foi o primeiro pesquisador a relacionar, de forma gráfica, o clima e o conforto. Ele desenvolveu um modelo de gráfico em que a temperatura de bulbo seco se apresenta no eixo das ordenadas e a umidade relativa do ar, no eixo das abscissas. A região delineada no centro da carta apresenta a zona de conforto, onde as condições de temperatura e umidade estão dentro de padrões fisiológicos aceitáveis considerando atividade sedentária e nível de vestimenta em 1Clo. É considerado um índice biofísico.

Como estratégias de controle climático, a carta bioclimática de OLGAY (Figura 3) apresenta para períodos de calor - ventilação, sombreamento e resfriamento evaporativo; já para períodos de frio - irradiação solar.

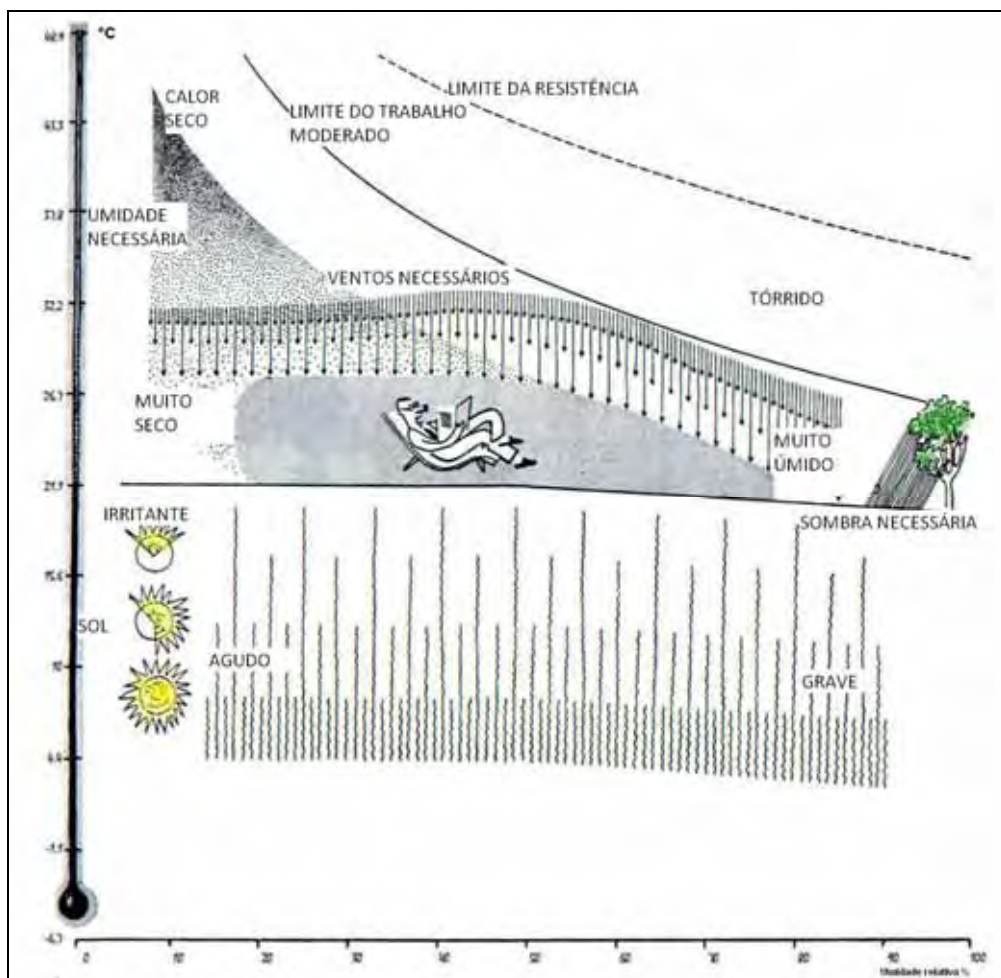


Figura 3 - Campos inter-relacionados do Equilíbrio Bioclimático.
Fonte: Adaptado de Olgay (1963).

E ainda, qualquer condição climática definida por sua temperatura e umidade pode ser localizada sobre a carta. Se o ponto descrito se localizar dentro dos limites definidos pela área de conforto, nenhuma medida corretiva será tomada. No entanto, se o ponto estiver fora dos limites definidos pela área de conforto, a carta indicará qual medida, e em que proporção, deverá ser tomada para o alcance do estado de conforto (Figura 4).

A carta bioclimática de Givoni (1969) foi idealizada para edifícios para corrigir as limitações do diagrama bioclimático idealizado por Olgay (1963). A principal diferença entre estes dois sistemas é que o diagrama de Olgay (1963) é desenhado entre dois eixos, sendo o eixo vertical o das temperaturas (secas) e o eixo horizontal o das umidades relativas, enquanto que a carta de Givoni é traçada sobre uma carta psicrométrica convencional.

Em 1992, Givoni, propôs uma atualização da Carta Bioclimática de 1969. Na atualização foram demarcadas diferentes limites para regiões de climas temperados e regiões de climas quentes. A carta também sugere limites das condições climáticas dentro das quais várias estratégias de projeto de edifícios e sistemas de resfriamento natural podem garantir conforto térmico interno.

A Temperatura Efetiva, de Yaglow e Houghten, de 1923, foi determinada pela interação entre as sensações de conforto e as condições de temperatura, umidade e velocidade do ar. Em 1932, Vernon e Warner apresentaram uma proposta de correção para o índice de Temperatura Efetiva. É um índice subjetivo. (Figura 4)

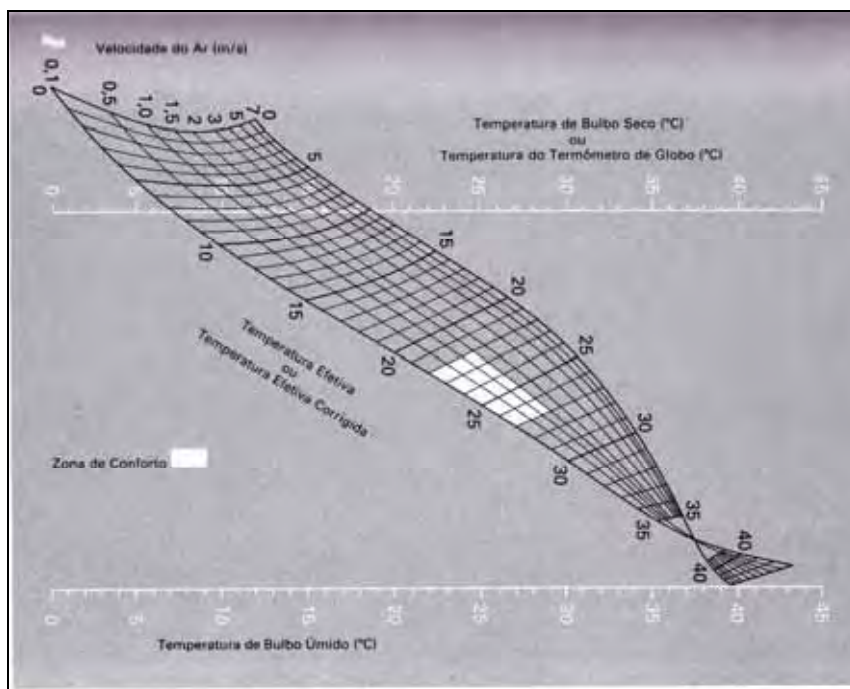


Figura 4 – Nomograma de Temperatura Efetiva para pessoas normalmente vestidas, em trabalho leve.

Fonte: Adaptado de Koenigsberger (1977)

O índice de Temperatura Efetiva proposto por Thom, em 1959, tem como base as características fisiológicas, a temperatura e a umidade relativa para determinar a zona de conforto estabelecida, entre 18,9°C e 25,6°C.

Dentre os índices, cabe destaque, o de Fanger (1970) proposto para ambientes fechados e sem climatização artificial. Fanger trabalhou com o efeito da movimentação do ar como alternativa para o resfriamento local e associou ao tipo de vestimenta, a temperatura do ar e radiante, a umidade relativa e a atividade realizada pelos indivíduos ocupantes do recinto. Em 1981 seu índice foi incorporado na carta de conforto da ASHRAE.

Além dos índices e cartas de conforto existem as normas técnicas como: a ISO – 7730 (1984) que adota como base as pesquisas de Fanger e recomenda que em espaços com ocupação humana o PPD (Predicted percentage of dissatisfied) deve ser menor que 10%, o que corresponde a uma faixa de variação do PMV (Predicted Mean Vote) entre -0,5 a +0,5; e a ISO – 7726 (1985) que especifica as características mínimas de equipamentos para medição das quantidades físicas que caracterizam um ambiente e os métodos para medir estas quantidades. Não define o índice global de conforto ou stress térmico, mas simplesmente padroniza o processo de registros. Pode ser aplicado ao estudo de conforto de ambientes quentes ou frios para a ocupação humana.

2.5 As contribuições do clima local, dos elementos geocológicos e geourbanos ao conforto térmico

2.5.1 A interação do clima local com a arquitetura e o conforto térmico

Neste item serão tecidas considerações sobre o conceito de clima, os fatores que o compõe e a sua interação com a arquitetura, principalmente no que se refere às construções em área de clima quente (tropical), como Presidente Prudente.

O conhecimento climático é algo muito antigo e remonta aos primórdios da humanidade. Os primeiros registros climáticos são incipientes e estão ligados a deuses mitológicos, como o trovão, o raio, a chuva, etc. Com o desenvolvimento dos seres humanos, os fenômenos atmosféricos começaram a ser desvendados, transformando o caráter de divindade num caráter mais “científico”, dando origem aos primeiros estudos da atmosfera. (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

É possível dizer que a consciência climática dos seres humanos surge a partir da sua capacidade de percepção, de olhar para o céu e determinar como a atmosfera se comporta ou irá se comportar. (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, op.cit).

Os seres humanos estão intimamente ligados ao clima, porém, a capacidade do homem em “controlar” o clima e o tempo atmosférico ainda está limitada na escala do local, principalmente nas áreas urbanas onde o impacto sobre o clima é maior.

Nesse sentido, ao se construir edificações, estas devem adequar-se ao clima local para propiciar ao homem situações de conforto. Tais situações estão diretamente ligadas ao tipo de arquitetura empregada, que deve sempre proporcionar ambientes agradáveis e amenizar as sensações de desconforto, como muito calor ou frio e, também, propiciar ambientes internos confortáveis e similares ao ar livre, quando conveniente.

De acordo com Frota e Schiffer (2003), dentre as variáveis climáticas que caracterizam uma região, podem-se distinguir as que mais interferem no desempenho térmico dos espaços construídos, como a oscilação diária e anual da temperatura e umidade do ar, a quantidade de radiação solar incidente, o grau de nebulosidade do céu, a época do ano (estações), a direção e a velocidade dos ventos e índices pluviométricos.

Frota e Schiffer (op.cit.) concluem que os elementos climáticos e os seus valores se alteram nos distintos locais do planeta.

Desta forma, para que haja uma adequação da arquitetura ao clima local é preciso entender como esses elementos e fatores agem na superfície terrestre. Por exemplo, em regiões de clima tropical como o Brasil, a arquitetura deve contribuir para diminuir a diferença entre as temperaturas externas e internas do ar.

Um desempenho térmico satisfatório da arquitetura, com a utilização apenas de recursos naturais, pode não ser possível em condições climáticas muito rígidas. Mesmo nesses casos devem-se procurar propostas que maximizem o desempenho térmico natural, pois, assim, pode-se reduzir a potência necessária dos equipamentos de refrigeração ou aquecimento, visto que a quantidade de calor a ser retirada ou fornecida ao ambiente resultará menor. (FROTA E SCHIFFER, 2003, p.66)

Do ponto de vista do desempenho térmico na arquitetura, existem dois grupos distintos de climas quentes: seco e úmido. A cidade de Presidente Prudente, de acordo com a arquitetura, enquadra-se no tipo climático quente e úmido, como se observa na tabela 3.

Tabela 3 – Classificação climática de acordo com a Arquitetura

Quente úmido	Quente:	Superúmido úmido Semi-úmido
	Subquente:	úmido semi-úmido
Quente seco	Quente:	Semi-árido brando Semi-árido mediano a muito forte
	Subquente	Semi-árido brando

Fonte: Adaptado de Frota e Schiffer, 2003, p.67

Frota e Schiffer (2003) apontam algumas considerações sobre regiões de clima quente e úmido em relação à arquitetura e o meio urbano, que são:

- I. A variação noturna não é tão significativa que provoque frio, mas suficiente para provocar alívio térmico, sendo a ventilação noturna bastante desejável;
- II. Prever aberturas suficientemente grandes para permitir a ventilação nas horas do dia em que a temperatura externa está mais baixa que a interna;
- III. Devem-se proteger as aberturas da radiação solar direta, mas não fazer destas proteções obstáculos aos ventos;
- IV. As construções não devem ter uma inércia muito grande, pois isto dificulta a retirada de calor interno armazenado durante o dia, prejudicando o resfriamento da construção quando a temperatura externa noturna está mais agradável que internamente;
- V. A inércia dos materiais deve ser de média a leve, porém com elementos isolantes nos vedos, para impedir que grande parte do calor da radiação solar recebida pelos vedos atravesse a construção e gere calor interno em demasia.
- VI. A cobertura deve seguir o mesmo tratamento dos vedos, ser de material com inércia média, mas com elementos isolantes, ou espaço de ar ventilados, os quais têm como características retirar o calor que atravessa as telhas que, deste modo, não penetrará nos ambientes;
- VII. A vegetação não deve impedir a passagem dos ventos, o que dará limitações quanto à altura mínima das copas, de modo a produzirem sombra, mas não servir como barreiras à circulação do ar. E ainda, a

vegetação tem importância para criar caminhos sombreados para o pedestre;

- VIII. Com relação às edificações nos lotes urbanos, elas devem estar dispostas de modo a permitir que a ventilação atinja todos os edifícios e possibilite a ventilação cruzada nos seus interiores;
- IX. As ruas que estiverem localizadas perpendicularmente à direção dos ventos dominantes devem ter dimensões maiores, para evitar que construções situadas em lados opostos das ruas funcionem como obstáculos aos ventos;
- X. O arranjo espacial nas quadras deve incluir preocupações quanto às distâncias entre as edificações para não agirem como barreiras ao vento;
- XI. Os revestimentos do solo devem ser de materiais que não armazenem calor, pois à noite, o calor armazenado, ao ser devolvido para o ar, vai tanto para o interior como para o exterior das edificações.

Com base nessas considerações é possível estabelecer uma interação entre o clima e a arquitetura, a qual deve ser considerada antes da construção de qualquer tipo de edificação, a fim de gerar condições essenciais de conforto ambiental para os habitantes.

Por fim, para viver confortavelmente, é preciso observar o clima, pois este determina parcialmente o tipo de construção adequada à moradia. Em áreas de clima quente e úmido (zona tropical) as casas devem ser seguras, duráveis e capazes de suportar a pressão do clima (altas temperaturas e elevados índices de precipitação).

2.5.2 A influência dos elementos geourbanos e geoecológicos nas condições climáticas locais e de conforto térmico

Os elementos geourbanos (uso, ocupação do solo e densidade de edificações) e geoecológicos (morfologia do relevo, vegetação e hidrografia) que compõem o meio urbano influenciam diretamente nas condições climáticas locais e, por consequência, nas condições de conforto térmico do ambiente edificado.

A caracterização do uso e ocupação do solo faz-se necessária para a compreensão da sua densidade e qual a sua destinação. As composições das edificações, a localização intraurbana da edificação e a intensidade das atividades humanas constituem um mosaico de situações responsáveis por uma diversidade de

condições microclimáticas distintas. Conseqüentemente, cada parte da cidade é diferente em termos de desempenho térmico. (GOLANY, 1996, p.461)

Associada ao uso e ocupação do solo tem-se a densidade de ocupação. Para Carvalho (2006, p. 122) “a densidade de ocupação pode ser entendida como a relação entre o número de edifícios construídos e a área total onde eles se encontram instalados”.

Complementarmente, Serra (1989) aponta que a maior ou menor densidade de um local pode modificar as condições do ambiente natural, referindo que os locais de densidade superior tende a apresentar menores capacidades de ventilação, assim como inferiores ganhos solares.

O detalhamento prévio das diferenças do sítio e do uso do solo urbano é de extrema importância para o entendimento da formação do clima, derivado dos diferentes arranjos espaciais da cidade. A formação de condições climáticas intraurbanas é resultado diretamente da heterogeneidade, tanto do sítio, quanto da estruturação, morfologia e funcionalidades urbanas. Dessa forma, a cidade não deve ser vista como um todo, mas sim com diferentes níveis de vida intraurbana, diferentes funcionalidades e especificidades do sítio (MENDONÇA, 2003).

Nesse sentido a identificação bem detalhada dos diferentes espaços intraurbanos é de grande importância para auxiliar na definição dos fatores causadores da diferenciação climática do ambiente urbano e também de situações de conforto térmico.

O estudo dos fatores morfológicos (relevo) para as condições climáticas do ambiente urbano deve-se ater a uma análise dos aspectos relacionados à *posição*, *declividades* (altitude – topos e fundos de vale) e *orientação das vertentes*. Esses aspectos são de extrema importância para a definição do deslocamento e velocidade do vento, bem como, nos valores de temperatura e índices de umidade, que são extremamente importantes para as condições de conforto térmico.

Os ventos resultam da diferença de temperatura e pressão na superfície terrestre e tendem a se deslocar das áreas de alta pressão para as de baixa pressão, e o relevo tem o papel de maximizar ou minimizar os seus efeitos.

A ação do vento somada à altitude deve ser levada em consideração no momento de se construir uma edificação (habitações de um ou mais pavimentos), pois poderá ser necessário adotar medidas de proteção ao vento e ainda, podendo contribuir para a ventilação natural, diminuindo a utilização de resfriamento artificial na área interna da edificação.

No geral, as condições da morfologia influenciam diretamente na ventilação de uma edificação, dependendo da velocidade e incidência dos ventos nos períodos

do dia. O momento em que os fluxos ocorrem pode também originar sensações de conforto muito distintas. Se a ventilação é realizada durante o dia podem produzir-se pequenos efeitos no interior de habitações protegidas da radiação solar, sendo a sua principal preocupação a de realçar o conforto dos ocupantes, este tipo de ventilação é designado por “*Ventilação de conforto*”. Se a ventilação ocorrer durante a noite, no caso da construção ser mantida fechada e sem ventilação durante as horas do dia, pode fazer baixar significativamente as temperaturas interiores, sendo designada por “*Ventilação noturna*”. (GIVONI, 1998).

Os *declives* e a *orientação das vertentes* assumem uma importância preponderante para o estudo das condições de radiação solar. Os *declives* constituem o ângulo de inclinação de um terreno, enquanto que a *orientação* de uma *vertente* é entendida como a direção que tal inclinação se encontra virada. (CARVALHO, 2006, grifo do autor).

Esses fatores merecem uma importância especial, por parte do poder público, planejadores e construtores, tendo como função ressaltar um investimento em medidas concretas de reforço nas necessidades de aquecimento e ou resfriamento no interior das edificações.

Nas cidades, de maneira geral, as áreas de fundo de vale tendem a apresentar menores temperaturas em relação às áreas de topos. Na maioria das vezes, os fundos de vales apresentam maior quantidade de vegetação e a existência de cursos d'água, que contribuem para o processo de evapotranspiração, minimizando a temperatura e contribuindo para a elevação da umidade relativa do ar. Essas diferenças térmicas e higrométricas acentuam-se durante a noite, principalmente porque nas cidades as áreas de topos possuem como cobertura predominante do solo o asfalto e o concreto, que emitem para a atmosfera o calor armazenado durante o dia.

As vertentes também apresentam papel importante na função da temperatura e umidade, devido à exposição ao sol durante o dia e até mesmo durante as diferentes estações do ano, favorecendo tanto o aparecimento de áreas mais aquecidas e secas, como mais frias e mais úmidas.

Com relação ao ambiente urbano, diversos estudos de clima urbano têm demonstrado a importância da orientação das vertentes na geração de anomalias térmicas e higrométricas. Para tal, seguem alguns exemplos.

Amorim (2000) esclarece que numa cidade de médio porte como Presidente Prudente, no inverno e durante a manhã, as vertentes sul estiveram entre as temperaturas mais baixas, enquanto as voltadas para o norte foram as mais aquecidas. No verão, a vertente norte e a sul tiveram temperaturas muito parecidas,

ambas dentre as mais quentes. Nesta estação ficou evidenciado que as características de ocupação do solo foram responsáveis por essa semelhança, já que no inverno a vertente sul recebeu menor incidência direta dos raios solares, no início da manhã, o que fez com que ficasse entre os pontos com menor temperatura e maior umidade relativa, principalmente pela grande densidade de vegetação presente nesse ponto. No verão, porém, a vertente sul, por receber quantidade significativa de radiação neste horário, associou-se a outros pontos de temperaturas mais elevadas, com grande densidade de construções.

Mendonça (2003) diagnosticou a influência do relevo e da exposição das vertentes no clima urbano de Londrina/PR, sendo que os locais mais aquecidos coincidiram com os mais elevados e de orientação de vertentes de leste, norte e oeste. As áreas menos elevadas e de exposição genérica ao sul apresentaram-se como aquelas menos aquecidas.

Em estudo realizado em uma cidade de pequeno porte, Teodoro Sampaio, Viana (2006) demonstrou que a altitude e a exposição de vertentes se mostraram com pouca ou nenhuma influência, devido à pequena diferença altimétrica entre os pontos de coleta e a cidade estar praticamente implantada na mesma vertente do Rio Paranapanema.

De acordo com Mendonça (2007), no hemisfério sul, as vertentes mais aquecidas são aquelas voltadas para o norte, pois o Sol permanece sempre no horizonte norte, deixando à sombra as vertentes voltadas para o horizonte sul.

No interior de uma cidade, a vegetação pode assumir várias funções, desde a destinada ao lazer até a função ambiental, como melhorias nas condições de conforto térmico. A vegetação, em vários portes e tipos, pode renovar a artificialidade criada pela compactação da cidade, geradora de contextos climáticos diferenciados, diminuindo os efeitos da “ilha de calor urbana” e, por consequência, diminuindo o desconforto térmico.

“A vegetação é um elemento estimável como purificador da atmosfera urbana, realizando esta função quer através da fixação das poeiras e gases tóxicos de forma mecânica e por efeitos eletrostáticos, quer pela função clorofílica, através da qual absorve dióxido de carbono e emite oxigênio e ozônio”. (MADUREIRA, 2003, 143).

Complementando, Higueiras (1997) enumera vários benefícios da vegetação no meio urbano:

- 1) Sob a forma de extensas ramificações, de pequenos arbustos ou de plantas rasteiras, a vegetação necessita consumir água. Esta característica permite retirar outras vantagens, ao permitir a infiltração nos solos, contribuindo como um meio de aumentar as reservas de água subterrânea. Como consequência da sua regulação hídrica, as plantas transportam água das suas raízes até suas folhas, através das quais possibilitam um processo de transpiração;
- 2) Elevação da umidade do ar através da transpiração, que elimina água para a atmosfera. A quantidade de água liberada para a atmosfera, por parte das plantas, depende da espécie vegetal e dos tipos de folhas.
- 3) Contribuem para a diminuição da temperatura do ar local e, dependendo da sua densidade, as árvores formam e agem como “abrigos” aos raios solares, constituindo verdadeiras barreiras entre os raios ultravioletas e os corpos sobre os quais eles incidem. Um detalhe evidente é o fato da temperatura à sombra ser inferior à temperatura média radiante.
- 4) Proteção contra ventos indesejáveis, capaz de funcionar como barreiras vegetais que permitam diminuir o vento nas zonas localizadas próximo do solo. As árvores constituem uma espécie de barreira contra o vento, uma vez que há descontinuidade dos seus ramos e das suas folhas. (HIGUERAS, 1997).
- 5) Contribuição como atenuante na redução, em parte, dos ruídos, sendo as árvores de folha perene capazes de reduzir numa frequência de 1000 HERTZ, 17 dB¹⁸ por cada 100 metros lineares de vegetação, enquanto as árvores de folha caduca só o conseguem realizar em cerca de 9dB. (HIGUERAS, 1997).

Dessa maneira a vegetação é uma variável ambiental que contribui para modificar o clima de um determinado lugar, principalmente pela diminuição da temperatura e aumento na umidade do ar.

Com relação à hidrografia, sua análise faz-se necessária, pois a presença de corpos d'água no interior da cidade é muito importante, seja como atrativo para o lazer ou como aporte de vapor d'água para a atmosfera, que em determinadas situações (temperatura elevada e umidade relativa baixa – calor/seco) pode contribuir para melhorias nas condições de conforto térmico.

¹⁸ dB – Decibéis.

2.6 O comportamento dos seres humanos associado ao ambiente construído.

A análise do conforto térmico necessita que sejam consideradas as variáveis climáticas que o determina, sendo importante o comportamento e a percepção humana frente a esse ambiente construído.

Consoante a isso, o comportamento dos seres humanos no ambiente habitado está relacionado com a sua capacidade de percepção. Entende-se como percepção um conjunto de processos pelos quais os indivíduos mantêm contato com o ambiente. Para sobreviver num ambiente de objetos e eventos físicos, o indivíduo precisa ajustar-se continuamente à variedade de energias em constantes mudanças que o cercam, como esclarece Day (1974).

O relacionamento do homem com seu ambiente é de interesse de muitas áreas, como da Geografia. Conforme afirma Wohlwill (1970, p.303), “são poucos, se é que os há, os campos que não tocam, em algum ponto, no relacionamento existente entre o Homem e seu ambiente”.

Os estudos na área do comportamento ambiental têm voltado para o ambiente físico, o qual se divide em duas áreas: a do ambiente natural e a do construído pelo homem.

Para tanto, será dado destaque na relação existente entre o ambiente construído pelo homem e o seu comportamento, principalmente no que diz respeito ao seu conforto térmico e higrométrico, em salas de aula.

De acordo com Heimstra e McFarling (1978), o ambiente físico construído pelo homem é muito diversificado. O interesse tem sido o relacionamento existente entre o seu comportamento e as características do ambiente físico, tais como: os espaços das construções nas quais ocorre o comportamento; a relação entre os diversos tipos de moradia e o comportamento; o projeto de instituições e a maneira como as características de um projeto podem afetar o comportamento e os efeitos da vida urbana sobre o mesmo.

Heimstra e McFarling (op.cit.) apontam que há dificuldades para estudar as relações entre o comportamento humano e os muitos aspectos do ambiente físico, pois é difícil isolar um aspecto do ambiente e estudar seus efeitos sobre o comportamento, sem considerar até que ponto, outros aspectos do ambiente venham a modificar o comportamento.

Skinner (1953, p.15) explana que “(...) o comportamento é um assunto difícil, não por ser inacessível, mas porque é extremamente complexo. Dado que é um

processo e não uma coisa, não podendo ser facilmente retido para observação. É mutável, fluido e efêmero (...)."

O ambiente físico pode desencadear reações e emoções, tanto boas como ruins, nos seres humanos, embora sejam capazes de se adaptar ao ambiente habitado de forma comportamental ou fisiológica. Quando uma pessoa muda de um lugar para outro, o seu organismo é capaz de se adaptar às condições específicas de temperatura do novo local, não importando se são condições de frio ou de calor.

O ambiente construído pelo homem apresenta diversas características para atender as suas necessidades de sobrevivência, trabalho, moradia, lazer, etc. Nesse sentido, "(...) há diferença de composição do espaço físico geral entre um subúrbio ou uma sala de aula. Um ambiente construído é aquilo que foi projetado e formado, em larga escala, pelo Homem." (HEIMSTRA E MCFARLING, 1978, p.27)

Contudo, grande parte de nossas relações cotidianas ocorrem em um ou outro ambiente construído, seja uma sala ou uma cidade. O ambiente construído é definido por sua função, por sua qualidade e pela sua finalidade. Isto é, ele é sempre parte de um sistema maior, que tem início na sala em questão, passando pelo edifício, bairro, cidade e até a região geográfica. Assim, os subsistemas possuem características físicas únicas que podem influenciar o comportamento do indivíduo na sala.

O estudo proposto foi realizado em salas de aula de escolas estaduais que pertencem à cidade de Presidente Prudente. De acordo com o que foi citado acima, o estudo se enquadrou nesse sistema, partindo de um subsistema menor (sala de aula) até um subsistema maior (cidade e a região em que está inserida).

Conforme Heimstra e McFarling (1978) há duas modalidades possíveis de projeto físico que afetam o comportamento em uma sala – a primeira, diz respeito aos aspectos do ambiente construído que devem ser incorporados no projeto de uma sala, para que ela possa preencher sua função; a segunda modalidade refere-se às características físicas da sala que não são diretamente exigidas por sua função.

Uma das primeiras variáveis das características físicas de uma sala é a *cor*, mais especificamente a sua tonalidade. Com base no *senso comum* existe a seguinte associação quanto às cores: as cores para o lado vermelho do espectro (amarelos, laranja e vermelhos) são quentes, ao passo que as cores para o outro lado (azuis e verdes) são frias, de acordo com Heimstra e McFarling (1978).

Bennett e Rey (1972) testaram a hipótese intuitiva de "que um ambiente que tenha frequências de luz dominante para o lado do vermelho do espectro visível é quente e de que aquele onde dominam frequências para o azul é frio". (BENNETT e REY, 1972, p.149).

Os autores chegaram à conclusão que a hipótese tonalidade/cor é somente intelectual, isto é, uma crença arraigada de que certas cores tornam as salas mais quentes do que as outras. Embora não se tenha podido estabelecer nenhum efeito comportamental da cor da sala sobre o conforto térmico, as pessoas que participaram dos estudos mantiveram ainda a percepção cognitiva de variação de calor à medida que as cores eram alteradas. Por isso, na seleção de cores para uma sala, esse efeito da percepção de cores pode ser tão importante quanto às indicações comportamentais reais de conforto.

Além da cor, outros elementos são relevantes para se estabelecer o conforto ambiental de uma sala, tais como: sons, iluminação, temperatura, tamanho e forma, etc. Portanto, antes da estética, uma sala deve apresentar um ambiente confortável.

(...) o processo estético somente começa a operar ao máximo, ou seja, como faculdade unicamente humana, quando o impacto sobre o corpo de todas as forças ambientais é mantido dentro de limites toleráveis (...) uma temperatura de 45°C podem tornar inabitável a mais bela sala (Fitch 1965, p. 707 - 708).

O ambiente desconfortável de uma sala pode gerar ao indivíduo que a habita uma condição extrema, provocando uma situação de *stress*, que pode ser definido aqui como “*ansiedade*”, “*tensão*”, ou ainda “*conflito*”, conforme apontam Heimstra e McFarling (1978, p.161, grifo nosso).

Existem dois tipos de stress, o orgânico e o psicológico. Neste estudo foi dado destaque ao stress orgânico.

O conceito de stress orgânico foi introduzido por Hans Selye, em 1936, como uma situação na qual os tecidos de um organismo reagem a determinados tipos de estímulo nocivo, como calor e frio, ou são por eles danificados (HEIMSTRA E MCFARLING, 1978).

Ao passo que condições ambientais desfavoráveis podem provocar stress, o contrário também pode ocorrer. O organismo humano pode adaptar-se. Psicólogos e outros cientistas sabem que o sistema sensorial é modificado pela apresentação contínua de estímulos, cujo processo é denominado adaptação. Mesmo que os seres humanos possuam uma eficaz fisiologia adaptativa e consigam adequar-se a diversos tipos de ambientes construídos, o stress não é inevitável.

Por conseguinte, ao construir-se qualquer tipo de ambiente é preciso levar em consideração fatores como cor, forma, tamanho, temperatura, iluminação, nível de ruído, etc., para que o ambiente seja o mais confortável possível e que atenda às necessidades comportamentais das pessoas que habitem esse espaço. Logo, uma

sala de aula deve ser construída de maneira a garantir os objetivos de aprendizagem propostos.

Para concluir, Azevedo (2002) explica que, recentemente, tem havido um consenso de que o ambiente da sala de aula pode afetar atitudes e comportamentos, relacionando a qualidade do ambiente construído com a diminuição da interação social, o aumento da agressividade e a redução do grau de concentração, comprometendo a eficácia do método educativo. Contudo, ainda é bastante comum dissociar os aspectos físicos do edifício escolar do processo de aprendizagem, negligenciando assim, os mecanismos perceptivos e cognitivos da criança.

Em geral, há uma falta de compreensão da importância do edifício para a qualidade do ensino e a construção do conhecimento (SANOFF, 1994 apud AZEVEDO, 2002, p.21) uma vez que, normalmente, não há interação entre o conhecimento dos educadores e o conhecimento dos projetistas.

Os educadores raramente incluem o prédio escolar em suas propostas pedagógicas e os arquitetos, por sua vez, tratam o projeto como uma atividade intuitiva, considerando terem o saber e a autonomia suficientes para equacionar o problema. A complexidade das atividades desenvolvidas no ambiente escolar é então pouco explorada pelos projetistas que desconhecem a lógica de utilização pelo usuário, conforme explica Azevedo (2002).

2.6.1 A influência do conforto térmico no comportamento e aprendizagem dos alunos

Na atualidade, para Coll, Palacios e Marchesi (1995), o desenvolvimento cognitivo e os processos de aprendizagem da pessoa perpassam pelos aspectos, da motivação individual, do meio (ambiente em que está inserido o indivíduo), das relações sociais e afetivas, e da própria educação (social e formal – escola).

Novos ambientes de ensino vêm surgindo com múltiplas utilidades, permitindo novas concepções de aprendizagem. Mas, para que a eficiência e a eficácia sejam garantidas nesses novos ambientes de aprendizagem, é fundamental que eles sejam projetados e adequados às atividades a serem desenvolvidas, de maneira que promovam a segurança e o bem estar das pessoas. (LULA e SILVA, 2002, p.1 e 2).

Estudos têm apontado que um ambiente escolar confortável proporciona boas condições de aprendizagem, mas caso as condições favoráveis não sejam garantidas, déficits educacionais são encontrados.

Coutinho Filho et al. (2007, p.1) aponta a educação é um dos fatores que mais influem no desenvolvimento de um país e a qualidade de ensino torna-se algo de grande importância para que esta educação seja eficiente. É do ambiente escolar que

surgirão os futuros profissionais, que poderão levar o Brasil a patamares de desenvolvimento mais avançados.

Uma boa qualidade de ensino não só depende da capacitação dos professores, mas também das condições físicas das salas de aulas, ambientes em que os mesmos interagem com os alunos. Já que existe relação direta da qualidade e da produtividade com o ambiente de trabalho, pode-se afirmar que as salas de aulas precisam prover os alunos e professores de condições saudáveis, garantindo a espontaneidade de uma das atividades mais importantes para a sociedade, conforme Coutinho Filho et al (2007, p.1).

Para Castro et al. (2012, p.122), em seu estudo sobre escolas em Ituiutaba/MG, afirma que conforto térmico dentro das escolas é um fator que tem ganhado pouca importância ou até mesmo tem sido desprezado pelo poder público. Quando entramos em um estabelecimento de ensino analisamos que muitos espaços não são projetados para garantir um ambiente mais confortável, tanto em relação ao fator térmico, lumínico ou acústico. E aponta a seguinte questão: “*esse mau planejamento afetará na aprendizagem dos alunos que ali se instalarão?*” (CASTRO, et al, 2012, p.122)

Para essa questão Castro et al. (2012) chegou a seguinte resposta: que as escolas possuem uma temperatura elevada para a aprendizagem dos alunos, visto que quanto maior a temperatura mais desfavorável se torna a aprendizagem dos mesmos. Devem-se ser buscadas alternativas para a melhoria das condições térmicas das escolas, para que a saúde e o conforto dos alunos e dos professores possam ser preservados, garantindo também o rendimento desejável de aprendizagem, objetivo principal das escolas.

Diante das discussões acima, Coutinho Filho et al (2007) afirma que:

(...) o excesso de calor dificulta a concentração, causa inquietação e afeta o desempenho dos mesmos. A umidade pode provocar sonolência e aumento de suor. Tais fatores, nem sempre diagnosticados, podem causar estresse e, depois de maior permanência, causar doenças mais complexas. Se as trocas de calor entre o organismo humano e o meio ambiente forem prejudicadas pode-se chegar ao ponto de ocorrer um estresse térmico. (Filho, et al. 2007, p.5 e 6).

Complementando, Castro et al (2012, p.131), diz que é dever do poder público minimizar as condições térmicas inadequadas do ambiente escolar, a partir de re-planejamento na estrutura física das escolas, com implantação de mais áreas verdes ao entorno das mesmas, melhor planejamento para ventilação natural e artificial (ventiladores em locais estratégicos das salas e janelas condizentes com os

espaços) -, utilização de materiais de construtivos adequados ao clima local. Os gastos que venham a ocorrer na busca do alcance ao conforto térmico são investimentos para a saúde e bem estar da comunidade escolar, que refletirão positivamente na melhoria da aprendizagem.

Assim como Coutinho Filho et al. (2007), Aiala et al (2011) destaca a importância da umidade do ar no conforto do ambiente e por consequência a influência no aprendizado e no comportamento de alunos.

No estudo de Aiala et al (2011, p.1) em Conceição do Araguaia/PA, durante o inverno, apontou que as crianças têm maior susceptibilidade aos efeitos do tempo seco já que, elas respiram maiores volumes de ar em relação ao peso corporal, e seus órgãos e tecidos estão em desenvolvimento. Os sintomas mais comuns, observados, foram inflamações no trato respiratório, olhos secos, dores de cabeça e tonturas. Estes efeitos conjugados ao período de aulas podem desencadear déficit de concentração e memorização comprometendo dessa maneira o rendimento escolar.

E ainda, os autores, apontaram que em condições ambientais (temperatura e umidade) desfavoráveis os alunos passam a experimentar sintomas neurofisiológicos, que estão ligados a perda da eficiência em processos de concentração e memorização, as quais são condições básicas para que haja rendimento escolar. (Aiala, 2011, p.3).

De uma maneira geral os estudos abordados destacam que em condições desfavoráveis de conforto térmico (temperatura e umidade) houve comprometimento do aprendizado e rendimento escolar dos alunos, bem como o aparecimento de enfermidades e déficits na assiduidade.

Diante dos trabalhos, pesquisas e discussões apresentadas, pode-se concluir que o conforto térmico do ambiente é uma condição necessária para a qualidade de vida das pessoas e para o desenvolvimento de suas atividades diárias (trabalho, estudos, moradia) principalmente, quando envolve o desenvolvimento cognitivo de uma criança/jovem.

E ainda, o referencial teórico aponta que as condições ambientais/estruturais, internas e externas, das edificações brasileiras, de maneira geral, não são satisfatórias e que recebem influências de diversos fatores (do clima urbano/local, das condições bioclimáticas, da arquitetura e dos materiais construtivos, etc.). Desta forma, justificando a necessidade de pesquisas e trabalhos que discutam essa temática e que apontem alternativas para melhorar as condições de conforto térmico intraedificação.

3 TEORIA E OS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O estudo do conforto térmico nas escolas estaduais, em Presidente Prudente/SP, foi desenvolvido com base no método hipotético-dedutivo e até mesmo indutivo, partindo da hipótese que a composição dos materiais construtivos das edificações, associada ao uso e ocupação do solo presentes no entorno das escolas estaduais de Presidente Prudente comprometem as condições do conforto e a qualidade de vida da clientela escolar.

Para o desenvolvimento da hipótese principal, o estudo proposto teve como base de sustentação teórico-conceitual a proposta formalizada por Monteiro, em 1976. A teoria proposta por Monteiro traz a “possibilidade alternativa de usar tanto o método indutivo quando o dedutivo” (MONTEIRO, 2003, p.16). Desta forma, com base na perspectiva sistêmica, é possível realizar análises tanto através do raciocínio lógico dedutivo quanto com o indutivo, sendo possível compreender os fenômenos do clima urbano e seus efeitos perceptíveis, a partir de elementos particulares para conclusões generalizadas, como também partindo de premissas gerais para chegar às conclusões específicas.

Até esse momento (1976), eram poucos, ou raros, os estudos voltados para a questão da climatologia urbana no Brasil e, quando realizados, tinham como referencial teórico a literatura internacional, muitas vezes em uma perspectiva meteorológica.

A proposta de Monteiro (1976) não trata o clima da cidade a partir de uma perspectiva meteorológica, e sim a partir de uma visão integrada entre o homem, a natureza e a cidade, sob uma mesma atmosfera.

Com base na Teoria Geral dos Sistemas, Monteiro desenvolveu o método que intitulou de Sistema Clima Urbano (S.C.U.). A proposta prevê que o S.C.U. pode ser compreendido a partir de alguns critérios, enunciados básicos e seus canais de percepção.

Os critérios para a escolha do Sistema Clima Urbano envolvem o pragmatismo, o dinamismo, a consistência, o empirismo e o modelismo. O pragmatismo prevê uma investigação que se concentre no pesquisador e também dos demais que queiram utilizar os resultados da investigação.

O dinamismo envolve o conceito de clima com base na visão Sorreana, ou seja, o ritmo dos elementos climáticos é o fator mais importante para a definição do clima urbano.

A consistência estabelece uma estrutura teórica que seja adequada para elucidar os fatores mais amplos e complexos como os mais simples e restritos. Ou

seja, com elasticidade no tempo e no espaço, presumindo que a investigação possa ser efetuada em qualquer cidade do globo sem restrições.

O empirismo serve de base para as observações, verificação ou refutação do fenômeno encontrado e o modelismo como forma de demonstração do conceito contido na teoria, isto é, representação, mapeamento e diagramação dos resultados.

Os enunciados básicos para definição do S.C.U. são dez: o primeiro apresenta a conceituação “(...) O clima urbano é um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”. (MONTEIRO, 2003, p.19).

O segundo enunciado diz respeito à escala de análise, do local ao regional, além da noção de espaço para o clima e para o meio urbano “(...) O espaço urbanizado, que se identifica a partir do sítio, constitui o núcleo do sistema que mantém relações íntimas com o ambiente regional imediato em que se insere”. (MONTEIRO 2003, p. 20).

No terceiro, quarto e quinto enunciados estão estabelecidas as formas de entrada, troca e saída de energia dentro do sistema, seja através da localidade no globo ou da relação entre a cidade, o meio ambiente e a atmosfera, formalizando um sistema aberto.

No sexto enunciado é estabelecido como a estrutura interna do S.C.U. deve ser articulada e quais conexões devem ser realizadas. A “(...) estrutura interna do S.C.U. não pode ser definida pela simples superposição ou adição de suas partes (compartimentação ecológica, morfológica ou funcional urbana), mas somente por meio da íntima conexão entre elas”. (MONTEIRO, 2003, p.23).

O sétimo enunciado pressupõe a análise do S.C.U. a partir de três canais de percepção humana, ou seja, o termodinâmico, o físico-químico e o hidrometeorológico.

O oitavo enunciado faz alusão ao dinamismo do meio urbano, devido ao processo evolutivo da urbanização. Assim, para um estudo de Clima Urbano, faz-se necessário observar e diagnosticar como o crescimento da cidade alterou o sítio original.

O nono e o décimo enunciados pressupõem a autorregulação do S.C.U. e sua designação como um sistema aberto e com propriedades de entropias negativas, desta forma podendo ser classificado como um sistema morfogenético.

Diante do exposto, Monteiro (1976) formalizou uma estrutura teórica para a compreensão do fato urbano, definindo o Sistema Clima Urbano. Este pode ser subdividido em três subsistemas, a partir de três canais de percepção humana, que são:

Canal I (Termodinâmico) – compreende os distúrbios ligados ao conforto térmico, que estão diretamente ligados à temperatura intraurbana. No Brasil, o subsistema termodinâmico tem sido o canal de percepção mais estudado nas cidades.

Canal II (Físico-químico) – está ligado às condições de qualidade do ar presente na atmosfera urbana.

Canal III – (Hidrometeorológico) – privilegia as manifestações do impacto meteorológico na superfície urbana, ou seja, como a precipitação afeta as condições de vida dentro da cidade.

Para a realização de um estudo de clima urbano, a conjuntura teórica estabelece uma análise que envolva o tempo e o espaço, de forma que estes sejam flexíveis, pois o contexto teórico deve ser capaz de nortear a investigação em qualquer cidade do globo. Por isso, é importante uma abertura a todas as escalas de tratamento espacial e temporal e aos diferentes graus da complexidade urbana.

Neste sentido, Monteiro (1976) propõe a divisão do espaço geográfico em três escalas de análise: zonal, regional e local. No nível zonal, o fator decisivo para a diversificação é a latitude, que num segundo momento irá influenciar na escala regional. Na escala regional, há uma associação entre os centros de ação e os sistemas meteorológicos vinculados a faixas zonais diferentes; participariam no sentido de produzir uma organização climática gerada pelos mecanismos da circulação atmosférica regional, capaz de manter a organização espacial através do ritmo de sucessão temporal dos seus estados.

Para se compreender o espaço local é preciso compreender as relações existentes entre os diversos tipos de sítios e os modelos urbanos. Para tal, são necessários o entendimento e a investigação dos condicionantes geocológicos e urbanos, ou seja, o relevo, a estrutura, as funções e as atividades. Desta forma, o mapeamento desses atributos associado aos elementos de construção da cidade (concreto, asfalto, vidro, a cor das edificações etc.) compõe o embasamento necessário para a seleção dos pontos de observação e coleta de dados.

No estudo do clima urbano é fundamental a relação entre as diferentes escalas geográficas, desde a zonal até a local, onde se encontra o urbano e as diversas possibilidades de articulações entre os mesoclimas, topoclimas e microclimas. A estrutura interna do clima urbano é definida por meio da conexão de suas partes. (AMORIM, 2000, p.35).

Nessa pesquisa o S.C.U. foi trabalhado dando ênfase ao subsistema termodinâmico que compreende o conforto térmico a partir do estudo das

características da temperatura e umidade nas suas variações diurnas e sazonais no espaço urbano e os seus elementos construtivos.

3.1 Escolha dos índices de conforto para a análise

A escolha de um ou outro tipo de índice de conforto deve estar relacionada com as condições ambientais, com as atividades desenvolvidas pelo indivíduo, pela maior ou menor importância de um ou de outro aspecto do conforto. (FROTA e SCHIFFER, 2003).

Com base na análise dos índices e do material técnico disponível (mini-estações automáticas), nessa pesquisa, foram utilizados o índice proposto por THOM (1959), que trabalha com a Temperatura Efetiva e para comparação a Carta Bioclimática de Olgay (1963).

O índice de temperatura efetiva de THOM tem sido utilizado em ambiente tropical, em diversos trabalhos, e vem apresentando resultados satisfatórios, como nos trabalhos de: Lourenço et al (1997), Vicenti (2001), Silva (2009), Ikefuti (2009).

De acordo com THOM (1959), a zona de conforto encontra-se entre 18,9°C a 25,6°C de temperatura efetiva. Abaixo de 18,9°C de TE, considera-se estresse térmico para o frio e acima de 25,6°C considera-se estresse térmico para o calor. É um índice subjetivo e foi proposto para o ambiente tropical e tem sido usado por diversos países, já que seus resultados são similares aos da temperatura do ar, mostrando maiores alterações quando a umidade do ar se encontra mais elevada.

Os cálculos de temperatura efetiva são obtidos através da equação $TE = 0,4(Ts + Tu) + 4,8$. No qual: TE = Temperatura Efetiva; Ts = Temperatura do bulbo seco; Tu = Temperatura do bulbo úmido.

O índice proposto por Olgay (1963) determina como limites de conforto temperaturas oscilantes entre 23,9°C e 29,5°C no verão, e 18,3°C e 23,9°C no inverno, umidade entre 20/80 (%), no caso de um clima tropical. Esses valores estão representados na Carta Bioclimática¹⁹.

A Carta Bioclimática originalmente é utilizada para avaliar as condições de conforto em áreas externas, embora, neste trabalho foi utilizada em comparação aos valores de temperatura efetiva intra-escola. Os resultados foram satisfatórios, mesmo para uma cidade tropical e para o ambiente interno. Cabe ressaltar que os questionários respondidos pelas pessoas validaram os índices utilizados, pois os resultados foram condizentes entre si.

¹⁹ Ver figura 3 localizada na página 54.

Frota e Schiffer (2003) esclarecem que, quando se trabalha com “zonas de conforto” elas devem ser encaradas como uma indicação e analisadas acerca de sua aplicabilidade às condições específicas de projeto e de realidade ambiental. Assim, é conveniente, para a aplicação do índice, uma análise prévia das condições climáticas locais e as relações entre as variáveis consideradas na obtenção do índice. E ainda, os índices que envolvem temperatura efetiva e zona de conforto devem ser aplicados em pessoas que estejam realizando trabalho leve.

No geral, os “trabalhos” desenvolvidos em uma escola são de caráter leve, principalmente para alunos que durante as aulas permanecem sentados e as atividades desenvolvidas são de caráter intelectual e não físico, salvo exceção, nas aulas de educação física.

3.2 As pesquisas de campo – escolha das edificações escolares, procedimentos para caracterização dos materiais construtivos, elaboração do material cartográfico e estatístico.

Para a escolha das escolas foi realizada uma ampla pesquisa sobre o sítio em que a malha urbana de Presidente Prudente está inserida, como uso e ocupação, morfologia, vegetação e hidrografia.

A escolha das escolas pesquisadas estava vinculada aos seguintes elementos: materiais construtivos (teto, paredes, vidraças), quantidade de pavimentos do prédio principal, relevo (altitude), quantidade de vegetação (arbórea e rasteira) e uso e ocupação do solo.

Para a coleta de dados nas escolas foram utilizadas mini-estações automáticas (DATA LOGGER)²⁰ instaladas em dez escolas estaduais de Presidente Prudente/SP, durante os meses de maio e junho de 2010 (final do outono), e novembro e dezembro 2010 (final da primavera). Esses meses foram escolhidos, também por serem períodos letivos.

As mini-estações foram programadas para registrar a temperatura e a umidade de uma em uma hora, totalizando 24 medições diárias, abrangendo todos os períodos de um dia (madrugada, manhã, tarde e noite). Além das 10 mini-estações instaladas nas escolas, foi alocada uma no abrigo meteorológico da Estação Meteorológica da FCT/UNESP, para comparação do ar livre com as estações em área interna.

8 As mini-estações automáticas (do tipo Data Logger) foram adquiridas com verba do Edital Universal - MCT/CNPq 02/2006, sob a coordenação da Profa. Dra. Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim.

Todas as mini-estações foram aferidas entre si, e em comparação com a estação automática da UNESP, apresentando pouca diferença térmica, em torno de 0,2°C e 0,3°C, que foi desconsiderada na análise.

As mini-estações automáticas foram colocadas em uma sala próxima às salas de aula, com características construtivas (paredes, tetos, janelas), ventiladores e fluxos de pessoas similares às salas de aulas, embora o número fixo de pessoas nas salas de aula seja maior, em média 30 alunos e um professor. Essa foi uma solução adotada para a preservação e segurança do equipamento, pois o mesmo permaneceu no mesmo local por 24 horas, durante um mês (em cada escola escolhida). Para a validação dos dados, foi verificada a diferença térmica entre as duas salas que variou entre 0°C e 0,3°C para menos, na sala de pesquisa, em comparação com a sala de aula.

As mini-estações foram colocadas sobre armários (madeira ou aço) mais elevados e distantes de janelas e equipamentos (computadores e televisores) que produzem e dissipam calor, para que não houvesse interferência nos registros. Todas as mini-estações foram instaladas no piso inferior, para escolas com dois andares.

Cabe ressaltar que, diante do tamanho das escolas, do número elevado de salas e das diferenças construcionais, de exposição solar, da direção dos ventos, nenhuma sala será igual à outra, desta forma, se ocorrer registros em todas as salas (das escolas) provavelmente condições térmicas e higrométricas diferenciadas irão ser registradas. Essas diferenças, principalmente a temperatura e o fluxo de ar são “perceptíveis” ao se caminhar pelas salas e dependências das escolas.

Os registros aconteceram entre os dias 18 de maio e 14 de junho de 2010 e de 23 de novembro a 17 de dezembro de 2010. Como já foi dito, esses dias e meses condizem com o período letivo, no qual as escolas estão em plena atividade, ou seja, os alunos estão na escola. Cabe ressaltar que, o outono e a primavera são períodos de pouca precipitação na região de Presidente Prudente o que proporciona maiores períodos de tempo estável.

Os dados de temperatura e umidade extraídos das mini-estações foram organizados em planilhas específicas do Excel²¹, no qual, posteriormente foram feitos os cálculos de temperatura efetiva, na seguinte planilha apresentada na figura 5.

²¹ Microsoft Office Excel 2003.

© Tommaselli, JTG (2007)								
Estimativa da temperatura do bulbo-úmido (T_u) a partir das medidas da temperatura do bulbo seco (T) e da umidade relativa (UR)								
Valores da temperatura em °C e valores de umidade relativa em %								
Local:	Presidente Prudente -SP							
Latitude:	23	S						
Altitude:	435	m						
Pressão Atmosférica Média:	962,6	hPa						
Temperatura Efetiva								
$TE=0,4.(T_s+T_u)+4,8$								
$T(^{\circ}C)$	UR (%)	e_s (kPa)	e (kPa)	Δ (kPa/°C)	$T_u(^{\circ}C)$	erro abs	erro (%)	
25,9	67	3,34	2,24	0,198	24,6	0	-0,4	24,9

Figura 5 – Planilha específica para o cálculo de Temperatura Efetiva.

Fonte: José Tadeu Garcia Tommaselli, 2007.

Diante do volume de dados coletados e tabulados, para as análises de temperatura efetiva foram selecionados os horários ímpares. Essa medida foi adotada depois de uma análise geral, que verificou que a escolha (horas ímpares) não iria comprometer os resultados, pois, por muitas vezes e horas, as condições térmicas e higrométricas intra-escolas permaneciam com nenhuma ou pouca variação, entre os horários.

Posteriormente a escolha dos horários, os dados foram reorganizados em novas tabelas, atribuindo-se a cor vermelha (calor) e azul (frio) para os valores de TE desconfortáveis, e a preta, para conforto térmico.

O mesmo procedimento das cores foi adotado para a aplicação da carta bioclimática de Olgay, com acréscimo do verde para desconforto higrométrico, no qual foram organizados e analisados os valores de temperatura e umidade relativa do ar, nos horários ímpares.

As cores acima seguem o mesmo padrão adotado para as cores utilizadas na planilha/questionário dos alunos, para que houvesse uma padronização nos resultados e nas análises realizadas.

Foi realizado um estudo sobre as condições sinóticas de Presidente Prudente, a partir dos gráficos de análises rítmicas. Os dados para a elaboração desses gráficos foram adquiridos na Estação Meteorológica da FCT/UNESP, coletados da estação automática do INMET²². Foram utilizados os dados de temperatura (máxima, mínima), pressão atmosférica, umidade, nebulosidade, direção e velocidade do vento, no horário de 9h; e mais, precipitação acumulada em 24 horas, nos meses

²² Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: www.inmet.gov.br/

de maio, junho, novembro e dezembro. Justifica-se o horário escolhido, por ser o de menor instabilidade atmosférica durante o período diurno.

A elaboração dos gráficos de cada elemento atmosférico (temperatura do ar, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, precipitação acumulada em 24 horas) foi realizada no aplicativo Excel. A organização final do gráfico de análise rítmica foi realizada no aplicativo Corel Draw. Na sequência, os elementos climáticos foram analisados juntamente com as imagens de satélite, boletins, análises sinóticas disponibilizadas pelo INPE²³, o que possibilitou determinar os sistemas atmosféricos atuantes nos dias pesquisados.

Os dados de direção e velocidade do vento, da estação automática do INMET, também foram utilizados nas análises das tabelas dos índices de conforto (THOM e OLGAY) aplicados na pesquisa.

Para a caracterização ambiental e estrutural das unidades escolares, foi organizada uma ficha de observação, apresentando os seguintes itens: nome da escola, número de alunos, funcionários, salas de aula, equipamentos internos (ventiladores, lâmpadas, cortinas, ar condicionado, portas, janelas, revestimento do teto), equipamentos externos (telhados, calçamentos, jardins/vasos ornamentais, tamanho da vegetação arbórea, pátio, quadra, quebra-sol, pintura das paredes e orientação solar da edificação principal). (Anexo 1).

Essa ficha de observação deu origem aos quadros síntese de cada escola, que foram inseridos no final da caracterização de cada escola pesquisada, encontrados no capítulo 5.

Com relação à orientação geográfica e exposição das fachadas das edificações foram elaborados croquis das escolas, a partir das observações *in loco* e de imagens de satélite de 2010 e 2012, disponibilizadas no Google Earth, versão 6²⁴. Posteriormente, os croquis das escolas foram plotados na carta solar para a latitude de 22°, com o auxílio do programa AutoCAD, versão 2010²⁵.

E ainda, com base nesses croquis, foram elaboradas maquetes com a projeção de sombra e disposição da vegetação arbórea nos arredores das edificações escolares. As maquetes foram elaboradas no Google Sketch Up versão 7²⁶. Os blocos de vegetação utilizados condizem com a espécie vegetal Ipê Roxo (*Tabebuia impetiginosa*), muito comum na região e na cidade de Presidente Prudente.

²³ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://www.inpe.br>

²⁴ Google Earth. Disponível em: <http://www.google.com/intl/pt-PT/earth/index.html>

²⁵ AutoCAD – Programa da AutoDesk

²⁶ Google SketchUp – Disponível em: <http://sketchup.google.com/intl/pt-BR/>

3.3 Os questionários

A coleta de dados foi realizada por alunos, funcionários e professores da EE Prof. Placídio Braga Nogueira. Todos os participantes foram convidados e participaram de livre e espontânea vontade.

Os participantes foram orientados a seguir com rigor os horários de leituras, a marcar a sua sensação térmica, não se deixar influenciar pelos demais participantes e ainda, a marcação só deveria ser feita na sala de aula e caso o aluno não estivesse presente não deveria fazer a leitura/pintura do quadro, essa última orientação foi dada principalmente para os alunos.

Para uma aferição dos resultados, a pesquisadora em questão, também realizou o preenchimento de um questionário, o que ratificou que não houve falhas no preenchimento dos demais questionários. Exemplo: um dia de calor, no decorrer da tarde, e uma criança atribuiu a cor azul, como sensação térmica predominante.

As observações da sensação de conforto da temperatura foram concomitantes à utilização das mini-estações automáticas, por uma semana, sendo de 07 a 11 de julho e de 24 a 30 de novembro de 2010.

Essas leituras tiveram como base uma planilha organizada a partir da associação de cores (Figura 6) e perguntas (Questionário – anexo 2) sobre as sensações de conforto e desconforto sentidas pelo público em questão.

As cores da legenda (Figura 6) não foram escolhidas aleatoriamente e sim de uma maneira que os alunos visualizassem os resultados demonstrados de forma clara e objetiva. Assim, para os valores de temperatura do ar foram estabelecidos os tons de vermelho, amarelo, verde e azul, partindo do vermelho escuro para a máxima temperatura e azul para a mínima temperatura.

Nome: _____ nº.: _____ Série: _____
 Sexo: M () F () Idade: _____ anos Função: _____
 Período observado: De _____ a _____ / _____ /20____ Manhã () Tarde ()

Dia	8h00	9h00	11h00	12h00	15h00	17h00	18h00
Seg							
Ter							
Qua							
Qui							
Sex							

Legenda






	Muito quente
	Quente
	Amena
	Fria
	Muito fria

Figura 6 – Planilha para preenchimento das sensações de temperatura associada às cores.

Estas cores também atendem as normas estabelecidas pelas convenções cartográficas e para o que é ensinado nas aulas de “arte”, sobre cores quentes e cores frias, e ainda atende as competências e habilidades propostas no Currículo de Geografia e Arte do Estado de São Paulo. Desta forma, para o aluno, mesmo os menores, já existe uma noção de que o vermelho está associado ao calor e que os tons de verde e azul estão para o frio.

Assim, a adoção de cores para preencher o questionário foi uma estratégia metodológica de viabilizar o entendimento do aluno a cerca da atividade desenvolvida e proporcionar uma forma diferente de leitura, levando-o a fazer parte da realidade pesquisada, mesmo que de uma forma intuitiva e perceptiva.

No primeiro trabalho de campo, foram distribuídos 80 questionários, dos quais 72 respondidos e devolvidos, sendo 41 no período da manhã (7h às 12h), 26 no período da tarde (13h às 17h) e cinco durante o dia inteiro (7h às 19h).

No segundo trabalho de campo, foram distribuídos 60 questionários, dos quais 41 respondidos e devolvidos, sendo 21 no período da manhã (7h às 12h), 18 no período da tarde (13h às 17h) e dois durante o dia inteiro (7h às 19h).

Ao final da pesquisa, para a análise, os questionários foram separados por turma, por idade, sexo e tipo de respostas, conforme a sensação de conforto sentida. Posteriormente, foram organizadas duas tabelas para demonstração dos resultados dos questionários. Os nomes dos participantes foram apagados, restando a idade e o sexo e por fim, digitalizados e inseridos na análise.

Para finalizar a figura 7 apresenta um organograma resumindo as principais ações tomadas para o desenvolvido do estudo proposto.

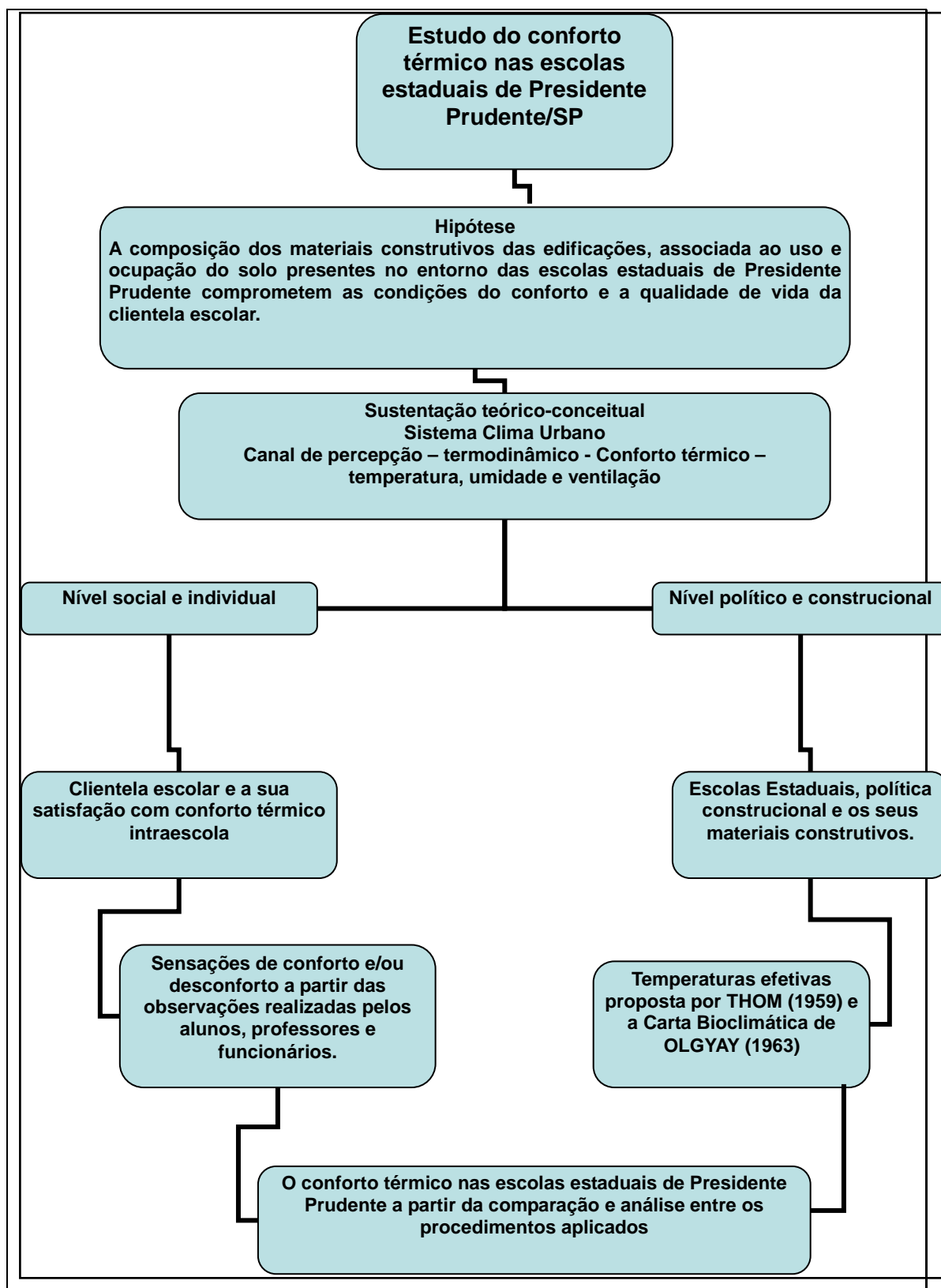


Figura 7 – Organograma das ações tomadas na estruturação e desenvolvimento da Tese.

4 A CIDADE DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP: SUA HISTÓRIA OCUPACIONAL, AS CONDIÇÕES DE QUALIDADE DE VIDA E AMBIENTAL, E AS CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

Presidente Prudente localiza-se no extremo oeste paulista, com latitude de 22°07'04"S e longitude de 51°22'57"O, distante 570 km de São Paulo, a capital paulista. (Figura 8) Atualmente, a cidade conta com 207.610 habitantes (IBGE, 2010), sendo considerada de médio porte.



Figura 8 – Localização do município de Presidente Prudente no Estado de São Paulo/SP
 Fonte: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:SaoPaulo_Municip_PresidentePrudente.svg.
 Org. Simone Scatolon Menotti Viana – Junho de 2011.

A região em que está Presidente Prudente, no início do século XX, ficou conhecida como Alta Sorocabana, em virtude do nome dado à ferrovia, que “corta” a cidade de Presidente Prudente. Assim, em meio à expansão da agricultura do café, da especulação de terras e da ferrovia, Goulart e Marcondes deram origem ao núcleo urbano de Presidente Prudente, como pode ser observado na sequência do capítulo.

4.1 Um breve histórico do início da cidade de Presidente Prudente e a atual condição da ocupação do solo e da densidade de edificações.

Este capítulo contém um breve histórico da formação e da expansão da mancha urbana de Presidente Prudente. Para a contextualização histórica foram

utilizados os trabalhos de Alegre (1970), Abreu (1972) e Sposito (1997); e para a caracterização da expansão urbana foram utilizados os trabalhos de Amorim (2000), Camargo e Menotti (2002) e Camargo (2007).

Em 1920, o recenseamento acusou que os habitantes do núcleo urbano somavam 846 pessoas, sendo 251 crianças de cinco a doze anos de idade, o que possibilitou a abertura de uma escola e uma agência postal. Em 1921, o núcleo urbano formado inicialmente recebeu o nome de Presidente Prudente. As décadas que se seguiram foram marcadas por diversas tentativas de inserção econômica da região no estado.

Na década de 1940, Presidente Prudente tornou-se centro comercial, de beneficiamento de produtos agrícolas e de prestação de serviços para a Alta Sorocabana. Na década de 1960, a pecuária surgia como principal atividade econômica da região, ocasionando acúmulo de capital. O crescimento de Presidente Prudente associou-se à implantação de indústrias ligadas ao gado - frigoríficos e curtumes, proporcionando o declínio da atividade agrícola, expulsando o homem do campo.

Com o crescimento da população urbana, a infraestrutura deficitária obriga as pessoas a viverem em péssimas condições de vida, com habitações à beira de córregos poluídos, próximos a "lixões", etc., comprometendo a saúde e o ambiente habitado. Neste contexto, a cidade vê-se defronte a uma concentração de pessoas, que saíram do campo em busca de uma vida melhor. Essas pessoas foram obrigadas, por questões financeiras, a instalar-se em locais com pouca infraestrutura. Grande parte delas convivia com péssimas condições de moradia, esgotos a céu aberto, córregos completamente poluídos, lixos espalhados pelo solo, etc.

Com o crescimento aparentemente desordenado da malha urbana, que atendem aos interesses do modo de produção capitalista, surgem diversas transformações socioambientais, que repercutem muitas vezes de maneira negativa na vida das pessoas.

A cidade, no início de sua história, ocupou o espigão divisor de águas localizado onde hoje é a Estação Ferroviária e suas proximidades, na região leste do município. Depois da fase inicial, a expansão e o adensamento urbano da cidade ocorreram predominantemente para oeste da ferrovia. Em contrapartida, na direção leste, a cidade se expandiu pouco e atualmente conta com apenas alguns bairros.

A região leste da cidade, compreendida inicialmente pelas Vilas Marcondes e Furquim, não foi alvo de grande interesse da especulação imobiliária devido, dentre outros fatores, à configuração de seu relevo que é muito irregular. Este fator dificultou

a implantação de loteamentos, pois, a terraplenagem, uma das primeiras fases de um empreendimento como este, é onerosa.

Outro fator que concentrou o adensamento urbano da cidade a oeste é definido por Jacobs (2000) como as zonas de fronteiras. Segundo esta autora, zona de fronteira é o perímetro de um uso territorial único de grande proporção.

Conforme esclarece Camargo e Menotti (2002) essas áreas geralmente criam bairros decadentes e, por consequência, uma fronteira social. No caso da zona leste da cidade de Presidente Prudente, os bairros situados “do outro lado da linha” ou “além linha”, ficaram marginalizados, seja no plano social como no econômico. Isso ocorre por um problema básico, porque as fronteiras costumam configurar a cidade de maneira a gerar becos sem saída para a maioria das pessoas que utilizam as ruas, formando “hiatos” de usos em suas redondezas. Desta forma, quanto mais estéril essa área simplificada se torna para empreendimentos econômicos, menor será a quantidade de usuários, e mais improdutivo será o próprio lugar, gerando um processo de desconstrução ou deterioração da área.

Com relação ao uso e ocupação do solo urbano de Presidente Prudente, Amorim (2000) definiu seis tipos classificatórios. São eles: áreas densamente construídas com vegetação esparsa; áreas densamente construídas com vegetação arbórea; áreas densamente construídas sem vegetação; construções esparsas com gramado e vegetação esparsa; construções esparsas e gramado; vegetação esparsa e gramado.

Em um estudo mais recente, Camargo (2007) definiu quatro níveis de densidade de edificações para a mancha urbana de Presidente Prudente, sendo eles: densidade alta, densidade média, densidade baixa e áreas sem edificações (Figura 9). Com relação à vegetação, também, estipulou quatro faixas quantitativas, que são: arborização alta, arborização média e arborização inexistente (Figura 10).

Com base no estudo de Camargo (2007), foi possível determinar que a ocupação do solo e a densidade de edificações, associadas aos níveis de arborização, ocorreram da seguinte maneira: o eixo que se estende do centro da cidade em direção à zona leste, tem como característica de uso e ocupação principal, áreas com alta densidade de edificações com vegetação arbórea e esparsa. Sendo habitual para um lugar asfaltado, pois este tipo de ocupação é caracterizado, somente, por algumas árvores nas calçadas e nos quintais das moradias. Esta configuração de uso tem seus valores históricos, pois se trata dos primeiros bairros da cidade e, pelo porte da vegetação arbórea, nota-se que sua origem data das primeiras décadas da fundação da cidade (Figuras 9 e 10).

Essa caracterização engloba bairros como as vilas Marcondes, Furquim, Maristela e o centro da cidade, locais que possuem destinações como o comércio e o uso residencial. Abrigam também alguns pontos de áreas densamente construídas e sem vegetação, com construções acima de cinco pavimentos. Os terrenos possuem superfície completamente impermeabilizada, formando o quintal e a garagem dos prédios que, somados às calçadas e ao asfalto, impedem a infiltração das águas.

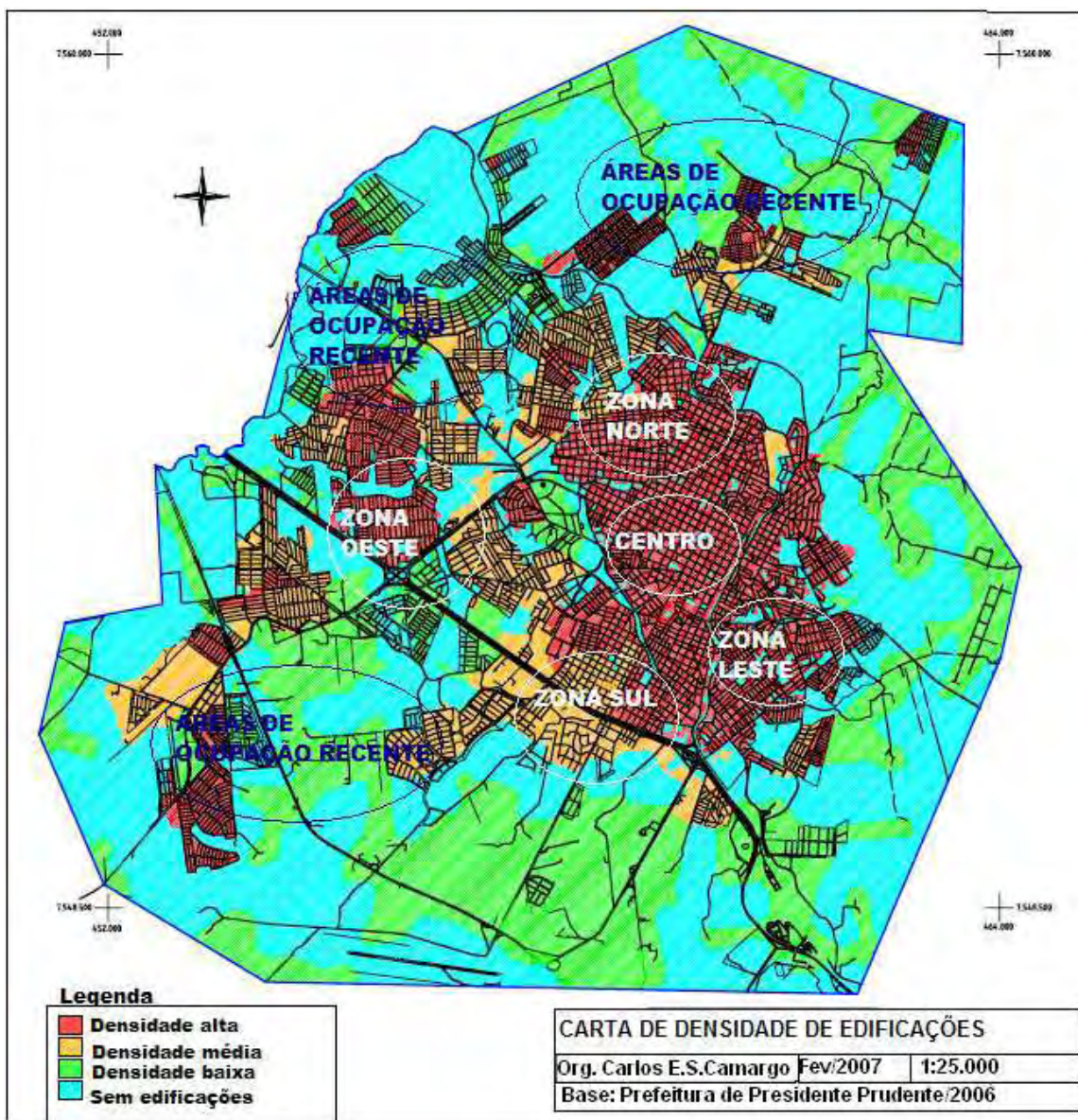


Figura 9 – Carta de densidade de edificações em Presidente Prudente/SP
Fonte: Adaptado de Camargo, 2007, p.34.

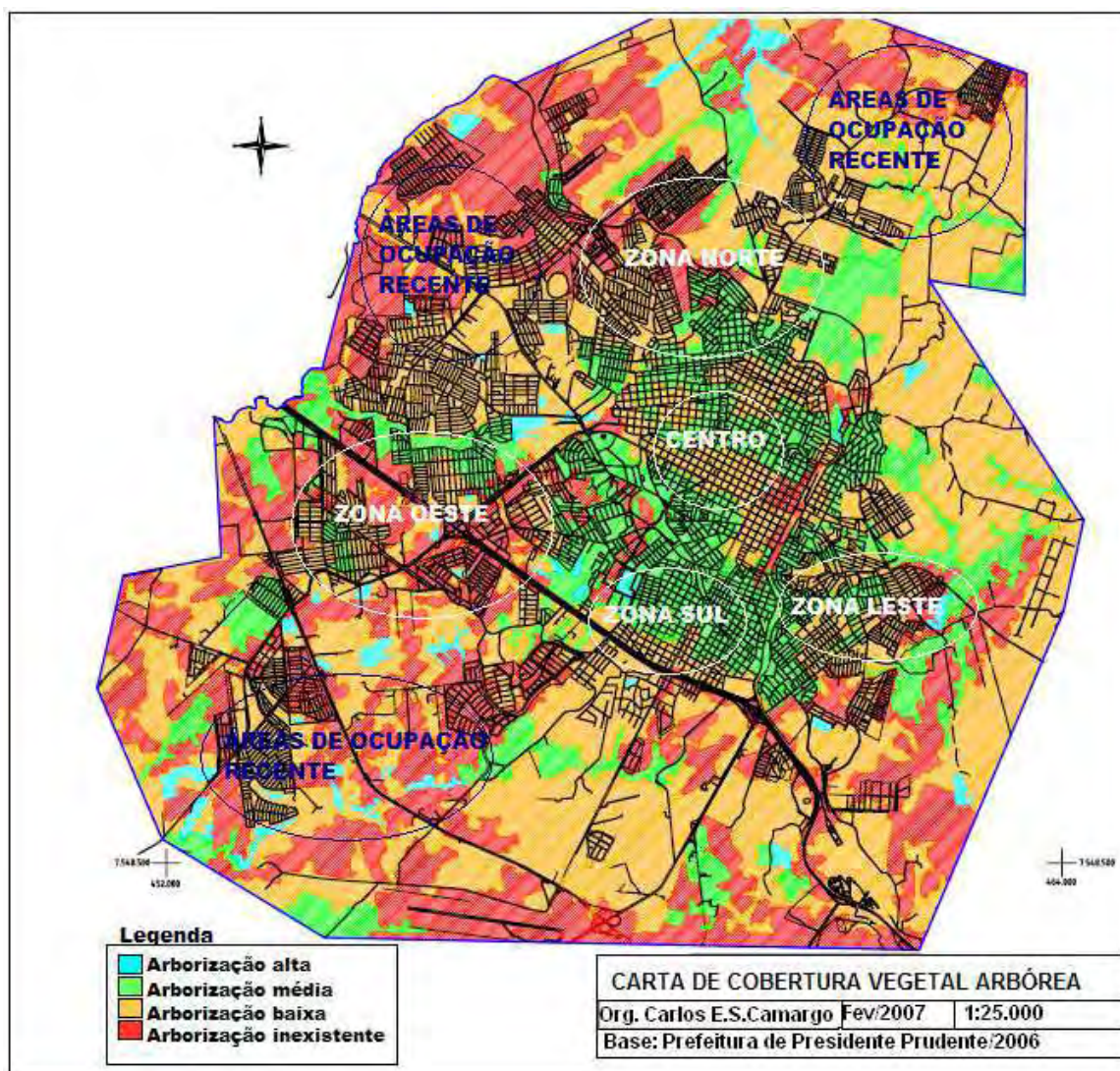


Figura 10 – Carta de cobertura vegetal em Presidente Prudente/SP
 Fonte: Adaptado de Camargo, 2007, p 43.

Os bairros mais novos, com exceção dos conjuntos habitacionais, apresentam áreas esparsamente construídas, com vegetação arbórea e gramado, igualmente. Na porção oeste, há bairros de diversas épocas, desde os recentes Jardim Petrópolis e Campo Belo, até alguns mais antigos como o Jardim Monte Alto e Parque Cedral. Esta área da cidade possui alguns focos de solo nu, o que caracteriza espaços à espera de edificações, além da própria caracterização geral do bairro, que é de construções esparsas, ou seja, com a existência de muitos terrenos vazios (Figuras 9 e 10).

Estas mesmas características podem ser aplicadas às áreas com construções esparsas e gramado, porque são bem próximas às áreas descritas anteriormente, diferenciando-se somente pela existência de algumas árvores nas calçadas e nos quintais das casas. Uma grande área do município é ocupada por vegetação esparsa

e gramado, considerada de especulação imobiliária, com muitos córregos. Na sua maioria, são locais de proteção ambiental.

Para concluir, com base nas explicações de Camargo (2007), o processo de crescimento que vem ocorrendo em Presidente Prudente deu-lhe, nas últimas décadas, uma configuração urbana característica das principais cidades médias brasileiras. Este aspecto mostra-se a favor da expansão urbana a qualquer custo, baseada na especulação imobiliária que se dá em áreas consideradas como eixo de expansão do município. No caso, este eixo atrai a cidade, a sua população e seus problemas para as regiões oeste, sul e sudoeste do município, devido, dentre outros fatores, ao relevo favorável e à presença de colinas amplas e levemente *convexizadas*, o que facilita a implantação de loteamentos.

4.2 O conforto térmico e a qualidade ambiental urbana de Presidente Prudente

Neste item, será demonstrado como está a qualidade ambiental urbana de Presidente Prudente. Para tal, foram utilizados os trabalhos de Amorim (1993, 2000, 2003) e Camargo (2007), que apresentou uma carta de qualidade ambiental para a cidade.

Para a definição da qualidade ambiental do município, Camargo (2007) trabalhou com espacialização dos indicadores ambientais, sendo: densidade de edificações, áreas de risco, cobertura vegetal arbórea, conforto térmico e exclusão social.

Como esclarece Lombardo (1985) a qualidade da vida humana está diretamente relacionada à interferência da obra do homem no meio natural urbano. A natureza antropizada, através das modificações no ambiente, alcança maior expressão nos espaços ocupados pelas cidades, criando um ambiente artificial.

Para Amorim (1993), a qualidade de vida está diretamente ligada à qualidade do ambiente e, para estabelecer-se essa relação, é necessário realizar, previamente, uma análise ambiental. Desta forma, cobertura vegetal arbórea, baixa densidade populacional, lotes e moradias adequadas e condições climáticas favoráveis são de extrema relevância para se ter uma qualidade ambiental e de vida adequadas.

Esta pesquisa tem como objetivo trabalhar o conforto térmico, um dos atributos abordados por Camargo (2007). O conforto térmico é um dos indicadores que compõe a qualidade do ambiente e, por consequência, a qualidade de vida das pessoas. Camargo (2007) definiu que a zona de conforto térmico em Presidente Prudente, que pode ser observada na figura 11, caracteriza-se como um “bolsão” no

meio da malha urbana, abrangendo a área mais central da cidade e bairros ao sul. A zona de desconforto envolve todo o restante da cidade, principalmente as áreas periféricas, com temperaturas acima dos 29,5°C, ficando em torno de 31°C, em uma extensa área que começa a sudeste da cidade, no Distrito Industrial, passando pelo ponto mais quente registrado, o Jardim Planalto (31,7°C), próximo ao parque Alvorada, onde está localizada a EE Plácido Braga Nogueira. O autor chegou a esses resultados a partir dos trabalhos realizados por Amorim (2000), em um estudo sobre o clima urbano de Presidente Prudente.

Como se observa na figura 11, as escolas Omar Barreto, Maria Luíza Bastos, Formozinho Ribeiro, José Foz, Hugo Miele e Arlindo Fantini estão dentro da zona de conforto térmico. As demais escolas, Anna Antônio e Plácido, estão dentro da zona que apresentou desconforto térmico. A unidade escolar Tanel Abbud está localizada nos limites entre a zona de conforto e a de desconforto térmico.

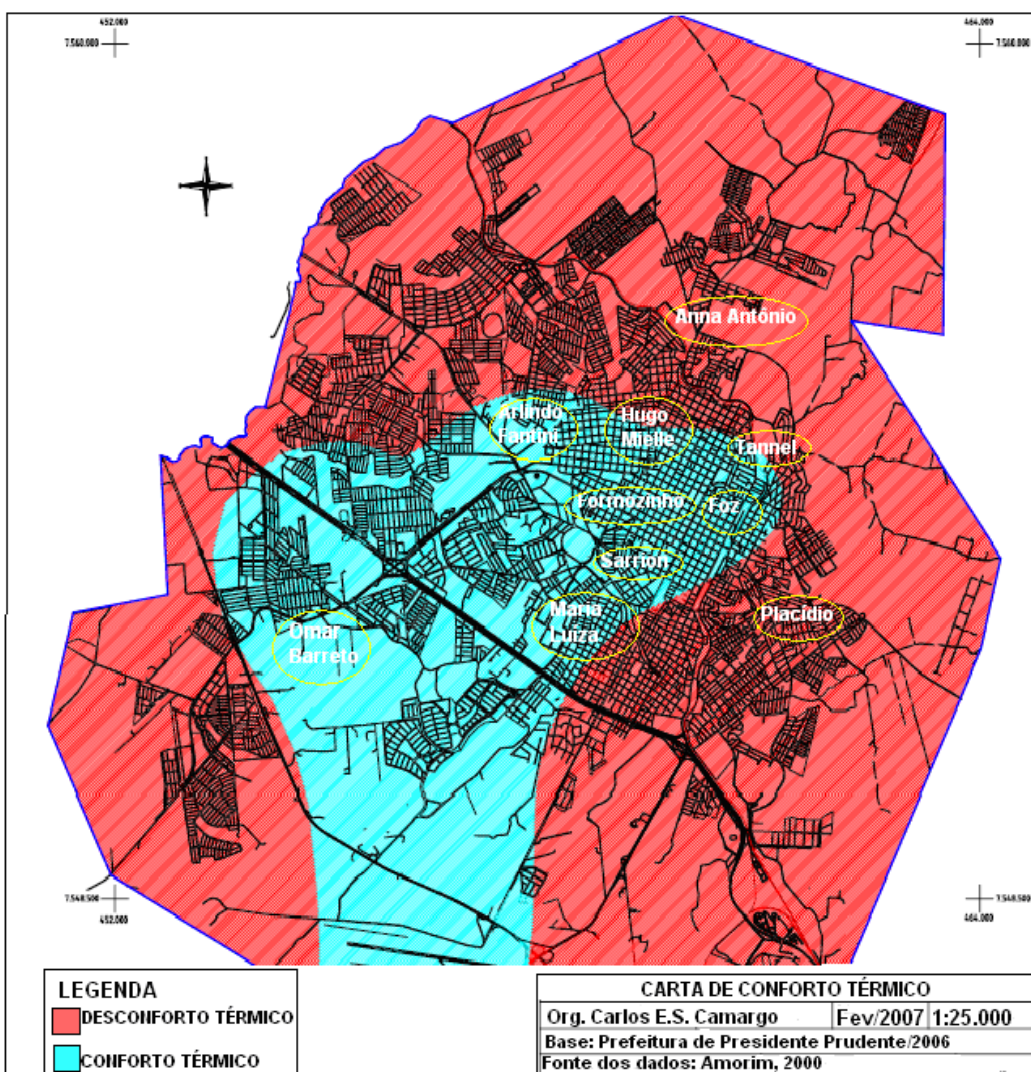


Figura 11 – Carta de conforto térmico em Presidente Prudente/SP
Fonte: Adaptado de Camargo, 2007, p.30.

No que se refere à qualidade ambiental urbana em Presidente Prudente (Figura 12), o autor trabalhou com cinco indicadores de qualidade do ambiente (conforto térmico, densidade de edificações, arborização, exclusão social e áreas de risco) e explica que a carta de qualidade ambiental não tem valor quantitativo; assim, os atributos foram analisados qualitativamente, de forma relativa, ou seja, o mesmo peso a cada um. Uma área caracterizada como sendo de baixa qualidade ambiental apresentou uma quantidade maior de atributos associados a ela; já, uma área com uma boa qualidade ambiental apresentou dois, um ou nenhum atributo negativo associado. Os pesos utilizados possuem o mesmo valor para caracterizar os atributos – o valor negativo. Sempre que um atributo é detectado em uma determinada área, esta passa a ter um valor negativo frente à outra, que não apresentou atributos negativos associados.

Dessa maneira, se o atributo “alta exclusão social” for relacionado a uma determinada área, a ela será atribuído um (01) valor negativo; e, quanto mais atributos negativos forem associados à mesma área, menor será a sua qualidade ambiental urbana. Se, por outro lado, forem aplicados a esta mesma área os atributos de áreas de risco, desconforto térmico, cobertura vegetal arbórea escassa e exclusão social serão quatro (04) valores negativos, em um total de cinco.

Ao observar a figura 12, nota-se que, os bairros mais afastados do centro (norte, nordeste, sudeste, leste e oeste) são os mais desfavorecidos, apresentando de 3 a 5 atributos (tons de amarelo, laranja e marrom) que prejudicam a qualidade do ambiente. Os bairros centrais e da área sul apresentam aspectos ambientais mais atrativos, pois apresentam de um a dois atributos (tons de azul claro e verde), o que proporciona boa qualidade do ambiente.

Do ponto de vista da qualidade ambiental, as unidades escolares estão classificadas da seguinte maneira: Placídio e Anna Antônio, de 3 a 4 atributos (desconforto térmico, alta densidade de edificações, baixa arborização e alta exclusão social); Tannel, Hugo Mielle e José Foz, de 2 a 3 atributos (alta densidade de edificações, baixa arborização); de 1 a 2 atributos, no Formozinho (alta densidade de edificações e média arborização), Sarrion (alta densidade de edificações), Arlindo Fantini (média densidade de edificações), Maria Luíza Bastos (alta densidade de edificações) e Omar Barreto (média densidade de edificações e baixa arborização), como se observa na figura 12.

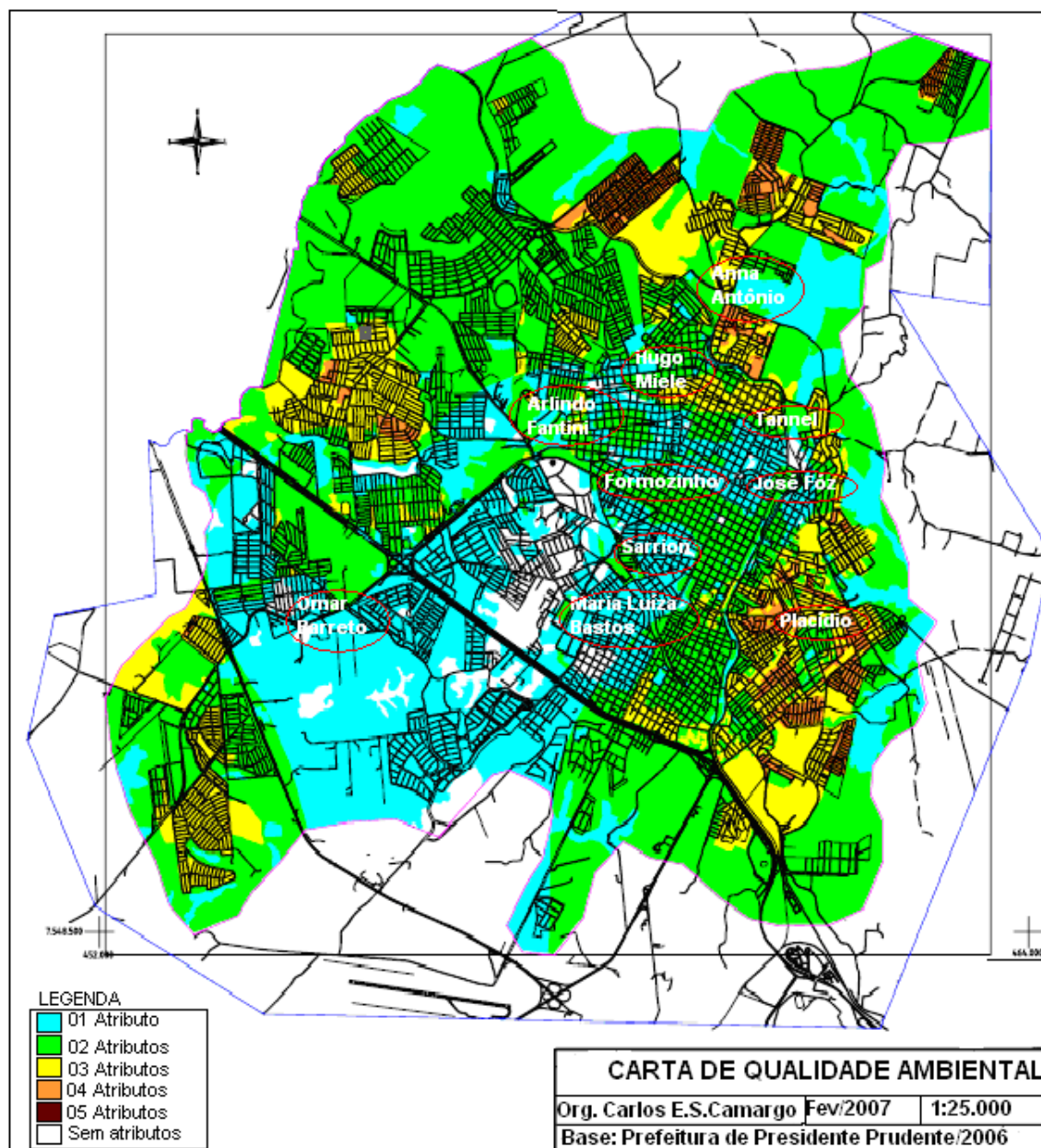


Figura 12 – Carta de qualidade ambiental e a localização aproximada das escolas
 Fonte: Adaptado de Camargo, 2007, p.127.

4.3 O clima e as condições sinóticas em Presidente Prudente

O clima de Presidente Prudente é caracterizado como tropical e recebe influência do relevo, da continentalidade e dos sistemas atmosféricos atuantes. O IBGE (2010) classificou a região oeste paulista como clima subquente, úmido, com 1 a 2 meses secos, como se observa na figura 13. Sant'Anna Neto e Tommaselli (2009) complementam que Presidente Prudente se localiza sob um típico regime de clima tropical, alternadamente com um período quente e chuvoso (outubro a março) e ameno e seco (abril a setembro), com uma precipitação média anual de 1300mm.

E ainda, situa-se numa área de transição entre os climas controlados pelos sistemas tropicais, que lhe confere temperaturas elevadas na primavera e verão, e pelos sistemas extratropicais (massas polares) que originam as frentes frias e as incursões de ar polar no outono e inverno, ocasionando baixas temperaturas (SANT'ANNA NETO e TOMMASELLI, 2009).

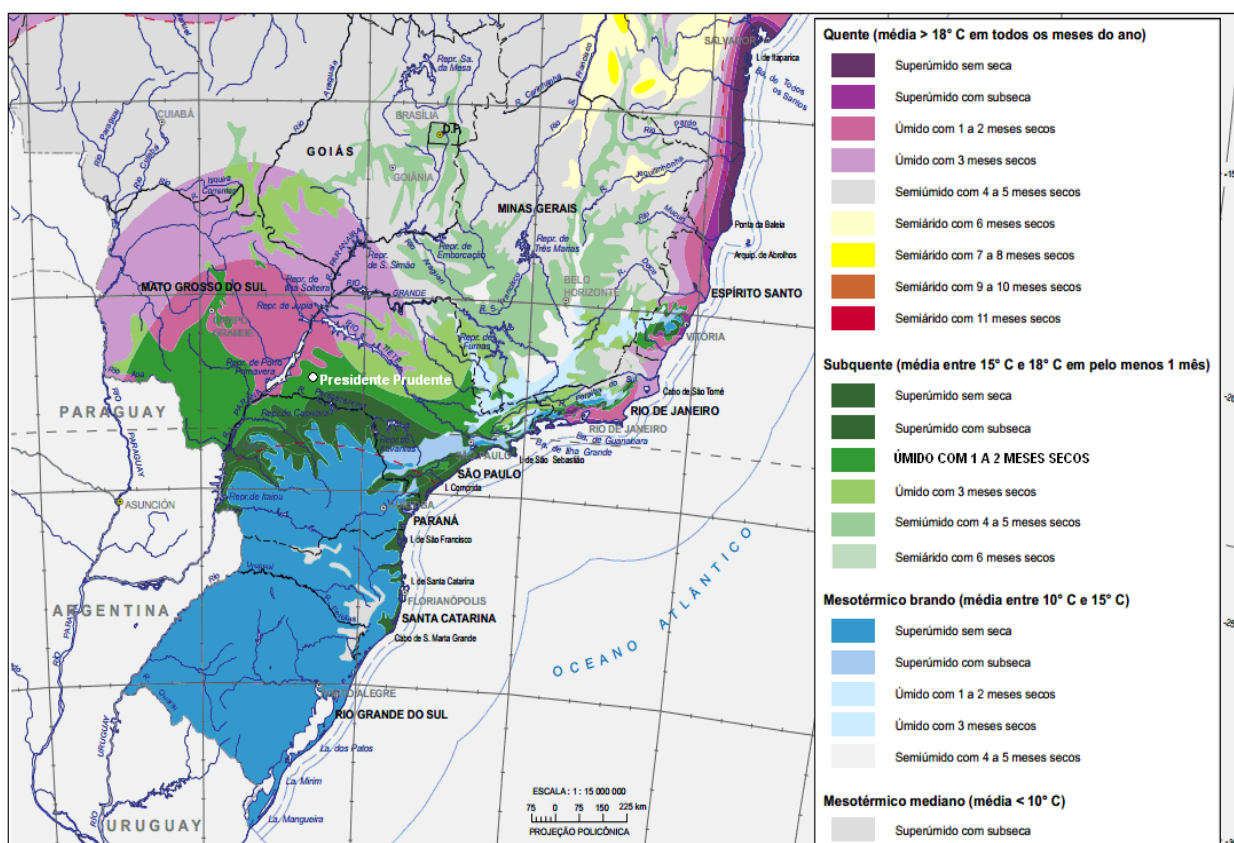


Figura 13 – Recorte do território brasileiro e o tipo climático da cidade de Presidente Prudente/SP
Fonte: adaptado de IBGE (2010)

A cidade é conhecida por suas altas temperaturas que, em algumas ocasiões, ultrapassam a sensação térmica de 40°C, principalmente nos meses de verão. No entanto, nos meses de inverno é comum curtos períodos de temperaturas baixas.

A temperatura média anual da cidade é de 23,4°C, atingindo os 26°C nos meses de verão e 20°C no inverno. Quando se observam os valores máximos e mínimos, as temperaturas, em média, oscilam entre 27°C e 28°C, com extremos acima dos 38°C e as mínimas ficam entre 16°C e 18°C. Mas, o que prevalece são os dias quentes, com máximas diárias acima dos 30°C e esses dias, nas últimas décadas, ultrapassaram os 200 dias do ano. (SANT'ANNA NETO e TOMMASELLI, 2009).

O clima que se esboça para a cidade é consequência, principalmente, do ritmo estabelecido pelos sistemas atmosféricos atuantes no Estado de São Paulo. A circulação atmosférica do Estado de São Paulo está inserida em um contexto espacial amplo, que abrange quase toda a América do Sul. Basicamente todas as massas de ar que atuam no continente contribuem para o estabelecimento e definição do tempo e do clima no Estado em questão.

De acordo com Barrios e Sant'Anna Neto (1996, p.8), os sistemas atmosféricos que atingem o Estado de São Paulo são os de origem Tropical, Polar e Frontal. Desta forma, no Extremo Oeste Paulista há uma alternância de massas de ar tropicais e polares, sendo de grande importância à participação da Frente Polar Atlântica na formação das chuvas, principalmente na primavera e verão, quando são frequentes e intensas, causando períodos de aumento na umidade. No outono e inverno, os sistemas estabilizadores causam diminuição das chuvas, provocando um período mais seco.

Os sistemas tropicais caracterizam-se: na Massa de ar Tropical Atlântica (mTa), na Massa Tropical Atlântica Continentalizada, na Massa Tropical Continental e na Massa Equatorial Continental.

A Massa Tropical Atlântica origina-se no anticiclone atlântico sul e atua durante o ano todo sobre o território paulista, trazendo estabilidade de tempo no inverno, em decorrência de subsidência superior nesta célula de alta pressão dinâmica e instabilidade na parte inferior, no verão. Devido sua origem marítima, apresenta umidade relativa mais ou menos alta; em superfície, pressões relativamente elevadas e constantes, e ventos, geralmente, de leste e nordeste.

A Massa Tropical Atlântica Continentalizada origina-se a partir das modificações que sofre ao adentrar sobre o continente. Como resultado, tem-se temperaturas mais elevadas, umidade relativa baixa e pressões em ligeiro declínio.

A Massa Equatorial Continental origina-se na Planície Amazônica, apresenta umidade relativa e temperatura do ar elevadas; atua no Extremo Oeste Paulista, durante o verão, atraída pelo sistema depressionário do interior do continente e ventos de noroeste.

Os Sistemas Polares caracterizam-se pela atuação da Massa Polar Atlântica e pela Massa Polar enfraquecida (tropicalizada). A Massa Polar Atlântica origina-se no Anticiclone Polar Atlântico, apresenta ventos de SSE ou SW, temperatura baixa e grande amplitude térmica associada, geralmente, à pressão atmosférica em elevação. Essa massa atua mais intensamente no inverno. A Massa Polar enfraquecida é o ar polar que perdeu parte de suas características com temperatura em ascensão e pressão atmosférica em ligeiro declínio. Os ventos são provenientes de E e NE. Esta Massa Polar encontra-se entre uma frente em frontólise nas latitudes baixa e nova frontogênese, no rio da Prata. (Boletim Climatológico, 1996)

Os Sistemas Frontológicos caracterizam-se a partir da Frente Polar e da Frente Polar Reflexa. A Frente Polar é gerada a partir da descontinuidade provocada pelo choque entre os sistemas tropicais e polares. Apresenta-se mais vigorosamente no inverno, pois as condições de frontogênese são mais frequentes, embora o fenômeno possa ser observado em todo o Estado de São Paulo, durante o ano todo.

A Frente Polar Reflexa define-se a partir da separação entre o ar polar modificado (Polar enfraquecida) – proveniente de um avanço anterior –, e o ar tropical marítimo (TA), sendo mais bem definida no litoral.

A Frente Polar Atlântica tem grande papel na gênese das chuvas, deixando a região sujeita às constantes invasões de perturbações frontais, mesmo na primavera e no verão, quando as chuvas são mais frequentes e intensas, o que acarreta um período úmido. Os sistemas estabilizadores de tempo no outono e no inverno provocam uma diminuição das chuvas, tornando esse período mais seco.

Além desses sistemas, a região recebe influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), do Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM) e do El Niño e La Niña (Oscilação Sul/Enos) (BEREZUK, 2007).

O El Niño é um fenômeno oceânico, que interfere na atmosfera, caracterizado por um aquecimento anormal das águas superficiais no oceano Pacífico Tropical. Ele pode afetar o clima regional e global, mudando os padrões de vento a nível mundial, o que afeta os regimes de chuva em regiões tropicais e de latitudes médias (ENOS – El Niño e La Niña INPE, 2011).

Na Região Sudeste, o El Niño provoca um moderado aumento das temperaturas médias, independente do mês, o que ocorreu no inverno de 2010. No entanto, não há um padrão característico de mudança no regime das chuvas (Figura 14 A e B).

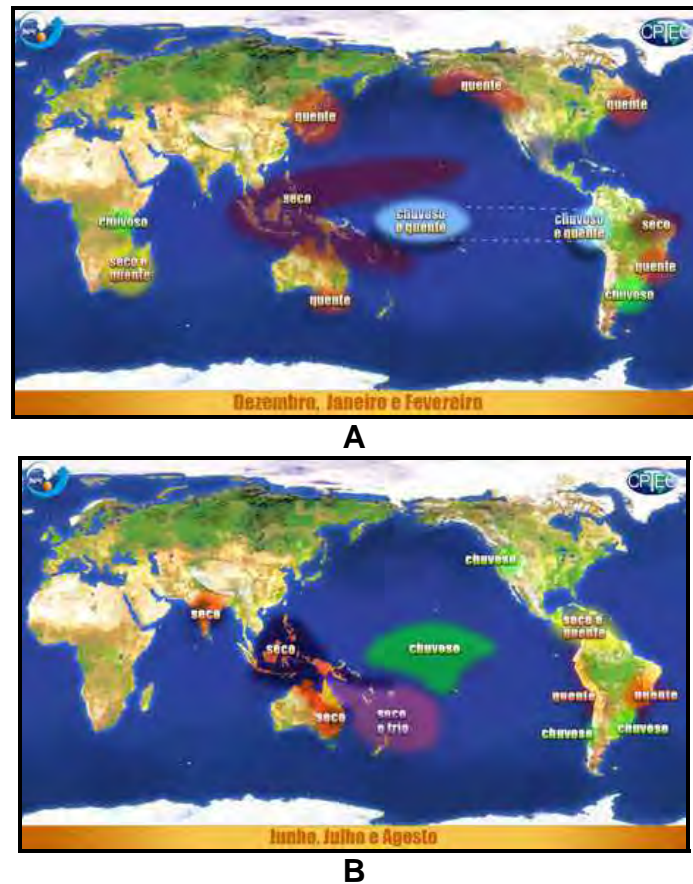
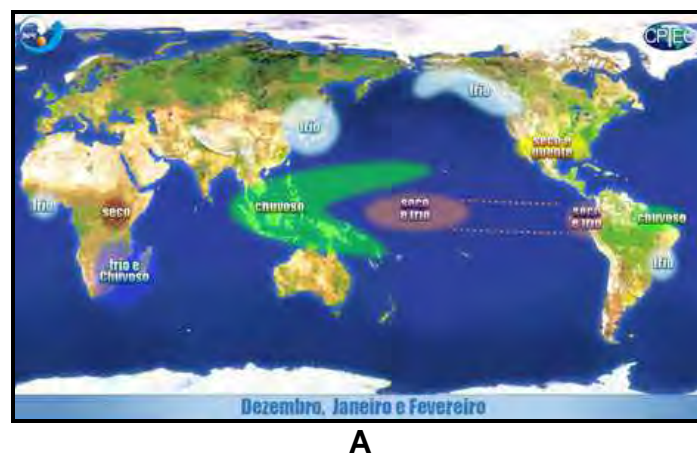
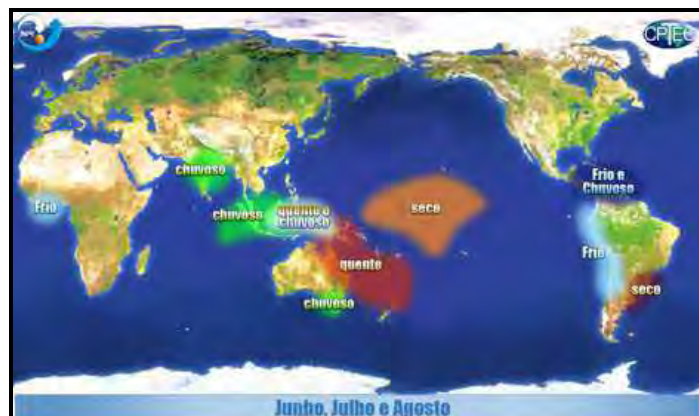


Figura 14 – Efeito Global do El Niño: A) Os efeitos durante os meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro. B) Os efeitos durante os meses de Junho, Julho e Agosto.

Fonte: CPTEC/INPE – Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso: Janeiro de 2011

A La Niña representa um fenômeno oceânico com características opostas ao El Niño. Caracteriza-se por um esfriamento anormal nas águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical. Alguns dos impactos de La Niña tendem a ser opostos aos de El Niño, mas nem sempre uma região afetada pelo El Niño apresenta impactos significativos no tempo e clima devido à La Niña (Figura 15 A e B) (ENOS – El Niño e La Niña, INPE, 2011).





B

Figura 15 – Efeito Global do La Niña: A) Os efeitos durante os meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro. B) Os efeitos durante os meses de Junho, Julho e Agosto.

Fonte: CPTEC/INPE – Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso: Janeiro de 2011

Na Região Sudeste, há baixa previsibilidade para os efeitos de La Niña (Figura 15 A e B). Embora, na sua ocorrência, durante o trimestre dezembro, janeiro e fevereiro, há uma diminuição nos valores de temperatura (Figura 15 A).

Oliveira et.al. (2009) elucidam que a maior intensidade do El Niño se dá no início do verão no Hemisfério Sul, em intervalos que variam de dois a sete anos, e sua duração é de um ano a um ano e meio, em média. Com relação a La Niña, os episódios têm frequência de 2 a 7 anos e têm períodos de aproximadamente 9 a 12 meses. Tanto o El Niño como o La Niña são fenômenos naturais que podem provocar variabilidades climáticas.

A ZCAS resulta da intensidade do calor e da umidade provenientes do encontro de massas de ar quentes e úmidas da Amazônia e do Atlântico Sul na porção central do Brasil, gerando instabilidade convectiva por processo de advecção diferencial (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Por causa dessas condições de calor intenso e altos índices de umidade do ar a atuação da ZCAS é mais frequente durante a estação do verão – principalmente no mês de janeiro. No decorrer da sua atuação a região sudeste passa por um período de intensas e constantes chuvas, em virtude de sua permanência estacionária, provocando um período com maior número de enchentes.

Os CCMs têm sua origem na região do Chaco (norte da Argentina e Paraguai) e em decorrência das altas temperaturas que a região apresenta nos meses de primavera e verão, aliadas às altas porcentagens de umidade relativa, favorecem a ocorrência de fortes processos convectivos que originam aglomerados de nuvens com alto desenvolvimento vertical (BEREZUK, 2007). Assim como a ZCAS, os CCMs são responsáveis por episódios de chuvas abundantes, porém com atuação mais regional e localizada (Figura 16).

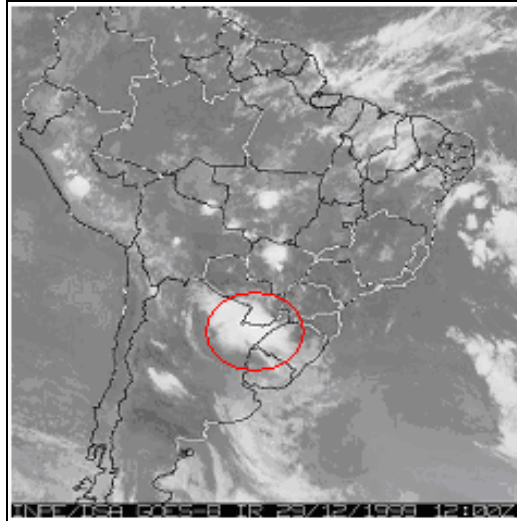


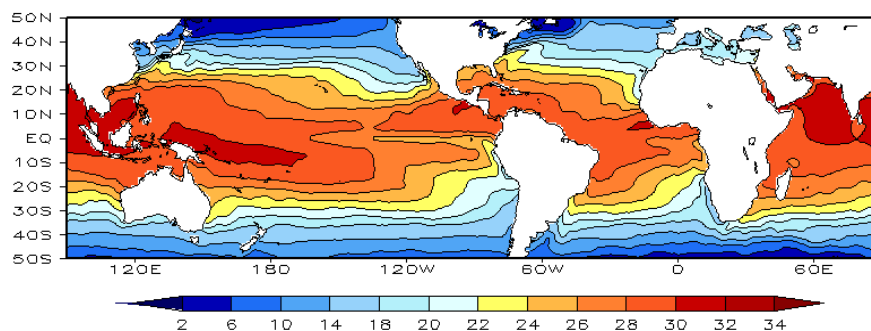
Figura 16 – Exemplo de Complexo Convectivo

Fonte: adaptado de SANT'ANNA NETO (2010) – Disponível em: <http://www.inpe.br>

4.3.1 Condições sinóticas entre os dias 18 de maio a 14 de junho de 2010

A primeira pesquisa de campo foi realizada no final do outono. O outono é uma estação de transição entre o verão e o inverno, apresentando as seguintes peculiaridades: em alguns momentos, possui características de verão com temperaturas elevadas, mas com menores valores de precipitação, e em outros, temperaturas mais baixas, consequência da incursão da massa de ar polar que começa a atingir o oeste paulista com maior intensidade. As figuras 30 e 31 demonstram uma síntese das condições sinóticas nos dias pesquisados. As figuras estão inseridas no final do item.

Durante os meses de abril e maio, na escala global, as condições oceânicas e atmosféricas sobre o Pacífico Equatorial sinalizaram o final do fenômeno El Niño 2010 principalmente, pela advecção de águas frias subsuperficiais em direção à costa da América do Sul (Figura 17). Houve a indicação da evolução do fenômeno La Niña, no decorrer do segundo semestre de 2010 (Boletim CLIMANÁLISE – Maio de 2010).



A

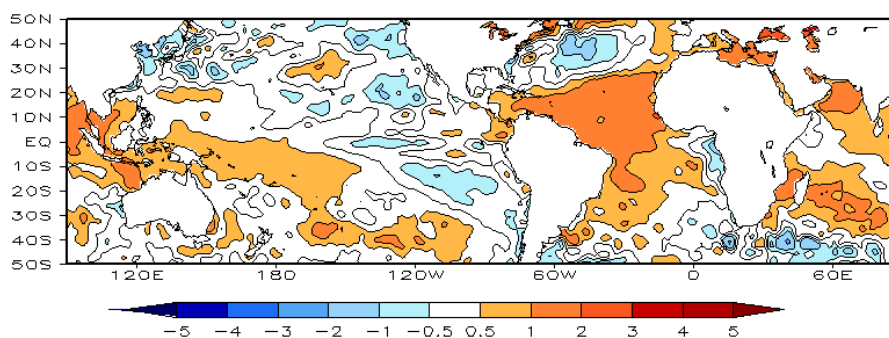
**B**

Figura 17 - Temperatura da Superfície do Mar (TSM), em MAIO/2010: a) média, com intervalo das isotermas de 4°C para valores de TSM menores que 18°C. Para TSM maior que 18°C, o intervalo das isotermas é de 2°C. b) anomalias, com intervalos entre as isotermas de 0,5°C para anomalias até 1°C. Acima deste valor, o intervalo é de 1°C. As anomalias são desvios das médias mensais em relação à climatologia do CPC.

Fonte: CPC/NCEP/NWS/Boletim Climanálise – Maio de 2010. Acesso: Maio de 2011

De acordo com o Boletim INFOCLIMA (2010), entre os meses de maio e junho de 2010, as chuvas estiveram em torno da normal climatológica, com exceção do sul do Estado de São Paulo onde estiveram abaixo da média. Em Presidente Prudente a precipitação esteve abaixo da média climatológica para o mês de maio, como se observa na figura 18.

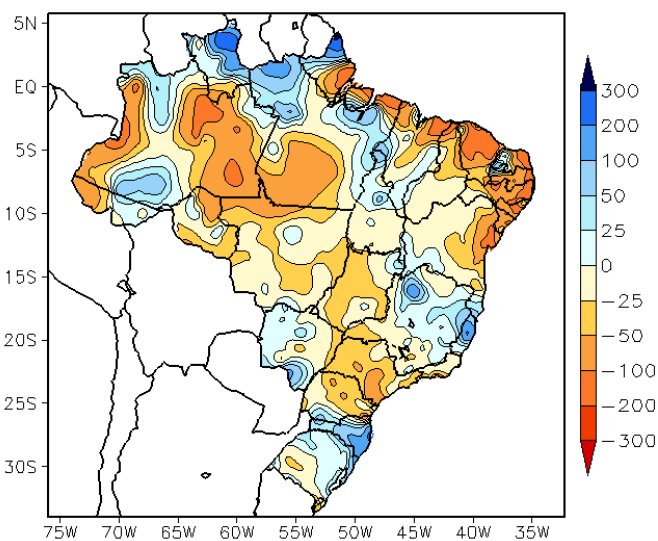


Figura 18 - Desvio de precipitação (em mm) em relação à média climatológica para MAIO/2010.

Fonte: climatologia INMET 1961 – 1990/Boletim Climanálise – Maio de 2010. Acesso: Maio de 2011

No Brasil, as temperaturas apresentaram-se acima da normal climatológica, mas com as incursões de massas de ar frio intensas houve declínios nas temperaturas, ainda que, por curtos períodos. No Estado de São Paulo, a temperatura média mensal variou entre 14°C e 22°C (Figura 19), com predominância de anomalias positivas nos setores leste e norte (Boletim CLIMANÁLISE - Maio de 2010).

Em Presidente Prudente, a temperatura média mensal ficou entre 18°C e 20°C, o que corresponde à média mensal para esse período, conforme a figura 19.

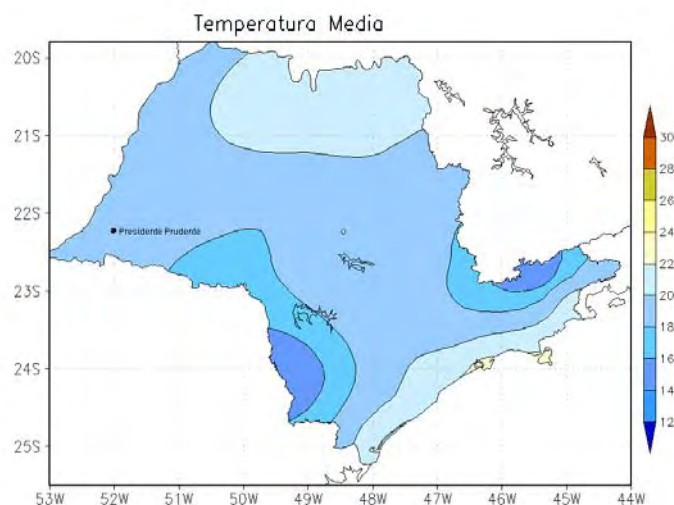


Figura 19 – Temperatura média do ar na superfície (em °C), em MAIO/2010, para o Estado de São Paulo.

Fonte: IAC/Boletim Climanalise – Maio de 2010. Acesso: Maio de 2011

Com relação aos sistemas frontais, seis atuaram em território brasileiro. Este número ficou dentro da normal climatológica para as latitudes entre 25°S e 35°S. Três destes sistemas conseguiram avançar até latitudes mais ao norte (Figura 20). Dos seis sistemas frontais que se formaram, três atingiram Presidente Prudente, de acordo com a figura 20.

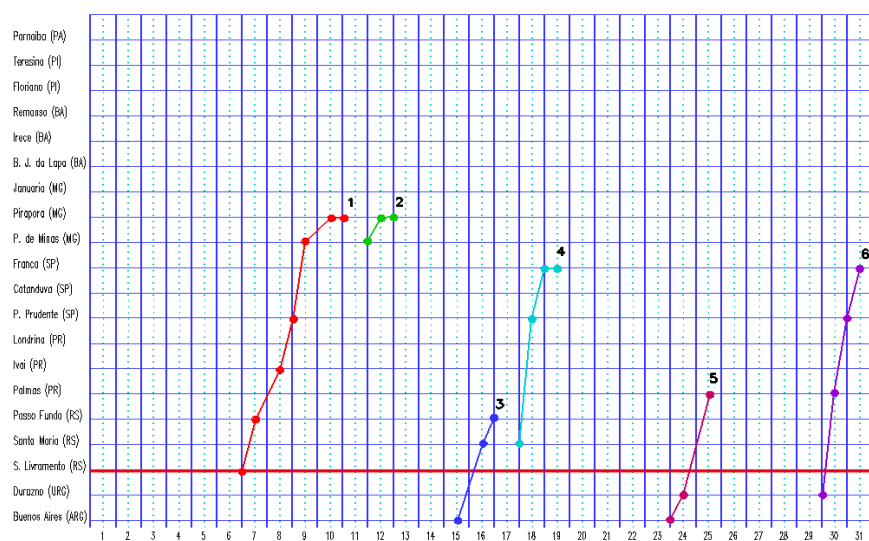


Figura 20 - Seções estação versus tempo dos sistemas frontais que penetraram no interior do Brasil em MAIO/2010²⁷.

Fonte: Análises diárias do CPTEC/ Boletim CLIMANÁLISE – Maio de 2010

²⁷ O acompanhamento das frentes é feito nos horários das 00:00 TMG (linha contínua) e 12:00 TMG (linha pontilhada). Os pontos mostram que a frente esteve posicionada na estação no dia e hora indicados.

O primeiro sistema frontal atingiu a região do oeste paulista no dia 08/05 (Figuras 21 e 22 A)

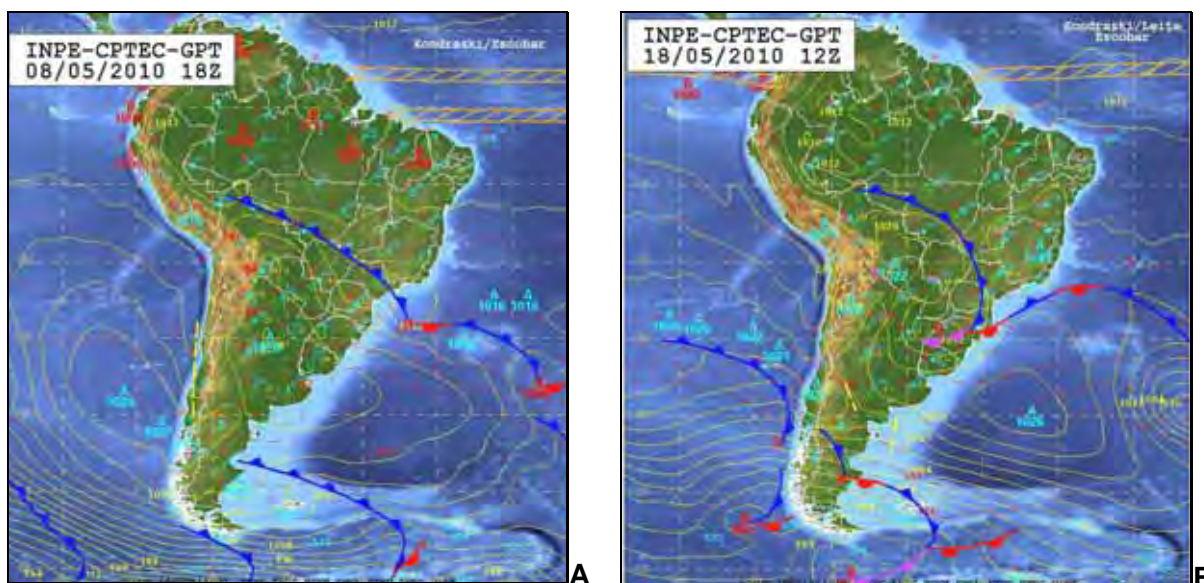


Figura 21 – Sistemas frontais em Presidente Prudente. A) Frente fria no oeste paulista 08/05/2010. B) Frente fria no oeste paulista 18/05/2010

Fonte: http://www7.cptec.inpe.br/~ruploa/arquivo/analise_08052010.pdf. Acesso: Junho de 2011
http://www7.cptec.inpe.br/~ruploa/arquivo/analise_18052010.pdf. Acesso: Junho de 2011

O segundo sistema frontal chegou a Presidente Prudente no dia 18/05 e provocou chuva e diminuição na temperatura. Áreas de instabilidades que se formaram antes da frente fria provocaram pancadas de chuva no oeste paulista (Figura 21 B).

Após a passagem das frentes frias, houve a atuação do anticiclone polar. No decorrer do mês de maio, foram sete massas de ar polar que adentraram o Brasil, duas dessas causaram o fenômeno da friagem no oeste da Região Centro-Oeste e no sul da Região Norte do Brasil.

Entre os dias 19/05 e 22/05, houve o predomínio de sol com variação de nuvens e pancadas isoladas de chuva. As temperaturas estiveram em declínio, consequência da massa de ar frio que se deslocou pelo continente entre os dias 23 (Figura 22) e 24/05.

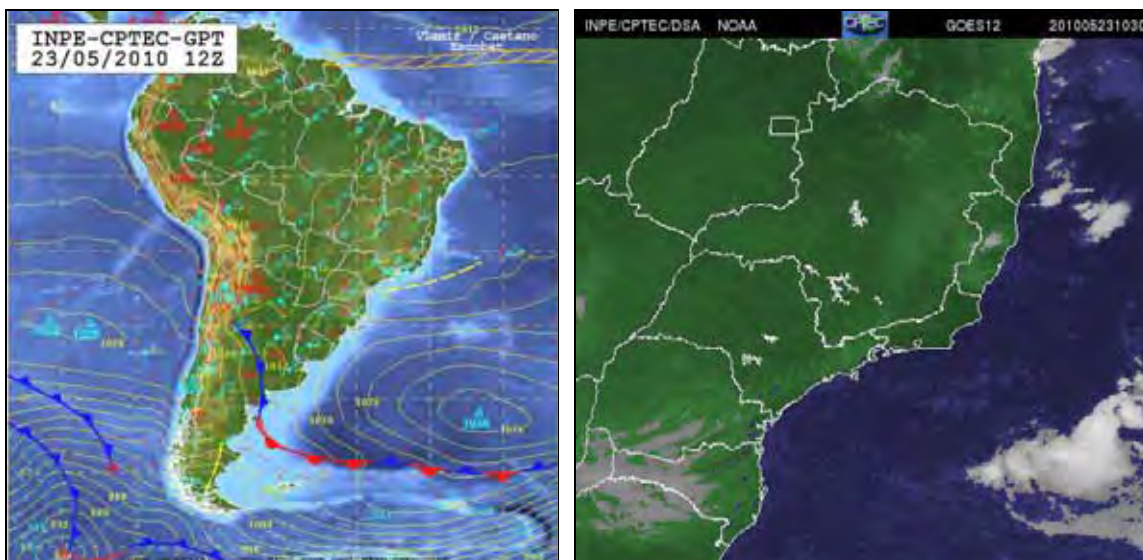


Figura 22 – Atuação da massa de ar Polar em 23/05/2010

Fonte: <http://www7.cptec.inpe.br/~ruploa/arquivo/analise23/05/2010.pdf>. Acesso: Junho de 2011
<http://pituna.cptec.inpe.br>. Acesso maio de 2010

No dia 25/05, no oeste de São Paulo, o dia ficou instável com poucas aberturas de sol e chuva, consequência de áreas de instabilidades providas da frente estacionária que estava sobre o Paraná, Mato Grosso do Sul e Bolívia (Figura 23).

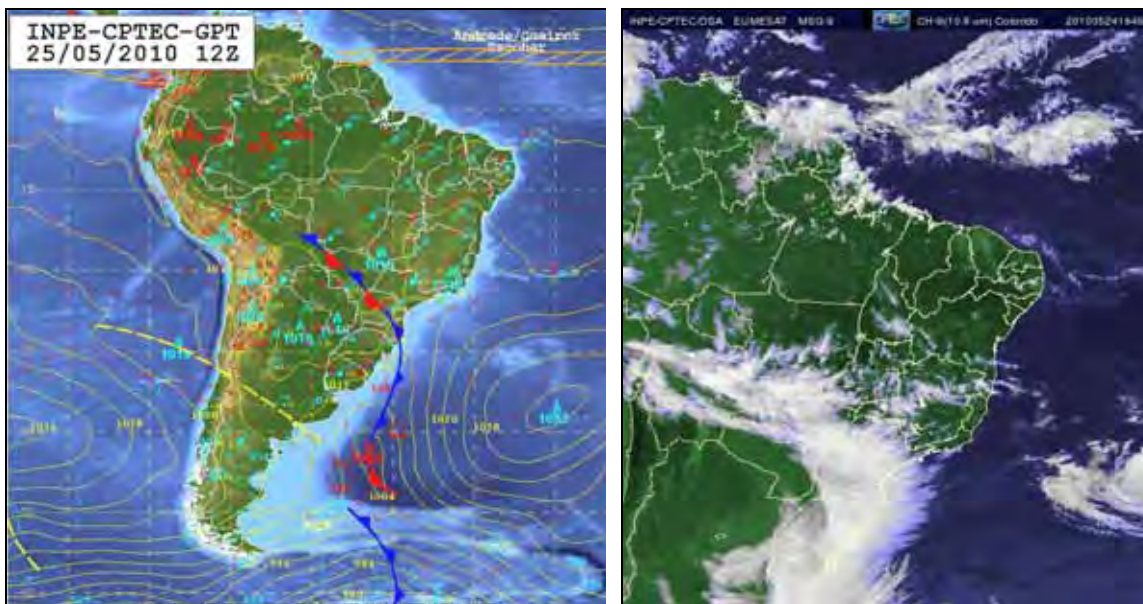


Figura 23 – Atuação da Frente estacionária no dia 25/05/2010

Fonte: <http://www7.cptec.inpe.br/~ruploa/arquivo/analise25/05/2010.pdf>. Acesso: Junho de 2011
<http://pituna.cptec.inpe.br>. Acesso maio de 2010

Após a passagem da frente fria, nos dias 26/05, 27/05, 28/05 e 29/05, ocorreram o predomínio de céu sem nebulosidade, vento de intensidade moderada a forte, temperatura em queda com frio, principalmente durante as manhãs e noites.

Essas características descritas do tempo atmosférico são consequências da sexta massa de ar frio que atuou sobre a Região Sul e provocou queda de temperatura até a Região Sudeste. No dia 29/05, o anticiclone enfraqueceu, porém continuou influenciando a costa leste brasileira (Boletim Climanálise – Maio de 2010).

No dia 30/05, uma nova frente fria chegou à região Sudeste, o que provocou céu coberto por nuvens e vento forte (Figura 24).

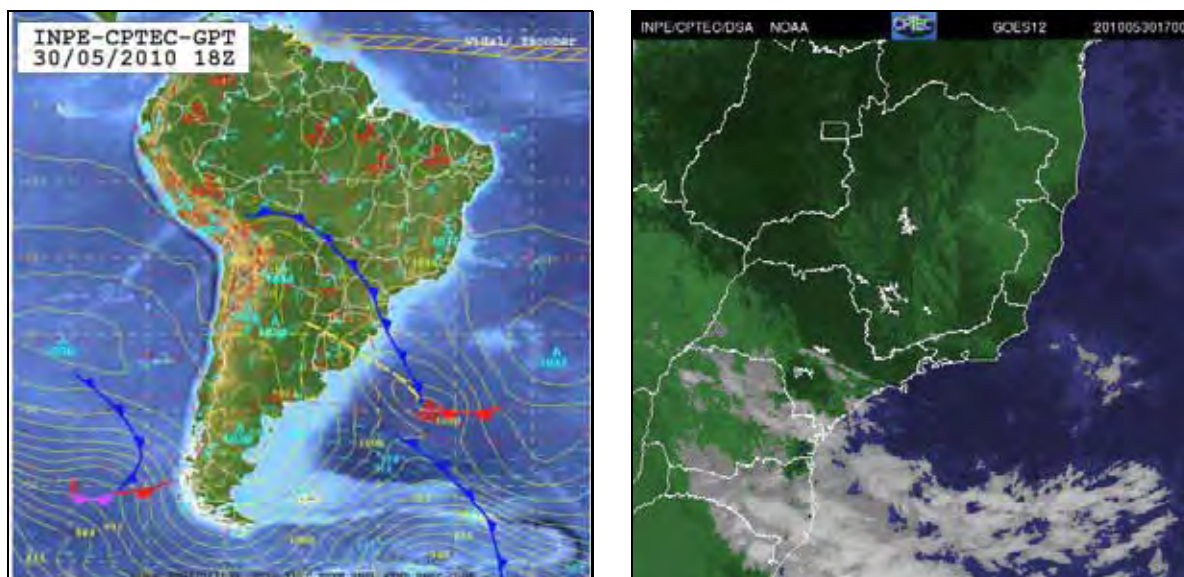


Figura 24 – Frente fria adentrando ao oeste paulista em 30 de maio de 2010

Fonte: http://www7.cptec.inpe.br/~ruploa/arquivo/analise_30052010.pdf. Acesso: Junho de 2011
<http://pituna.cptec.inpe.br>. Acesso maio de 2010

No dia 31, a sétima e última massa de ar frio também se estendeu pelo sul e oeste do País, proporcionando o segundo episódio de friagem. Entre os dias 30 e 31, a temperatura máxima em Vilhena/RO passou de 30,8°C para 24°C. A pressão no centro do anticiclone associado a esta massa de ar frio atingiu 1030 hPa sobre o nordeste da Argentina. Em Campos Novos/SC, a temperatura mínima declinou 5°C, passando a 9°C no dia 31. Neste mesmo dia, a mínima foi igual a 4,8°C em Bom Jesus/RS, ou seja, declínio de 8°C em relação ao valor registrado no dia anterior (INMET apud Boletim Climanálise – maio de 2010).

No mês de junho, no Estado de São Paulo, a temperatura média mensal variou entre 12°C e 22°C. Em Presidente Prudente a média ficou entre 14°C e 16°C. (Figura 25).

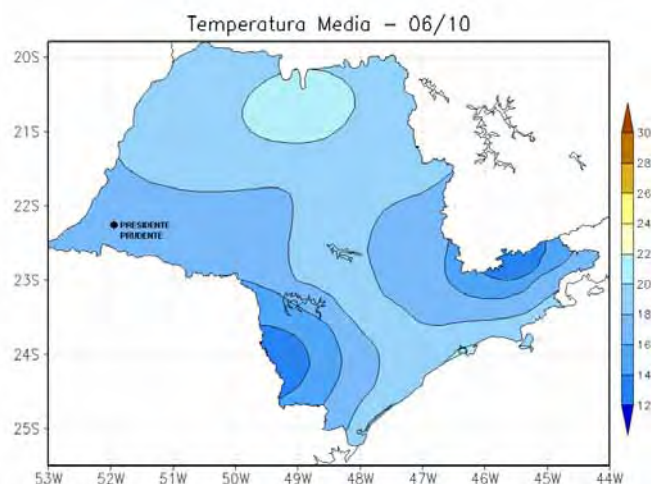


Figura 25 – Temperatura média do ar na superfície (em °C), em JUNHO/2010, para o Estado de São Paulo.

Fonte: IAC/Boletim Climanálise – Junho de 2010

Cinco sistemas frontais atuaram no território brasileiro, no decorrer de junho (Figura 26), o que foi considerado abaixo do esperado para as latitudes 25°S a 35°S. As chuvas ficaram abaixo da média na maior parte da Região Sudeste, especialmente no sul do Espírito Santo e em São Paulo. Essa escassez resultou em baixos valores de umidade relativa do ar (Boletim CLIMANÁLISE – Junho de 2010).

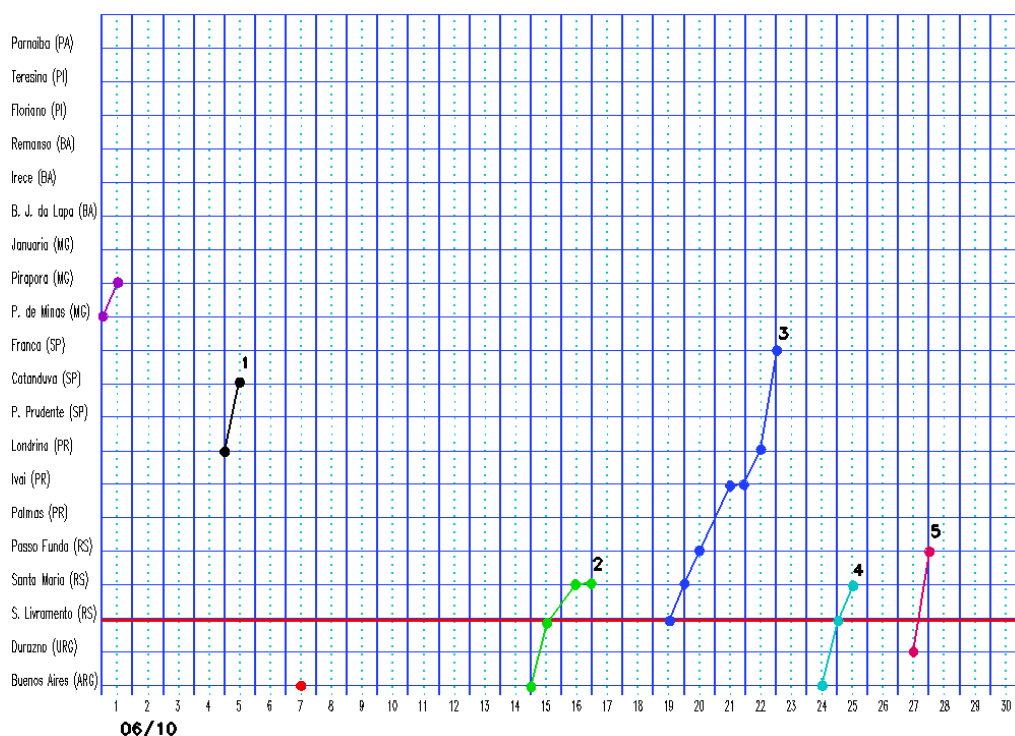


Figura 26 - Seções estação versus tempo dos sistemas frontais que penetraram no interior do Brasil em JUNHO/2010²⁸.

Fonte: Análises diárias do CPTEC/ Boletim CLIMANÁLISE – Junho de 2010

²⁸ O acompanhamento das frentes é feito nos horários das 00:00 TMG (linha contínua) e 12:00 TMG (linha pontilhada). Os pontos mostram que a frente esteve posicionada na estação no dia e hora indicados.

Nos dias 01/06, 02/06 e 03/06, houve a atuação da massa de ar frio em decorrência da passagem da frente fria no dia 30/05. Nesses dias, várias áreas de instabilidades adentraram a região que proporcionou céu com nebulosidade variável, vento e temperatura baixa, principalmente no decorrer do período matutino e noturno.

Entre os dias 04/06 e 05/06, a frente fria atingiu o oeste paulista e o tempo permaneceu nublado com pancadas de chuva e vento, como se observa na figura 27.

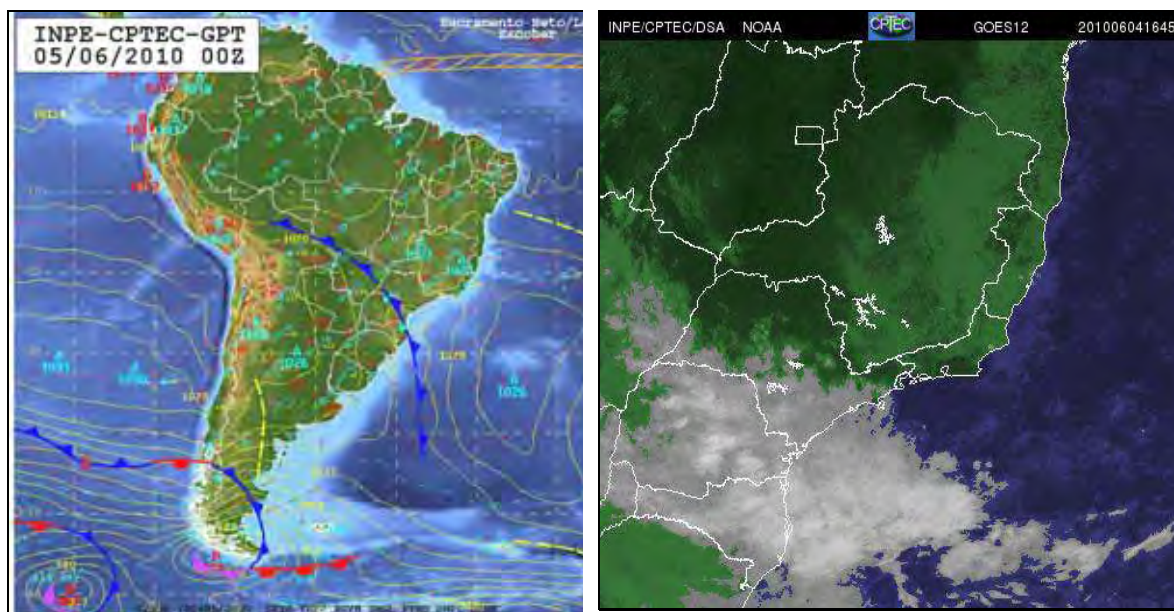


Figura 27 – Frente fria no oeste paulista

Fonte: http://www7.cptec.inpe.br/~ruploa/arquivo/analise_01052010.pdf. Acesso junho de 2011
<http://pituna.cptec.inpe.br>. Acesso junho de 2010

Nos dias 06 e 07/06, o céu teve poucas nuvens desde o início da manhã, vento moderado e temperatura baixa. Na sequência, nos dias 08 e 09, a massa de ar frio perdeu intensidade o que proporcionou céu limpo, vento fraco e temperatura em elevação.

Nos dias 09/06 e 10/06 ocorreram áreas de instabilidades em decorrência de um cavado²⁹ (Figura 28) que atingiu o oeste paulista, provocando céu coberto por nuvens, sem chuva, com poucas aberturas de sol, calma e temperatura baixa.

²⁹ Cavado – Sistema de baixa pressão atmosférica que provoca áreas de instabilidades, como nuvens e possibilidade de chuva.

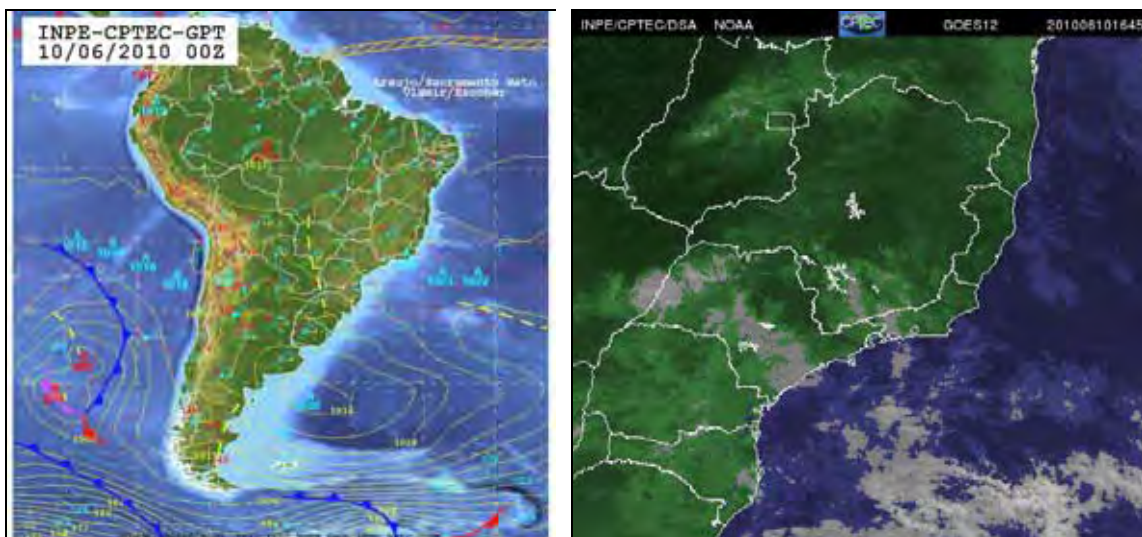


Figura 28 – Atuação de um cavado no dia 10 de junho de 2010

Fonte: http://www7.cptec.inpe.br/~ruploa/arquivo/analise_10062010.pdf. Acesso junho de 2011
<http://pituna.cptec.inpe.br>. Acesso junho de 2010

Entre os dias 11/06 e 18/06 predominou céu limpo com poucas nuvens do tipo Cirrus, vento forte e temperatura do ar baixa, consequência da atuação do anticiclone polar (Figura 29).

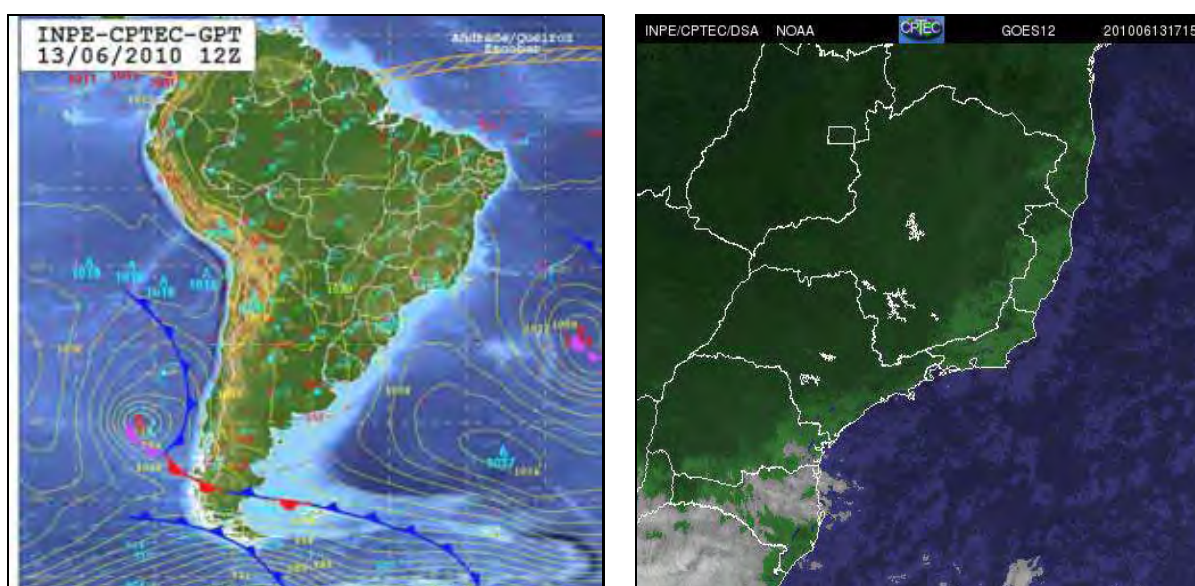


Figura 29 – Frente estacionária adentrando o oeste paulista no dia 13/06/2010

Fonte: http://www7.cptec.inpe.br/~ruploa/arquivo/analise_13062010.pdf. Acesso junho de 2011
<http://pituna.cptec.inpe.br>. Acesso junho de 2010

De 19/06 a 21/06, a massa de ar frio perdeu intensidade, tornando-se tropical. Entre os dias 22 e 23/06, uma frente estacionária adentrou o oeste paulista provocando céu coberto por nuvens e sem precipitação. Do dia 24 a 27/06, houve a

atuação de duas massas de ar frio, que se deslocaram entre o continente e o oceano. No dia 28/06, a última massa de ar frio ingressou no Rio Grande do Sul.

As informações acima estão sintetizadas nas figuras 30 e 31.

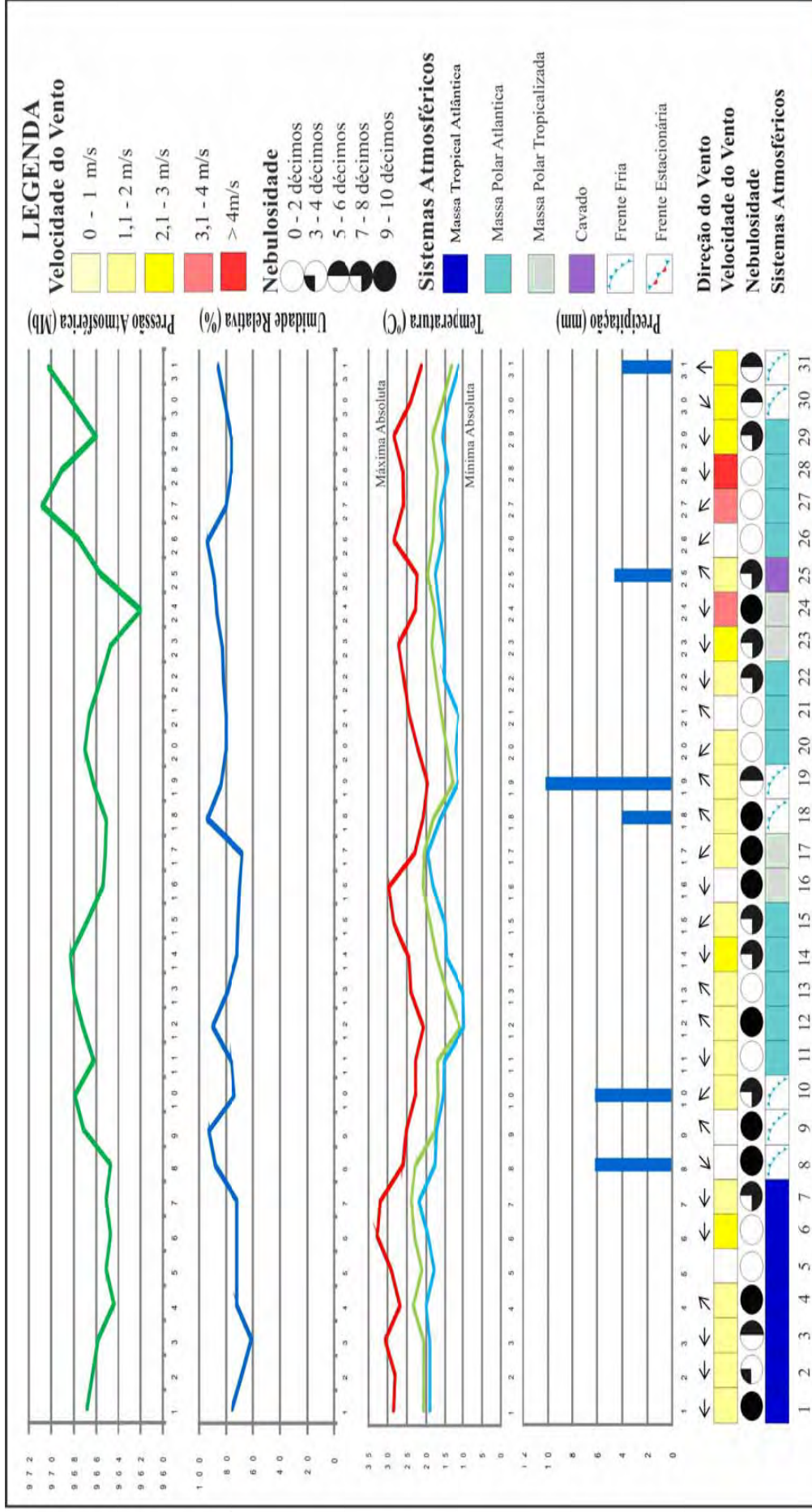


Figura- : Gráfico de Análise Ritmica - Presidente Prudente - Maio de 2010 - 09h
 Fonte: Estação Meteorológica Localizada no Campus da Unesp
 Organização: Simone Scatolon Menotti Viana

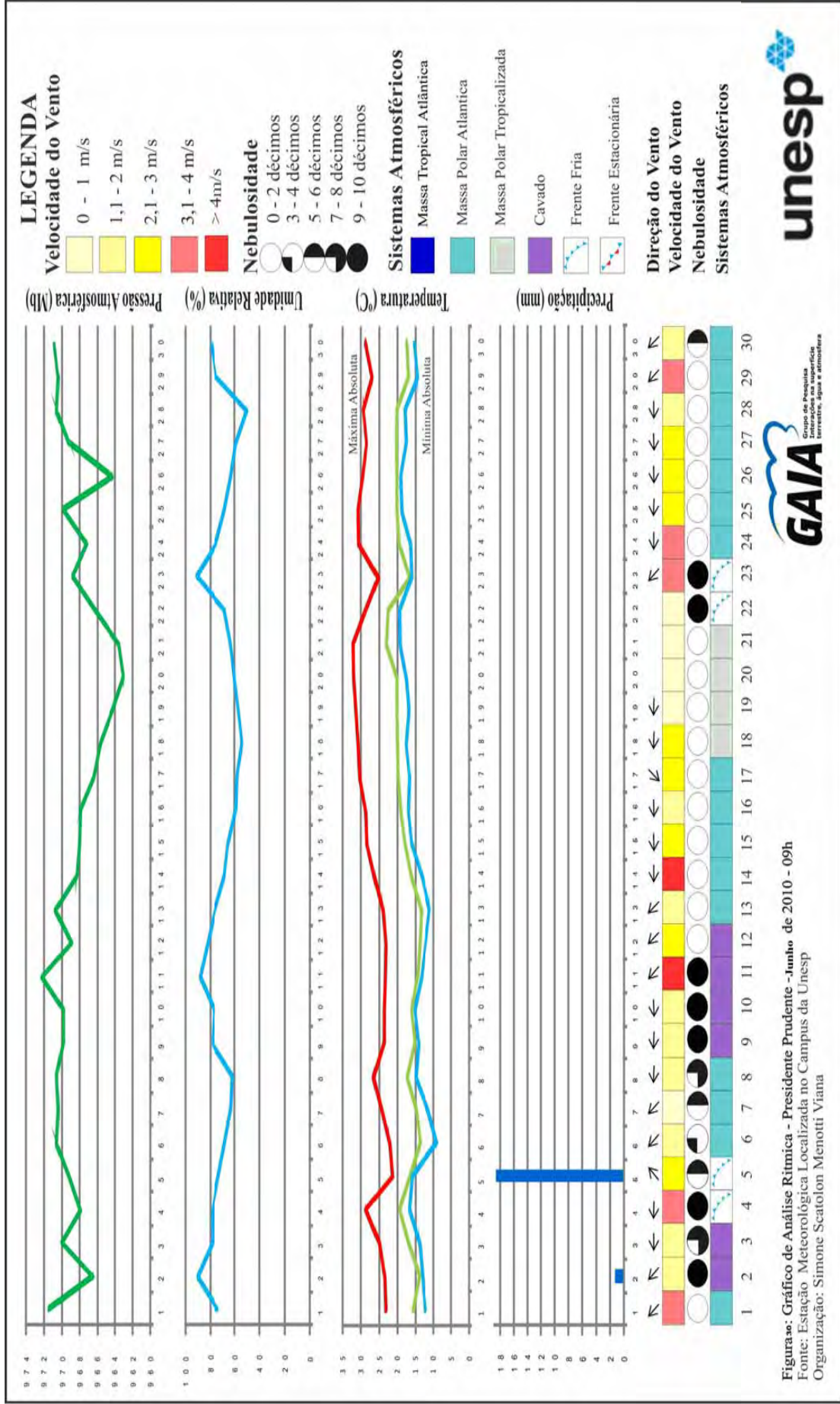


Figura 06: Gráfico de Análise Ritmica - Presidente Prudente - Junho de 2010 - 09h

Fonte: Estação Meteorológica Localizada no Campus da Unesp

Organização: Simone Scatolon Menotti Viana

4.3.2 Condições sinóticas entre os dias 23 de novembro e 17 de dezembro de 2010

O segundo trabalho de campo foi realizado no final da primavera. A primavera é uma estação de transição entre o inverno e o verão e apresenta as seguintes características: temperaturas baixas em alguns períodos e elevadas em outros (predominante), aumento na precipitação, principalmente, com os temporais de fim de tarde. As figuras 40 e 41 demonstram uma síntese das condições sinóticas nos dias pesquisados. As figuras estão inseridas no final do item.

Na escala global, o efeito La Niña entrou em sua fase madura, com intensidade de forte a moderada, favorecendo o aumento das chuvas na maior parte da Região Norte do Brasil, durante o período de dezembro 2010 a fevereiro 2011. Os modelos de previsão climática indicaram a possibilidade de enfraquecimento desse episódio de La Niña entre os meses de verão e outono de 2011 (Boletim INFOCLIMA – Novembro de 2010).

De acordo com o Boletim INFOCLIMA, o mês de novembro foi marcado pela ocorrência de precipitações acima da média histórica em boa parte das regiões Sudeste e Centro-Oeste. Houve a formação de Zonas de Convergência de Umidade (ZCOU) sobre o Centro-Oeste e Sudeste, sem, contudo, caracterizar episódios bem configurados da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), fato ocorrido apenas no final do mês de dezembro de 2010. As precipitações em Presidente Prudente estiveram entre 400 a 600mm no trimestre novembro, dezembro e janeiro, conforme a figura 32.

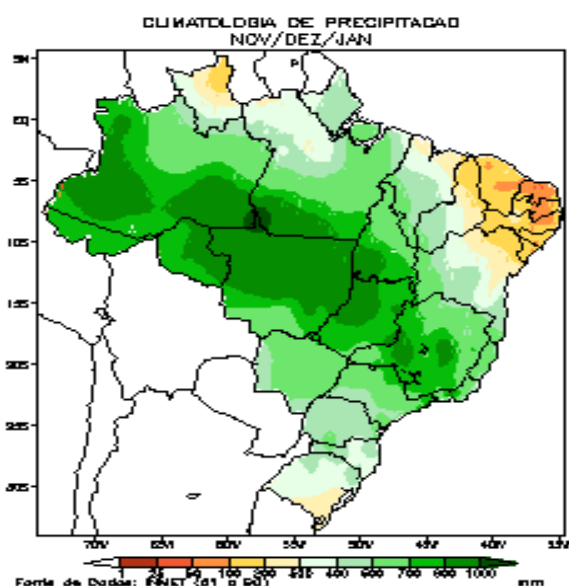


Figura 32 – Totais acumulados de precipitação no trimestre – Novembro, Dezembro e Janeiro.
Fonte: INMET apud Boletim INFOCLIMA – Novembro de 2010

No Estado de São Paulo, a temperatura média mensal variou entre 16°C e 24°C, com anomalias em torno da média histórica. Em Presidente Prudente, entre 22°C e 24°C, conforme a figura 33.

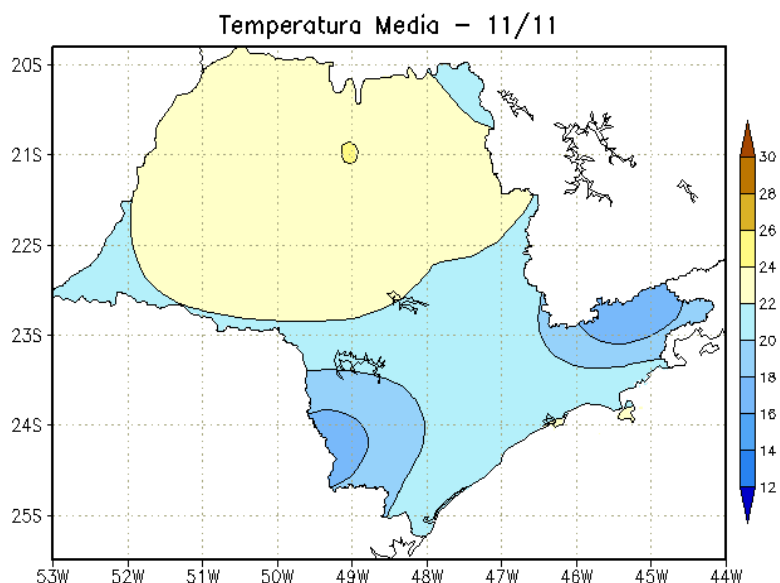


Figura 33 – Temperatura média do ar na superfície (em °C), em NOVEMBRO/2010, para o Estado de São Paulo.

Fonte: IAC/Boletim Climanálise – Novembro de 2010. Acesso: Maio de 2011

Nos dias da pesquisa de campo, as condições sinóticas eram as seguintes: entre os dias 20 e 24/11 (Figura 34 A e B) houve a atuação de um sistema de baixa pressão (cavado), causador de muita nebulosidade e precipitação, sendo de 18,8mm no dia 21/12.

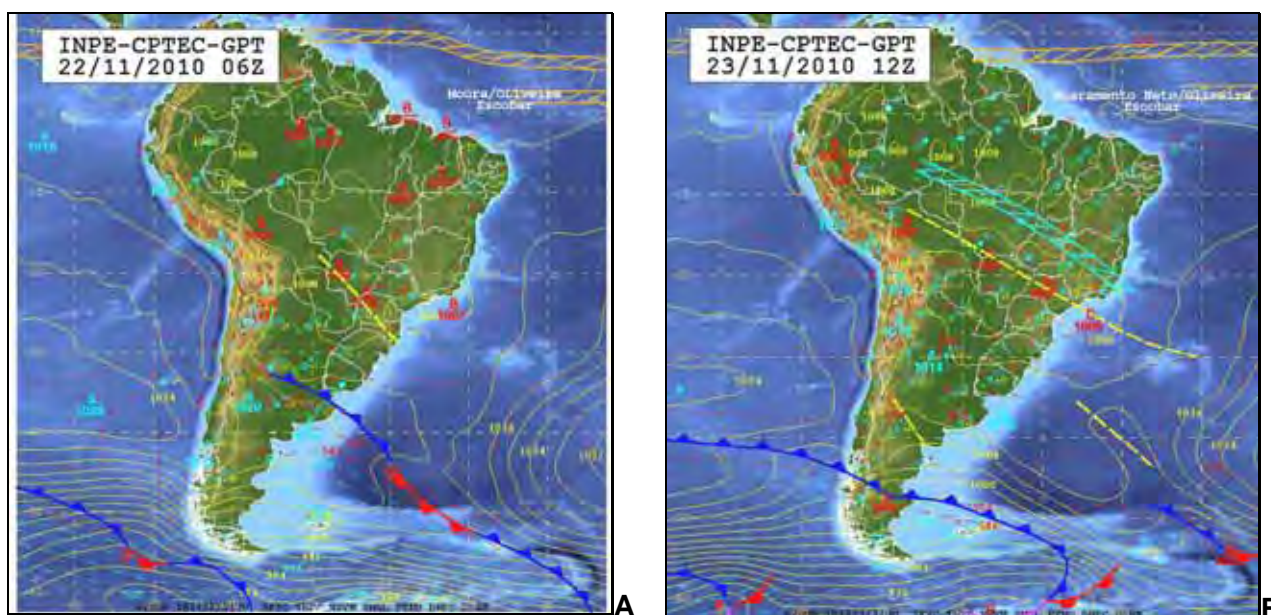


Figura 34 – Atuação de um cavado. A) Dia 22/11/2010. B) Dia 23/11/2010

Fonte A: http://www7.cptec.inpe.br/~ruploa/arquivo/analise_22112010.pdf. Acesso junho de 2011

Fonte B: http://www7.cptec.inpe.br/~ruploa/arquivo/analise_23112010.pdf. Acesso junho de 2011
<http://pituna.cptec.inpe.br>. Acesso junho de 2010

Entre os dias 25/11 e 26/11, predominaram as seguintes condições atmosféricas: sol com poucas nuvens e temperatura elevada, sendo que a máxima chegou aos 36°C, no oeste paulista, devido à presença da massa de ar tropical continental.

De 27/11 a 29/11, formou-se a Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), embora sua atuação tenha se restringido mais ao norte. Sua presença acarretou céu com nebulosidade variável entre aberturas de sol, vento de fraco a moderado, temperatura e umidade elevada, principalmente nos dias 28 e 29/12, quando o fenômeno se associou a um cavado que se estendeu do interior do continente (Região Sul) até o Oceano Atlântico (Figura 35).

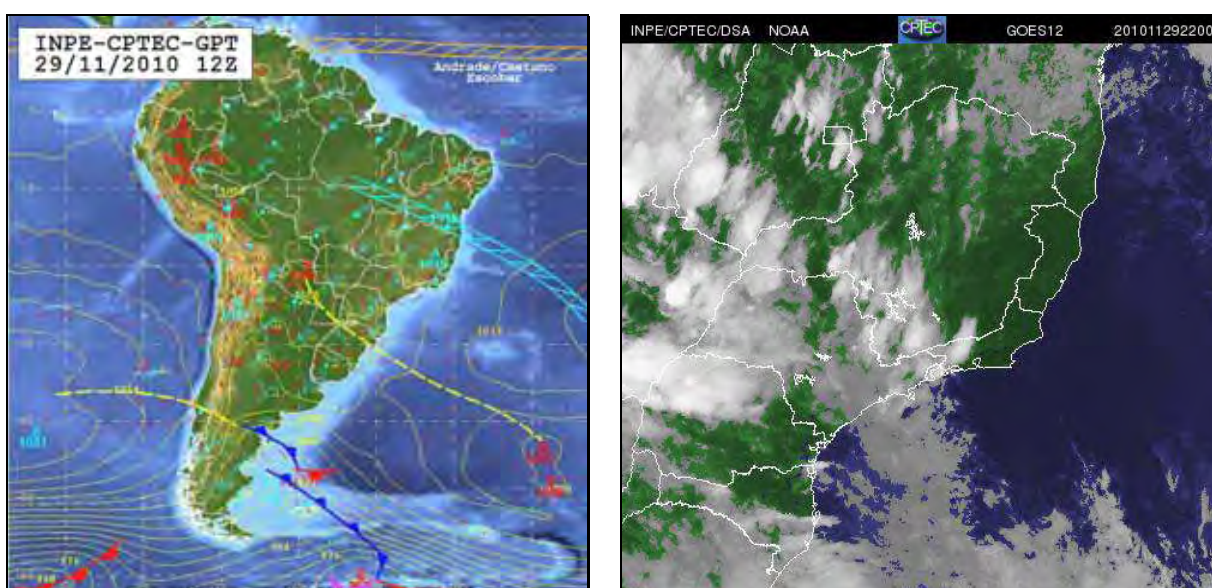


Figura 35 – Formação da Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) dia 26/11/2010
 Fonte : http://www7.cptec.inpe.br/~ruploa/arquivo/analise_26112010.pdf. Acesso junho de 2011
<http://pituna.cptec.inpe.br>. Acesso junho de 2010

No dia 30/11, formaram-se áreas de instabilidades (Figura 36) em decorrência de um cavado que deixou o céu totalmente coberto por nuvens, ocorreram pancadas de chuva, chuvisqueiro de curta duração, temperatura elevada, sensação de abafamento e formação de temporal, no final da tarde, com nuvens escuras e trovões.

Nos dias 01/12 e 02/12 a Zona de Convergência de umidade (ZCOU) se formou na região Sudeste.

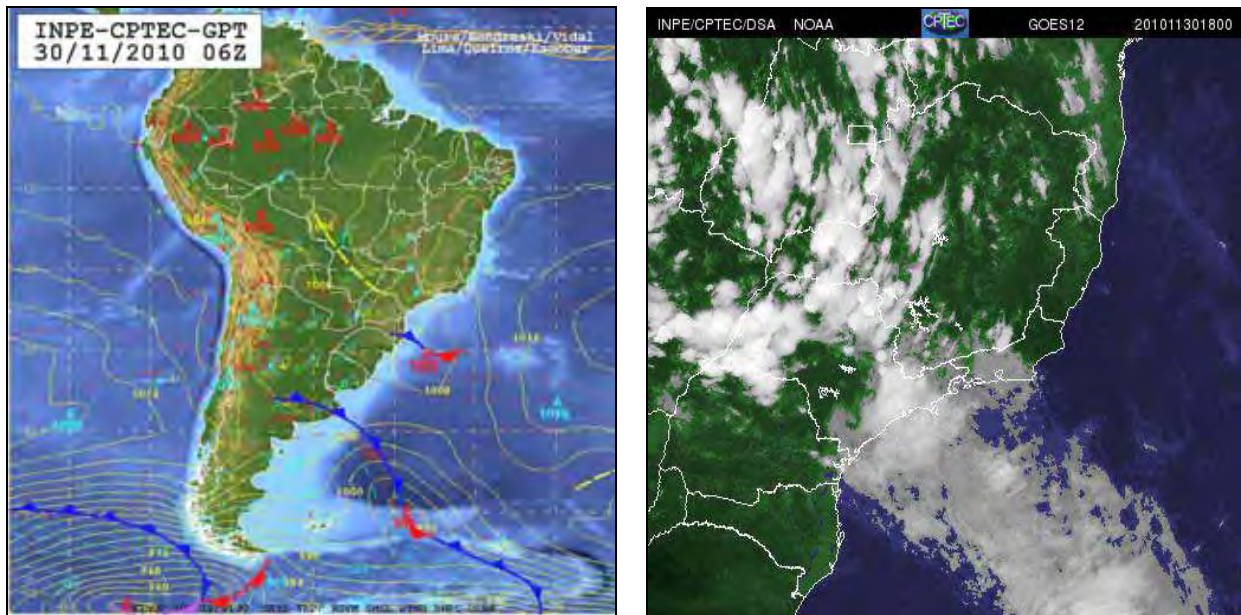


Figura 36 – Atuação de um cavado no dia 30/11/2010 e a formação de áreas de instabilidades.
 Fonte: http://www7.cptec.inpe.br/~ruploa/arquivo/analise_30112010.pdf. Acesso junho de 2011
<http://pituna.cptec.inpe.br>. Acesso junho de 2010

Na sequência, entre os dias 03/12 e 07/12 houve a atuação da massa de ar Tropical Atlântica, provocando nebulosidade variável com aberturas de sol, pancadas de chuva no decorrer das tardes, algumas de forte intensidade; temperaturas elevadas entre os 32°C e 36°C e ventos que variaram de fraco a forte do quadrante leste.

Entre os dias 08/12 e 09/12 (Figura 37), áreas de instabilidades decorrentes de um cavado no oceano e uma frente fria localizada no litoral sul provocaram céu parcialmente coberto por nuvens, temperatura elevada, vento forte em grande parte dos dias e sensação de abafamento.

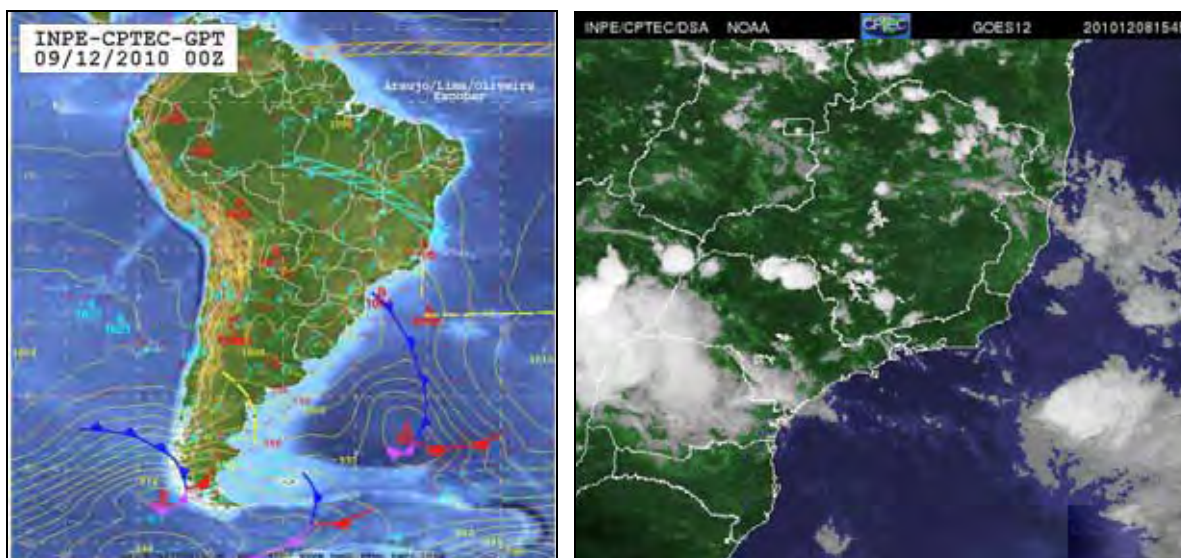


Figura 37 – Atuação conjunta de um cavado e frente fria no dia 09/12/2010
 Fonte: <http://www7.cptec.inpe.br/~ruploa/arquivo/analise09122010.pdf>. Acesso junho de 2011
<http://pituna.cptec.inpe.br>. Acesso junho de 2010

Nos dias 10/12, 11/12 e 12/12, houve atuação de uma massa de ar Tropical Atlântica enfraquecida que deixou o tempo atmosférico mais estável, com diminuição da nebulosidade.

Na sequência dos dias 13/12 e 14/12, uma frente estacionária avançou pelo Oceano Atlântico, trazendo para o oeste paulista muita nebulosidade, calor intenso durante a noite e formação de chuva (Figura 38). No amanhecer do dia 14/12, houve forte chuva entre as 9h e 12h. No decorrer da tarde, o céu ficou coberto por nuvens, vento e temperatura em declínio.

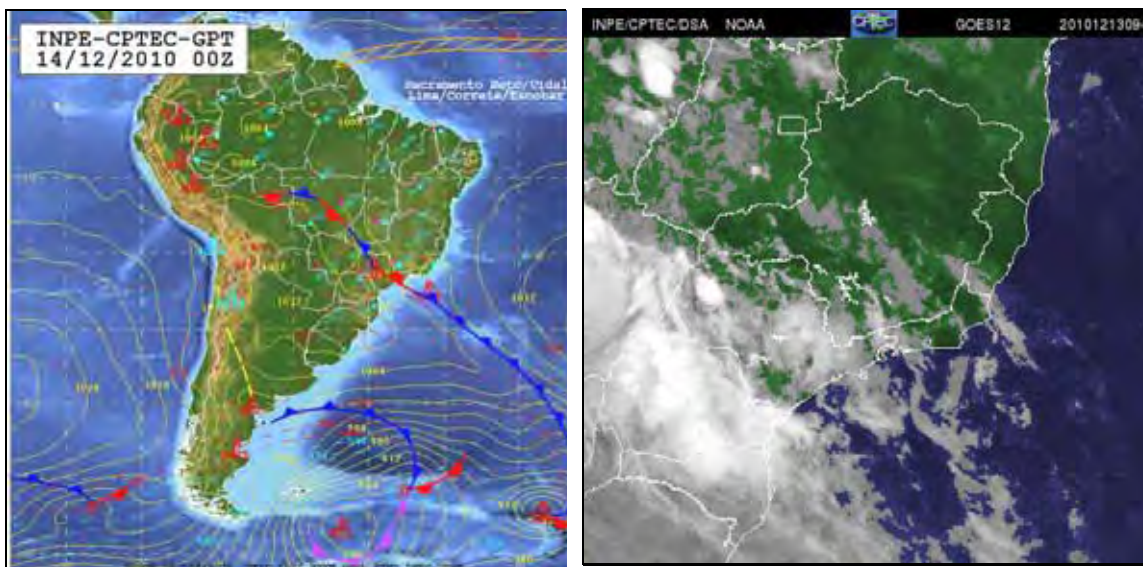


Figura 38 – Frente estacionária no Estado de São Paulo 14/12/2010

Fonte: http://www7.cptec.inpe.br/~ruploa/arquivo/analise_14122010.pdf. Acesso junho de 2011
<http://pituna.cptec.inpe.br>. Acesso junho de 2010

Do dia 15/12 até 19/12, houve a formação da Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), a qual ocasionou céu coberto por nuvens, poucas aberturas de sol, vento de fraco a moderado, chuveiros e garoa; e em vários momentos do dia a temperatura esteve baixa, em relação aos dias anteriores (Figura 39).

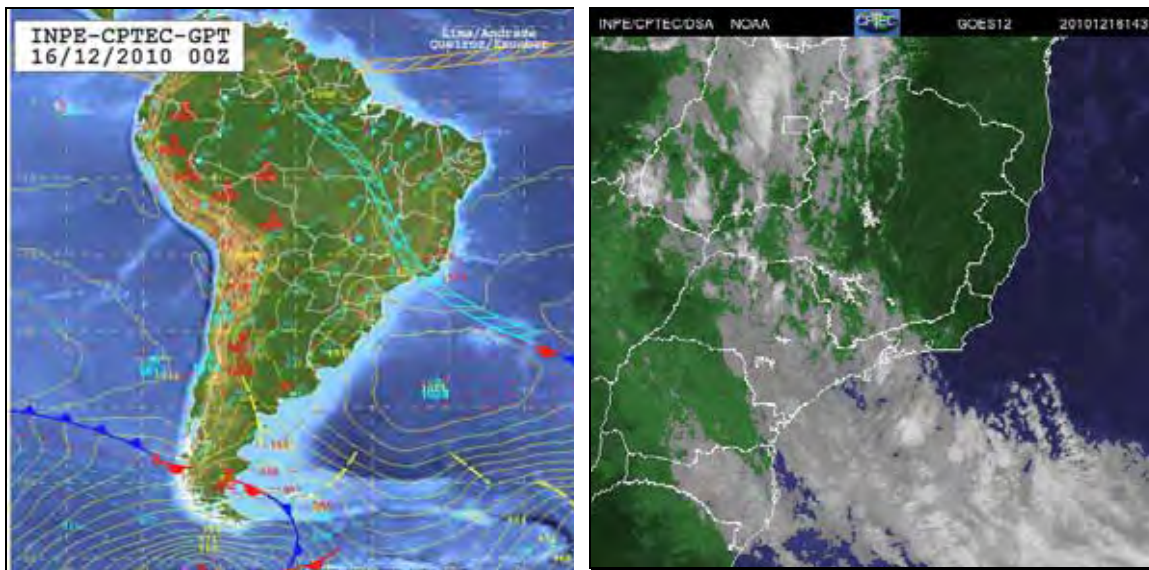


Figura 39 – Formação da Zona de Convergência de Umidade dia 16/12/2010

Fonte: http://www7.cptec.inpe.br/~ruploa/arquivo/analise_14122010.pdf. Acesso junho de 2011
<http://pituna.cptec.inpe.br>. Acesso junho de 2010

Entre os dias 20 e 25/12, predominou a atuação da massa de ar Tropical Atlântica.

Nos dias 27 e 28/12 formou-se um sistema de baixa pressão (cavado) associado à ZCOU. Nos dias 29, 30 e 31/12 formou-se a ZCAS que provocou precipitação.

As informações descritas acima estão sintetizadas em gráficos de análises rítmicas e podem ser visualizadas nas figuras 40 e 41.

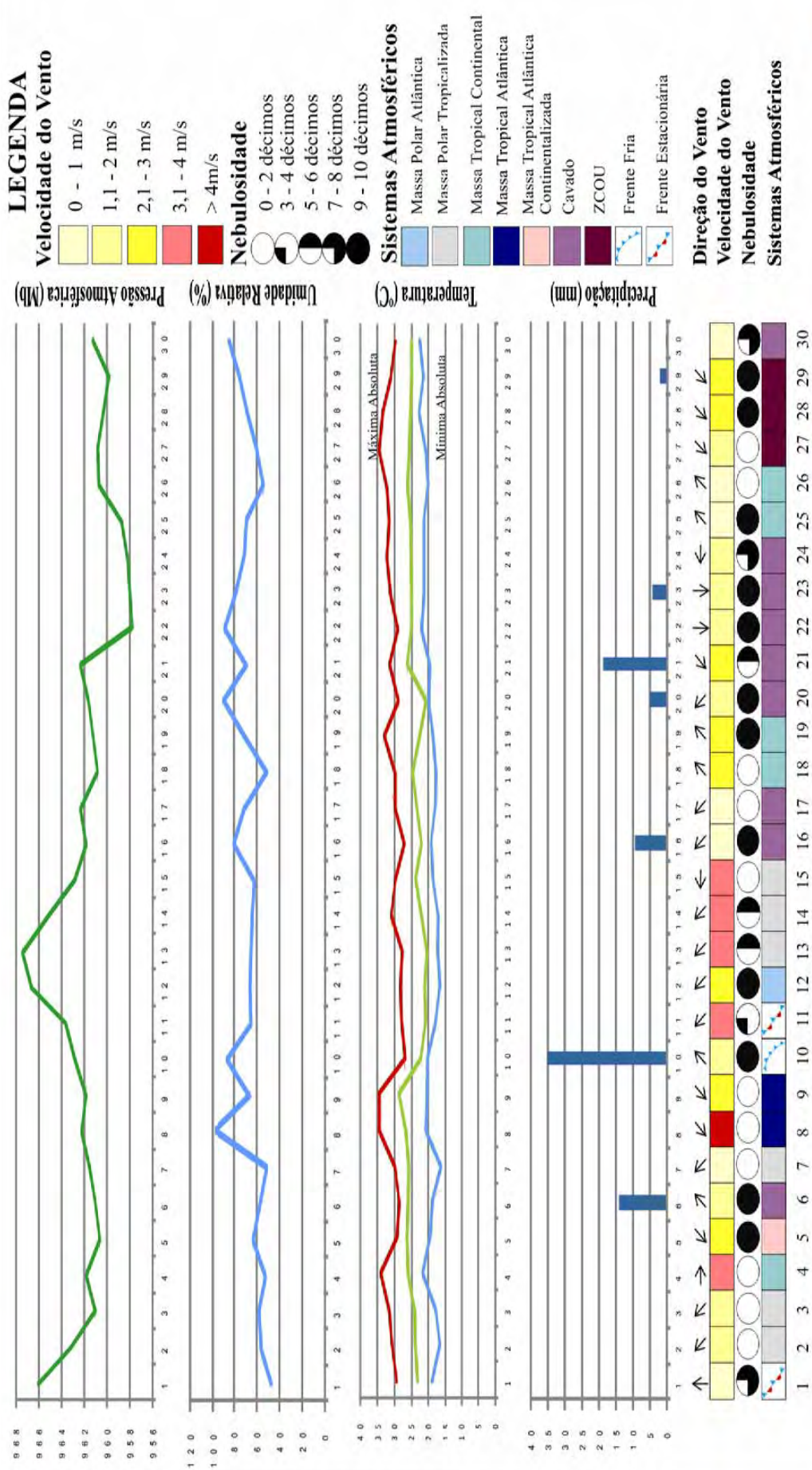


Figura 3: Gráfico de Análise Ritmica - Presidente Prudente - Novembro de 2010 - 09h
 Fonte: Estação Meteorológica Localizada no Campus da Unesp
 Organização: Simone Scatolon Menotti Viana

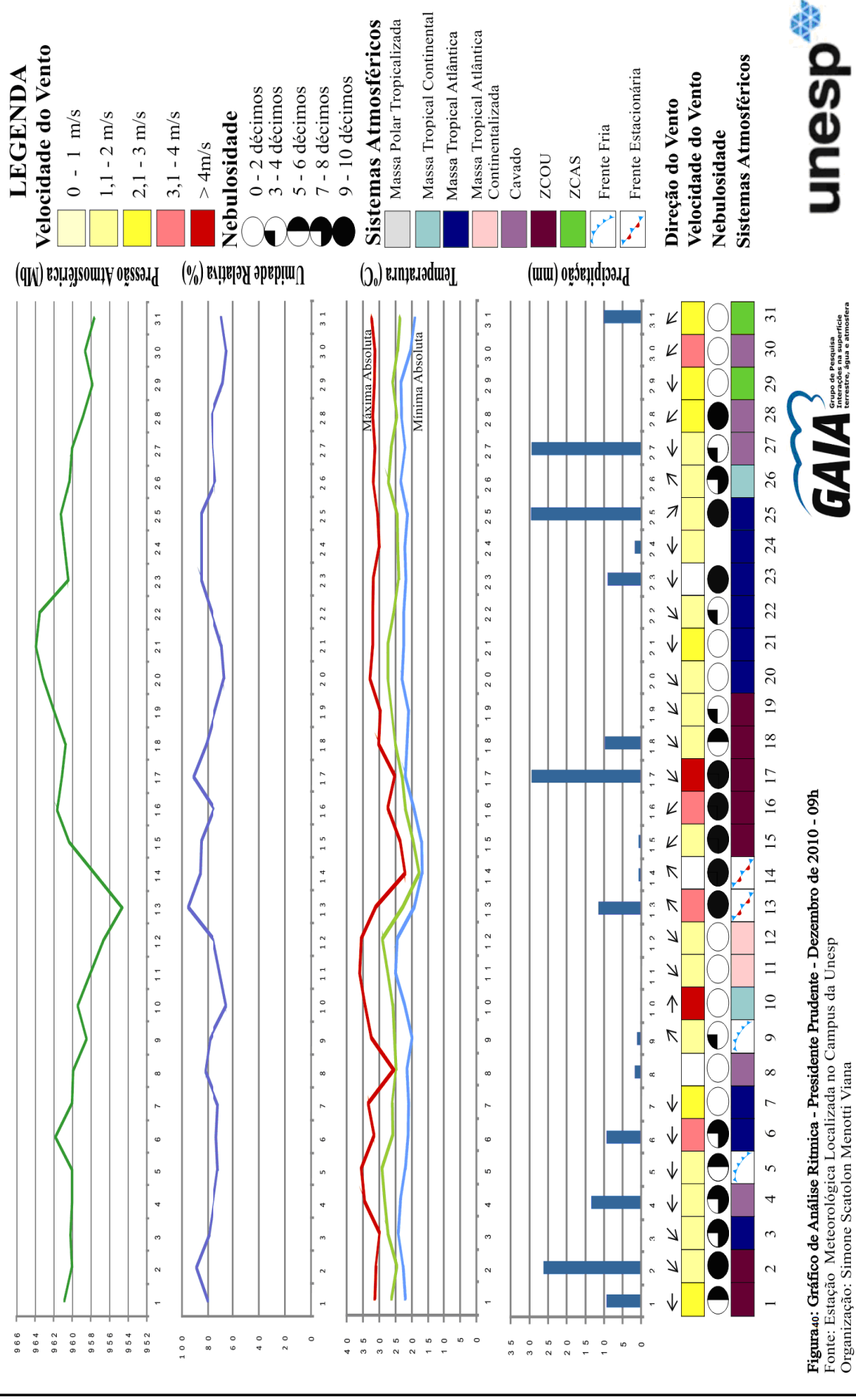


Figura 40: Gráfico de Análise Ritmica - Presidente Prudente - Dezembro de 2010 - 09h
 Fonte: Estação Meteorológica Localizada no Campus da Unesp
 Organização: Simone Scatolon Menotti Viana

5 AS ESCOLAS PESQUISADAS: CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS E ESTRUTURAIS, A CLIMATIZAÇÃO NATURAL, A POLÍTICA CONSTRUCIONAL E A ARQUITETURA UTILIZADA

As escolas foram escolhidas de acordo com os critérios de uso e ocupação, morfologia, vegetação e foram distribuídas pela malha urbana de maneira que contemplam quase a sua totalidade (Figura 42), desde áreas mais periféricas como a área central. Foram selecionadas três escolas na zona leste – Placídio Braga Nogueira, Dr. José Foz e Comendador Tanel Abbud – e as demais acompanharam os eixos de expansão da cidade (Norte – Hugo Miele e Anna Antônio; Centro e Oeste – Maria Luíza Formozinho Ribeiro, Sarrion e Arlindo Fantini; e, Sul – Maria Luíza Bastos, Omar Barreto).

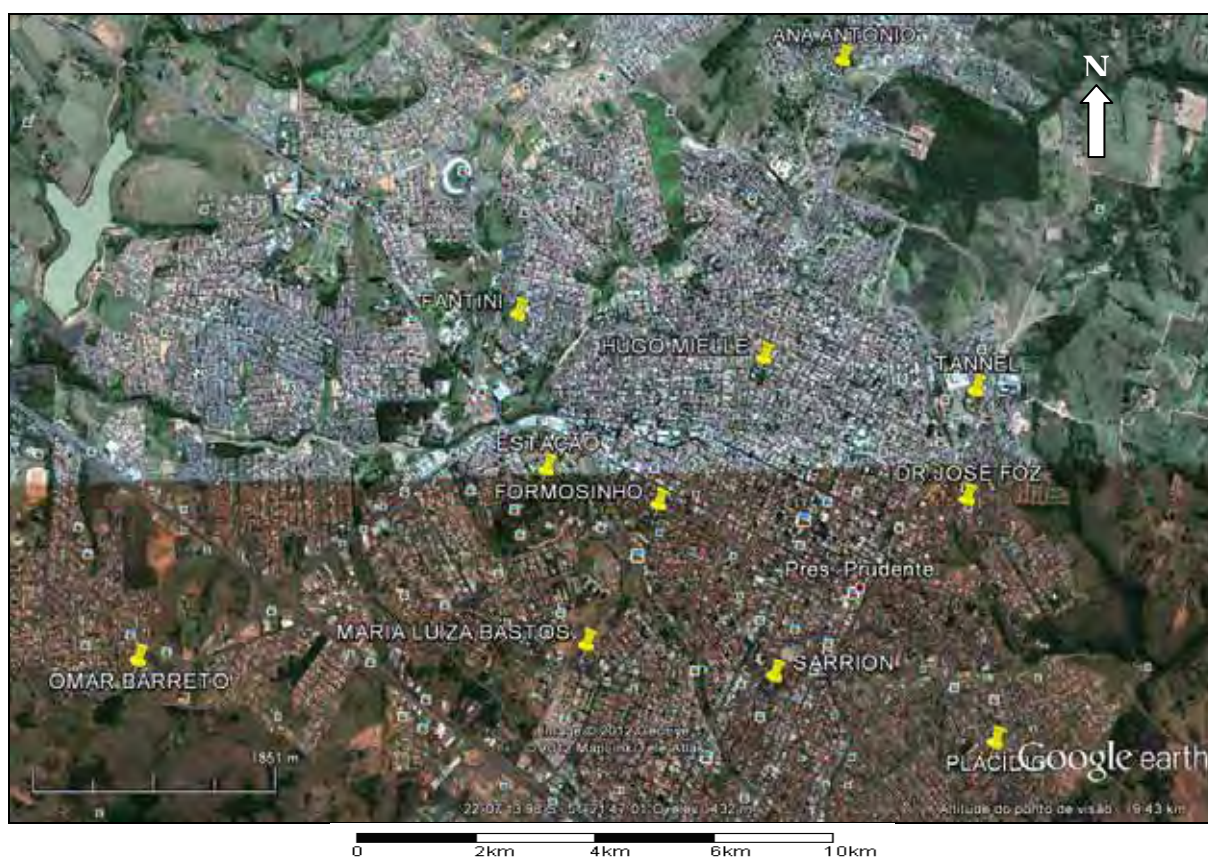


Figura 42 – Vista parcial da malha urbana de Presidente Prudente/SP e a localização das escolas pesquisadas.

Fonte: Google Earth – 20 de junho de 2010
Org. Simone Scatolon Menotti Viana

5.1 Características ambientais e estruturais das escolas pesquisadas em Presidente Prudente/SP

5.1.1 EE Profa. Maria Luíza Bastos

A EE Maria Luíza Bastos é uma escola de tempo integral, ou seja, atende seus alunos das 7h às 16h e conta com 560 alunos distribuídos no Ensino Fundamental II e Ensino Médio, aproximadamente 30 professores e 20 funcionários.

A unidade escolar está localizada em uma área de topo com 452m de altitude. É possível visualizar pouca quantidade de vegetação arbórea no interior do seu terreno (Figura 43), algumas áreas de gramados com pequenos jardins entre calçadas e alguns vasos ornamentais.



Figura 43 – Localização da E.E. Maria Luíza Bastos
 Fonte: Google Earth – 20 de junho de 2010
 Org. Simone Scatolon Menotti Viana

A área em que está a unidade está inserida é área destinada a vários tipos de uso e ocupação do solo. Ao sul está o cemitério municipal São João Batista, a leste, a estação de tratamento de água, a oeste, áreas de terrenos baldios e o Hospital Regional e, ao norte,

residências (Figura 43). De acordo com Camargo (2007), a escola está localizada em uma área de alta densidade de edificações, embora haja alguns terrenos sem construções.

A estrutura da edificação é composta por dois pavimentos (térreo e 1º andar) totalizando 2800m² de área construída, distribuída em 27 salas, sendo 17 salas de aula e 10 utilizadas para outros fins, coberta por telhas de fibrocimento na parte externa (figura 43) e internamente com laje, paredes de alvenaria pintadas nas cores, verde claro (externa) e camurça/branco (interna), portas de madeira pintadas de tinta óleo, vidraças grandes do tipo basculante, sem quebra-sol e também, um pátio coberto e duas quadras poliesportivas, sendo uma coberta por zinco e outra descoberta.

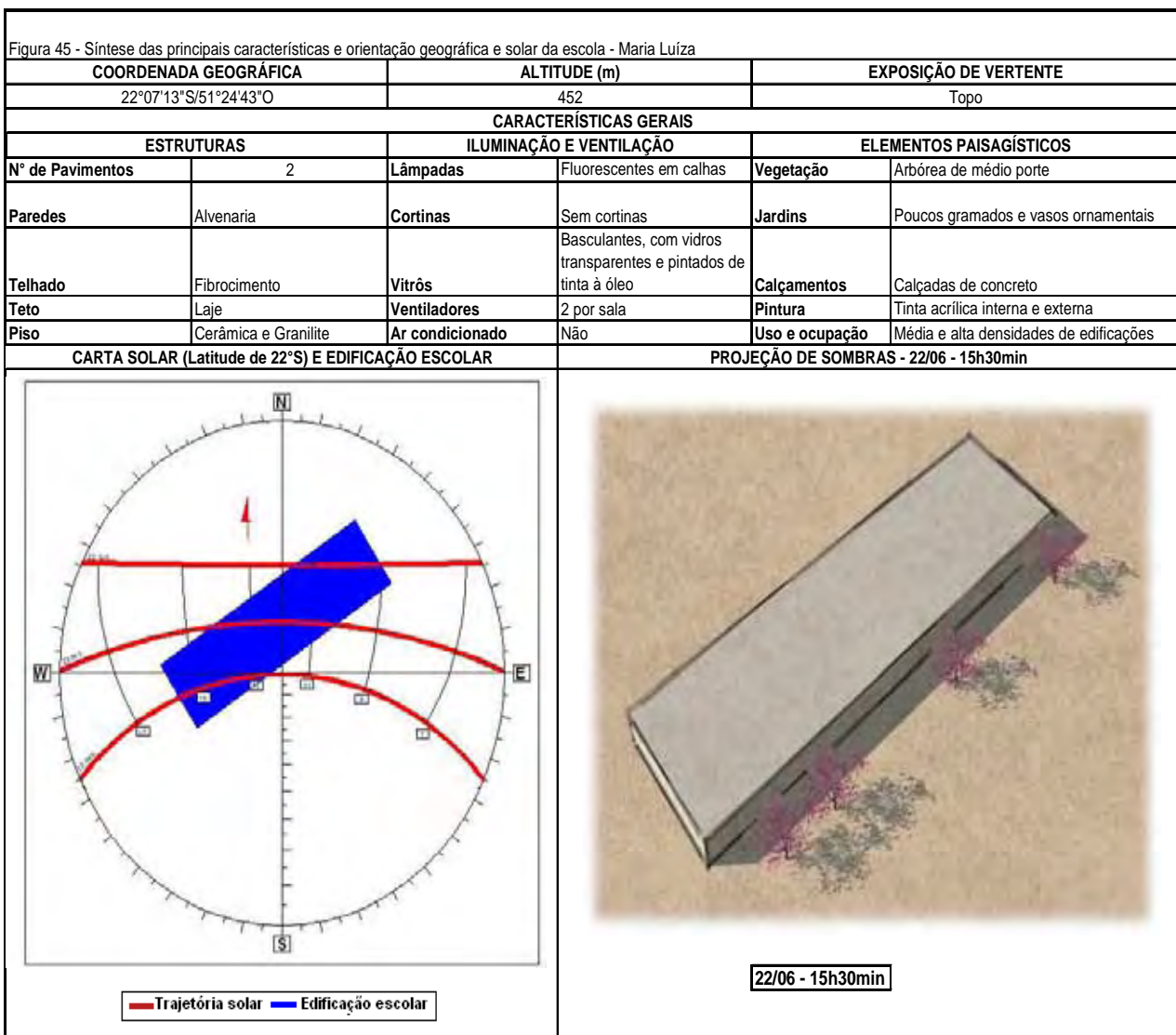
Possui os seguintes equipamentos internos: em cada sala de aula há dois ventiladores, oito calhas com 16 lâmpadas fluorescentes; não há cortinas de tecido, os vidros são pintados a óleo na cor palha (bege) para impedir a penetração direta dos raios solares (Figura 44); existência de ar condicionado nas salas da direção, da secretaria, do anfiteatro e de informática.

A edificação principal apresenta uma orientação geográfica de sudeste para noroeste (Figura 43), na qual, as fachadas em que estão localizadas as janelas das salas de aula ficam expostas, respectivamente, para o sudoeste e para o nordeste (Figura 43). A figura 44 apresenta a fachada sudoeste.



Figura 44 – Fachada sudoeste da E.E. Maria Luíza Bastos
Org. Simone Scatolon Menotti Viana

A figura 45 apresenta um quadro síntese das principais características e orientação geográfica e solar da escola.



5.1.2 EE Profa. Maria Luíza Formozinho Ribeiro

A EE Profa. Maria Luíza Formozinho Ribeiro atende 480 alunos, no período da manhã, e 490 no período da tarde, entre alunos do Ensino Fundamental II e Ensino Médio. Conta com aproximadamente 30 professores e 15 funcionários.

A unidade escolar está localizada em uma área de média vertente com exposição para oeste e altitude de 417m. O terreno pertencente à escola apresenta alta quantidade de vegetação arbórea de grande porte, bem como, nos arredores da escola, nos quintais e calçadas, como se observa na figura 46. Há gramados e jardins, além de alguns vasos com plantas ornamentais.



Figura 46 – Localização E.E. Maria Luiza Formozinho Ribeiro
 Fonte: Google Earth – 20 de junho de 2010
 Org. Simone Scatolon Menotti Viana

A estrutura é composta por uma única edificação com dois pavimentos (térreo e o 1º andar) totalizando 1800m² de área construída, distribuída em 20 salas, sendo 12 salas de aula e oito para uso diverso. A cobertura externa é de fibrocimento (Figura 46) e na parte interna há revestimento de laje, paredes de alvenaria pintadas nas cores creme e amarelo, na parte interna e na parte externa, na cor branca (gelo); portas de madeira; vidraças

grandes do tipo basculante, algumas apresentam cortinas de tecido de algodão; em três vidraças, voltadas para o pôr-do-sol, quebra-sol do tipo toldo; e, em quatro salas de aula existem aparelhos de ar condicionado. Existem dois ventiladores por sala, de seis a oito calhas de iluminação, totalizando de 12 a 16 lâmpadas fluorescentes. Há, também, uma quadra poliesportiva.

A ocupação do solo no entorno é tipicamente residencial, com alguns pontos de comércio próximos à Avenida Manoel Goulart. Conforme Camargo (2007), a escola está inserida em uma área de alta densidade de edificações, visto que, a mesma, está a alguns quarteirões do centro administrativo e comercial da cidade.

A edificação principal tem o formato de um quadrado por isso não apresenta uma orientação geográfica predominante. A fachada frontal apresenta exposição para o norte (Figura 47) e as janelas das salas de aula estão dispostas nas outras direções oeste, sul e leste.



Figura 47 – Fachada norte da E.E. Maria Luiza Formozinho Ribeiro
Org. Simone Scatolon Menotti Viana

A figura 48 apresenta um quadro síntese das principais características e orientação geográfica e solar da escola.

Figura 48 - Síntese das principais características e orientação geográfica e solar da escola - Formozinho

COORDENADA GEOGRÁFICA		ALTITUDE (m)		EXPOSIÇÃO DE VERTENTE	
22°07'23"S/51°24'04"O		417		Oeste	
CARACTERÍSTICAS GERAIS					
ESTRUTURAS		ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO		ELEMENTOS PAISAGÍSTICOS	
Nº de Pavimentos	1	Lâmpadas	Fluorescentes em calhas	Vegetação	Arbórea de médio a grande porte
Paredes	Alvenaria	Cortinas	Tecidos de algodão	Jardins	Gramados e vasos ornamentais
Telhado	Fibrocimento	Vitrôs	Basculantes grandes; três com quebra-sol do tipo toldo	Calçamentos	Calçadas de concreto
Teto	Laje	Ventiladores	2 por sala	Pintura	Tinta acrílica nas partes internas e externas
Piso	Cerâmica	Ar condicionado	4 (salas de aula)	Uso e ocupação	Alta densidade de edificações
CARTA SOLAR (Latitude de 22°S) E EDIFICAÇÃO ESCOLAR			PROJEÇÃO DE SOMBRAS - 22/06 - 15h30min		
<p>— Trajetória solar — Edificação escolar</p>			<p>22/06 - 15h30min</p>		

5.1.3 EE Monsenhor Sarrion

A EE Monsenhor Sarrion atende 760 alunos no período da manhã, 504 no período da tarde e durante a noite 280, entre alunos do Ensino Fundamental II e Ensino Médio. Possui aproximadamente 90 funcionários, entre professores, gestores e outros servidores administrativos. Cabe salientar que de todas as escolas pesquisadas, esta é a que apresenta maior número de alunos.

A unidade escolar está a 451m de altitude, numa área de vertente com exposição para o sul. É possível visualizar grande quantidade de vegetação arbórea de grande porte, no interior do quarteirão da escola. Entretanto, além dos domínios da escola a vegetação é pouco significativa contando apenas com a vegetação arbórea das calçadas (Figura 49).



Figura 49 – Localização da E.E. Monsenhor Sarrion.
 Fonte: Google Earth – 20 de junho de 2010
 Org. Simone Scatolon Menotti Viana

Estruturalmente é composta por uma única edificação com dois pavimentos (térreo e 1º andar) totalizando 3720m² de área construída, com 29 compartimentos, sendo 19 destinados como salas de aula e 10, para outros fins; coberta externamente com telhas de fibrocimento e na parte interna revestida em laje; paredes de alvenaria, sendo tijolo à vista

na parte externa e na parte interna pintadas nas cores branco e bege; vidraças grandes do tipo basculante, sem cortinas e vidros pintados com tinta escura para evitar a penetração direta da radiação solar; em duas salas voltadas para o nascer do sol, foram instalados quebra-sol do tipo toldo (Figura 50 – visualização na parte inferior da foto); portas de madeira; dois ventiladores por sala e oito calhas de iluminação, totalizando 16 lâmpadas fluorescentes.

Externamente apresenta: calçamentos, pequeno jardim na entrada principal e gramados, pátio coberto e duas quadras poliesportivas, sendo uma coberta por telhas de fibrocimento e outra de zinco (Figura 49).

A ocupação do solo no entorno é destinada, principalmente, ao residencial, com o comparecimento de alguns edifícios de vários pavimentos e alguns pontos comerciais. Segundo a classificação de Camargo (2007), trata-se de uma área com alta densidade de edificações.

A edificação principal apresenta orientação de sudeste para noroeste (Figura 49), na qual as fachadas em que estão dispostas as janelas das salas de aula possuem exposições para nordeste e sudoeste (Figura 50).



Figura 50 – Fachada nordeste da E.E. Monsenhor Sarrion
Org. Simone Scatolon Menotti Viana

A figura 51 apresenta um quadro síntese das principais características e orientação geográfica e solar da escola.

Figura 51 - Síntese das principais características e orientação geográfica e solar da escola - Sarrion

COORDENADA GEOGRÁFICA		ALTITUDE (m)		EXPOSIÇÃO DE VERTENTE	
22°08'68" S/51°23'16" O		451		Sul	
CARACTERÍSTICAS GERAIS					
ESTRUTURAS		ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO		ELEMENTOS PAISAGÍSTICOS	
Nº de Pavimentos	2	Lâmpadas	Fluorescentes em calhas	Vegetação	Arbórea de grande porte
Paredes	Alvenaria	Cortinas	Tecidos de algodão	Jardins	Gramados com plantas e vasos ornamentais
Telhado	Fibrocimento	Vitrôs	Basculantes grandes, sendo alguns pintados de tinta à óleo	Calçamentos	Calçadas de concreto
Teto	Laje	Ventiladores	2	Pintura	Parte externa tijolo à vista e na parte interna tinta acrílica
Piso	Granilite	Ar condicionado	Não	Uso e ocupação	Alta densidade de ocupação
CARTA SOLAR (Latitude 22°S) E EDIFICAÇÃO ESCOLAR			PROJEÇÃO DE SOMBRAS		
<p>— Trajetória solar — Edificação escolar</p>			<p>22/06 - 15h30min</p>		

5.1.4 EE Prof. Placídio Braga Nogueira

A EE Prof. Placídio Braga Nogueira atende aproximadamente 660 alunos, sendo 480 no período da manhã e, 180, à tarde (Ensino Fundamental II). Conta com 50 funcionários, entre professores, gestores, auxiliares de serviços gerais, entre outros. A escola está localizada em uma área de topo a 445m de altitude. O terreno da escola apresenta pouca vegetação arbórea de grande porte. O mesmo ocorre nos arredores da escola, onde há predomínio de gramados, principalmente nas áreas desocupadas, como se observa na figura 52.



Figura 52 – Localização da E.E. Placídio Braga Nogueira
 Fonte: Google Earth – 20 de junho de 2010
 Org. Simone Scatolon Menotti Viana

Segundo Camargo (2007), a escola está inserida em uma área de média a alta densidade de edificações, com destinação principal para residências, embora, na rua da escola encontram-se alguns pontos de comércio (minimercados, farmácias, padarias, etc.)

Estruturalmente, a escola é dividida em duas edificações: a edificação principal é composta por dois pavimentos (térreo e o 1º andar) totalizando 1720m² de área construída e distribuída em 30 salas, sendo 16 utilizadas como sala de aula e as demais para outros fins; na segunda, está o pátio, cozinha e banheiros. Ambas, são cobertas de telhas de fibrocimento na parte externa. A edificação principal, internamente, é revestida de laje com

paredes de alvenaria pintadas nas cores creme e branca e portas de madeira; vidraças grandes do tipo basculante, pintadas na cor grafite, para impedir a penetração da luminosidade solar e cortinas de tecido de algodão; e de dois a três ventiladores por sala.

Externamente apresenta calçamentos, alguns vasos com plantas ornamentais e vegetação arbórea de médio porte na lateral sudeste, pátio coberto e possui duas quadras poliesportivas, sendo uma coberta por folhas de zinco, e outra sem cobertura.

A edificação principal apresenta uma orientação geográfica de nordeste (Figura 52) para sudoeste, na qual as fachadas onde estão localizadas as janelas das salas de aula estão voltadas para o noroeste e para o sudeste. A figura 53 mostra as fachadas sudeste (A) e sudoeste (B).



Figura 53 – Vista das fachadas sudeste (A) e sudoeste (B) da E.E. Placídio Braga Nogueira
Org. Simone Scatolon Menotti Viana

A figura 54 apresenta um quadro síntese sobre as principais características e orientação solar da escola.

Figura 54 - Síntese das principais características e orientação geográfica e solar da escola - Placídio

COORDENADA GEOGRÁFICA		ALTITUDE		EXPOSIÇÃO DE VERTENTE	
22°08'19"S e 51°22'31"O		443		Topo	
CARACTERÍSTICAS GERAIS					
ESTRUTURAS		ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO		ELEMENTOS PAISAGÍSTICOS	
N° de Pavimentos	2	Lâmpadas	Fluorescentes em calhas	Vegetação	Arbórea de médio porte
Paredes	Alvenaria	Cortinas	Tecidos de algodão	Jardins	Gramados e vasos ornamentais
Telhado	Fibrocimento	Vitrôs	Basculantes, com vidros transparentes e pintados de tinta à óleo	Calçamentos	Calçadas de concreto
Teto	Laje	Ventiladores	de 2 a 3 por sala	Pintura	Tinta acrílica interna e externa
Piso	Cimento "vermelhão"	Ar condicionado	Não	Uso e ocupação	Média e alta densidades de edificações
CARTA SOLAR (Latitude de 22°S) E EDIFICAÇÃO ESCOLAR			PROJEÇÃO DE SOMBRAS - 22/06 - 15h30min		
<p>— Trajetória solar — Edificação escolar</p>			<p>22/06 - 15h30min</p>		

5.1.5 E.E. Dr. José Foz

A EE Dr. José Foz atende 280 alunos, no período da manhã, e 315 à tarde. Conta com aproximadamente 40 funcionários, entre professores, gestores e demais servidores.

A escola está a 452m de altitude, numa área de topo. O espaço em que está inserida apresenta pouca vegetação arbórea de grande porte (Figura 55), com pequenos gramados entre calçamentos e alguns vasos com plantas ornamentais na entrada principal e nos corredores internos.



Figura 55 – Localização da E.E. Dr. José Fóz
 Fonte: Google Earth – 20 de junho de 2010
 Org. Simone Scatolon Menotti Viana

Estruturalmente é composta por uma única edificação térrea, totalizando 714m² de área construída e distribuída em 15 salas, sendo 9 utilizadas para aulas e as demais para outros fins. A estrutura é coberta, exteriormente, por telhas de fibrocimento (Figura 55) e internamente por forro de PVC³³; com vidraças do tipo basculante de tamanho médio, todas com cortinas de tecido de algodão e não há quebra-sol na parte externa; paredes de alvenaria pintadas nas cores amarelo e branco (interna) e na parte externa, em cinza claro

³³ PVC – Policloreto de vinila.

(Figura 56); portas de madeira. Cada sala apresenta dois ventiladores e seis a oito calhas de iluminação, totalizando 12 a 16 lâmpadas fluorescentes. Conta ainda com pátio coberto e uma quadra poliesportiva coberta por zinco.

A ocupação do solo destina-se ao uso residencial com alguns pontos de comércio locais (Figura 55), visto que é um dos bairros mais antigos da cidade, com uma área de alta densidade de edificações, segundo Camargo (2007).

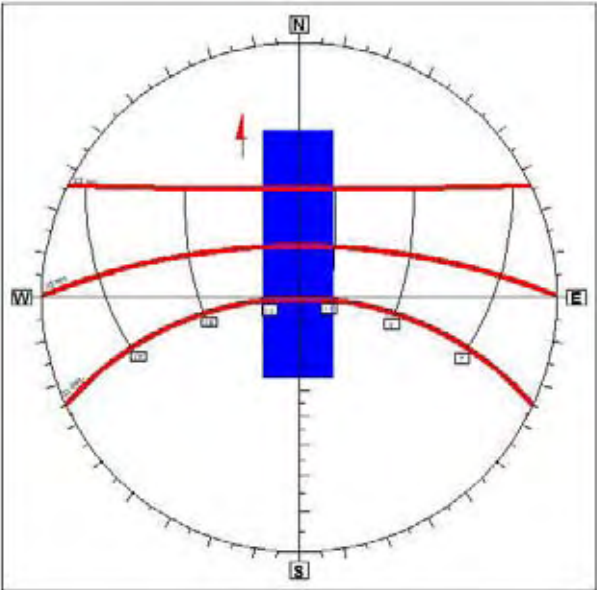

A edificação principal apresenta orientação geográfica de norte para sul (Figura 55), sendo que as fachadas onde estão localizadas as janelas das salas de aulas estão voltadas, respectivamente, para o leste e para o oeste (Figura 55). A figura 57 apresenta uma vista parcial da fachada norte.



Figura 56 – Vista parcial da fachada norte da E.E. Dr. José Fóz
Org. Simone Scatolon Menotti Viana

A figura 57 apresenta um quadro síntese das principais características e orientações geográfica e solar da escola.

Figura 57 - Síntese das principais características e orientação geográfica e solar da escola - José Foz

COORDENADA GEOGRÁFICA		ALTITUDE (m)		EXPOSIÇÃO DE VERTENTE	
22°07'10"S/51°22'10"O		452		Topo	
CARACTERÍSTICAS GERAIS					
ESTRUTURAS		ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO		ELEMENTOS PAISAGÍSTICOS	
Nº de Pavimentos	1	Lâmpadas	Fluorescentes em calhas	Vegetação	Pouca vegetação arbórea
Paredes	Alvenaria	Cortinas	Tecidos de algodão	Jardins	Gramados e vasos ornamentais
Telhado	Fibrocimento	Vitrês	Basculantes médios	Calçamentos	Concreto
Teto	Forro de policloreto de vinila - PVC	Ventiladores	2	Pintura	Tinta acrílica
Piso	Cimento "vermelhão"	Ar condicionado	Não	Uso e ocupação	Alta densidade de edificações
CARTA SOLAR (Latitude de 22°S) E EDIFICAÇÃO ESCOLAR			PROJEÇÃO DE SOMBRAS E EXPOSIÇÃO DE FACHADAS		
					
<p>— Trajetória solar — Edificação escolar</p>			<p>22/06 - 15h30min</p>		

5.1.6 E.E. Comendador Tannel Abbud

A EE Com. Tannel Abbud atende 270 alunos, no período da manhã, 345 à tarde e 145 à noite. Entre gestores, professores e demais auxiliares, 70 é o contingente funcional da unidade escolar.

Está a 484m de altitude, numa região de topo sendo a de maior altitude da pesquisa. O terreno da escola apresenta quantidade significativa de vegetação arbórea de grande porte, áreas de gramados, jardins (canteiro central na entrada principal) e calçamentos. Nos arredores da escola é possível identificar a presença de vegetação arbórea, com algumas áreas de gramados, de acordo com a figura 58.



Figura 58 – Localização da E.E. Comendador Tannel Abbud
 Fonte: Google Earth – 20 de junho de 2010
 Org. Simone Scatolon Menotti Viana

Estruturalmente a escola é composta por duas edificações, ambas com dois pavimentos (térreo e o 1º andar), totalizando 2058m² de área construída, compreendendo 20 salas, sendo 12 para aulas e oito salas para outros fins.

As edificações são cobertas, externamente, por telhas de cerâmica (Figura 58) e internamente revestidas com laje; paredes de alvenaria pintadas nas cores branco e bege,

tanto interna como externamente; portas de madeira; vidraças grandes do tipo basculante, todas com três cortinas de tecido de algodão, voltadas para o pôr-do-sol, quebra-sol do tipo toldo; cada sala possui, ainda, de dois a três ventiladores e de seis a oito calhas de iluminação, totalizando de 12 a 16 lâmpadas fluorescentes; três quadras poliesportivas, sendo duas descobertas e uma coberta por telhas de zinco, e pátio coberto.

Com relação à ocupação do solo é uma área residencial, apresentando duas instituições de ensino (Faculdade Toledo e SESI) e alguns pontos de comércio local (bares, padarias). Conforme apresentou Camargo (2007), o local onde está a escola apresenta alta densidade de construções.

A edificação principal apresenta uma orientação de norte para sul (Figura 58), sendo que as fachadas onde estão localizadas as janelas das salas de aula apresentam exposições para leste e oeste. A figura 59 apresenta as fachadas sul e leste.



Figura 59 – Vista das fachadas sul (frente) e leste (lateral) da E.E. Comendador Tannel Abbud
Org. Simone Scatolon Menotti Viana

A figura 60 apresenta um quadro síntese das principais características e orientações geográfica e solar da escola.

Figura 60 - Síntese das principais características e orientação geográfica e solar da escola - Tannel

COORDENADA GEOGRÁFICA		ALTITUDE (m)		EXPOSIÇÃO DE VERTENTE	
22°06'39"S/51°22'66"		484		Topo	
CARACTERÍSTICAS GERAIS					
ESTRUTURAS		ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO		ELEMENTOS PAISAGÍSTICOS	
Nº de Pavimentos	2	Lâmpadas	Fluorescentes em calhas	Vegetação	Arbórea de grande porte
Paredes	Alvenaria	Cortinas	Tecidos de algodão	Jardins	Gramados e vasos ornamentais
Telhado	Cerâmica	Vitrôs	Basculantes grandes; em três salas quebra-sol do tipo toldo	Calçamentos	Calçamentos de concreto
Teto	Laje	Ventiladores	2 por sala	Pintura	Tinta acrílica nas partes internas e externas
Piso	Cerâmica	Ar condicionado	Não	Uso e ocupação	Alta densidade de edificações
CARTA SOLAR (Latitude de 22°S) E EDIFICAÇÃO ESCOLAR					
<p>— Trajetória solar — Edificação escolar</p>			<p>22/06 - 15h30min</p>		

5.1.7 EE Prof^a. Anna Antônio

A EE Profa. Anna Antônio atende 400 alunos no período da manhã, 400 à tarde e 200 no período noturno. Dos 85 servidores públicos, 75 são professores³⁴. A escola está a 458m de altitude, numa média vertente com exposição para oeste. Nos arredores da escola é possível observar várias áreas de gramados com algumas árvores de grande porte (Figura 61). No terreno da escola, há grande quantidade de vegetação de pequeno a grande porte, com jardins, gramados e vasos com plantas ornamentais no interior da escola.



0m 10m 20m

Figura 61 – Localização da E.E. Ana Antônio
 Fonte: Google Earth – 20 de junho de 2010
 Org. Simone Scatolon Menotti Viana

Estruturalmente, está construída em três edificações sendo todas térreas totalizando 1389m² de área construída, totalizando 15 salas, sendo 11 destinadas ao uso de aulas e quatro para outros fins. As edificações são cobertas, exteriormente, por telhas de cerâmica (figura 61) e internamente por forro de madeira; paredes de alvenaria com pintura a na cor camurça; portas de madeira; vidraças médias do tipo basculante sem cortinas e pintadas para evitar a penetração direta da radiação solar; e ainda, em cada sala existem

³⁴ O número de professores é grande, em relação às demais escolas, pois a maioria completa a jornada de trabalho nessa unidade escolar.

dois ventiladores e seis calhas totalizando 12 lâmpadas fluorescentes. A escola conta com uma quadra poliesportiva coberta por telhas de zinco e um pátio coberto.

Quanto à ocupação do solo, Camargo (2007) definiu a área com sendo de média densidade de edificações, principalmente destinada ao uso residencial.

As três edificações que compõem a escola têm orientação geográfica de norte para sul (Figura 61), sendo que as fachadas onde estão localizadas as janelas das salas de aula apresentam uma exposição para o oeste e leste (Figura 61). A figura 62 apresenta as fachadas oeste (A) e sul (B).

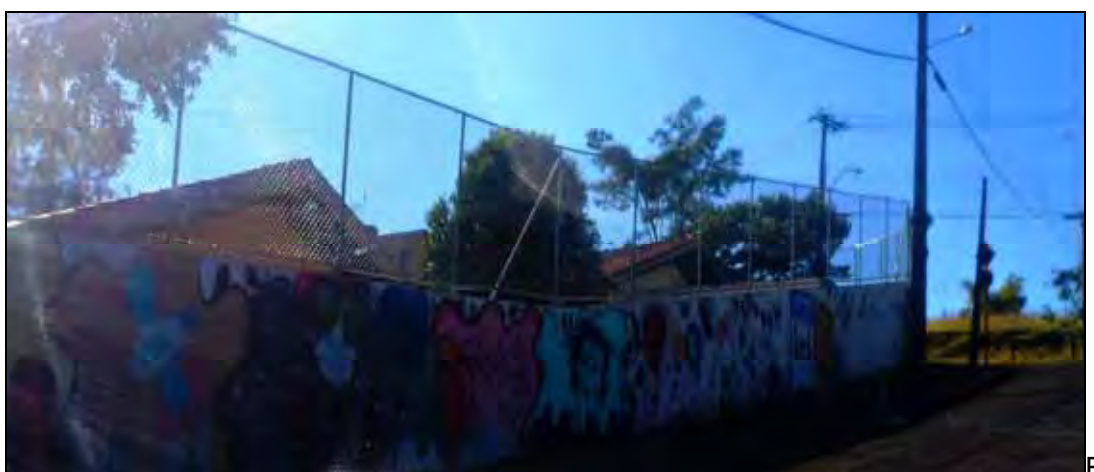
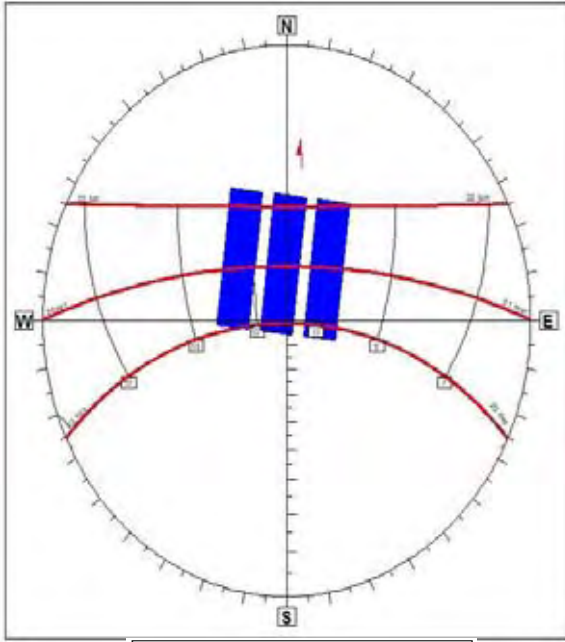



Figura 62 – Vista parcial das fachadas oeste (A) e sul (B) da E.E. Anna Antônio
Org. Simone Scatolon Menotti Viana

A figura 63 apresenta um quadro síntese das principais características e orientação geográfica e solar da escola.

Figura 63 - Síntese das principais características e orientação geográfica e solar da escola - Anna Antônio

COORDENADA GEOGRÁFICA		ALTITUDE (m)		EXPOSIÇÃO DE VERTENTE	
22°05'19"S/51°23'64"O		458		Oeste	
CARACTERÍSTICAS GERAIS					
ESTRUTURAS		ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO		ELEMENTOS PAISAGÍSTICOS	
N° de Pavimentos	1	Lâmpadas	Fluorescentes em calhas	Vegetação	Árborea de grande porte
Paredes	Alvenaria	Cortinas	Sem cortinas	Jardins	Gramados com plantas e vasos com plantas ornamentais
Telhado	Cerâmica vermelha	Vitrôs	Basculantes médios	Calçamentos	Calçadas de concreto
Teto	Forro de madeira	Ventiladores		2 Pintura	Tinta acrílica nas partes internas e externas
Piso	Cimento "vermelhão"	Ar condicionado	Não	Uso e ocupação	Média densidade de edificações
CARTA SOLAR (Latitude de 22°S) E EDIFICAÇÃO ESCOLAR			PROJEÇÃO DE SOMBRAS		
					
			22/06 - 15h30min		

5.1.8 EE Prof. Arlindo Fantini

A EE Prof. Arlindo Fantini atende 300 alunos no período da manhã, 230 no período da tarde e 90 à noite. Possui aproximadamente 50 servidores entre gestores, professores e funcionários em geral.

A escola está a 431m de altitude, em uma área próxima ao fundo de vale, com exposição de vertente para oeste. Na área da escola há vegetação arbórea de grande porte, com algumas áreas de gramados, calçamentos e vasos com plantas ornamentais. (Figura 64)



0m 10m 20m

Figura 64 – Localização da E.E. Arlindo Fantini
 Fonte: Google Earth – 20 de junho de 2010
 Org. Simone Scatolon Menotti Viana

Estruturalmente, está dividida em quatro edificações térreas totalizando 1502m² de área construída, sendo que das 15 salas, 9 são destinadas como sala de aulas. As edificações estão cobertas, externamente, por telhas de fibrocimento (Figura 64); internamente, a escola é revestida por laje, com paredes de alvenaria pintadas nas cores cinza e branco (interior) e vermelho e camurça (exterior); portas de madeira; vidraças grandes do tipo basculante, todas com cortinas de tecido de algodão e nenhum quebra-sol;

dois ventiladores e de seis a oito calhas de iluminação, totalizando de 12 a 16 lâmpadas fluorescentes. Conta com uma quadra poliesportiva coberta por telhas de zinco e um pátio.

Camargo (2007) classificou essa região da cidade como sendo de média densidade de edificações.

As edificações que compõem a escola tem orientação de norte para sul, sendo que as fachadas onde estão dispostas as janelas das salas de aula apresentam, respectivamente, exposição para o oeste (Figura 65 A) e para o leste (Figura 65 B).

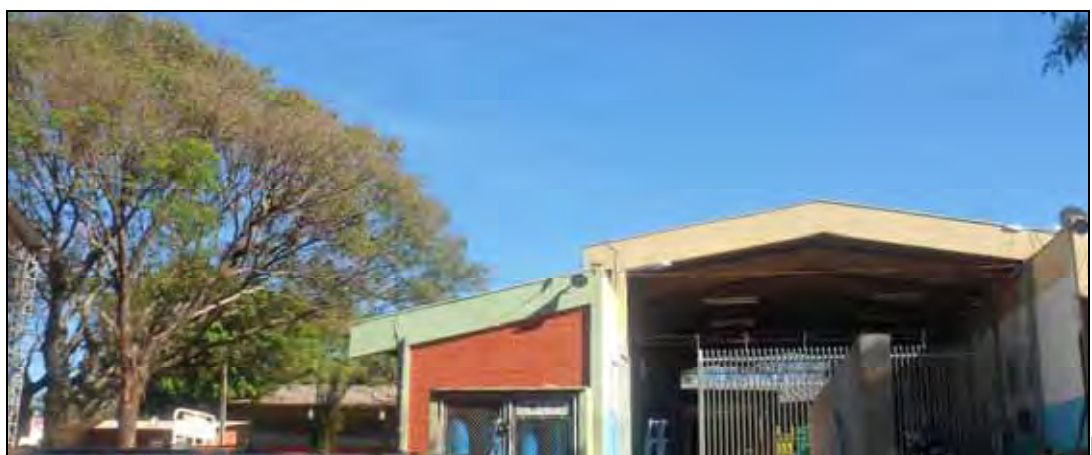
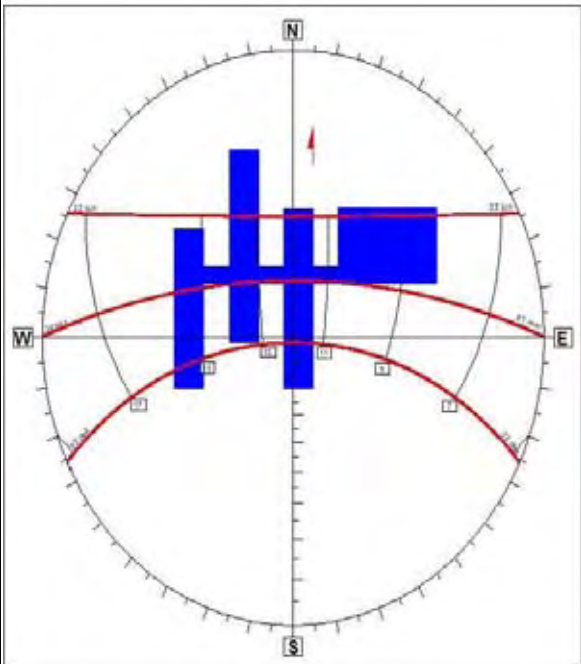



Figura 65 – Vista parcial das fachadas oeste (A) e leste (B) da E.E. Arlindo Fantini
Org. Simone Scatolon Menotti Viana

A figura 66 apresenta um quadro síntese das principais características e orientação geográfica e solar da escola.

Figura 66 - Síntese das principais características e orientação geográfica e solar da escola - Fantini

COORDENADA GEOGRÁFICA		ALTITUDE (m)		EXPOSIÇÃO DE VERTENTE	
22°06'24"S/51°24'61"O		431		Oeste - fundo de vale	
CARACTERÍSTICAS GERAIS					
ESTRUTURAS		ILUMINAÇÃO E VENTILAÇÃO		ELEMENTOS PAISAGÍSTICOS	
N° de Pavimentos	1	Lâmpadas	Fluorescentes em calhas	Vegetação	Arbórea de grande porte
Paredes	Alvenaria	Cortinas	Tecido de algodão	Jardins	Gramados, plantas e vasos ornamentais
Telhado	Fibrocimento	Vitrôs	Basculante grande	Calçamentos	calçadas de concreto
Teto	Laje	Ventiladores	2 por sala	Pintura	Tinta acrílica nas partes internas e externas
Piso	Cimento "vermelhão"	Ar condicionado	Não	Uso e ocupação	Média densidade de edificações
CARTA SOLAR (Latitude de 22°S) E EDIFICAÇÃO ESCOLAR			PROJEÇÃO DE SOMBRAS		
					
<p>— Trajetória solar — Edificação escolar</p>			<p>22/06 - 15h30min</p>		

5.1.9 E.E. Miguel Omar Barreto

A EE Prof. Miguel Omar Barreto atende 350 alunos no período da manhã, 350 à tarde e 150 à noite. Conta, aproximadamente, com um total de 50 funcionários para as áreas de gestão, docência e demais serviços.

A unidade escolar está a 445m de altitude, numa vertente com exposição para oeste. O terreno destinado à escola conta com grande quantidade de vegetação de médio a grande porte. Externamente, possui gramados em meio a calçamentos e alguns vasos com plantas ornamentais.

Nos arredores da escola, é possível encontrar áreas de gramados e terrenos baldios (figura 67). Camargo (2007) identificou esta região como de média a baixa densidade de edificações, pois é uma das áreas de expansão da cidade e o uso e ocupação do solo, ainda está restrito ao residencial, com poucos pontos de comércio.



Figura 67 – Localização da E.E. Miguel Omar Barreto
 Fonte: Google Earth – 20 de junho de 2010
 Org. Simone Scatolon Menotti Viana

É constituída de duas edificações térreas totalizando 950m² de área construída, composta de 15 salas, sendo 8 destinadas ao uso das aulas. As edificações são cobertas, exteriormente, por telhas de fibrocimento (Figura 67) e, internamente, por forro de madeira;

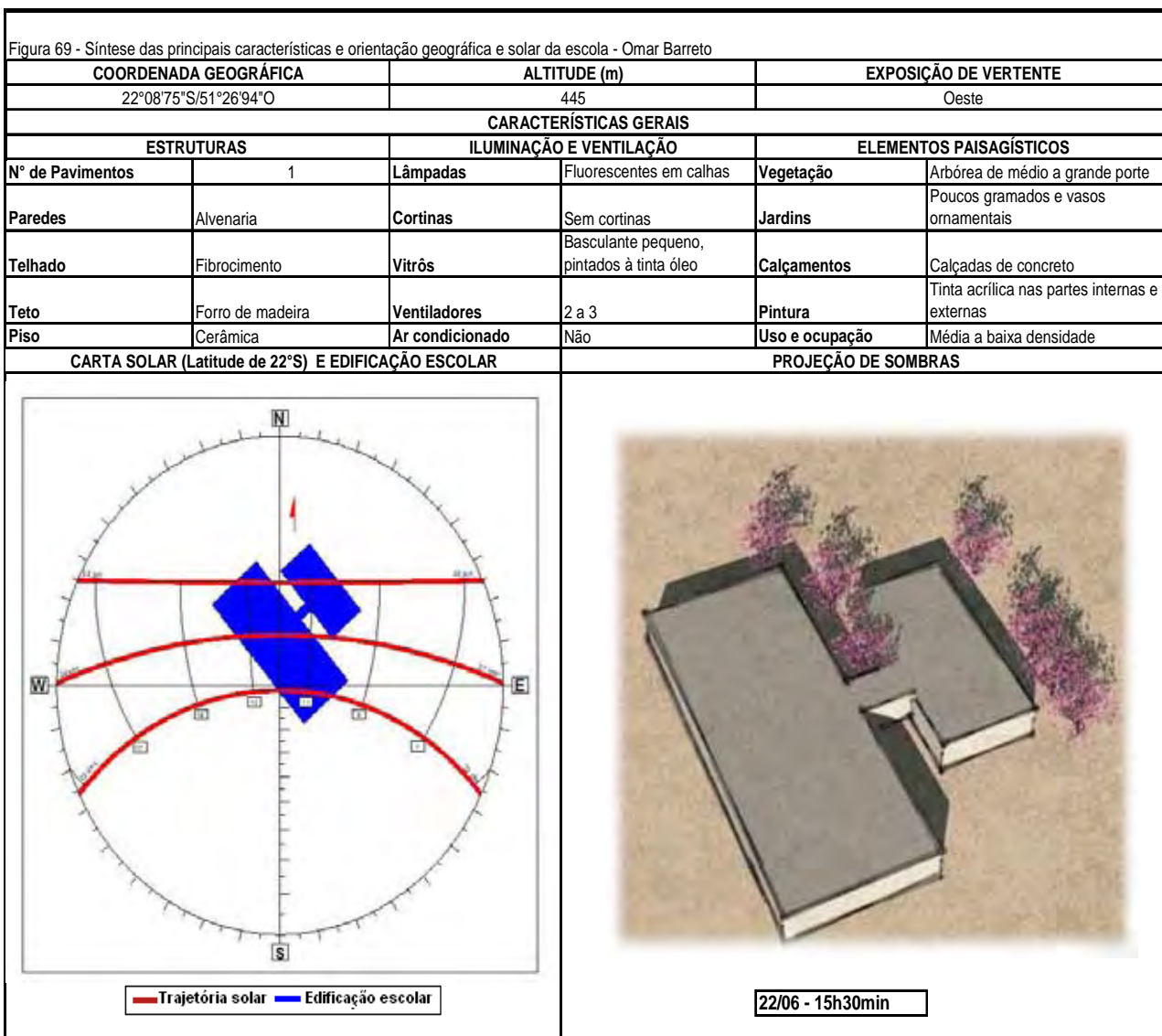
paredes de alvenaria pintadas nas cores creme e bege, tanto na parte externa como interna; portas de madeira; vidraças pequenas do tipo basculante, pintadas de tinta para evitar a luminosidade solar e sem cortinas. Em cada sala, há de dois a três ventiladores e de seis a oito calhas de iluminação, totalizando de 12 a 18 lâmpadas fluorescentes. E, também, uma quadra poliesportiva coberta por telhas de zinco e um pátio coberto.

A edificação escolar apresenta uma orientação de noroeste para o sudeste (Figura 68 A), sendo que as fachadas onde estão dispostas as janelas das salas de aula apresentam exposição, respectivamente, para o sudoeste e o nordeste (Figura 68 B).



Figura 68 – Vistas das fachadas sudoeste (A) e nordeste (B) da E.E. Miguel Omar Barreto
Org. Simone Scatolon Menotti Viana

A figura 69 apresenta um quadro síntese das principais características e orientação geográfica e solar da escola.



5.1.10 EE Prof. Hugo Miele

A EE Prof. Hugo Miele atende 454 alunos no período da manhã e 462 no período da tarde. Aproximadamente, a unidade conta com 60 funcionários entre gestores, professores e demais auxiliares.

A escola está a 454m de altitude, numa vertente com exposição para sul. As edificações da escola ocupam um quarteirão inteiro. O local é extremamente arborizado em relação aos seus arredores. A vegetação é composta por árvores de médio a grande porte, desde a calçada até o interior dos pátios, conforme se observa na figura 70. Apresenta pequenos gramados na parte externa e vasos com plantas ornamentais na parte interna.



Figura 70 – Localização da E.E. Hugo Miele
 Fonte: Google Earth – 20 de junho de 2010
 Org. Simone Scatolon Menotti Viana

Na sua estrutura, a escola apresenta-se com uma única edificação de dois andares (térreo e o 1º andar), totalizando 2800m² de área construída, subdividida em 25 salas, sendo 15 destinadas as aulas e 10 para outros fins; coberta, externamente, por telhas de fibrocimento (Figura 70) e internamente por laje; paredes de alvenaria pintadas nas cores

camurça (externa), amarelo claro (interna); portas de madeira; vidraças grandes do tipo basculante, todas com cortinas de tecido de algodão e sem quebra-sol; dois ventiladores por sala de aula; oito calhas totalizando 16 lâmpadas fluorescentes. Possui duas quadras poliesportivas, sendo uma coberta por telhas de zinco e outra descoberta e um pátio coberto.

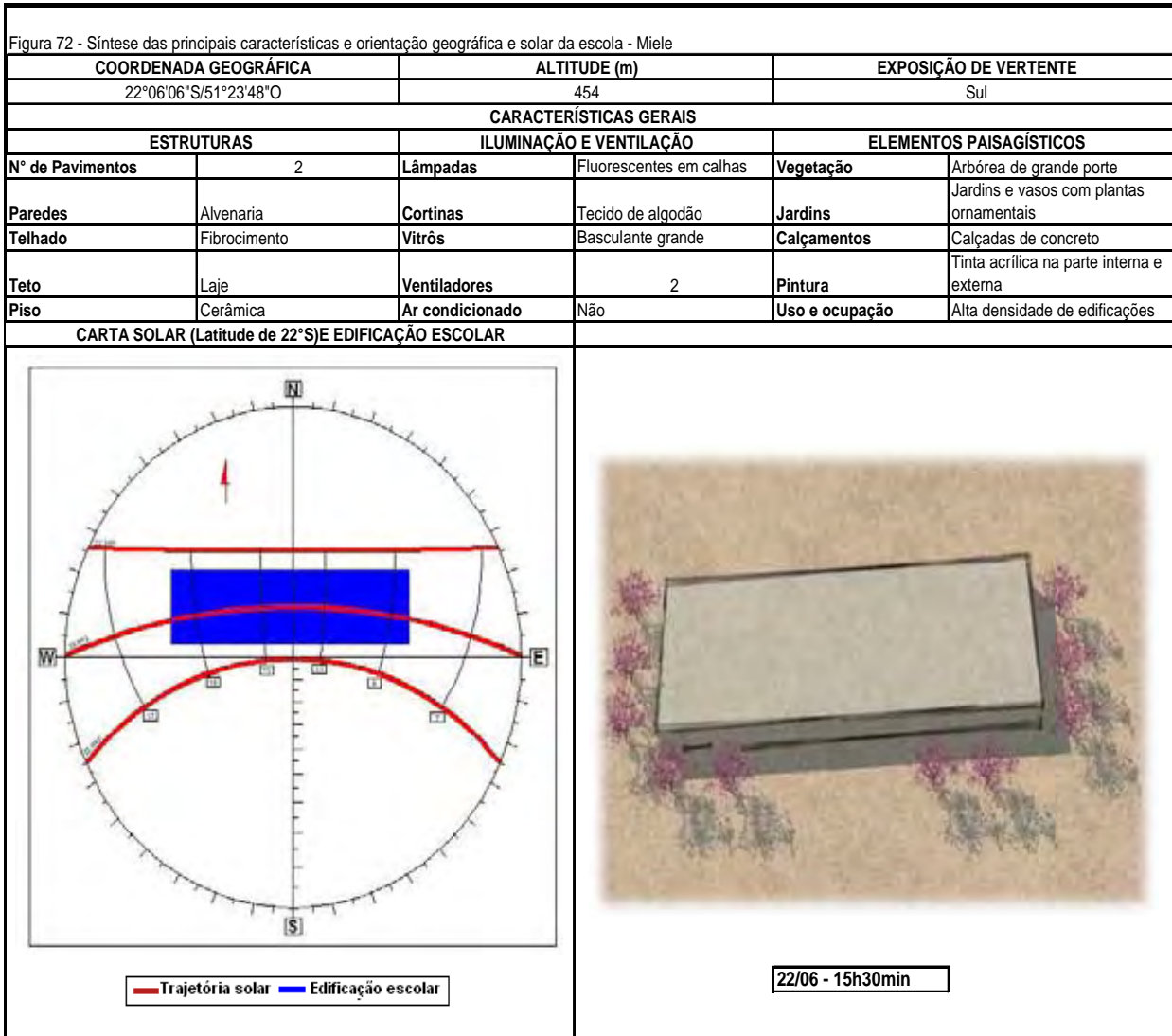
Com relação ao uso e ocupação, é uma região de alta densidade de edificações, destinada ao residencial, visto ser um dos bairros mais antigos da cidade, o Jardim Aviação (Camargo, 2007).

A edificação principal apresenta uma orientação de leste para oeste (Figura 70), sendo que as fachadas onde estão distribuídas as janelas das salas de aula estão voltadas, respectivamente, para o norte (Figura 71) e para o sul.



Figura 71 – Vista da Fachada norte da E.E. Hugo Miele
Org. Simone Scatolon Menotti Viana

A figura 72 apresenta um quadro síntese das principais características e orientação geográfica e solar da escola.



5.1.11 Estação meteorológica/UNESP

A estação meteorológica está a 439m de altitude. Os arredores da estação possuem grande quantidade de vegetação arbórea de médio a grande porte, principalmente, no interior do campus da UNESP com extensas áreas de gramados. (Figura 73)

De acordo com Camargo (2007), esta área da cidade foi classificada como sendo de baixa densidade de edificações.



Figura 73 – Localização da Estação Meteorológica da FCT/Unesp
 Fonte: Google Earth – 20 de junho de 2010
 Org. Simone Scatolon Menotti Viana

Pode-se observar na caracterização das escolas pesquisadas, que estas estão inseridas em diversos bairros da cidade de Presidente Prudente, cada qual com suas especificidades referentes à sua história de implantação associado aos materiais construtivos utilizados na edificação, ao uso e ocupação do solo, a quantidade de vegetação no entorno e a sua relação como parte integrante da paisagem/meio urbano local.

5.2 A escola e o seu entorno como parte integrante do meio urbano

O meio urbano tem sua massa edificada constituída por materiais com diferentes propriedades radioativas, que influenciam – junto com a vegetação e as superfícies pavimentadas, ou não – na quantidade de energia térmica acumulada e irradiada para a sua atmosfera, expressas pelo albedo e pela emissividade. A refletância de radiação de onda curta pela edificação depende tanto do albedo das superfícies refletivas, como da sua geometria, sendo um dos principais efeitos da morfologia dos conjuntos arquitetônicos – aglomerado de edificações do característico no meio urbano – a redução do albedo nas superfícies verticais em relação ao das horizontais, produzindo albedos urbanos médios de 15%, menores que os da área rural, exceto o das florestas (MASCARÓ e MASCARÓ, 2009, p.47).

O albedo pode ser definido como: “(...) a refletância total de um dado sistema, considerando-se o quociente entre o fluxo refletido e o fluxo incidente, ambos integrados sobre todo o espectro solar”. (FERREIRA e PRADO, 2003, p.2).

Os planos horizontais são representados pela pavimentação do solo urbano e pela cobertura das edificações, mas cada um com a sua contribuição distinta. Referente à pavimentação (asfalto e concreto), o fator principal de aumento da carga térmica é dado pelo número de horas de insolação, embora o desconforto térmico seja sentido pela emissividade dos materiais (revestimento), principalmente em áreas de asfalto e concreto, conforme explica Lombardo (1985).

No caso das coberturas e telhados, os ganhos térmicos dão-se em função de características físicas e dos materiais utilizados. Os ganhos de calor são provenientes da temperatura superficial, gerada pela exposição à radiação solar. As trocas de calor que ocorrem em coberturas de edificações, são mais intensas entre suas superfícies externas e seu entorno, pois, muitas vezes, as coberturas possuem isolantes ou câmaras de ar abaixo dos telhados e a massa térmica das coberturas tem o efeito de reduzir a temperatura de pico dos telhados, no decorrer do dia, e descartá-la durante a noite. (FERREIRA e PRADO, 2003, p. 8 e 9).

Ferreira e Prado (2003) concluíram que o albedo dos materiais utilizados em coberturas de edifícios é uma das variáveis responsáveis por seu ganho de calor, pois representa a porção da radiação solar incidente, que é refletida pelo material, porém o desempenho térmico dos materiais, caracterizado pela temperatura superficial que os mesmos podem atingir, está vinculado à emissividade dos materiais, que é responsável pelo seu resfriamento radioativo, e determina a quantidade de radiação térmica que é irradiada para o entorno, o que vem confirmar o estudo de Lombardo (1985).

A escola é uma edificação integrante do meio urbano, sendo assim vai compartilhar e utilizar os materiais construtivos que o compõe. A escola, com sua massa edificada (paredes de alvenaria, janelas de vidro, áreas pavimentadas e concretadas, coberturas e telhados), seja no plano horizontal como no vertical, contribui para a formação do microclima local, com alterações na temperatura do ar, na umidade relativa, na direção e velocidade do vento, tanto no seu interior, como no seu exterior.

Os planos verticais em todas as escolas são iguais, compostos por paredes de alvenaria, revestidas com tintas. Com relação aos planos horizontais, o concreto é a pavimentação externa mais comumente utilizada e semelhante em todas as escolas. Na parte interna, os revestimentos horizontais são diferenciados, sendo: granilite e cerâmica (Sarrion e Maria Luíza Bastos), cimento vermelho e cerâmica (Placídio), cerâmica e ladrilho (Omar Barreto), cerâmica (Formozinho, Tannel e Miele), cimento vermelho (Anna Antônio, Fantini e José Foz).

No caso das coberturas, em oito escolas, os telhados são revestidos por telhas do tipo fibrocimento (Maria Luíza Bastos, Formozinho, Sarrion, Placídio, José Foz, Fantini, Omar Barreto e Miele) e duas por cerâmica vermelha (Anna Antônio e Tannel Abbud).

Nas edificações escolares, o que se salienta é o concreto utilizado na parte externa e as telhas de fibrocimento utilizadas nos telhados. Os dois materiais construtivos empregados apresentam baixo albedo e elevada emissividade (Tabela 4), ou seja, há pouca refletância, o que permite o acúmulo de calor nas superfícies incidentes e posteriormente, irradiação para o ambiente.

Tabela 4: Propriedades radioativas de materiais construtivos e urbanos

SUPERFÍCIE/MATERIAL	ALBEDO (%)	EMISSIVIDADE (%)
Asfalto	5 – 20	95
Concreto	10 – 35	90
Fibrocimento	25 - 40	90
Telhas de cerâmica vermelha	10 - 70	90
Janelas (altura solar – 40°)	9 - 52	92
Pintura clara – branca	50 – 90	95
Pintura vermelha, verde	20 – 35	95
Pintura - preta	2 - 15	98

Fonte: Adaptado de Oke (1978), Ferreira e Prado (2003), Mascaró e Mascaró (2009)

Para concluir, Ferreira e Prado (2003) explicam que o ideal são superfícies com elevado albedo e alta emissividade, pois permanecem mais frias quando expostas à radiação solar, porque absorvem menos e emitem mais radiação térmica para o espaço. Assim, transmitem menos calor para o seu entorno.

5.3 Situações da climatização natural das edificações escolares estudadas

A climatização natural das edificações depende de alguns fatores: das fontes de calor (presença humana, iluminação artificial, motores, equipamentos, processos industriais e calor solar), da ventilação natural (ação dos ventos e o efeito chaminé) e, externamente, acrescenta-se a vegetação.

Os ganhos de calor, para o ambiente, dependem essencialmente da atividade desenvolvida pela presença humana. Assim, em uma escola, tem-se o calor provocado no ambiente, conforme as atividades desenvolvidas e apresentadas na tabela 5.

Tabela 5 – Calor cedido ao ambiente (Watts), segundo a atividade desenvolvida pelo indivíduo.

ATIVIDADE ³⁵	CALOR METABÓLICO ³⁶	CALOR SENSÍVEL ³⁷	CALOR LATENTE ³⁸
Sentado, em repouso	115	63	52
Em pé, em repouso	120	63	57
Sentado, escrevendo	130	65	65
Em pé, trabalho leve	145	65	80
Esforço máximo	870 a 1400	-	-

Fonte: Adaptado de Mesquita (1977) apud Frota & Schiffer (2003)

As atividades desenvolvidas nas escolas (alunos, professores e funcionários) transferem para o ambiente, em calor, 62watts, em média, cujo cálculo desse ganho de calor do ambiente é feito apenas pelo calor sensível. Em média, uma sala de aula conta com 35 alunos e mais o professor, o que gera no ambiente, pelos corpos, um calor aproximado de 2.232watts, ou 55,8watts/m².

A iluminação utilizada nas escolas é artificial, composta de lâmpadas fluorescentes, com uma potência nominal de 60watts, pois somente as janelas (vidraças) não são suficientes para iluminar as salas.

Segundo Frota e Schiffer (2003), a iluminação artificial gera calor para o ambiente da seguinte maneira: a conversão de energia elétrica em luz gera calor sensível, que é dissipado na forma de radiação para as superfícies circundantes, por condução através dos materiais adjacentes, e por convecção diretamente para o ar. As lâmpadas fluorescentes

³⁵ Atividade – faz referência as condições de trabalho/esforço desenvolvidas no ambiente escolar, uma vez que alunos e professores alternam atividades em que estão sentados e/ou pé em repouso; atividades como escrever (alunos) trabalho leve (professor – explicações, orientações carteira a carteira, escrita no quadro, etc.); e entende-se como esforço máximo algumas atividades realizadas nas aulas de educação física.

³⁶ Calor metabólico – é o calor gerado pelo corpo humano durante o seu metabolismo, no qual o corpo converte a energia dos alimentos ingeridos em calor e trabalho. Porém, dessa energia transformada, apenas 20% se converte em trabalho, e os 80% restantes são transformados em calor, que deve ser dissipado para o ambiente para que a temperatura interna do organismo seja mantida em equilíbrio.

³⁷ Calor sensível - é o calor em movimento, que flui entre os corpos em razão da diferença de temperatura entre eles. Ele provoca apenas variação na temperatura do corpo, sem que aconteça mudança no seu estado de agregação, ou seja, se o corpo é sólido continua sólido e o mesmo acontece com os estados líquidos e gasosos.

³⁸ Calor latente - Diferente do calor sensível, quando fornecemos energia térmica a uma substância, sua temperatura não varia, mas seu estado de agregação se modifica, esse é o chamado calor latente. Essa é a grandeza física que informa a quantidade de energia térmica (calor) que uma unidade de massa de uma substância deve perder ou receber para que ela mude de estado físico, ou seja, passe do sólido para o líquido, do líquido para o gasoso e assim por diante.

utilizadas nas escolas convertem em calor 125% da sua potência nominal e mais 25%, referentes aos reatores.

O sistema de iluminação escolar, numa sala de aula, por exemplo, é composto de seis a oito calhas contendo, cada uma, um par de lâmpadas de 60watts e mais um reator, gerando, assim, iluminação de 400watts de calor, totalizando em média, por sala (40m²), 2200w, ou 55w/m².

Somando o calor produzido pelo corpo humano, mais a produção térmica da iluminação tem-se um total de 4.432w, geradores de calor para o referido ambiente.

Outra fonte térmica para o ambiente escolar é o calor proveniente da radiação solar. Este será maior ou menor, dependendo de alguns fatores, tais como: a estação do ano (solstício ou equinócio), a latitude que vai determinar a quantidade de radiação incidente, e as características térmicas dos materiais construtivos utilizados.

A quantidade de radiação solar incidente nas edificações varia bastante em virtude da estação do ano (solstício e equinócio) e da latitude, conforme se observa nas tabelas (6, 7 e 8).

Para uma latitude de 23°, durante o verão, as orientações para o quadrante leste (E, NE e SE) recebem as maiores quantidades de radiação com um pico às 8h, sendo 704 W/m². A orientação para o N é a que menos recebe radiação com valores entre 20 e 68 W/m². As orientações para o quadrante Oeste (W, NW e SW) no decorrer da tarde apresentam o pico de incidência de radiação às 16h com 704 W/m², conforme a tabela 6.

Tabela 6 - Dados de Radiação Solar Incidente (I_g)³⁹ sobre planos verticais (W/m²), para uma latitude de 23°S⁴⁰ no solstício de verão, associada à orientação geográfica.

	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h
S	114	208	195	151	106	74	63	74	106	151	195	208	114
SE	255	560	615	549	410	244	63	68	63	58	50	40	20
E	276	608	704	659	511	311	63	68	63	58	50	40	20
NE	121	323	410	417	349	235	65	68	63	58	50	40	20
N	20	40	50	58	63	68	66	68	63	58	50	40	20
NW	20	40	50	58	63	68	65	235	349	417	410	323	121
W	20	40	50	58	63	68	63	311	511	659	704	608	276
SW	20	40	50	58	63	68	63	244	410	549	615	560	255

Fonte – Adaptado de Gonçalves (1955) apud Frota e Schiffer (2003)

De acordo com a tabela 7, durante o equinócio (outono e primavera) as orientações para os quadrantes leste, norte e oeste recebem mais radiação solar incidente. No período da manhã, o pico ocorre às 8h (673 W/m² na orientação leste). Após as 12h, o quadrante oeste passa a receber maior quantidade de radiação incidente, com máximo de 673 W/m²,

³⁹ Os valores de Radiação Solar Incidente são relativos à condição de céu limpo. Os valores podem modificar para mais ou para menos dependendo, da altitude, nebulosidade, poluição.

⁴⁰ A latitude escolhida para a análise foi a mais aproximada da latitude de Presidente Prudente 22°S, pois os valores de radiação solar incidente apresentados entre as latitudes de 20°S e 23°S são muito parecidos. O anexo 3 oferece a tabela da latitude 20°S para a comparações entre os valores de radiação solar incidente entre essas latitudes.

às 15h na exposição oeste. Cabe ressaltar que a exposição norte apresenta valores elevados no decorrer das horas do dia, com valor de máximo de 446 W/m^2 (11h e 13h). A orientação sul, nesses períodos do ano, recebe menos radiação incidente, com uma variação entre 0 W/m^2 (6h e 18h) e 63 W/m^2 (das 11h às 13h).

Tabela 7 - Dados de Radiação Solar Incidente (I_g) sobre planos verticais (W/m^2), para uma latitude de 23°S no equinócio de outono e primavera, associada à orientação geográfica.

	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h
S	0	28	45	53	60	63	63	63	60	53	45	28	0
SE	16	288	386	313	163	63	63	63	60	53	45	28	0
E	23	441	673	667	531	316	63	63	60	53	45	28	0
NE	16	351	591	661	624	513	341	155	60	53	45	28	0
N	0	73	190	290	386	446	453	446	386	290	190	73	0
NW	0	28	45	53	60	155	341	513	624	661	591	351	16
W	0	28	45	53	60	63	63	316	531	667	673	441	23
SW	0	28	45	53	60	63	63	63	163	313	386	288	16

Fonte – Adaptado de Gonçalves (1955) apud Frota e Schiffer (2003)

No decorrer do inverno, segundo a tabela 8, às 6h e às 18h, nenhuma orientação geográfica recebe incidência de radiação solar. O valor máximo (708W/m^2) é registrado às 10h e às 14h, com diferença na exposição, sendo respectivamente, nordeste e noroeste. A exposição sul recebe os menores valores de variação solar, variando de 0W/m^2 (sombra total) a 63W/m^2 , das 11h às 13h.

Tabela 8 - Dados de Radiação Solar Incidente (I_g) sobre planos verticais (W/m^2), para uma latitude de 23°S no solstício de inverno, associada à orientação geográfica.

	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h
S	-	8	30	45	50	53	55	53	50	45	30	8	-
SE	-	36	112	56	50	53	55	53	50	45	30	8	-
E	-	90	395	501	424	261	55	53	50	45	30	8	-
NE	-	96	478	679	708	643	515	349	180	45	30	8	-
N	-	51	286	485	607	679	705	679	607	485	289	51	-
NW	-	8	30	45	180	349	515	643	708	679	478	96	-
W	-	8	30	45	50	53	55	261	424	501	395	90	-
SW	-	8	30	45	50	53	55	53	50	45	30	8	-

Fonte – Adaptado de Gonçalves (1955) apud Frota e Schiffer (2003)

Cabe ressaltar que, ao observar as tabelas 6 e 8, durante o inverno, ocorre o maior pico de radiação solar incidente 708W/m^2 , assim, superando o verão com o máximo de 704W/m^2 .

Diante do exposto sobre a incidência da radiação solar, as fachadas das edificações apresentam uma maior eficiência térmica se seguirem as seguintes proposições: entre o leste e o noroeste classifica-se como uma exposição aceitável; entre o nordeste e o norte como uma boa exposição; e uma exposição muito boa seria entre o norte e o nordeste. Em contrapartida, é desaconselhável e ruim uma exposição entre o oeste e o noroeste, conforme complementa e demonstra a figura 74.

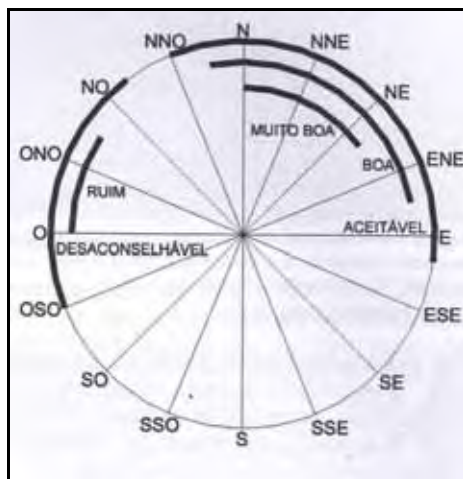


Figura 74: Avaliação das orientações quanto aos aspectos térmicos
 Fonte: Aroztegui (1997) apud Cunha (2006, p.84)

As escolas apresentam duas fachadas principais, pois estão isoladas no interior dos terrenos. Desta forma, ao analisar a questão das fachadas, todas as escolas apresentam uma fachada “boa” e outra “ruim”, do ponto de vista energético (térmico).

Assim temos: Maria Luíza Bastos, Omar Barreto e Sarrion com uma exposição de fachadas nordeste (manhã) e sudoeste (tarde), sendo as orientações que mais recebem radiação solar durante o verão; Anna Antônio, José Foz, Fantini, Tannel e Formozinho com exposição para leste (manhã) e oeste (tarde), assim, consideradas impróprias no outono e na primavera, principalmente no período da tarde, por receberem maior incidência de radiação solar na fachada oeste; e, diferentemente temos: o Placídio e o Hugo Miele, sendo a primeira com uma exposição sudeste (manhã) e noroeste (tarde) apresentando-se ruim no período da manhã, no verão, e no período da tarde, no inverno, devido ao aporte de radiação solar incidente nessas estações do ano. A segunda escola, com exposição de suas janelas para norte e para o sul, considerada a exposição de fachadas mais adequada, pois apresenta menor incidência de radiação solar no verão e maior aporte de energia no inverno. A fachada norte é a que apresenta melhor eficiência térmica.

Os ganhos extras de calor em uma edificação podem ser minimizados a partir da ventilação natural. A ventilação natural é responsável pela renovação do ar do ambiente interno, através do suprimento de oxigênio e desconcentração de gás carbônico, sendo, também, relevante para a higiene e para o conforto térmico no verão, principalmente em regiões de clima quente. Frota e Schiffer (2003) apontam que a renovação do ar dissipa o calor e, juntamente, desconcentra vapores, odores, fumaça, poeira, etc...

São dois os mecanismos que promovem a ventilação natural de um edifício. Primeiramente, a força dos ventos promove a movimentação do ar através do ambiente, produzindo a ventilação denominada *ação dos ventos*. O efeito da diferença na densidade

do ar provoca o chamado *efeito chaminé*. No geral, esses dois mecanismos agem de forma conjunta, mas ressalvas são apontadas, para que um mecanismo não prejudique o outro.

A ventilação nos edifícios escolares estudados é 100% natural e é realizada a partir da ventilação por ação dos ventos, nas janelas (entrada e saída) e, em algumas escolas (Placídio, Tannel, Fantini) encontra-se, também, o efeito chaminé, uma vez que é comum em cima dos corredores de acesso das salas, nos pisos superiores, encontrarem pequenas janelas para a saída de ar. Soma-se à ventilação a utilização dos ventiladores de parede e de teto nas salas de aula.

A passagem do fluxo de ar, através dos recintos, depende diretamente da *posição* e das *dimensões* das janelas, pois estas determinam a qualidade e a quantidade de ventilação interna.

Referente à *posição* das janelas, para um maior aproveitamento da ação dos ventos, deve-se ater a sua direção predominante. Somada à direção predominante do vento tem-se a velocidade máxima dos ventos, agindo como um maximizador das trocas de ar entre a parte interna e externa dos edifícios.

Em Presidente Prudente a exposição e a distribuição de janelas para o quadrante leste (leste, nordeste e sudeste) é mais vantajosa, pois são nessas direções que se verificam os mais altos índices de duração dos ventos, devido ao predomínio dos sistemas tropicais marítimos, nessa região.

Já os ventos das direções do quadrante W (oeste, noroeste e sudoeste), e os ventos de sul são menos frequentes, conforme mostra a figura 75.

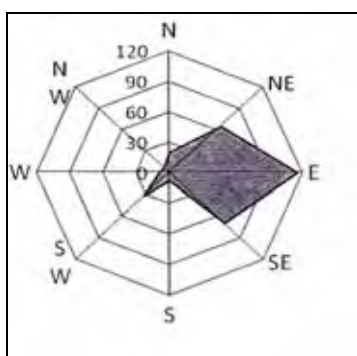


Figura 75 – Direção predominante dos ventos em Presidente Prudente/SP – duração média anual (1969-2007)

Fonte: Sant'Anna Neto e Tommaselli, 2009, p.65

Com relação à velocidade do vento, a região de Presidente Prudente conta com episódios extremos de ventos fortes e vendavais atingindo mais de 100 km/h. A velocidade média do vento é maior no período de inverno (de junho a agosto), variando de 9,3 a 10,2

Km/h. Entretanto, é na primavera e no verão que os episódios de vendavais ocorrem com maior frequência e intensidade (SANT'ANNA NETO e TOMMASELLI, 2009).

Do ponto de vista da ventilação, com exceção do Hugo Miele, todas as demais escolas apresentam pelo menos uma fachada exposta para as direções predominantes dos ventos em Presidente Prudente.

Associadas diretamente à direção predominante dos ventos, estão as dimensões das janelas, pois quanto maiores os “vãos” (aberturas) melhor será a ação dos ventos no interior da edificação, principalmente no verão e durante o período da tarde. Mas, no período do inverno, as janelas devem servir como proteção para os ventos mais frios. Desta forma, cabe salientar que os formatos das janelas e os tipos de materiais empregados devem ser condizentes com as condições de tempo atmosférico e clima da região.

Nas escolas, no geral, os vãos deixados para as janelas são amplos e contemplam a totalidade das paredes. Por exemplo, na EE Placídio Braga Nogueira, as salas de aula possuem uma metragem de 8mx5m, sendo que na maior parede são instaladas as janelas (duas, com metragem de 3mx2m).

Além do Placídio, as escolas Maria Luíza Bastos, Formozinho Ribeiro, Sarrion, Tannel, Fantini e Miele, apresentam grandes aberturas destinadas para as janelas. Mas, o grande problema está no tipo escolhido de vitrôs, os basculantes, que garantem a segurança dos alunos, mas diminui a circulação de ar.

A situação é mais agravante nas escolas Omar Barreto, José Foz e Anna Antônio que apresentam, respectivamente, vitrais pequenos e médios. Esse fator compromete significativamente a movimentação do ar e, por consequência, favorece a concentração do calor no interior do edifício, pois as trocas e as renovações do ar entre o ambiente interno e o externo ficam prejudicadas.

Por último, um elemento que também influencia na climatização natural é a vegetação externa existente, porque pode interferir na quantidade de radiação solar incidente, na direção e velocidade do vento, na umidade e na temperatura.

Todas as escolas pesquisadas apresentam vegetação arbórea (em vários níveis e quantidades) nos seus arredores, mas não existe uma preocupação com a sua distribuição e a sua função, pois são plantadas de forma aleatória, em pouca quantidade e quase sempre estão nos estacionamentos e nas proximidades dos pátios e são alvos de reclamações devido à “sujeira” que produzem (folhas e galhos) e que por vezes são mal podadas ou até mesmo arrancadas. Assim, a vegetação não é vista como um elemento positivo para o conforto da edificação escolar e sim, com um ponto negativo.

Finalizando, as edificações escolares estudadas são, estruturalmente, muito parecidas, apresentam praticamente os mesmos materiais construtivos (alvenaria, concreto, fibrocimento, janelas de vidro, portas de madeira, etc.), o diferencial entre elas está no

tamanho da edificação e no número de andares, e ainda, possuem uma carga térmica similar e proveniente de três fontes principais: presença humana, os sistemas de iluminação artificial e o calor originário da radiação solar. Referente à climatização natural, as escolas apresentam um padrão muito parecido e utilizam-se da ventilação natural (ação dos ventos nas entradas e saídas) e forçada (ventiladores) como mecanismo de controle térmico.

5.4 A política construcional e arquitetura das escolas estaduais do Estado de São Paulo

No estado de São Paulo é função da Secretaria da Educação elaborar o projeto e a construção das escolas, bem como regulamentar as ações da FDE (Fundação para o Desenvolvimento da Educação). A FDE tem como objetivo principal integrar as esferas pedagógica, administrativa e financeira para garantir a qualidade de ensino.

Na atualidade, o processo para a construção de uma escola ocorre da seguinte maneira: a Secretaria da Educação aponta os locais em que há demanda por novas escolas, o número de salas e o nível de ensino a atender; a FDE identifica os terrenos disponíveis e fornece o suporte técnico na programação das obras a serem construídas, desde o projeto até as provisões de recursos para a execução.

Para a construção da escola, a FDE inicia com a terceirização de um escritório para o desenvolvimento do projeto de arquitetura da nova unidade escolar. A terceirização é feita a partir de licitação da técnica e preços empregados.

A FDE disponibiliza ao escritório o programa arquitetônico previamente definido (Catálogo de Ambientes), o levantamento topográfico e os catálogos técnicos (componentes construtivos e modulação exigida), além da lista das normas que deverão ser observadas. O Catálogo de Ambientes, os componentes construtivos, modulação exigida e as normas são idealizados pela Secretaria da Educação.

Deliberador (2010) esclarece e complementa que o programa de necessidades é fixo e estabelecido em função do modelo pedagógico definido pela Secretaria do Estado da Educação (SEE). Seu conteúdo é definido pela Secretaria e não é discutido nem pelos arquitetos da FDE, nem pelos escritórios terceirizados, pelo menos do ponto de vista formal. Conceitualmente ele é o mesmo para todas as escolas, incluindo um pátio coberto e variando apenas o número de salas e o dimensionamento das áreas comuns em função do número de alunos previstos.

Deliberador (op.cit.) demonstra dois problemas nesse processo: a rigidez do programa e a falta de detalhamento, sob o ponto de vista de metas, objetivos, desejos e desempenhos, nos momentos iniciais do processo criativo. Esses dois problemas fazem com que as escolas sejam sempre projetadas dentro de um padrão, o que significa pouca

preocupação no atendimento das necessidades específicas de cada comunidade. Desse modo, muitas escolas, ao serem inauguradas, já apresentam deficiências espaciais que acabam por serem supridas através de adaptações de espaços, originando problemas funcionais e de conforto ambiental.

Além do catálogo de ambientes que contém o programa de necessidades, existem outros três: o de **mobiliários**, com as especificações dos móveis que devem ser utilizados, o de **componentes**, que disponibiliza o projeto e as especificações detalhadas dos componentes arquitetônicos, descrevendo como deve ser sua aplicação e recebimento e o de **serviços**, fornecendo o mesmo material dos componentes só que voltados aos materiais e às técnicas de aplicação (FERREIRA e MELLO, 2006 grifos do autor).

E ainda, há a disponibilização de um manual de vegetação e paisagismo, mas que é pouco utilizado, pois a contratação do arquiteto não é para esse fim e não há disponibilização de recursos financeiros para embelezamento da unidade escolar.

Após a consulta desse material inicial, a FDE inicia as seguintes etapas de execução do projeto: vistoria do local, estudo preliminar, anteprojeto, projeto executivo e projetos complementares. Tudo isso, a partir das etapas do projeto tradicional, implementadas a partir da sequência abaixo:

- 1) Catálogos técnicos: programa básico, fixo, pré-definido, levantamento topográfico, indicação de normas;
 - 2) Topografia, acessos, serviços públicos, construções existentes, zoneamento, agentes poluidores, características da vizinhança;
 - 3) Apresentação do partido em função do terreno e do programa da escola;
 - 4) Preocupação com aspectos da volumetria e implantação: definição do partido em função de prazo, recursos, aspectos de durabilidade e manutenção;
 - 5) Reunião geral para definições preliminares sobre a fundação e estrutura da unidade escolar;
 - 6) Estimativa dos custos e mais o processo de interligação entre os edifícios;
 - 7) Verificação dos componentes padronizados (Ex: pisos e dimensões básicas de áreas externas pavimentadas e gramadas);
 - 8) Apresentação de informações complementares para a realização da obra;
 - 9) Verificação da entrega, completa e na forma exigida, de todas as informações.
- (FDE, 2008)

A FDE utiliza-se de uma metodologia tradicional para a construção das edificações escolares. Deliberador (2010) aponta a necessidade de novas possibilidades e novos procedimentos metodológicos de construção da FDE, visando à melhoria do ambiente físico

das escolas. Deve-se melhorar a relação da configuração dos espaços com a pedagogia, pois é um aspecto essencial e que deve ser reavaliado pelos órgãos superiores, como a Secretaria de Educação, inclusive abrindo a discussão para os agentes envolvidos na educação, sendo essencial a consideração da dimensão física, da variedade de ambientes e seus equipamentos, no que diz respeito à arquitetura escolar.

Diante do exposto, conclui-se que a metodologia empregada é a mesma para todas as escolas paulistas, independentemente da sua localização, se na capital ou no interior. Assim, também, as diferenças climáticas de cada região não são levadas em consideração na elaboração e execução do projeto, embora se saiba que as condições ambientais (climáticas) sejam relevantes para o aprendizado dos discentes.

O MEC⁴¹ (2009) ressalta a importância da adaptação da construção escolar à realidade local. Isso porque a construção escolar deve refletir os valores culturais da comunidade na qual está inserida. É importante que a construção e a manutenção escolar utilizem técnicas e materiais conhecidos na região, reduzindo custos e possibilitando o envolvimento da comunidade nas transformações sobre o edifício escolar. A utilização de técnicas e materiais locais facilita a criação de um edifício escolar mais adequado ao clima, à paisagem e às intempéries da região. Em uma determinada região, o piso ideal para o pátio pode ser o concreto, já em outra, a cerâmica pode ser a mais adequada. Isso vai depender dos custos dos materiais e da mão-de-obra, das técnicas existentes para elaboração de um ou outro material, da interferência que os dois tipos de piso vão ter no visual da escola, do conforto térmico que proporcionam e da resistência às oscilações climáticas, as chamadas intempéries.

A criação/edificação de uma escola pública, numa determinada comunidade, envolve sempre uma atitude política, porque implica escolhas: o local, o tipo de ensino, o tamanho da construção, as demandas que se organizaram para a implantação da escola (MEC op.cit.).

Finalizando, seja essa comunidade urbana ou rural, a decisão da construção da edificação escolar é sempre do agente público. Nesse sentido, a comunidade dificilmente tem “voz ativa” nesses projetos, embora, seja a maior interessada, visto que é através da escola que se conquista a cidadania.

⁴¹ MEC – Ministério da Educação.

6 CARACTERIZAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO NAS ESCOLAS ESTADUAIS DE PRESIDENTE PRUDENTE: COMPARAÇÃO ENTRE A TEMPERATURA EFETIVA PROPOSTA POR THOM (1959) E A CARTA BIOCLIMÁTICA DE OLGAY (1963)

6.1 Caracterização da temperatura efetiva e a carta bioclimática nas escolas estaduais em comparação com a UNESP entre os dias 18/05 e 14/06, período representativo do outono de 2010.

Com base nos dados coletados, entre os dias 18 de maio e 14 de junho, foram observadas situações de conforto e desconforto térmico nas Escolas Estaduais de Presidente Prudente. Os dias mais desconfortáveis da pesquisa de campo foram: 28/05, 06/06, 07/06 e 14/06.

No dia 28/05 (Tabela 9), situações de desconforto térmico para o calor foram observadas na EE Plácido Braga Nogueira (1°C acima do limite proposto de 25,6°C); já, nas demais escolas estudadas, a temperatura efetiva permaneceu dentro da zona de conforto térmico. Na ocasião, apenas a UNESP apresentou situações naturais de desconforto térmico para o frio, no início da manhã.

Tabela 9 – Situações de desconforto térmico para o calor na EE Plácido Braga Nogueira em comparação com a UNESP – 28/05/2010

28/05	EE PLACÍDIO			UNESP			DIR. VEL. VENTO
	THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		
	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	
1h	23,6	24,4	50	17,4	16,1	76	Leste – 4,1m/s
3h	23,3	24,1	50	17,0	15,5	78	
5h	23,0	23,7	50	16,2	14,4	82	
7h	22,7	23,2	51	15,9	14	84	
9h	22,3	22,7	55	17,9	16,7	79	
11h	23,4	24,1	53	21,1	21	62	
13h	24,7	25,9	50	23,4	24	56	
15h	26,5	28,3	45	24,1	25,1	52	
17h	25,7	27,2	48	23,8	24,7	52	
19h	25,0	26,2	50	22,2	22,4	58	
21h	24,7	25,8	51	20,6	20,3	67	
23h	24,4	25,4	52	19,5	18,7	75	

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico
Sistema atmosférico atuante – Polar atlântica

Quando se compara a temperatura efetiva (THOM) com a zona de conforto proposta por Olgay, o desconforto para o calor ficou evidenciado e comprovado, na escola Plácido, e a Carta Bioclimática aponta como solução para o desconforto a necessidade de ventos e sombra. Ocorreu desconforto natural para o calor entre as 14h e 16h, na UNESP. Com relação à umidade relativa, os valores (48% a 53%) mantiveram-se dentro da faixa limite proposta por Olgay (20% a 80%).

As situações de desconforto térmico para o calor, observadas na EE Plácido Braga Nogueira, são consequências dos materiais construtivos associados à exposição da escola

à incidência solar. Após as 12h, toda a fachada oeste da edificação ficou exposta ao sol, que penetrou pelas vidraças e atingiu o interior da escola causando um aporte de calor nas salas de aula. Além disso, o terreno da escola apresenta pouca vegetação arbórea de grande porte, principalmente, na fachada oeste.

Desta forma, os dois índices aplicados demonstram a eficiência térmica dos materiais construtivos, que no caso, apresentam inércia térmica elevada corroborando a elevação da temperatura intraescola em 3,2°C a mais que ao ar livre (UNESP). As demais escolas apresentaram situações de conforto térmico, no decorrer da tarde e início da noite.

Com relação às condições sinóticas, esse dia (28/05) apresentava características de aquecimento pré-frontal, pois, no dia 30/05, uma frente fria atingiu a região. A velocidade do vento era de 4,1m/s⁴².

No dia 14/06, foram observadas, novamente, situações de desconforto para o calor na EE Placídio Braga Nogueira (Tabela 10), juntamente com a EE Hugo Miele quando se observou a zona de conforto estabelecida por Olgay (Tabela 11).

Continuamente, nesse dia, as escolas Miele, Formozinho, Tanel (Tabela 10) apresentaram situações de desconforto térmico para o frio no início da manhã, porém, no decorrer do dia, as temperaturas efetivas estiveram dentro da zona de conforto térmico. Esses valores condizem com as situações naturais de desconforto e conforto apresentadas na UNESP (Tabela 11). Os valores ficaram, respectivamente, 1,8°C, 1,5°C e 1,9°C abaixo do limite de 18,9°C, indicado por THOM.

Tabela 10 – Situações de desconforto térmico para o calor na EE Placídio Braga Nogueira em comparação com a UNESP – 14/06/2010

14/06	EE PLACÍDIO			UNESP			DIR. VEL. DO VENTO
	THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		
	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	
1h	21,8	22	52	17,0	15,5	77	Leste – 4,1m/s
3h	21,6	21,8	52	16,2	14,5	79	
5h	21,2	21,3	52	15,7	13,8	79	
7h	21,1	21,1	52	15,0	12,9	81	
9h	21,3	21,3	54	17,1	15,7	71	
11h	22,0	22,3	51	21,1	21	57	
13h	24,6	25,9	45	23,5	24,3	48	
15h	26,3	28,2	41	24,4	25,6	47	
17h	25,2	26,6	46	24,0	25	48	
19h	24,1	25,1	48	22,0	22,2	56	
21h	23,7	24,6	49	20,9	20,8	59	
23h	23,4	24,2	49	20,9	19,6	62	

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico
 Sistema atmosférico atuante – Polar atlântica

⁴² Os valores de velocidade do vento foram obtidos da Estação Meteorológica localizada no campus da UNESP/ FCT, no horário de 9h.

Tabela 11 – Situações de desconforto térmico para o frio nas escolas Miele, Formozinho e Tannel – 14/06/2010

14/06	EE HUGO MIELE			EE FORMOZINHO			EE TANNEL ABBUD		
	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%
1h	18,9	20,1	60	19,1	18,4	65	19,1	18,3	65
3h	18,6	19,8	60	18,8	18	65	18,9	18,1	65
5h	18,4	19,6	60	18,4	17,5	65	18,7	17,9	64
7h	18,1	19,3	59	17,8	16,7	66	18,5	17,6	63
9h	17,1	18,1	62	18,4	17,5	66	18,1	17	67
11h	19,4	20,8	55	19,6	19	63	21,1	21	57
13h	21,5	23,2	52	21,0	20,9	60	21,2	21,2	57
15h	23,0	25	48	22,3	22,6	57	20,9	20,7	60
17h	22,4	24,2	51	23,0	23,5	55	21,4	21,4	60
19h	21,3	22,8	56	22,7	23,1	56	21,3	21,2	61
21h	20,8	22,2	57	22,2	22,5	55	20,9	20,7	61
23h	20,5	21,9	58	21,8	22	56	20,6	20,3	62

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico
 Sistema atmosférico atuante – Polar atlântica

Nas situações verificadas na tabela 11, quando as temperaturas efetivas são comparadas com a zona de conforto de Olgay, os resultados comprovam-se no decorrer da manhã e demonstram as seguintes necessidades: Formozinho e Tannel apresentaram temperatura do ar interno baixa, demonstrando a necessidade da incidência da radiação solar de fraca intensidade, conforme aponta a Carta Bioclimática. As escolas Placídio e Miele estiveram com suas temperaturas intraescola dentro da zona de conforto, no período da manhã.

No decorrer do dia, Formozinho e Tannel mantiveram suas temperaturas dentro da zona de conforto, demonstrando que os seus materiais construtivos estão adequados para manter um ambiente com temperatura confortável, no período da tarde. Mas, no período vespertino, as escolas Placídio e Miele apresentaram desconforto para o calor de acordo com a proposição de Olgay, com necessidade de ventos e sombra. Esse fato ficou comprovado pela TE de THOM, na EE Placídio Braga Nogueira.

Internamente, essas edificações escolares apresentavam valores de umidade relativa entre: 48% a 60% (Miele); 55% a 67% (Formozinho); 57% a 67% (Tannel), assim condizentes com a faixa proposta por Olgay (20% a 80%). As condições atmosféricas foram: predomínio de céu limpo, com poucas nuvens do tipo Cirrus, vento forte (4,1m/s do quadrante leste).

Nos dias 06/06 e 07/06, foi observado o maior número de horas, nas escolas, com relação ao desconforto térmico para o frio, especialmente no período da madrugada e manhã.

No dia 06/06, Formozinho, Fantini, Miele e o ponto UNESP apresentaram os menores valores de temperatura efetiva e situações de desconforto térmico para o frio. No Formozinho, a menor temperatura efetiva ficou 1,8°C abaixo do limite de 18,9°C. Nesta escola, as situações de desconforto térmico para o frio ocorreram entre 1h e 14h e

retornaram entre 20h e 23h, coincidindo com as situações naturais de desconforto ocorridas na UNESP (Tabela 12).

Tabela 12 – Situações de desconforto para o frio na EE Formozinho Ribeiro em comparação com a UNESP – 06/06/2010

06/06	EE FORMOZINHO			UNESP			DIR. VEL. DO VENTO
	THOM	OLGYAY		TOHM	OLGYAY		
	TE	T°C	UR	TE	T°C	UR%	
1h	18,8	18,1	56	14,1	11,8	78	Sudeste – 1,6m/s
3h	18,3	17,4	58	13,2	10,7	82	
5h	17,8	16,7	60	12,5	9,8	86	
7h	17,2	16	61	11,8	8,9	89	
9h	17,1	15,8	63	15,0	12,9	81	
11h	17,5	16,4	59	18,3	17,4	55	
13h	18,1	17,2	54	19,7	19,4	45	
15h	18,9	18,4	48	21,2	21,4	40	
17h	19,3	18,8	48	20,3	20,2	43	
19h	19,0	18,4	52	17,8	16,8	54	
21h	18,6	17,9	52	16,1	14,5	63	
23h	18,3	17,5	55	15,3	13,4	68	

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico

Sistema atmosférico atuante – Polar atlântica

Na escola Hugo Miele, as situações de desconforto térmico para o frio tiveram início no final da madrugada e perduraram até as 11h. E, no Arlindo Fantini, ocorreram, no final da manhã, entre 10h e 12h. Nas duas escolas, as temperaturas efetivas ficaram próximas do limite de 18,9°C. (Tabela 13)

Tabela 13 – Situações de desconforto térmico para o frio nas EE(s) Hugo Miele e Arlindo Fantini em comparação com a UNESP – 06/06/2010

06/06	EE HUGO MIELE			EE ARL. FANTINI			UNESP			DIR. VEL. DO VENTO
	THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		
	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	
1h	19,2	20,7	52	20,4	20,2	54	14,1	11,8	78	Sudeste – 1,6m/s
3h	19,0	20,4	53	19,9	19,6	54	13,2	10,7	82	
5h	18,6	20	54	19,6	19,2	55	12,5	9,8	86	
7h	18,3	19,7	54	19,2	18,6	55	11,8	8,9	89	
9h	18,7	20,1	54	18,9	18,2	57	15,0	12,9	81	
11h	18,8	20,3	51	18,8	18,1	56	18,3	17,4	55	
13h	19,9	21,6	48	18,9	18,3	55	19,7	19,4	45	
15h	19,4	21,1	47	19,3	18,8	52	21,2	21,4	40	
17h	19,3	20,9	48	19,6	19,2	53	20,3	20,2	43	
19h	19,1	20,6	50	19,7	19,3	54	17,8	16,8	54	
21h	18,9	20,4	50	19,7	19,3	54	16,1	14,5	63	
23h	18,7	20,2	51	19,5	19	54	15,3	13,4	68	

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico

Sistema atmosférico atuante – Polar atlântica

De acordo com a proposta de Olgyay, as escolas Miele e Fantini estiveram dentro da faixa limite para o conforto térmico. Nessas escolas, a umidade relativa também esteve dentro do limite considerado adequado, em torno dos 50%.

No dia 07/06, das 10 escolas pesquisadas, seis apresentaram situações de desconforto para o frio (Anna Antônio, Formozinho, Omar Barreto, Sarrion, Fantini e Miele). Com exceção do Formozinho, nas demais unidades escolares citadas, as situações de

desconforto para o frio aconteceram durante o final da madrugada e manhã. Os valores desconfortáveis nessas unidades condizem com os valores de desconforto natural para o frio, apresentado na UNESP.

Quando comparados os valores intraescolas e a UNESP (Por exemplo: às 7h, a UNESP registrou 8,9°C de temperatura do ar e 89% de umidade relativa, valores extremamente desconfortáveis de acordo com a Carta Bioclimática), constatou-se que os materiais construtivos das edificações escolares serviram como um isolante térmico, pois as temperaturas ficaram entre 17°C e 18°C, com umidade em torno dos 50% e 60%.

Dentre as escolas acima mencionadas, a EE Formozinho Ribeiro apresentou o maior número de horas desconfortáveis para o frio. O desconforto teve início no dia anterior (06/06), às 21h (Tabela 12), e perdurou até as 11h, no dia 07/07 (Tabela 14).

Tabela 14 – Situações de desconforto térmico para o frio na EE Formozinho Ribeiro em comparação com a UNESP – 07/06/2010

07/06	EE FORMOZINHO			UNESP			
	THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		DIR. VEL. DO VENTO
	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	
1h	18,1	17,2	55	15,1	13,2	67	
3h	17,7	16,7	56	14,6	12,5	69	
5h	17,1	15,9	57	14,0	11,8	72	
7h	16,8	15,5	57	13,6	11,3	72	
9h	17,1	15,9	59	16,1	14,5	65	
11h	18,2	17,3	60	19,5	19	55	
13h	19,5	19	53	21,5	21,8	43	
15h	20,7	20,7	48	22,5	23,2	39	
17h	21,3	21,5	46	22,1	22,6	40	
19h	21,1	21,1	52	20,0	19,7	56	
21h	20,4	20,2	52	18,5	17,7	58	
23h	20,0	19,7	52	18,1	17,1	60	

■ Desconforto para o calor
 ■ Desconforto para o frio
 ■ Conforto térmico
 ■ Desconforto higrométrico
 Sistema atmosférico atuante – Polar atlântica

Entre os dias 06 e 07/06, as condições sinóticas foram as seguintes: céu com poucas nuvens, sem vento e temperatura baixa. Essas características decorreram da atuação de uma massa de ar polar que motivou situações naturais de desconforto para o frio, como pode ser comprovado nos valores de temperaturas efetivas encontrados na UNESP. Nesse período, os valores de umidade relativa intraescola variaram entre 40% e 60%.

Para os dias 06 e 07/06 a Carta Bioclimática aponta para as unidades escolares com desconforto para o frio, a necessidade de que a radiação solar atinja as paredes e o teto, para que seja maximizado o conforto térmico interno, no período da manhã.

Conclusivamente, no outono, em condições atmosféricas que propiciaram temperaturas do ar livre abaixo de 15°C, com valores de umidade relativa acima dos 80%, os materiais construtivos mostraram-se com baixa eficiência para a retenção de calor e geração de conforto térmico no interior das escolas.

Mas, na grande maioria dos dias pesquisados, as temperaturas externas estiveram entre os 15°C e 20°C e as edificações escolares serviram como abrigo para as temperaturas mais baixas, ao ar livre (UNESP), apresentando situações de conforto térmico em todas as escolas pesquisadas, como se observa nas tabelas 15 e 16.

Tabela 15 – Temperatura efetiva em todas as escolas em comparação com a Unesp no dia 25/05/2010 – Situações de conforto térmico

	Foz	Fantini	Miele	Placídio	Tannel	Ana Ant.	Formoz.	M ^a .Luiza	O. Barreto	Sarrion	Unesp
1h	22,5	21,9	20,8	22,9	20,8	22,1	21,3	22,0	21,7	21,1	19,2
3h	22,3	21,7	20,7	22,9	20,8	22,1	21,2	22,0	21,6	21,2	19,4
5h	22,2	21,6	20,7	22,9	20,7	22,1	21,1	21,9	21,5	21,1	19,4
7h	22,1	21,5	20,7	23,0	20,7	21,9	21,0	22,0	21,5	21,2	19,7
9h	22,3	21,6	20,9	23,1	21,4	22,0	21,5	21,9	21,7	21,8	20,0
11h	22,6	22,1	22,0	23,5	22	22,4	22,1	22,4	22,3	22,4	21,8
13h	22,6	22,2	21,3	23,3	22	22,0	22,0	22,6	22,4	22,3	21,1
15h	22,9	22,6	21,8	23,8	22,4	22,6	22,5	22,6	22,8	22,3	22,1
17h	23,0	23,1	21,8	24,0	22,2	22,9	22,7	22,8	23,0	22,2	21,8
19h	22,7	23,0	21,2	23,8	21,8	22,7	22,5	22,6	22,8	21,9	20,4
21h	22,5	22,9	21,1	23,5	21	22,7	22,0	22,4	22,5	21,9	19,5
23h	22,3	22,5	21,3	23,2	20,4	22,8	21,7	22,4	22,3	21,8	18,9

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico

Sistema atmosférico atuante – Cavado

Tabela 16 – Temperatura efetiva em todas as escolas em comparação com a Unesp no dia 05/06/2010 – Situações de conforto térmico

	Foz	Fantini	Miele	Placídio	Tannel	Ana Ant.	Formoz.	M ^a .Luiza	O. Barreto	Sarrion	Unesp
1h	22,8	22,6	21,6	22,9	21,5	23,1	21,9	22,0	22,7	22,0	19,8
3h	22,6	22,4	21,2	22,7	21,3	22,8	21,3	21,9	22,4	21,8	18,8
5h	22,3	22,0	20,9	22,6	21,1	22,5	20,8	21,8	22,3	21,5	18,4
7h	22,1	21,8	20,7	22,4	21	22,3	20,3	21,7	22,0	21,3	17,8
9h	21,9	21,4	20,3	22,2	20,8	21,9	20,1	21,5	21,8	21,1	17,5
11h	21,8	21,2	20,3	22,0	21,5	21,7	20,1	21,4	21,7	21,1	19,2
13h	22,3	21,2	21,1	22,6	21,6	21,8	20,3	21,4	21,9	21,5	20,6
15h	22,5	21,2	20,6	23,0	21,6	21,7	20,5	21,4	21,9	21,5	21,0
17h	22,7	21,2	20,1	23,0	21,5	21,8	20,5	21,3	21,8	21,4	20,3
19h	22,2	21,2	20,0	22,9	21,3	21,6	20,1	21,2	21,4	20,9	17,6
21h	22,0	21,0	19,6	22,7	21,2	21,3	19,7	21,0	21,0	20,5	16,2
23h	21,8	20,7	19,5	22,5	21	21,0	19,2	20,9	20,6	20,3	15,3

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico

Sistema atmosférico atuante – Passagem da Frente Fria

6.2 Caracterização da temperatura efetiva e a carta bioclimática nas escolas estaduais em comparação com a UNESP no período de 23 de novembro a 17 de dezembro de 2010, período representativo da primavera.

Com base nos dados registrados entre os dias 23 de novembro e 17 de dezembro, foram observadas situações de conforto e desconforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente, no final da primavera. As situações de desconforto para o calor foram mais frequentes, sendo que em 80% dos dias pesquisados, as temperaturas efetivas estiveram fora da zona de conforto térmico proposta por THOM e OLGAYAY.

Os dias em que as temperaturas efetivas se mostraram extremas com relação ao calor foram: 25/11, 26/11, 27/11, 28/11, 29/11, 03/12, 04/12, 05/12, 11/12 e 12/12. Todas as escolas pesquisadas apresentaram temperaturas efetivas fora da zona de conforto, isto é, ultrapassaram o limite de 25,6°C proposto por THOM.

Esses valores e as situações de desconforto térmico foram confirmados pela comparação com a Carta Bioclimática de Olgay que, para o período mais quente, prevê uma zona de conforto entre 23,9°C e 29,5°C, com uma variação higrométrica entre 20% e 80%.

Entre os dias 25/11 e 04/12, as escolas Omar Barreto e Arlindo Fantini apresentaram as temperaturas efetivas mais elevadas (Tabela 17). No dia 25/11, as temperaturas efetivas ficaram, respectivamente, em 3,4°C e 3,3°C, acima dos 25,6°C (limite para o conforto térmico). Os valores de umidade relativa intraescola foram de 49% a 58% e de 45% a 60%. Na UNESP, os valores variaram entre 50% (17h e 18h) e 80% (7h e 8h).

Quando os valores são comparados com a Carta Bioclimática, as situações de desconforto para o calor são confirmadas. Ambas as escolas (tabela 17) apresentaram temperaturas acima do valor máximo de 29,5°C, sendo Omar Barreto com 2,5°C, às 17h (32°C), e Fantini, 2,5°C, às 19h (32°C). A umidade relativa esteve em torno dos 50% nas duas escolas. Com base nessas condições térmicas e higrométricas a Carta Bioclimática de Olgay propõe a necessidade de ventilação para garantir a regulação do conforto térmico intraescolas, visto que a velocidade do vento observada era de apenas 1,0m/s, conforme mostra a tabela 17.

Tabela 17 – Situações de desconforto térmico para o calor nas EE(s) Omar Barreto e Arlindo Fantini em comparação com a UNESP – 25/11/2010

25/11	EE OMAR BARRETO			EE ARL. FANTINI			UNESP			
	THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		DIR. VEL. DO VENTO
	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	
1h	28,4	30,7	51	28,3	30,6	50	23,9	24,5	66	Sudoeste – 1,0m/s
3h	28,0	30,2	52	27,9	30	52	23,1	23,4	71	
5h	27,6	29,6	53	27,5	29,5	54	22,5	22,5	75	
7h	27,2	29,1	54	27,2	29	56	22,0	21,8	80	
9h	27,1	28,9	57	27,1	28,9	57	23,6	23,9	75	
11h	27,7	29,6	58	27,4	29,2	58	25,5	26,6	64	
13h	28,3	30,6	51	27,4	29,4	52	27,4	29,4	52	
15h	29,1	31,6	52	28,2	30,4	52	27,9	30	52	
17h	29,4	32	51	28,9	31,3	51	28,6	31	50	
19h	29,3	31,9	49	29,3	32	47	27,1	29	51	
21h	28,9	31,4	49	29,1	31,8	45	25,4	26,6	57	
23h	28,6	31	49	28,7	31,2	46	24,2	25	60	

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico

Sistema atmosférico atuante – Tropical continental

Entre os dias 25 e 26/11, predominaram as seguintes condições atmosféricas: sol com poucas nuvens, temperatura elevada e ventos fracos.

Durante o período de estudo, cabe salientar que, nos dias 11 e 12/12, as temperaturas efetivas apresentaram os valores mais elevados, em todas as escolas, inclusive na UNESP. Logo, em alguns momentos do dia, foram registradas situações naturais de desconforto térmico para o calor.

No dia 11/12 (Tabela 18 e 19), foram observadas situações de desconforto térmico natural, das 13h até as 23h. Da mesma forma, das 5h às 11h, as temperaturas efetivas permaneceram fora da zona de conforto e apresentaram-se desconfortáveis para calor, em comparação com a UNESP.

Tabela 18 – Situações de desconforto térmico para o calor nas EE(s) Formozinho e Anna Antônio em comparação com a UNESP – 11/12/2010

11/12	EE FORMOZINHO			EE ANNA ANTÔNIO			UNESP			
	THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		DIR. VEL. DO VENTO
	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	
1h	28,8	31,3	49	29,1	31,6	53	27,0	28,7	56	Nordeste – 3,6m/s
3h	28,3	30,6	50	28,7	31,1	53	26,4	28	54	
5h	27,9	30	52	28,4	30,6	53	25,1	26,1	61	
7h	27,3	29,2	53	27,9	30	54	24,5	25,4	63	
9h	27,4	29,3	55	27,9	29,9	55	23,8	24,4	66	
11h	28,3	30,4	59	28,4	30,6	56	25,2	26,3	62	
13h	29,3	31,7	57	29,2	31,6	56	28,5	30,6	59	
15h	30,2	33,1	51	30,1	32,9	52	30,1	32,9	51	
17h	31,0	34,2	49	30,6	33,7	48	31,6	35,2	43	
19h	30,8	34	48	30,2	33,1	51	31,3	34,8	41	
21h	30,1	33	50	30,1	32,9	53	28,1	30,2	54	
23h	29,8	32,5	51	29,7	32,4	53	26,8	28,3	62	

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico

Sistema atmosférico atuante – Tropical atlântica continentalizada

Tabela 19 – Situações de desconforto térmico para o calor nas EE(s) Fantini e Placídio em comparação com a UNESP – 11/12/2010

11/12	EE FANTINI			EE PLACÍDIO			UNESP			
	THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		DIR. VEL. DO VENTO
	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	
1h	29,6	32,2	56	27,8	29,9	54	27,0	28,7	56	Nordeste – 3,6m/s
3h	29,3	31,8	55	27,6	29,6	54	26,4	28	54	
5h	29,0	31,4	55	27,4	29,3	54	25,1	26,1	61	
7h	28,7	31	55	27,3	29,1	55	24,5	25,4	63	
9h	28,4	30,6	55	27,2	29	55	23,8	24,4	66	
11h	28,4	30,6	57	27,8	29,7	59	25,2	26,3	62	
13h	28,6	30,8	58	28,5	30,7	58	28,5	30,6	59	
15h	29,1	31,4	58	28,3	30,4	56	30,1	32,9	51	
17h	29,8	32,3	58	28,6	30,9	54	31,6	35,2	43	
19h	30,3	33,1	57	28,8	31,1	54	31,3	34,8	41	
21h	30,6	33,4	57	28,6	30,9	56	28,1	30,2	54	
23h	30,4	33,2	57	28,5	30,7	57	26,8	28,3	62	

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico

Sistema atmosférico atuante – Tropical atlântica continentalizada

A Carta Bioclimática confirmou as situações de desconforto térmico para o calor, nas unidades escolares e, também, demonstrou que, ao ar livre (UNESP), a situação era agravante, pois às 17h, a temperatura do ar era de 35,2°C, com 43% de umidade, caracterizando um “calor seco” e os valores muito próximos do limite suportável para um trabalho moderado.

Embora houvesse situações de desconforto para o calor, dentro das edificações, estas estavam servindo como abrigo para o calor proveniente do lado externo. Mas, mesmo assim, os valores internos encontravam-se elevados e havia a necessidade de ventilação intraescola, mesmo que a velocidade do vento, no período da manhã, tenha sido de 3,6m/s, no sentido nordeste.

No dia 12/12, a situação permaneceu. O desconforto natural teve início às 13h (12/12) e durou até 1h (13/12). Entre as 4h e 11h, com exceção da EE Hugo Miele, as escolas apresentaram desconforto térmico para o calor. Os maiores desconfortos foram evidenciados nas escolas Fantini, Omar Barreto, Foz e Anna Antônio (Tabela 18 e 19).

Destacam-se os valores apresentados na escola Arlindo Fantini, 35°C de temperatura do ar com 49% de umidade relativa. Esses valores, de acordo com a Carta Bioclimática, ultrapassaram o limite condizente para a realização de um trabalho moderado, demonstrando um ambiente extremamente desconfortável (quente e seco) e comprometedor para o organismo humano.

Nas demais escolas (José Foz, Omar Barreto e Anna Antônio), a situação foi similar; as condições de conforto térmico não foram boas e o ambiente mostrou-se extremamente desconfortável para o calor (Tabelas 20 e 21).

Tabela 20 – Situações de desconforto térmico para o calor nas EE(s) em comparação com a UNESP – 12/12/2010

12/12	EE FANTINI			EE JOSÉ FOZ			UNESP			
	THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		DIR. VEL. DO VENTO
	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	
1h	30,2	32,9	57	29,4	32	54	26,9	28,5	61	Nordeste – 1,6m/s
3h	29,9	32,5	57	29,3	31,8	55	25,9	27,1	66	
5h	29,6	32,1	58	29,2	31,6	56	25,1	25,9	74	
7h	29,2	31,6	58	28,9	31,2	57	25,0	25,7	76	
9h	29,0	31,3	59	28,9	31,2	58	23,8	24	87	
11h	29,4	31,7	62	29,4	31,8	57	25,6	26,5	76	
13h	29,6	32	61	29,9	32,6	54	28,9	31,1	62	
15h	30,0	32,7	57	30,3	33,2	51	30,0	32,9	48	
17h	31,0	34,1	52	30,4	33,4	49	31,4	35,1	39	
19h	31,6	35	49	30,5	33,5	49	31,2	34,6	43	
21h	31,5	34,7	53	30,2	33	52	30,5	33,7	43	
23h	31,3	34,5	54	30,1	32,9	52	29,0	31,5	51	

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico

Sistema atmosférico atuante – Tropical atlântica continentalizada

Tabela 21 – Situações de desconforto térmico para o calor nas EE(s) Omar Barreto e Anna Antônio em comparação com a UNESP – 12/12/2010

12/12	EE OMAR BARRETO			EE ANNA ANTÔNIO			UNESP			
	THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		DIR. VEL. DO VENTO
	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	
1h	30,0	32,8	53	29,3	31,8	55	26,9	28,5	61	Nordeste – 1,6m/s
3h	29,7	32,3	53	29,1	31,5	56	25,9	27,1	66	
5h	29,4	31,9	54	28,7	31	57	25,1	25,9	74	
7h	29,0	31,4	55	28,5	30,6	59	25,0	25,7	76	
9h	29,4	31,9	56	28,5	30,6	61	23,8	24	87	
11h	29,5	32	59	29,0	31,2	61	25,6	26,5	76	
13h	30,2	32,9	57	29,6	32,1	57	28,9	31,1	62	
15h	30,7	33,6	54	30,0	32,7	53	30,0	32,9	48	
17h	31,2	34,4	52	30,0	32,8	52	31,4	35,1	39	
19h	31,5	34,8	51	30,3	33,2	52	31,2	34,6	43	
21h	31,3	34,5	51	30,2	33	53	30,5	33,7	43	
23h	31,0	34,1	52	30,0	32,7	54	29,0	31,5	51	

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico

Sistema atmosférico atuante – Tropical atlântica continentalizada

Ainda nesses dias (11 e 12/12), as condições atmosféricas eram de aquecimento pré-frontal, pois no dia 13/12 uma frente fria avançou pelo Estado de São Paulo trazendo para o oeste paulista muita nebulosidade, calor intenso durante a noite e ocorrência de chuva. No amanhecer do dia 14/12, houve fortes pancadas de chuva, entre as 9h e 12h; no decorrer do dia, o céu ficou coberto por nuvens, com vento e temperatura em declínio.

Entre os dias 14 e 16/12, as temperaturas efetivas estiveram dentro da zona de conforto térmico e foram observadas situações de desconforto térmico para o frio na UNESP (Tabelas 22 e 23).

Tabela 22 – Situações de conforto térmico calor nas EE(s) Omar Barreto e Arlindo Fantini em comparação com a UNESP – 14/12/2010

14/12	EE OMAR BARRETO			EE ARLINDO FANTINI			UNESP			
	THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		DIR. VEL. DO VENTO
	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	
1h	25,5	27	53	25,6	26,8	53	18,5	17,3	84	Sudoeste – 0,7m/s
3h	25,1	26,7	53	25,4	26,3	53	18,5	17,3	82	
5h	24,7	26,2	53	25,0	25,8	53	18,1	16,8	84	
7h	24,3	25,9	53	24,8	25,2	54	17,8	16,4	83	
9h	24,0	25,5	53	24,5	24,8	56	17,6	16,2	84	
11h	23,9	25,4	54	24,4	24,6	58	18,0	16,7	84	
13h	23,7	25,1	55	24,2	24,4	60	18,7	17,6	83	
15h	23,9	25,4	55	24,4	24,6	60	19,6	18,8	81	
17h	24,4	25,6	56	24,6	25,2	61	20,9	20,6	71	
19h	24,3	25,4	56	24,4	25,2	60	21,0	20,7	73	
21h	23,8	25	61	24,2	24,4	66	20,7	20,3	75	
23h	23,8	24,6	60	23,9	24,4	65	19,2	18,1	92	

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico

Sistema atmosférico atuante – Frente estacionária

Tabela 23 – Situações de conforto térmico nas EE(s) Placídio e Formozinho em comparação com a UNESP – 14/12/2010

14/12	EE PLACÍDIO			EE FORMOZINHO			UNESP			
	THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		THOM	OLGYAY		DIR. VEL. DO VENTO
	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	TE	T°C	UR%	
1h	24,2	25,2	53	25,6	22,2	64	18,5	17,3	84	Sudoeste – 0,7m/s
3h	23,9	24,7	54	25,4	21,6	65	18,5	17,3	82	
5h	23,5	24,3	52	25,0	21	67	18,1	16,8	84	
7h	23,3	23,9	54	24,8	20,4	67	17,8	16,4	83	
9h	22,9	23,4	57	24,5	20,6	69	17,6	16,2	84	
11h	23,0	23,5	59	24,4	21	69	18,0	16,7	84	
13h	23,7	24,4	59	24,2	21,2	70	18,7	17,6	83	
15h	24,3	25,2	57	24,4	21,5	70	19,6	18,8	81	
17h	24,1	25	57	24,6	22	70	20,9	20,6	71	
19h	24,0	24,8	58	24,4	21,8	70	21,0	20,7	73	
21h	23,9	24,6	61	24,2	21,7	75	20,7	20,3	75	
23h	23,7	24,4	61	23,9	21,2	76	19,2	18,1	92	

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico

Sistema atmosférico atuante – Frente estacionária

Entre os dias 14 e 17/12, as temperaturas efetivas estiveram dentro da zona de conforto térmico e foram observadas situações naturais de desconforto para o frio, na UNESP.

A partir do dia 15/12, e até 19/12, houve a formação da Zona de Convergência de Umidade (ZCOU), que ocasionou céu coberto por nuvens, poucas aberturas de sol, vento de fraco a moderado, chuveiros e garoa. Em vários momentos do dia, a temperatura esteve baixa, em relação aos dias anteriores, como se observa nos valores apresentados pela UNESP.

Na primavera, os materiais construtivos das edificações escolares mostraram-se extremamente eficientes na faixa de temperatura entre 18°C e 22°C, com umidade relativa acima dos 80%, nas quais as edificações cumpriram com a sua função de abrigo, gerando, assim, situações de conforto térmico.

Mas, na grande maioria dos dias estudados, as temperaturas intraescolas estiveram acima de 28°C e as edificações escolares serviram como verdadeiras “bombas térmicas”, gerando várias horas de desconforto térmico, que se mantiveram por vários dias, continuamente, como se observa nas tabelas 23 e 24, que representam os dias 12/12 e 13/12, consecutivamente.

Nota-se nessas tabelas situações de conforto térmico apenas ao ar livre (Unesp), entre as 5h e as 11h, e nas demais edificações estudadas desconforto para o calor, com temperaturas efetivas acima dos 30°C, durante a tarde e no decorrer da noite (após o fechamento da escola).

Tabela 24 – Temperatura efetiva em todas as escolas em comparação com a Unesp no dia 12/12/2010 – Situações de desconforto térmico para o calor

	Foz	Fantini	Miele	Placídio	Ana Ant.	Formoz.	M ^a .Luiza	O. Barreto	Sarrion	Unesp
1h	28,8	29,6	26,5	27,8	29,1	28,8	27,1	29,3	28,4	27,0
3h	28,6	29,3	26,4	27,6	28,7	28,3	27,1	28,9	28,1	26,4
5h	28,4	29,0	26,2	27,4	28,4	27,9	26,9	28,5	27,9	25,1
7h	28,2	28,7	26,3	27,3	27,9	27,3	26,8	28,1	27,6	24,5
9h	28,3	28,4	26,6	27,2	27,9	27,4	26,7	28,3	27,6	23,8
11h	28,8	28,4	27,0	27,8	28,4	28,3	26,8	28,7	28,0	25,2
13h	29,4	28,6	27,0	28,5	29,2	29,3	27,0	29,5	28,3	28,5
15h	29,9	29,1	27,2	28,3	30,1	30,2	27,3	30,1	28,6	30,1
17h	30,3	29,8	26,6	28,6	30,6	31,0	27,6	30,7	29,0	31,6
19h	30,1	30,3	26,3	28,8	30,2	30,8	27,6	30,9	29,1	31,3
21h	29,7	30,6	26,0	28,6	30,1	30,1	27,6	30,7	28,8	28,1
23h	29,6	30,4	25,9	28,5	29,7	29,8	27,6	30,3	28,7	26,8

■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico

Sistema atmosférico atuante – Tropical atlântica tropicalizada

Tabela 25 – Temperatura efetiva em todas as escolas em comparação com a Unesp no dia 13/12/2010 – Situações de desconforto térmico para o calor

	Foz	Fantini	Miele	Placídio	Ana Ant.	Formoz.	M ^a .Luiza	O. Barreto	Sarrion	Unesp
1h	29,4	30,2	25,7	28,4	29,3	29,3	27,6	30,0	28,6	26,9
3h	29,3	29,9	25,6	28,2	29,1	29,0	27,6	29,7	28,5	25,9
5h	29,2	29,6	25,5	28,1	28,7	28,6	27,5	29,4	28,4	25,1
7h	28,9	29,2	24,7	27,9	28,5	28,1	27,5	29,0	28,2	25,0
9h	28,9	29,0	25,5	27,8	28,5	28,0	27,3	29,4	28,3	23,8
11h	29,4	29,4	26,3	28,1	29,0	28,7	27,4	29,5	28,6	25,6
13h	29,9	29,6	26,7	28,9	29,6	29,7	27,6	30,2	28,8	28,9
15h	30,3	30,0	27,5	28,7	30,0	30,5	27,7	30,7	29,0	30,0
17h	30,4	31,0	27,0	29,0	30,0	31,1	28,0	31,2	29,4	31,4
19h	30,5	31,6	26,7	29,3	30,3	31,4	28,1	31,5	30,3	31,2
21h	30,2	31,5	26,6	29,3	30,2	31,0	28,1	31,3	29,6	30,5
23h	30,1	31,3	26,4	29,3	30,0	30,6	28,2	31,0	29,5	29,0





■ Desconforto para o calor ■ Desconforto para o frio ■ Conforto térmico ■ Desconforto higrométrico

Sistema atmosférico atuante – Tropical atlântica tropicalizada

Os sistemas atmosféricos atuantes foram, também, relevantes para a definição das condições de conforto térmico, conforme o quadro 2. No outono, a massa de ar polar, depois de uma frente fria, provocou diminuição na temperatura do ar o que acarretou situações de desconforto térmico para o frio, no interior das edificações escolares. No decorrer dos dias com o enfraquecimento do ar polar e sua tropicalização houve elevação das temperaturas externas o que proporcionou condições de conforto térmico. E ainda, na formação de cavados, com nebulosidade e processo de evaporação mais intenso houve condições de conforto térmico.

Na primavera, durante a atuação do anticiclone tropical atlântico (tropicalizado) e do aquecimento pré-frontal (Quadro 2) houve elevação da temperatura externa (ar livre) e por consequência, desconforto térmico para o calor nas edificações. Em contrapartida, durante a passagem da frente fria e da formação de zonas de convergência, que provocaram aumento na nebulosidade e precipitação, houve declínio nas temperaturas externas e situações de conforto térmico no interior das escolas.

Quadro 2: Síntese dos sistemas atmosféricos atuantes e as condições de conforto térmico observadas, no outono e na primavera de 2010

Sistema atmosférico	Situação do conforto térmico	Estação do ano
Polar Atlântica	 Desconforto para o frio	Outono
Polar Atlântica (tropicalizada), aquecimento pré-frontal e atuação dos cavados (nebulosidade)	 Conforto térmico	Outono
Tropical atlântica tropicalizada e aquecimento pré-frontal	 Desconforto para o calor	Primavera
Frentes frias; Zonas de convergência de umidade (nebulosidade e precipitação)	 Conforto térmico	Primavera

Para concluir, os quadros 3 e 4 oferecem uma síntese das situações de conforto e desconforto térmico (frio ou calor) observadas nas escolas estaduais em cada período do dia (manhã, tarde e noite), nos dois períodos estudados (outono e primavera).

Através dessa síntese, é possível observar o padrão predominante de conforto térmico apresentado em cada unidade escolar em comparação com a UNESP. Nesta, no final da tarde e início da noite ocorreram, em alguns dias, situações de desconforto para o frio (outono) e desconforto para o calor (primavera).

Quadro 3 - Síntese das situações de conforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente/SP, no outono de 2010

	M ^a Luiza	Formozinho	Sarrion	Placídio	José Foz	Tannel	Ana Ant.	H. Mielle	Fantini	O. Barreto	Unesp
MANHÃ											
TARDE											
NOITE											
LEGENDA			Desconforto para o calor	Desconforto para o frio			Conforto térmico				

Quadro 4 - Síntese das situações de conforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente/SP, na primavera de 2010

	M ^a Luiza	Formozinho	Sarrion	Placídio	José Foz	Tannel	Ana Ant.	H. Mielle	Fantini	O. Barreto	Unesp
MANHÃ											
TARDE											
NOITE											
LEGENDA			Desconforto para o calor	Desconforto para o frio			Conforto térmico				

7 O CONFORTO TÉRMICO NA EE PLACÍDIO BRAGA NOGUEIRA, AS SENSAÇÕES DE CONFORTO E A PRÁTICA EDUCACIONAL/PEDAGÓGICA NA GEOGRAFIA

A EE Prof. Plácido Braga Nogueira está localizada no Parque Alvorada, bairro da zona leste de Presidente Prudente, tendo sido construída há mais de 20 anos. A escola atende, também, alunos de outros bairros do seu entorno (Jardim Cambuci, Jardim Santa Mônica, Jardim Itapura) e à zona rural próxima da cidade. A zona leste da cidade, conforme aponta Camargo (2007), apresenta de 3 a 4 atributos que prejudicam a qualidade ambiental, dentre eles, o desconforto térmico para o calor, a densidade de edificações e a exclusão social, talvez o mais grave de todos os atributos para a localidade da escola.

Nesse sentido, é uma escola típica de periferia, com uma clientela que apresenta uma identidade muito forte com o local, pois grande parte dos alunos de hoje são filhos de ex-alunos da própria escola.

Atualmente, a unidade escolar atende, aproximadamente, 660 alunos, distribuídos no Ensino Fundamental II e Ensino Médio, nos períodos da manhã e tarde.

Participaram da pesquisa funcionários, professores e alunos da 8ª série/9ºano do ensino fundamental II e do 3ºano do ensino fundamental I (hoje, pertencentes à Rede Municipal de Ensino). Os alunos da 8ª série/9ºano apresentavam uma faixa etária, em média, de 14 anos, caracterizando o período da adolescência. A adolescência é um período da vida dos seres humanos marcado pelo desenvolvimento corporal (físico), cognitivo e de muitas mudanças hormonais. Nessa etapa, acentuam-se as diferenças entre os sexos e as transformações corporais e hormonais.

Os alunos do 3ºano apresentavam uma faixa etária entre os 7 e 8 anos, ainda na infância, em cuja fase se dá o desenvolvimento psicológico, com o amadurecimento social, emocional e mental da criança. Nessa etapa da vida, meninos e meninas apresentam desenvolvimento físico, corporal e intelectual muito parecido.

Durante a pesquisa, os alunos utilizaram o uniforme escolar, que é composto por camiseta branca de algodão, com o logotipo da escola e calça comprida do tipo jeans. No período mais quente do ano, é permitida uma variação, a bermuda e/ou saia de comprimento até o joelho. Com relação aos calçados a utilização é mais variada, podendo ser: sapatos, sapatênis, sapatilhas, tênis, sandálias, rasteirinhas, chinelos, papetes. O diferencial no uniforme é observado, durante o período do frio, em que são utilizados agasalhos de moletoms, poliéster, lã (cachecóis, toucas e luvas), sobre a camiseta branca do uniforme.

Durante o período de temperaturas mais elevadas (primavera e verão) a vestimenta utilizada pelos alunos apresenta uma resistência térmica de 0,5 clo e no período mais frio. Durante o período de temperaturas mais elevadas (primavera e verão) a vestimenta utilizada

pelos alunos apresenta uma resistência térmica de 0,5 clo e no período mais frio (outono e inverno) uma variação entre 1,0 e 4,0 clo (em alguns dias de temperatura mais baixa e durante o período da manhã), sendo o habitual, 1,0 clo.

Ainda com relação à vestimenta dos alunos, cabe acrescentar, e salientar que, durante o período mais frio, é comum os alunos apresentarem-se à escola sem agasalhos apropriados e vestindo somente um tipo de agasalho na parte de cima do corpo (camisetas de mangas compridas ou moletoms finos) e na parte inferior do corpo, shorts e chinelos (é comum o uso do chinelo de dedo com meias).

As demais pessoas que participaram da pesquisa foram professores e funcionários, com uma faixa etária dos 30 aos 40 anos de idade. No geral, as diferenças entre os adultos estão relacionadas ao sexo e peso.

Referente ao sexo, as diferenças estão relacionadas aos hormônios. A partir dos 40 anos, as mulheres começam a passar por mudanças hormonais importantes decorrentes do início da menopausa, que afetam a sua percepção sobre o conforto térmico do ambiente. Quanto ao peso, pelo menos três participantes adultos estavam acima do peso adequado para sua estatura física. O peso também interfere com relação à percepção do ambiente, pois a gordura intracorporal serve como um isolante térmico, e em condições de temperatura elevada, a pessoa transpira muito e sente-se mal.

Com relação à vestimenta entre os adultos, a classificação é mais subjetiva, pois não há um uniforme como para os alunos. Assim, cada um se veste a partir de suas preferências pessoais, dentro de um padrão aceitável para o trabalho em uma escola. Mas, a classificação é similar aos alunos, sendo: uma resistência térmica de 0,5 clo, na primavera e verão, e no período mais frio (outono e inverno), uma variação entre 1,0 e 4,0 clo.

Um fator importante para a condição térmica do ambiente, que deve ser ressaltado, é o próprio calor proveniente do corpo humano. Em uma sala de aula estão presentes em média 35 pessoas, entre alunos e professor e as atividades desenvolvidas contribuem em média 62 watts de energia para o ambiente. Somado ao calor dos corpos está à iluminação.

Por exemplo: Em uma sala de aula com um número considerado de pessoas, pouca ventilação, iluminação ligada e a porta fechada, ao adentrar o recinto, é possível sentir o calor confinado em seu interior, demonstrando a eficiência térmica dos corpos e da iluminação, e ainda, a ineficiência da ventilação. Este exemplo é comum de ser observado e sentido nas escolas, o que inclui a E.E.Placídio Braga Nogueira.

7.1 Caracterizações das sensações de conforto sentidas pelos alunos na EE Prof. Placídio Braga Nogueira, no período de 07 a 11 de junho de 2010.

A pesquisa foi realizada pela manhã, entre as 8h e 12h, e no período da tarde, entre as 13h e 17h (em alguns dias até as 18h). Durante a manhã, os questionários foram respondidos por alunos da 8ª Série/9º Ano do Ensino Fundamental II, com idade entre 13 e 14 anos e cinco adultos com idade entre 25 e 45 anos. Responderam aos questionários exatamente 20 meninos e 20 meninas (todos alunos), três mulheres e dois homens, entre os adultos.

A pesquisa de sensações térmicas aliadas às cores demonstrou uma tendência dos meninos em associar a temperatura às seguintes cores: amarelo (amena) e laranja (quente), embora as tonalidades de verde (fria) e azul (muito fria) tenham aparecido, em alguns momentos (Figura 76). Quanto às meninas, predominaram os tons de verde (fria) e amarelo (amena), porém, os tons de azul (muito fria) e, raramente, de laranja (quente) (Figura 77) foram observados.



Figura 76 – Sensações térmicas sentidas por meninos no outono - manhã.
Fonte: Pesquisa de campo

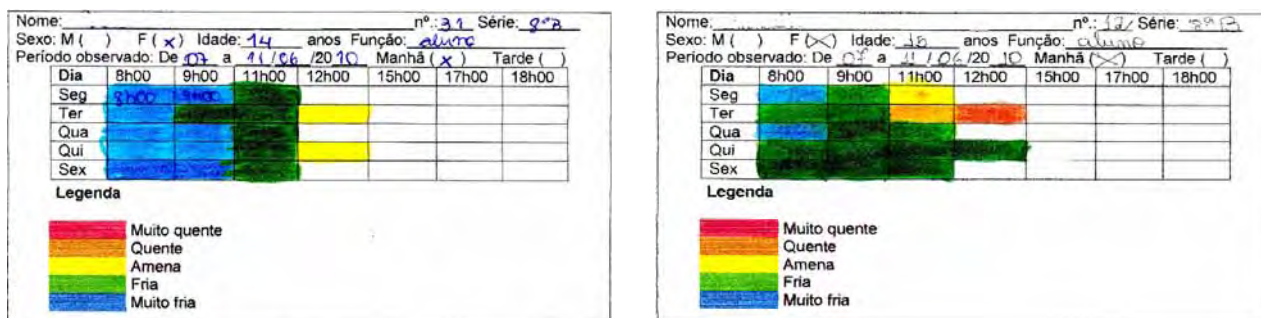


Figura 77 – Sensações térmicas sentidas por meninas no outono - manhã.
Fonte: Pesquisa de campo

Tanto nos meninos, quanto nas meninas, as cores azul, verde e amarelo foram relacionadas entre 8h e 9h. A partir das 11h, há um predomínio do amarelo (meninas) e laranja (meninos). Os alunos assinalaram as cores através das sensações térmicas proporcionadas pelo aquecimento diurno natural.

Os adultos apresentaram as seguintes características: entre as mulheres, cada uma apresentou sensações térmicas únicas, apesar de duas apresentarem a mesma função - coordenação pedagógica - e a mesma faixa etária. Uma apresentou predomínio dos tons de azul (muito fria) e verde (fria), isso na primeira etapa do questionário. Pois na segunda etapa, alegou estar com mal estar em decorrência da hipertensão e cólicas menstruais. A outra apresentou uma generalização para o tom amarelo (ameno), justificando sua escolha ao relatar que gosta do período frio e por isso, considerou que a temperatura estava sempre agradável (Figura 78). Com a terceira mulher, predominaram as tonalidades de verde (fria) entre as 8h e 9h, e amarelo e laranja entre as 11h e 12h.

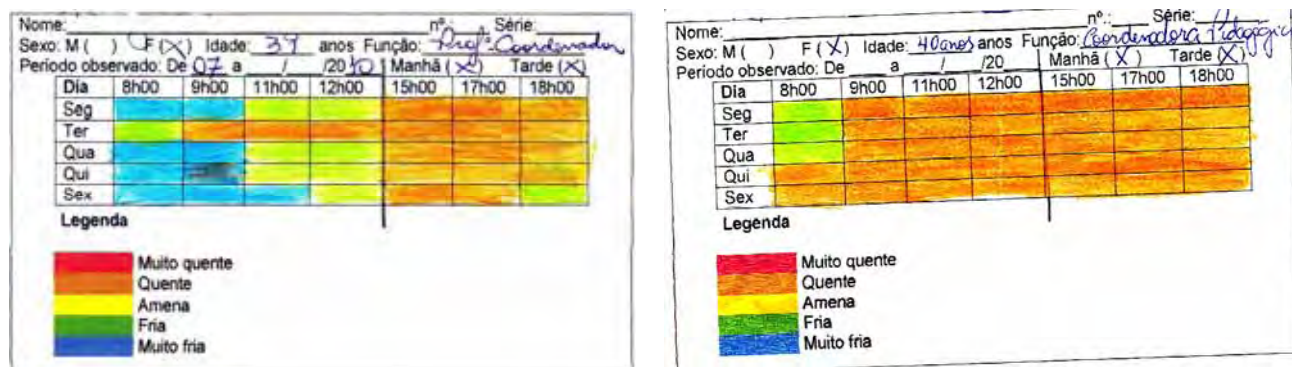


Figura 78 – Sensações térmicas sentidas por mulheres no outono - manhã.
Fonte: Pesquisa de campo

Os homens também tiveram sensações diversas. No primeiro, predominou o tom de verde (fria) e no segundo, as cores verde (fria) entre as 8h e 9h, amarelo (amena) e laranja (quente) até as 12h (Figura 79). Eles desenvolvem funções distintas na escola, o primeiro é professor e o segundo inspetor de alunos.

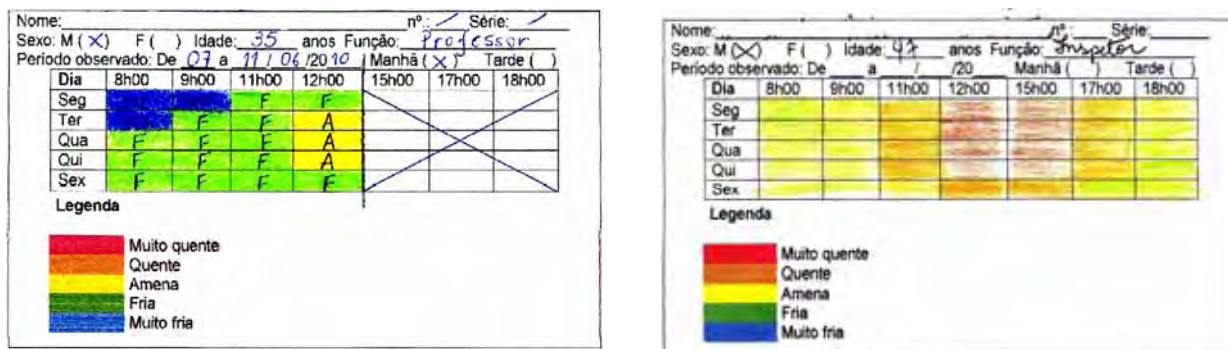


Figura 79 – Sensações térmicas sentidas por homens no outono - manhã
Fonte: Pesquisa de campo

No período da tarde, os questionários foram respondidos por crianças da 3ª Série do Ensino Fundamental, Ciclo I, com idade entre sete e oito anos, nos horários de 13h, 15h e 17h. Responderam aos questionários 14 meninas, 11 meninos e 5 adultos.

Entre os meninos, houve uma generalização das tonalidades amarelo (amena) e laranja (quente). Com algumas exceções: verde (fria), às 13h, e vermelho (muito quente), às 17h (Figura 80). Com as meninas, o padrão foi parecido, mas a cor verde (fria) às 13h apareceu repetidamente por mais dias (Figura 81).

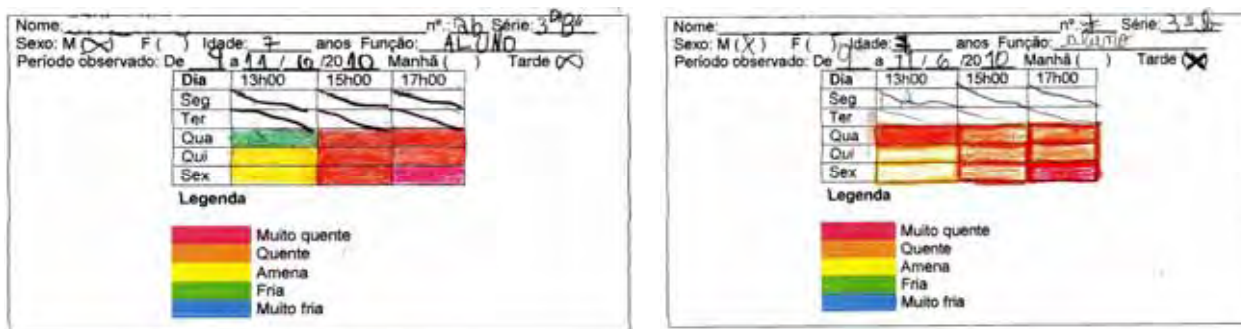


Figura 80: Sensações térmicas sentidas por meninos no outono – tarde

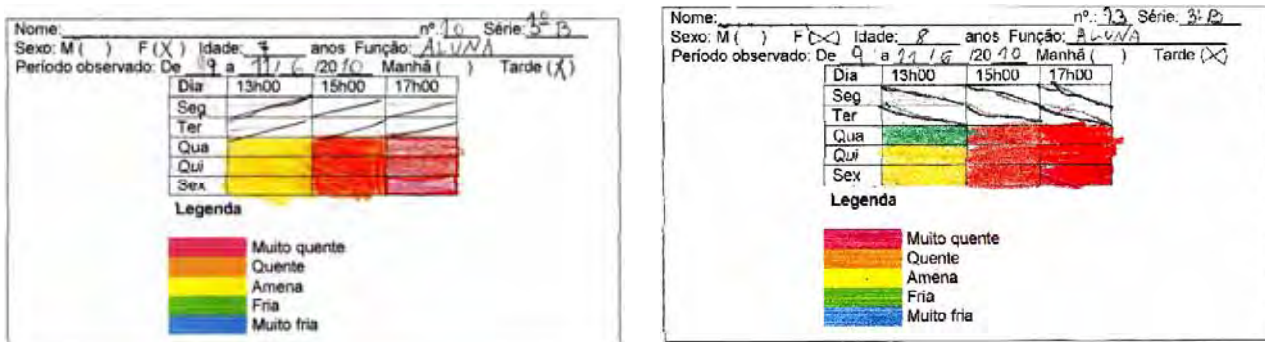


Figura 81: Sensações térmicas sentidas por meninas no outono - tarde

Entre os adultos, houve um predomínio do amarelo (amena), como nas figuras 77 e 78 do período da manhã. Ao final do dia, os participantes da pesquisa preencheram uma tabela sobre sua saúde, sensação climática, sensação biológica, de conforto, e se a temperatura afetou seu comportamento e desempenho, durante as atividades desenvolvidas no ambiente escolar.

No período da manhã, foram respondidos 43 questionários. O primeiro elemento analisado foi saúde, em que 80% dos participantes não apresentou nenhum problema de saúde e 20% alegou alguns sintomas, tais como dor de cabeça, cólica menstrual, pressão alta, gripe, resfriado e dor de garganta.

Normalmente, nesses momentos de saúde fragilizada, o(a) entrevistado(a) também assinalou diminuição no rendimento (Tabela 26).

Com relação à sensação de conforto, 54% alegou estar cômodo; 70% bem-estar, referente à sensação biológica; e, 45%, que a sensação climática era fresca (Tabela 26).






O melhor dia, no período da manhã, foi a terça-feira (08/06) e os participantes apontaram como sensações: climática – fresco; conforto – cômodo; e biológica – bem-estar, de acordo com a tabela 26. Nesse dia, havia a atuação de massa de ar polar enfraquecida, que proporcionou céu limpo, vento fraco e temperatura em elevação.

As piores sensações foram observadas em dias distintos, como pode ser observado na tabela 26. As sensações climáticas de frio e muito frio apareceram na sexta-feira (11/06), sob o predomínio de um sistema de baixa pressão (cavado) enfraquecido, que provocou nevoeiro no início da manhã, temperatura baixa, vento e céu nublado, até as 12h00.

A sensação de conforto incômoda predominou no dia 07/06 (segunda-feira) juntamente com a sensação biológica de calafrios, decorrente da atuação da massa de ar polar que provocou céu com poucas nuvens, desde o início da manhã, vento moderado e temperatura baixa (Tabela 26).

Em todos os dias pesquisados, conforme a tabela 26, alguns participantes apontaram que havia diminuição no desempenho e que a temperatura intraescola estava atrapalhando o andamento da aula.

Tabela 26 - Respostas dos questionários aplicados aos alunos, professores e funcionários na EE Plácido Braga Nogueira no período de 07 a 11 de junho de 2010, associada ao sistema atmosférico atuante.

Outono/Manhã		Segunda (07/06)	Terça (08/06)	Quarta (09/06)	Quinta (10/06)	Sexta (11/06)	%
Problemas de Saúde	Sim	10	09	11	12	11	20
	Não	33	34	32	31	32	80
Sensação Climática	Calor	01	05	05	04	01	6
	Muito calor	00	00	00	00	00	0
	Frio	12	15	14	15	16	31
	Muito frio	08	01	02	01	07	10
	Abafado	00	00	01	01	00	1
	Fresco	18	29	17	20	16	45
	Conforto	04	04	04	02	03	7
Sensação de Conforto	Incômodo	19	16	13	15	15	34
	Ligeiramente incômodo	01	02	06	03	03	11
	Cômodo	23	25	24	25	22	54
	Muito incômodo					03	1
Sensação Biológica	Sonolência	06	06	07	07	05	13
	Falta de ar	00	01	01	00	01	1
	Tontura	00	01	00	00	01	1
	Irritação	03	03	04	07	05	11
	Bem-estar	24	32	31	29	31	70
	Calafrios	10	00	00	00	00	4
Há diminuição do desempenho?	Sim	16	09	09	09	11	24
	Não	27	34	34	34	32	76
Os ventiladores estão adequados?	Sim	29	29	29	29	29	67
	Não	-	-	-	-	- ⁴³	
A temperatura atrapalha a aula?	Sim	15	07	07	07	10	22
	Não	28	36	36	36	33	78
Sistema atmosférico atuante		MPA	MPA	Cavado	Cavado	Cavado	
Situação predominante		 Frio	 Frio	 Conforto	 Conforto	 Conforto	






No período vespertino, foram respondidos 31 questionários com os seguintes resultados, conforme a tabela 12: 90% dos alunos e funcionários não estavam com nenhum problema de saúde e 10% apresentaram problemas como: dor de cabeça, gripe, sinusite e rinite. Cabe salientar que os problemas de saúde foram observados entre os funcionários e professores, os alunos mostraram-se saudáveis (Tabela 27).

Com relação à sensação climática, 31% das pessoas responderam que a sensação era de frio e 35%, fresco; 90% julgaram que a sensação de conforto era cômoda e por fim

⁴³ Os valores de velocidade do vento foram obtidos da Estação Meteorológica localizada no campus da UNESP/FCT no horário de 9h.

associaram a sensação biológica ao bem-estar, correspondendo a 80% dos entrevistados. Praticamente 93% dos entrevistados responderam que, nesse período, a temperatura não estava atrapalhando o comportamento e o rendimento nas suas funções (Tabela 27). Conforme as sensações de conforto, a sexta-feira (11/06) foi sentida como o pior dia, referente ao período da manhã. Os melhores dias, no período da tarde, foram a quarta-feira (09/06) e a quinta-feira (10/06), com a sensação climática, fresco; de conforto, cômoda e, a biológica, bem-estar. (Tabela 27)

Tabela 27 - Respostas dos questionários aplicadas a alunos, professores e funcionários na EE Placídio Braga Nogueira no período de 07 a 11 de junho de 2010, associada ao sistema atmosférico atuante.

Outono/Tarde		Segunda (07/06)	Terça (08/06)	Quarta (09/06)	Quinta (10/06)	Sexta (11/06)	%
Problemas de Saúde	Sim	03	02	02	02	03	10
	Não	02	03	29	29	28	90
Sensação Climática	Calor	00	00	09	09	09	29
	Muito calor	00	00	01	01	01	2
	Frio	01	01	10	10	10	32
	Muito frio	00	00	00	00	00	0
	Abafado	00	00	00	00	00	0
	Fresco	04	04	11	11	09	35
	Conforto	00	00	00	00	01	2
Sensação de Conforto	Incômodo	00	00	00	00	00	0
	Ligeiramente incômodo	01	01	03	03	03	10
	Cômodo	04	04	28	28	28	90
	Muito incômodo	00	00	00	00	00	0
Sensação Biológica	Sonolência	01	01	03	03	04	13
	Falta de ar	00	00	00	00	00	0
	Tontura	00	00	00	00	00	0
	Irritação	00	00	02	02	03	7
	Bem-estar	04	04	26	26	24	80
	Calafrios	00	00	00	00	00	0
Há diminuição do desempenho ?	Sim	02	02	00	00	01	7
	Não	03	03	29	29	30	93
Os ventiladores estão adequados?	Sim	05	05	29	29	29	93
	Não	00	00	02	02	02	7
A temperatura atrapalha a aula?	Sim	01	00	00	00	01	3
	Não	04	05	31	31	30	97
Sistema atmosférico atuante		MPA	MPA	Cavado	Cavado	Cavado	
Situação predominante		 Conforto	 Conforto	 Conforto	 Conforto	 Conforto	

Cabe dizer que, entre os dias 09 e 10/06, houve o enfraquecimento do ar polar e a predominância de um sistema de baixa pressão, provocando céu coberto por nuvens, sem chuva, com poucas aberturas de sol, calmaria e temperatura baixa.

7.2 Caracterizações das sensações de conforto sentidas pelos alunos na EE Placídio Braga Nogueira, no período de 24 a 30 de novembro de 2010.

Durante a primavera, a pesquisa foi realizada no período matutino, entre as 8h e 12h e, vespertino, entre as 13h e 17h. Pela manhã, os questionários foram respondidos por alunos da 8ª Série/9º Ano do Ensino Fundamental, Ciclo II, com idade entre 13 e 14 anos. Foram respondidos 20 questionários, dos quais 12 meninas e 8 meninos.

Entre os meninos, os tons de amarelo (amena), laranja (quente) e vermelho (muito quente) predominaram, embora a cor verde (fria) tenha sido marcada nos primeiros horários da pesquisa (8h e 9h). (Figura 82)

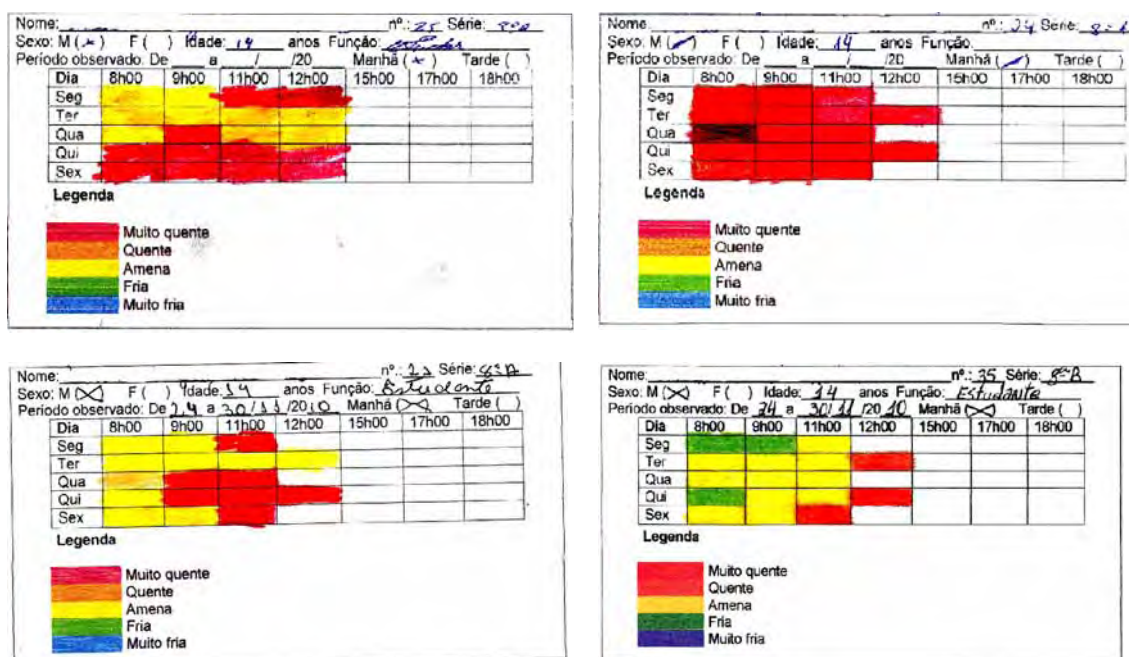


Figura 82: Sensações térmicas sentidas por meninos durante a manhã - primavera
Fonte: Pesquisa de campo

Em referência às meninas, houve uma tendência no assinalamento dos tons de laranja (quente) e vermelho (muito quente), sendo observados desde o primeiro horário da pesquisa (Figura 83). Esse comportamento, de estabelecer a opção muito quente nos primeiros horários, condiz com os resultados encontrados de temperaturas efetivas na EE Placídio Braga Nogueira, que apontam para um maior aquecimento no interior escolar, nas primeiras horas do dia.

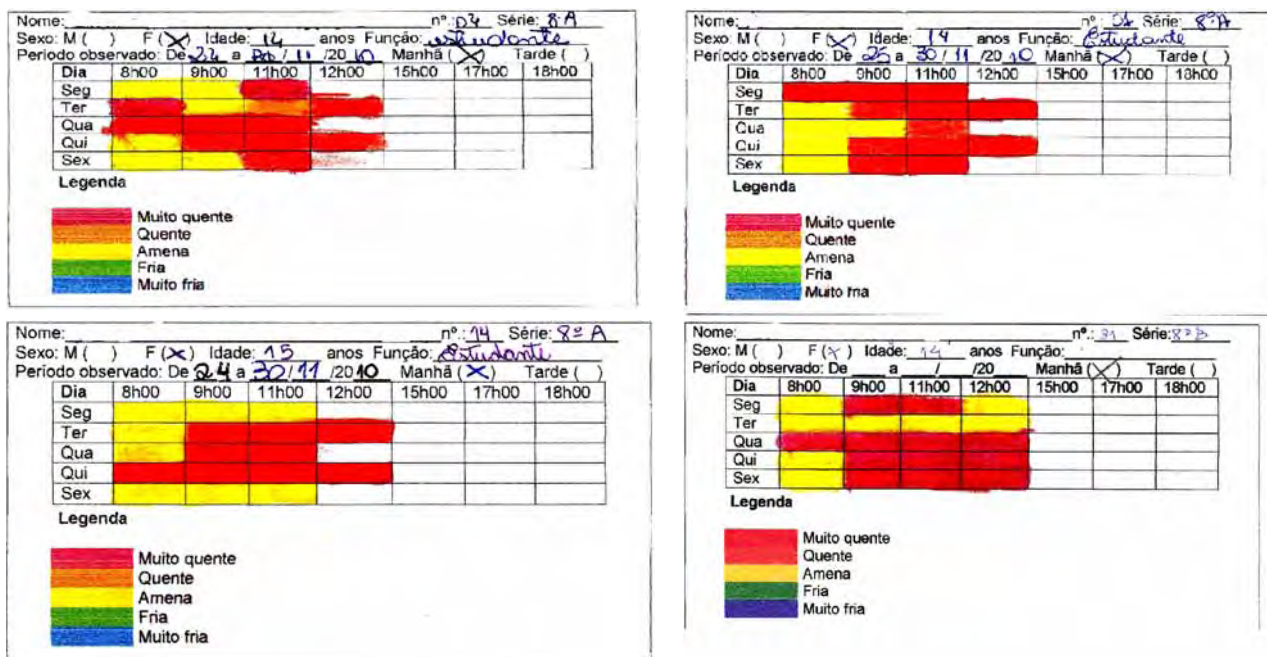


Figura 83- Sensações térmicas sentidas por meninas durante a manhã - primavera
Fonte: Pesquisa de campo

No decorrer do dia, foram respondidos três questionários, por professores, sendo dois homens e uma mulher. As respostas foram variadas conforme a figura 84.

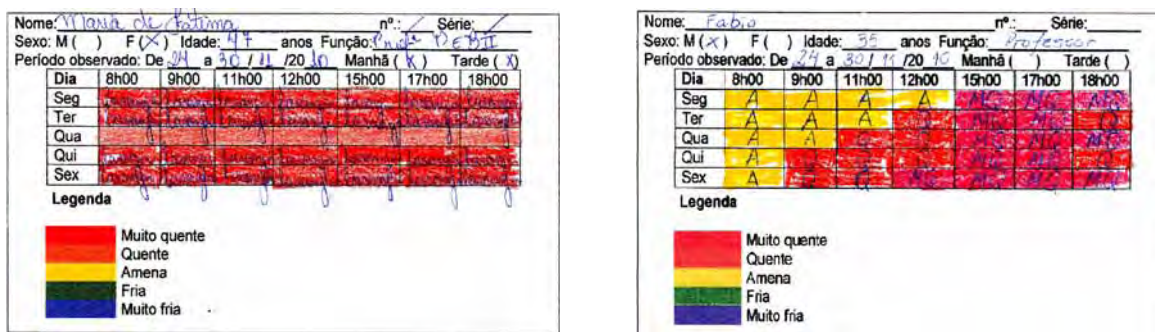


Figura 84 – Sensações térmicas sentidas por professores (a) durante a manhã - primavera
Fonte: Pesquisa de campo

No período vespertino, os questionários foram respondidos por crianças da 3ª Série do Ensino Fundamental I, com idade entre sete e oito anos, nos horários de 13h, 15h e 17h. Responderam aos questionários 11 meninas, 10 meninos e 04 adultos, perfazendo um total de 25.

Os questionários revelaram que, tanto na primeira parte (cores) como na segunda (sensações), houve uma homogeneidade dos resultados encontrados, no período da tarde. Assim, tanto os meninos como as meninas apresentaram respostas similares, com uma ligeira tendência dos meninos pintarem a cor vermelha (muito quente), e as meninas, o laranja (quente) (Figura 85).

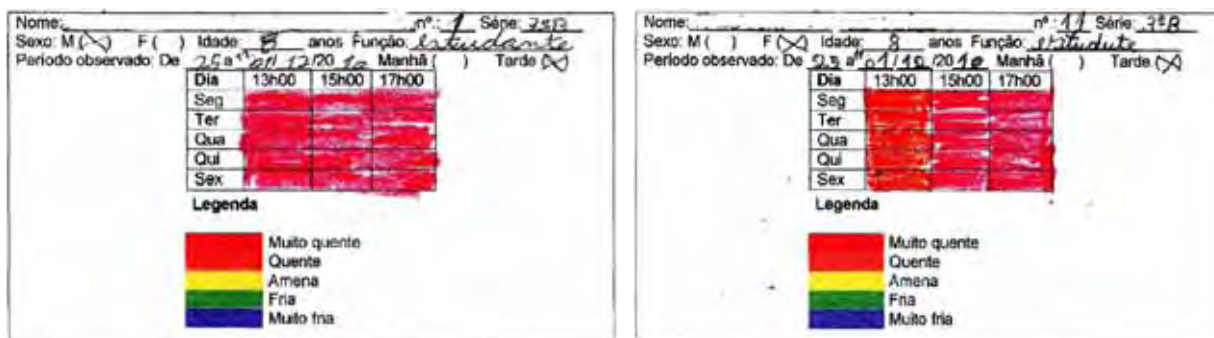


Figura 85 - Sensações térmicas sentidas por meninos e meninas durante a tarde - primavera
Fonte: Pesquisa de campo

No período da manhã, a segunda parte do questionário (sensações) foi respondida por 23 pessoas e apresentou os seguintes dados: 100% dos entrevistados declararam não apresentar problemas de saúde, ao contrário do que ocorreu no outono com a presença, principalmente, de doenças respiratórias (Tabela 28).






Com relação à sensação climática, 44% dos pesquisados declararam calor, associando a sensação de conforto como incômoda (63%). Referente à sensação biológica os entrevistados apontaram: sonolência (32%), 24% de irritação e 3% de falta de ar, embora 32% dos questionários tenham assinalado bem-estar (Tabela 28).

Na quarta-feira (24/11), foram observadas as piores condições referentes ao conforto térmico, sendo que a maioria dos participantes apontou: sensação climática – calor; sensação de conforto – incômodo; e sensação biológica – sonolência. Nesse dia, havia a atuação de um sistema de baixa pressão, seguido da massa de ar Tropical Continental, que proporcionou sol com poucas nuvens e temperatura elevada, principalmente no oeste paulista. (Tabela 28)

As melhores condições de conforto foram observadas na terça-feira (30/11) e os participantes apontaram como sensação climática – fresco; sensação de conforto – cômodo; e sensação biológica – bem-estar. As condições de tempo atmosférico eram as seguintes: havia a atuação conjunta da ZCOU e um sistema de baixa pressão (cavado) que acarretaram céu com nebulosidade variável, entre aberturas de sol, vento de fraco a moderado, temperatura e umidade elevada. (Tabela 28)

No período da tarde, foram respondidos 24 questionários referentes a sensações (segunda parte dos questionários) e 100% dos participantes não apresentaram problemas de saúde, de acordo com tabela 28. Os demais dados também foram similares entre os entrevistados. Ou seja, 40% responderam que a sensação climática era de muito calor e abafado, associada a uma sensação de incômodo e muito incômodo (49%), sensações biológicas de sonolência (45%) e irritação (49%).






Tabela 28 - Respostas dos questionários aplicadas a alunos, professores e funcionários na EE Placídio Braga Nogueira no período de 24 a 30 de novembro de 2010, associada ao sistema atmosférico atuante.

Primavera/Manhã		Segunda (29/11)	Terça (30/11)	Quarta (24/11)	Quinta (25/11)	Sexta (26/11)	%
Problemas de Saúde	Sim	00	00	00	00	00	0
	Não	23	23	23	23	23	100
Sensação Climática	Calor	10	09	10	08	09	44
	Muito calor	02	01	03	06	06	13
	Frio	01	01	01	01	01	1
	Muito frio	00	00	00	00	00	0
	Abafado	03	03	08	03	03	13
	Fresco	05	10	00	06	05	28
	Conforto	01	00	01	00	00	1
Sensação de Conforto	Incômodo	11	11	15	12	12	63
	Ligeiramente incômodo	01	00	01	02	01	4
	Cômodo	12	12	08	10	10	32
	Muito incômodo	00	01	00	00	01	1
Sensação Biológica	Sonolência	08	06	09	10	07	32
	Falta de ar	01	00	01	00	01	3
	Tontura	00	00	00	00	00	0
	Irritação	02	06	06	06	05	24
	Bem-estar	12	11	08	08	10	41
	Calafrios	00	00	00	00	00	0
Há diminuição do desempenho?	Sim	03	02	06	03	02	10
	Não	20	21	17	20	21	90
Os ventiladores estão adequados?	Sim	13	15	15	14	17	70
	Não	10	08	08	09	06	30
A temperatura atrapalha a aula?	Sim	08	07	12	10	08	30
	Não	15	16	11	13	15	70
Sistema atmosférico atuante		ZCOU	ZCOU+ Cavado	Cavado	MTC	MTC	
Situação predominante		 Conforto	 Conforto	 Conforto	 Calor	 Conforto	

Ao observar a tabela 29, nota-se que a quinta-feira (25/11) foi o pior dia em relação ao conforto térmico sentido pelos participantes, sendo apontadas as seguintes sensações: climática – muito calor; conforto – ligeiramente incômodo; biológica – irritação, seguida de sonolência. Cabe ressaltar que os alunos apontaram que as condições do ambiente estavam diminuindo o seu desempenho e que a temperatura estava atrapalhando a aula. Nesse dia, havia a atuação de uma massa de ar Tropical Continental.

No período da tarde, não houve um dia adequado do ponto de vista do conforto térmico e nenhum dos participantes apontou que havia sensação de conforto, comodidade e bem-estar, conforme se observa na tabela 29.

Tabela 29 - Respostas dos questionários aplicadas a alunos e professores na EE Plácido Braga Nogueira no período de 24 a 30 de novembro de 2010, associada ao sistema atmosférico atuante.

Primavera/Tarde		Segunda (29/11)	Terça (30/11)	Quarta (24/11)	Quinta (25/11)	Sexta (26/11)	%
Problemas de Saúde	Sim	00	00	00	00	00	0
	Não	24	24	24	24	24	100
Sensação Climática	Calor	01	02	01	02	03	20
	Muito calor	05	01	02	15	17	40
	Frio	00	00	00	00	00	0
	Muito frio	00	00	00	00	00	0
	Abafado	16	16	16	05	04	39
	Fresco	00	00	00	02	00	1
	Conforto	00	00	00	00	00	0
Sensação de Conforto	Incômodo	20	02	20	02	03	49
	Ligeiramente incômodo	04	02	02	20	20	49
	Cômodo	00	00	02	01	00	1
	Muito incômodo	00	20	00	00	01	1
Sensação Biológica	Sonolência	18	05	04	10	04	45
	Falta de ar	06	06	00	02	03	5
	Tontura	00	00	05	00	00	1
	Irritação	00	12	11	12	17	49
	Bem-estar	00	00	00	00	00	0
	Calafrios	00	00	00	00	00	0
Há diminuição do desempenho?	Sim	20	20	20	19	20	90
	Não	04	04	04	05	04	10
Os ventiladores estão adequados?	Sim	21	20	20	20	20	90
	Não	03	04	04	04	04	10
A temperatura atrapalha a aula?	Sim	20	20	20	20	20	90
	Não	04	04	04	04	04	10
Sistema atmosférico atuante		ZCOU	ZCOU+ Cavado	Cavado	MTC	MTC	
Situação Predominante		 Calor	 Calor	 Calor	 Calor	 Calor	

As considerações acima, acerca das condições de conforto apontadas pelos participantes, provavelmente, foram observadas nas demais escolas, pois os dados revelaram situações de desconforto térmico nessas condições de tempo atmosférico.

Para concluir, em ambas as estações pesquisadas, os sistemas atmosféricos exerceram influência nas respostas apresentadas nos questionários, tanto na parte das cores como na parte das sensações.

No outono, durante as incursões de massa de ar polar, durante a manhã, houve uma tendência para utilizar as cores azuis e verdes e associando-as ao frio e fresco. No decorrer da tarde, o amarelo e laranja, associando, respectivamente, ao fresco (atuação da

massa de ar polar) e calor (enfraquecimento do ar polar), e também, condizendo com o aquecimento natural da atmosfera no decorrer do dia.

Na primavera, foi comum aparecer as cores vermelho e laranja associadas ao calor, durante a atuação da massa Tropical Continental. E ainda, a sensação climática de fresco associada à sensação biológica de bem-estar durante a formação de uma Zona de Convergência de Umidade (ZCOU). No decorrer da tarde, predominou a cor vermelha associada ao muito calor, na atuação da massa de ar Tropical Continental. Com relação às sensações, foi apontado o seguinte: na formação da ZCOU predominou a sensação biológica de abafado, juntamente com a sensação biológica de sonolência.

Desta forma, os questionários mostraram que o padrão construtivo apresentado na EE Plácido Braga Nogueira, associado ao sistema atmosférico atuante, pode gerar situações de conforto, bem como situações de desconforto, principalmente no decorrer da tarde.

7.3 O estudo do conforto térmico em sala de aula e uma forma de aprendizado.

Este estudo apontou que nem sempre as condições ambiental-climáticas estavam confortáveis dentro das edificações escolares e muitas vezes comprometeram o bom andamento da aula e estavam atrapalhando o desempenho dos alunos. É sabido que o ambiente escolar é fundamental para a formação dos seres humanos.

As condições ambientais da edificação escolar é somente uma variável que influencia nas condições de aprendizagem. Outras variáveis podem ser listadas, como defasagens no processo de ensino e aprendizagem, questões familiares (social, econômica), criminalidade (envolvimento com drogas ilícitas e lícitas, furtos e roubos) problemas de saúde (patologias orgânicas e psíquicas), mudanças contínuas de unidade escolar, etc.

Atualmente, a política educacional da Secretaria da Educação do Estado de São Paulo (SEESP) conta com um Currículo único, a ser seguido por toda a rede estadual. O Currículo do Estado de São Paulo é um conjunto de elementos que apresentam uma ligação entre si, que afirmam valores educacionais e definem objetivos de aprendizagem, expressos em competências e habilidades, norteados pela organização e pelo ordenamento dos conteúdos curriculares a serem aprendidos pelos alunos. Pode-se acrescentar que é uma alternativa inovadora de “padronização” do que é ensinado pelo professor e aprendido pelo aluno em toda a rede pública estadual.

O currículo é a expressão de tudo que existe na cultura científica, artística e humanista, transposto para uma situação de aprendizagem e ensino. Assim, o currículo é

referência para ampliar, localizar e contextualizar os conhecimentos que a humanidade acumulou.

Dessa maneira, todas as atividades da escola são curriculares ou não serão justificáveis no contexto escolar. Se não rompermos essa dissociação entre cultura e conhecimento não conseguiremos conectar o currículo à vida – e seguiremos alojando na escola uma miríade de atividades culturais que mais dispersam e confundem do que promovem aprendizagens curriculares relevantes para os alunos, conforme está na Proposta Curricular (2008).

O currículo do Estado de São Paulo tem como base três grandes competências: **observar**, **realizar** e **compreender**, dispostas em triângulo, conforme a figura 86.



Figura 86 – As grandes competências do Currículo do Estado de São Paulo

Entende-se com competências a capacidade/desejo de realizar algo de maneira ordenada e satisfatória. Para Macedo (2008), na escola, a competência é uma atribuição, um reconhecimento no outro, é uma realização observável, ainda que sua expressão seja um segredo.

“(...) um segredo, pois os procedimentos que a possibilitam não são fáceis de ensinar, nem de serem transferidos de um contexto para outro, ou de uma pessoa para outra. Por isso, competência é algo pessoal, algo que alguém possui, mas que só se explicita (confirmando ou não) no contexto de uma realização. (Macedo, 2008, p.6)

Complementando, para Perrenoud (1999) competência é a faculdade de mobilizar uma série de recursos cognitivos (saberes, capacidades, informações etc.) para solucionar

com pertinência e eficácia uma série de situações. As competências estão ligadas a diferentes contextos culturais, profissionais e condições sociais, porque os seres humanos são diferentes, assim vivem situações diversificadas/distintas, desta forma, adquirem competências adaptadas ao seu cotidiano. Para o autor, algumas competências se desenvolvem na escola, e outras, não, pertencem à vida, única, de cada indivíduo.

Essas três grandes competências são garantidas a partir do aprendizado baseado em habilidades. Entende-se a habilidade como uma parte da competência. Para Macedo (2008, p.8) habilidade é uma conquista, implica no desenvolvimento de esquemas orais, corporais, mentais, verbais (saber falar, comunicar). Habilidade, por exemplo, para gerenciar o tempo de nossas ações, o espaço de nossas coisas. São habilidades que necessitamos desenvolver, aprender, corrigir, adaptar. Saber ler e escrever são habilidades importantes para muitas disciplinas, ou seja, não é algo específico da língua portuguesa. Em uma sociedade tecnológica como a nossa, por exemplo, saber ler e escrever, cada vez mais é fundamental.

Para que o currículo seja dinâmico, cabe ao professor desenvolver conteúdos, metodologias e saberes próprios para a sua disciplina, com o objetivo de desenvolver competências e habilidades para possibilitar a aprendizagem de seus alunos. O Currículo, assim, privilegia o aprender a aprender, com projeções para a vida futura, perpassando pela educação como uma forma de reconstrução da sociedade. (PROPOSTA CURRICULAR, 2008).

No Currículo, a Geografia está inserida dentro das ciências humanas e suas tecnologias e vai trabalhar o espaço geográfico como seu principal objeto de estudo, a partir do território, da paisagem, das redes e da escala de atuação dos fenômenos (naturais e/ou humanos).

Dentro da Geografia escolar, as questões que envolvem o clima aparecem frequentemente atreladas aos elementos da natureza e suas correlações com a sociedade nas diferentes escalas (global, regional e local).

A atmosfera é vista e apontada, como grande influenciadora de todos os processos que agem nos domínios naturais e no meio ambiente. Entre a atmosfera, a hidrosfera, a litosfera e a biosfera existem, uma contínua troca de energia e matéria. Nessa mútua interação há, por um lado, o clima influenciando solos, plantas, animais e rochas, por meio do intemperismo; e, por outro, os tipos de cobertura vegetal e as atividades humanas influenciando o clima.

Essa mútua interação entre elementos vivos (seres humanos) e não vivos (atmosfera), por muitas vezes, é extremamente difícil a compreensão por parte dos alunos, principalmente, para o ensino fundamental I e até mesmo para as séries finais do ensino fundamental II, devido o nível de abstração necessária para o entendimento.

Por exemplo: “dizer para o aluno que o céu encosta na terra é simples”, mas, quando os conceitos são empregados – a atmosfera interage com a litosfera a partir de vários processos – o nível de entendimento fica comprometido, devido a uma infinidade de fatores no processo de aprendizagem (limitações conceituais, falta de conhecimento prévio, problemas de ordem psíquica e social,...).

A questão que se coloca é como tornar a aula atraente, se o ambiente e uma infinidade de outros problemas não favorecem? Cabe ao professor buscar estratégias e metodologias que tornem a aula interessante e facilitem o aprendizado.

O trabalho desenvolvido pelos alunos, nessa tese, foi mais além de preencher um rol de questões, ele privilegiou o entendimento da escala geográfica dos fenômenos naturais (tempo e clima) associada à escala geográfica dos fenômenos humanos (o seu comportamento).

A aplicação do questionário foi uma estratégia de aprendizagem utilizada para abordar os conteúdos do clima e do tempo atmosférico e ligá-los ao cotidiano do aluno, possibilitando-lhe o entendimento do seu comportamento (biológico e fisiológico) em determinadas situações “climáticas”, dentro da unidade escolar. E ainda, proporcionou uma forma diferente de ler.

Estudos têm relevado que os alunos possuem um déficit de leitura muito elevado, o que acarreta prejuízos no processo de ensino e aprendizagem. Nesse sentido é necessário criar mecanismos ou estratégias que envolva esse no ato de ler, e o faça sentir a leitura como uma prática necessária, mas também prazerosa.

Os símbolos e as imagens são outras maneiras de se realizar uma leitura, embora não seja a mais fácil, pois necessita do aluno a capacidade de usar a sua sensibilidade e ainda, a de tecer relações de intertextualidade durante a sua interpretação. E também, pode servir como um estímulo ao aluno pensar no problema e tentar buscar uma solução ou chegar a uma conclusão sobre o assunto ou problema.

O ato de ler, necessita de técnicas ou metodologias que otimizem a relação entre o professor e aluno, e desperte para o aluno o interesse pela leitura, que irá contribuir para a formação de um aluno crítico, capaz de fazer as suas próprias leituras do mundo que o cerca.

Desta forma, participar desta pesquisa foi um incentivo ao aluno à prática da leitura, tarefa que não é fácil e nem sempre prazerosa. Assim, foi uma atividade diferenciada/diversificada, diferente da mera “decodificação” a que ele está acostumado. Pois, a leitura não deve ser vista apenas como um mero processo de decodificação, mas sim, como um processo de interação entre o texto, leitor e o autor.

A participação dos alunos, neste estudo, foi importante, pois proporcionou uma forma de aprendizado, uma vez que foi possível estudar o tempo atmosférico a partir de

uma perspectiva metodológica diferente da habitual (livros, lousa e aulas expositivas); os alunos tornaram-se parte integrante do processo. Desta forma, tiveram a oportunidade de, a partir das suas sensações térmicas do ambiente, entender como o tempo atmosférico – temperatura - pode influenciar no comportamento, nas sensações e no funcionamento biológico do nosso organismo.

Para as crianças menores, da 3ª série do Ensino Fundamental (I), foi uma forma diferente de interpretação e leitura, além de um contato maior com conteúdos abstratos da Geografia, como o clima e o tempo atmosférico. Conforme relato da professora Paula, sobre a atividade realizada: *“eu vejo a realização desta atividade com os alunos como um momento de grande aprendizado para eles, pois, vou poder trabalhar elementos da Geografia (atmosfera e o tempo atmosférico – temperatura, chuva), da Matemática através do preenchimento da tabela e poder explicar como se faz uma tabela, da Língua Portuguesa a partir da leitura das comanda propostas, e das Artes com o simbolismo das cores”*.

De maneira geral, a pesquisa desenvolvida com os alunos contemplou as três grandes competências (observar, realizar e compreender) propostas no currículo do estado e que estão presentes na disciplina Geografia: primeiramente, *observar* o seu próprio corpo e suas reações, depois relacionar as suas sensações com a temperatura da sala de aula e *realizar* a pintura da cor para o determinado horário, e por último, *compreender* que o seu corpo reage a determinados estímulos, ambientais e fisiológicos, e estabelecer uma correlação, entre o seu corpo, a temperatura e a resposta sobre as suas sensações de conforto ou desconforto térmico, intra-sala de aula.

E ainda, compreender que o seu comportamento e a temperatura da sala de aula, estão associados ao tempo atmosférico (elemento natural - atmosfera) e aos materiais construtivos da escola (elementos criados e introduzidos pelos humanos).

A atividade proposta neste trabalho, para os alunos, pode viabilizar para os demais professores um procedimento metodológico, com base na leitura de símbolos, imagens e cores, para o ensino do tempo atmosférico e do clima de uma determinada localidade. Esse procedimento pode ser utilizado para todo o ensino fundamental (I e II), e ainda para o ensino médio.

Cabe ressaltar que no Currículo de Geografia o desenvolvimento das competências ligadas ao domínio da linguagem cartográfica e da leitura e análise de imagens, símbolos e textos é muito expressivo, desta forma, sendo relevante compreender e aprender as diferentes formas de representação de uma realidade/fenômeno.

Para concluir, a “escola”, o “aprendizado” devem sempre favorecer o aluno, pois, para muitos a escola é o local mais certo (abrigo, alimentação, afetividade, aprendizado, ética e moral) em suas vidas, principalmente, quando as condições familiares não são adequadas, o que é uma realidade, infelizmente, para muitas crianças e jovens.

8 O CONFORTO TÉRMICO NAS ESCOLAS ESTADUAIS DE PRESIDENTE PRUDENTE/SP

Os procedimentos metodológicos aplicados neste trabalho associado à caracterização ambiental das escolas e do uso e ocupação do solo permitiram compreender a situação do conforto térmico nas escolas estaduais em Presidente Prudente.

Alguns fatores foram decisivos para as situações térmica encontradas nas edificações escolares, tais como: a orientação (exposição) solar das edificações escolares e a quantidade de radiação solar incidente (fachadas e os sombreamentos), os materiais construtivos e o tipo de climatização natural utilizada (iluminação, ventilação – janelas e portas - e o calor proveniente dos corpos).

As análises conjuntas, de todo o material produzido, mostraram situações de conforto térmico, desconforto térmico para o frio e para o calor (outono) e desconforto térmico para o calor (primavera).

No outono, as situações de conforto térmico ocorreram na maioria dos dias pesquisados, demonstrando que a orientação geográfica associada a exposição solar, os materiais construtivos (paredes de alvenaria, cobertura de fibrocimento, teto de laje, madeira ou PVC) e o tipo de climatização (ventilação, iluminação e vidraças do tipo basculante) dessas unidades escolares estavam adequados para garantir o bem estar à clientela escolar em situações naturais de temperaturas mais baixas.

Mas, situações de desconforto térmico para o frio foram observadas, principalmente, nas madrugadas e manhãs. Estas foram associadas à exposição de vertentes e orientação da edificação da escola. Isto é, pela manhã a penetração dos raios solares pelas vidraças ficou prejudicada e posteriormente, o aquecimento do interior escolar, pela falta de incidência de radiação solar. Somado a isso está às situações naturais de desconforto para o frio, ocasionadas pelos sistemas atmosféricos atuantes nessa época do ano (passagens de frentes frias seguidas de incursões de massas de ar Polar).

As situações de desconforto para o frio, no Formozinho, foram consequências de a edificação escolar estar localizada numa área de média vertente com exposição para oeste, o que dificulta a chegada e a penetração dos raios solares nas paredes e nas vidraças. Ou seja, no período da manhã, há demora no aquecimento dos materiais construtivos do prédio escolar.

A edificação apresenta telhado externo de fibrocimento e revestimento interno de laje; paredes de alvenaria e vidraças grandes do tipo basculante. Apresenta alta quantidade de vegetação arbórea de grande porte, bem como nos arredores da escola (quintais e calçadas), bloqueando ainda mais a luz solar matutina.

Em decorrência de condições naturais de desconforto para frio é conveniente que a radiação solar atinja as paredes, o telhado e atravesse as vidraças penetrando no interior da edificação no início da manhã, para que haja um aporte de calor no interior do prédio, o que geraria melhores condições no conforto térmico interno.

Referente ao desconforto para o calor durante o outono, este ocorreu na E.E. Placídio Braga Nogueira, em alguns dias e no período da tarde. O fato corrido pode ser explicado a partir da orientação da edificação e sua exposição de fachadas. A escola apresenta a orientação geográfica de nordeste para sudoeste e as fachadas das janelas de sudeste (“sol da manhã”) e noroeste (“sol da tarde”). A fachada noroeste se mostra ruim do ponto de vista energético, durante o período do outono e inverno, pois há um aporte de radiação solar incidente do decorrer da tarde. Além disso, a escola está localizada em uma área de topo e não há edificações que auxiliem no sombreamento da escola.

Com relação aos questionários aplicados no Placídio os dados demonstraram que, no outono, as pessoas apontaram como sensação térmica do ambiente as condições de ameno e frio, com algumas exceções de muito frio, dependendo do sistema atmosférico atuante. No geral, a sensação climática interna da escola era apontada como confortável (cômoda), associada a uma sensação biológica de bem-estar. Assim, as condições térmicas dentro da edificação escolar eram apropriadas para o desenvolvimento das atividades, pois mais de 80% dos participantes responderam que a temperatura não estava atrapalhando o desempenho, o desenvolvimento da aula e das demais tarefas.

Os questionários matutinos e vespertinos corroboraram com os resultados de temperaturas efetivas e com os apontamentos da carta bioclimática encontrados na E.E. Placídio Braga Nogueira, que no período de estudo apresentou condições de temperatura e umidade dentro da zona de conforto térmico indicada por THOM e por OLGAYAY. Desta forma, essa edificação escolar garantiu e exerceu a sua função de “abrigo” para condições naturais de temperatura mais baixa, proporcionadas pelo sistema atmosférico atuante.

Na pesquisa de primavera, os resultados foram bem diferentes, porque as situações de desconforto térmico para o calor foram maioria e extremas, entre as escolas pesquisadas.

Todas as escolas apresentaram desconforto para o calor em praticamente todos os dias e horários. No entanto, é importante destacar que em duas escolas os valores foram mais desconfortáveis - a E.E Arlindo Fantini e E.E. Dr. José Fóz. Durante o outono, essas escolas apresentaram temperaturas efetivas dentro da zona de conforto térmico de 18,9°C a 25,6°C, faixa proposta por THOM.

A escola Fantini tem como características fundamentais: altitude de 431m, em uma área próxima ao fundo de vale com exposição de vertente para oeste; há pouca vegetação arbórea de grande porte, com algumas áreas de gramados e calçamentos de concreto; as

edificações são cobertas, externamente, por telhas de fibrocimento e internamente é revestida por laje, com paredes de alvenaria pintadas à tinta óleo.

A unidade escolar Dr. José Fóz apresenta como peculiaridades: altitude de 452m, numa área de topo; pouca vegetação arbórea de grande porte, com apenas pequenos gramados entre calçamentos de concreto; a estrutura é coberta, exteriormente, por telhas de fibrocimento e internamente por forro de PVC; vidraças do tipo basculante de tamanho médio; paredes de alvenaria pintadas à tinta óleo.

As duas escolas citadas possuem orientação geográfica de norte para sul nas suas edificações e as fachadas em que estão dispostas as janelas uma exposição solar para leste (“sol da manhã”) e oeste (“sol da tarde”). Esse tipo de exposição é considerada imprópria durante o equinócio (outono e primavera). Com ressalvas, no período da manhã, em condições atmosféricas de temperaturas mais baixas é relevante o acréscimo de calor para o conforto intraescolar, mas no período da tarde, em situações de temperatura elevada, não é interessante esse aporte de radiação que pode chegar a 673w/m^2 às 16h.

A E.E. Placídio Braga Nogueira também apresentou desconforto para o calor durante a pesquisa de primavera. Os valores desconfortáveis para o calor foram identificados pelos alunos e demais participantes da pesquisa. Tanto no outono como na primavera os materiais construtivos tiveram importância nas condições térmicas intraescola. No outono, eles serviram como isolante para o frio, mas, na primavera não apresentaram desempenho térmico satisfatório, pois as temperaturas efetivas estiveram fora da zona de conforto, provocando desconforto para o calor, o que demonstrou que os materiais empregados na construção escolar (paredes de alvenaria, cobertura de telhas de fibrocimento, calçamentos de concreto) precisam ser revistos, devido a sua elevada inércia térmica.

Os valores desconfortáveis para o calor apresentados pelas temperaturas efetivas nessa unidade escolar, entre os meses de novembro e dezembro de 2010, foram ratificados pelos questionários matutinos e vespertinos.

Às 7h da manhã, foi comum aos alunos assinalarem como resposta à temperatura interna como calor. A sensação climática de calor foi associada ao desconforto (incômodo), a sensação biológica era de sonolência, irritação e até mesmo falta de ar.

No período da tarde, predominou a sensação climática de muito calor associado a desconforto (incômodo), provocando sonolência, irritação e falta de ar; e 90% dos entrevistados apontaram que a temperatura interna estava diminuindo o seu desempenho, atrapalhando a aula, sendo necessária a utilização dos ventiladores.

O desconforto térmico para o calor, em todas as escolas pesquisadas, ocorreu principalmente entre o final da tarde e o decorrer da noite, perdurando até início da manhã. Esse fato condiz com muitos resultados de trabalhos de clima urbano, os quais apontam as

magnitudes máximas das ilhas de calor durante a noite, pois durante esse período os materiais constituintes (edificações, calçamentos, ruas pavimentadas) do meio urbano retêm mais calor do que as áreas rurais.

Desta forma, o mesmo desempenho térmico do ambiente urbano, foi observado nas construções escolares, com um fator agravante, a escola estava fechada, o que dificultou a ventilação noturna. Nesse sentido o calor armazenado no dia anterior permanece “confinado” no interior escolar até a próxima manhã. De tal modo que, entre o final da tarde e o início do período da manhã, as escolas podem ser comparadas a verdadeiras “bombas térmicas”.

Cabe ressaltar a contribuição do sistema de iluminação e o calor proveniente dos seres humanos para o conforto térmico nas edificações escolares, pois estes também contribuem para o aporte de calor interno, importantes em dias frios e desnecessários em dias quentes. Desse modo, em dias quentes o sistema de ventilação deve ser eficiente para dissipar o calor.

De forma resumida, nas escolas de Presidente Prudente, as variáveis mais relevantes foram: a oscilação solar diária e anual (estações) associada às condições sinóticas. Logo, no decorrer dos dias do outono com menor incidência de radiação solar, as incursões de sistemas polares fizeram com que as temperaturas declinassem e influenciassem as temperaturas efetivas internas, provocando desconforto para o frio. Na primavera, com o aumento da radiação solar incidente, durante o aquecimento pré-frontal e atuação da massa Tropical continental, as temperaturas efetivas atingiram o seu máximo, provocando desconforto para o calor. Todos esses resultados foram observados e ratificados pelas respostas dadas nos questionários.

Deste modo, as características do clima local, também foi um fator importante quanto ao desempenho térmico das escolas. Os sistemas atmosféricos atuantes tiveram papel decisivo nas situações de conforto térmico, pois influenciaram diretamente na eficiência térmica dos materiais construtivos e na quantidade de radiação solar incidente nos planos verticais (fachadas – paredes de alvenaria) e horizontais (telhados – fibrocimento, revestimento do piso - concreto), e ainda, na direção e velocidade dos ventos e nos valores de umidade do ar.

No geral, as edificações escolares estudadas, com os seus materiais construtivos associados à vegetação, ao sistema de ventilação e ao uso e ocupação do solo, se mostraram adequadas para a seguinte faixa climática, entre 18°C e 28°C com uma variação higrométrica entre 40% e 70%. Valores abaixo de 18°C apresentaram-se desconfortáveis para o frio; e os valores acima de 28°C desconfortáveis para o calor, dependendo do sistema atmosférico atuante.

Associado aos efeitos térmicos dos materiais construtivos está à vegetação. Quando a sua presença e quantidade de vegetação arbórea foram satisfatórias, esta serviu como um atenuante para as situações de desconforto para o calor, como, por exemplo, na E.E.Hugo Mielle. Mas, a inexistência ou a pouca presença de vegetação arbórea contribuiu para o aumento do calor intraescola, como ocorreu na E.E.Placídio Braga Nogueira.

A ventilação empregada nas edificações escolares não se mostrou eficiente, uma vez que, havia sempre a necessidade de ventilação para a melhoria nas condições térmicas no interior escolar. O sistema de ventilação (ação dos ventos, efeito chaminé) em todas as escolas não contribuiu para a manutenção do conforto térmico intraescola, mesmo com a utilização dos ventiladores (ventilação forçada). As janelas do tipo basculantes (em tamanhos diferenciados) se mostraram pouco eficientes nas trocas térmicas entre o ambiente fechado e o exterior.

O uso e a ocupação do solo também se mostraram relevantes, pois a escola não é uma edificação isolada e ela faz parte de todo um contexto local e urbano, assim interagindo com os atributos pertencentes ao bairro.

De forma conclusiva, no outono, cinco escolas apresentaram-se totalmente com seus ambientes “confortáveis”, são elas: Maria Luiza Bastos, Sarrion, José Foz, Fantini e Omar Barreto. Na primavera, mesmo com temperatura efetivas acima da zona de conforto três das cinco escolas, acima citadas, se mostraram mais “confortáveis”, sendo em ordem: Hugo Mielle, Maria Luiza Bastos e Sarrion. Os fatores positivos e condicionantes do conforto térmico, na primavera, foram: no Mielle e no Sarrion a quantidade significativa de vegetação arbórea de grande porte em seu entorno e ainda, no caso, do Mielle a exposição das fachadas para o norte (manhã) e sul (tarde). Esses dois fatores favorecem na diminuição da radiação solar incidente.

Em continuidade ao exposto será apresentado um rol de necessidades, alternativas e sugestões para que as condições ambientais nas escolas estaduais de Presidente Prudente atinjam patamares próximos aos aceitáveis e condizentes com as condições climáticas locais.

8.1 Necessidades, alternativas e sugestões para melhorar o conforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente/SP

A Carta Bioclimática proposta por OLGYAY (1963) apontou algumas necessidades para melhorar o conforto térmico nas edificações escolares em Presidente Prudente, de acordo com a estação do ano pesquisada.

Para o período mais frio da pesquisa (maio e junho de 2010) a Carta Bioclimática prevê a necessidade de insolação nas edificações escolares no período da manhã para a manutenção do conforto térmico interno das edificações escolares. Durante a tarde, nesse mesmo período, em escolas com suas fachadas voltadas para oeste há a necessidade de ventos, aumento na umidade (alguns dias) e sombra, para a diminuição da temperatura interna e manutenção do conforto térmico do ambiente.

Para o período mais quente (novembro e dezembro de 2010) a Carta Bioclimática de Olgyay demonstrou que em alguns dias as condições térmicas intraescola ultrapassaram as condições ideais para a realização de um trabalho leve a moderado, assim prevendo as necessidades de ventilação e sombra, em praticamente todas as escolas, principalmente no período da tarde e início da noite (entre as 15h e 19h).

Desta maneira, algumas alternativas e sugestões podem ser apontadas para que ocorram melhorias das condições térmicas nas edificações escolares, são elas: ventilação natural, sombreamento (natural e artificial) e a presença de vegetação.

Uma primeira alternativa para o conforto térmico nas escolas estudadas seria a realização de melhorias no sistema de ventilação natural, preferencialmente no final da tarde e durante a noite.

Frota e Schiffer (2003) esclarecem que a ventilação natural é o deslocamento do ar através do edifício através de aberturas, umas funcionando como entrada e outras, como saída. Além de apontarem a ventilação noturna como de extrema importância para a manutenção do conforto térmico das construções, pois possibilitam as trocas térmicas entre o interior da edificação e o meio externo menos aquecido.

A ventilação poderia ser melhorada a partir de uma disposição adequada das janelas e de uma associação com as portas, o que possibilitaria a efetivação de um sistema de ventilação cruzada como determinou Frota e Schiffer (2000).

Carvalho (2006) complementa que as janelas permitem o aproveitamento de uma ventilação natural promovida pelas diferenças de pressão de um lado e outro das janelas e portas, com origem na ação direta do vento sobre a edificação, que pode ser melhorada através da instalação de aberturas e de modo a permitir uma ventilação atravessada (Figura 87).

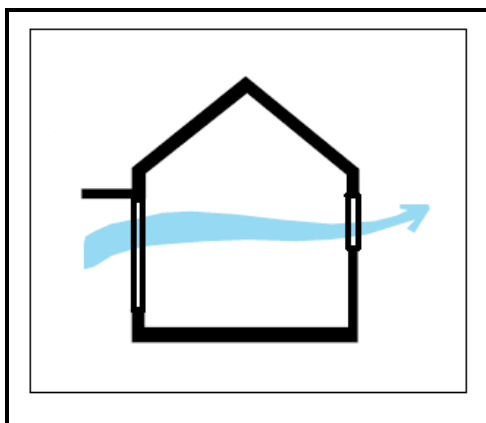


Figura 87 - Influência das janelas e portas nas condições de ventilação de um edifício
 Fonte: Adaptado de Carvalho, 2006, p.137

Na cidade de Presidente Prudente os ventos predominam do quadrante leste e as fachadas “problemáticas” do ponto de vista térmico estão voltadas para o oeste. Nesse sentido, faz-se necessário um sistema de ventilação cruzada. Assim, os ventos entrariam pelas janelas, na fachada leste, atravessariam a edificação e sairiam pela fachada oeste, levando consigo o calor.

Com base ainda na ventilação, outra possibilidade para a diminuição do calor intraescolar é apontada por Cartana (2005), e visa promover a ventilação vertical retirando através de aberturas, o ar quente acumulado nas partes superiores da edificação, possibilitando assim, a criação de um fluxo de ar ascendente (Figura 88).

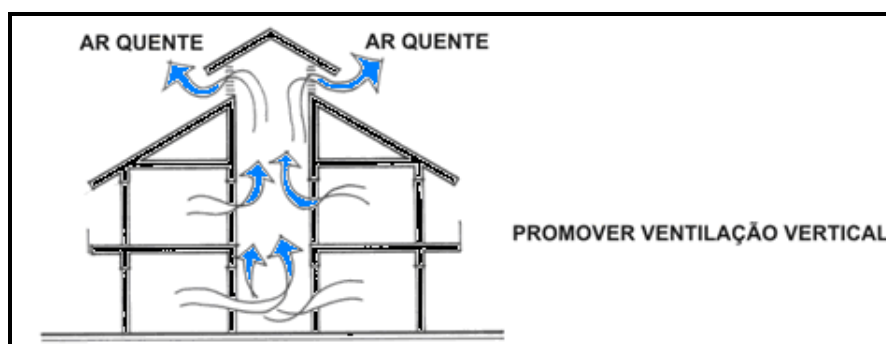


Figura 88 – Ventilação vertical
 Fonte: Adaptado de Cartana, 2005, p.40

Este recurso pode ser explorado utilizando diversos elementos, tais como: clarabóias, mansardas, exaustores eólicos ou aberturas zenitais. O emprego de tais elementos pode promover iluminação natural, cumprindo duas funções simultaneamente: ventilação e iluminação.

Mas, deve-se ter cuidado na instalação das janelas, pois estas devem predominar suas aberturas para o norte, porque no inverno poderiam captar mais radiação solar, e no

verão receberiam menos radiação solar e estariam sombreadas. Na latitude de 22°S, posição geográfica de Presidente Prudente, a altura solar e o movimento aparente solar (no equinócio e no solstício) vão proporcionar distribuição e intensidade variada na projeção dos sombreamentos.

A figura 89, por exemplo, a situação do sombreamento na E.E. Arlindo Fantini no dia 22 de junho às 9h30, mostrando que no início da manhã as fachadas voltadas para o leste recebem radiação solar direta. Enquanto que as fachadas voltadas para oeste estão sombreadas. No decorrer do dia a situação se inverte.

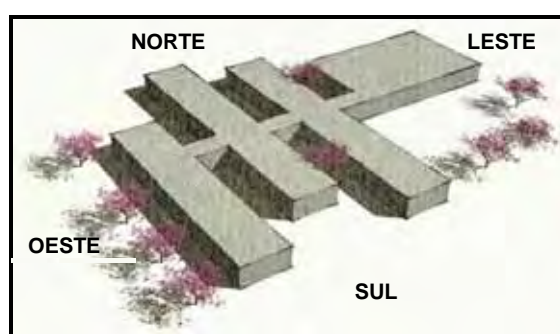


Figura 89 – Exemplo de sombreamento na E.E. Arlindo Fantini no dia 22 de junho às 9h30min.

De maneira geral, no outono e na primavera, as fachadas voltadas para o leste, durante a manhã, recebem a maior incidência de radiação solar. Com o aparente deslocamento solar diurno as fachadas voltadas para o oeste, no decorrer da tarde, são as que recebem maior incidência da radiação solar, já que após as 12h essas fachadas ficam totalmente expostas ao sol, sendo assim a fachada responsável pelo acúmulo e liberação de energia térmica para o ambiente interno, provocando desconforto térmico intraedificação por excesso de calor. Desta forma, para Presidente Prudente, essa não é uma exposição de fachada (oeste) adequada do ponto de vista energético (calor) em nenhuma estação do ano.

Complementando as informações acima, Olgyay (1998 apud Cunha 2006) afirmar que: para uma melhor condição de habitabilidade a fachada principal de um edifício deve estar orientada à linha do Equador (norte); as fachadas orientadas para nordeste e noroeste oferecem uma insolação mais equilibrada durante todo o ano, devido à menor altura solar incidente, porém são mais frias no inverno e mais quentes no verão; as exposições para leste e oeste tornam os ambientes mais quentes no verão e mais frios no inverno, se comparados com aqueles ambientes com exposição para norte, nordeste e noroeste.

Assim, em Presidente Prudente, as futuras edificações escolares deveriam apresentar exposição das fachadas principais para o norte (manhã) e para o sul (tarde), pois são consideradas as exposições solares mais eficientes do ponto de vista energético, sendo

que a exposição norte apresenta maior incidência de radiação no inverno, o que é conveniente; e a exposição sul apresenta a menor incidência de radiação solar durante todo o ano. Das escolas pesquisadas apenas a E.E. Hugo Mielle apresenta essa exposição de fachadas.

Associado a exposição correta das fachadas está à presença de vegetação, acrescenta-se como uma das alternativas para amenizar o desconforto térmico para o calor. O tipo de vegetação e a sua distribuição (posição) devem ser considerados, uma vez que estes influenciam diretamente na incidência da radiação solar, na iluminação natural, na temperatura do ar, na umidade do ar, nos ventos e nos sombreamentos.

De uma maneira geral, a vegetação pode proporcionar sombras nas paredes, vidraças e até mesmo no teto - “quanto maior esta for mais estável será a temperatura interna do edifício, maior será também a umidade e a proteção relativamente ao vento” (AMORIM, 1998, p.53 apud CARVALHO, 2006) - quando for conveniente.

Cunha (2006) explica que a vegetação exterior é um elemento de controle da ambiência interna e que o seu correto posicionamento pode gerar fluxos de ar no interior dos compartimentos (salas) das edificações, a partir da interação da vegetação com os ventos dominantes.

Mascaró e Mascaró (2009) esclarecem que a vegetação pode obstruir ou filtrar a radiação incidente, assim influenciando as características climáticas do ambiente construído. Referente à umidade, esta é maior em ambientes vegetados, cerca de 3% a 10%, principalmente no verão, devido à densidade foliar. Os menores valores são observados na primavera devido à ação dos ventos e da floração (vazios nas copas). E ainda, a vegetação influencia a temperatura em decorrência do controle da radiação solar, do vento e da umidade.

Carvalho (2006) complementa que seu maior ou menor consumo hídrico influencia nos níveis de evapotranspiração, resultando em diferenças na umidade, por um lado e por outro lado, o tempo durante o qual ela pode exercer sombra, originará diferentes obstruções à radiação solar.

Nesse contexto, Higueiras (1997) acrescenta que as espécies de folha caduca permitem a radiação invernal e dificultam a de verão. A importância da escolha das espécies é ainda sustentada por Romero (1988, p.97), que afirma: “a eficácia do desempenho da vegetação depende diretamente das espécies escolhidas, que podem responder às exigências tanto de captar sol no inverno como de proteger do sol no verão”. (Figura 90)

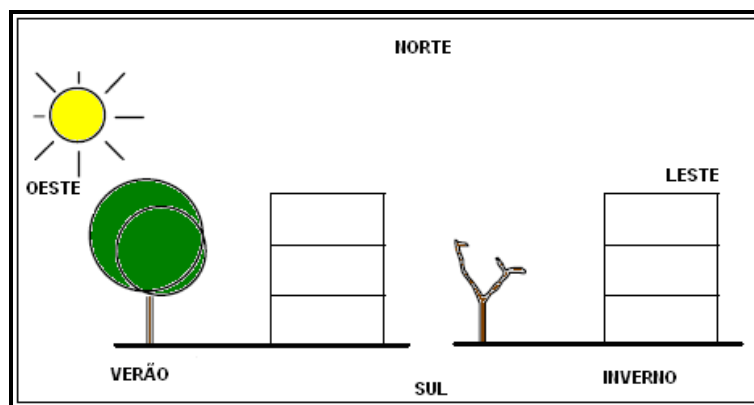


Figura 90 – Disposição da vegetação em relação aos edifícios.
Fonte: Adaptado de Cartana (2005), p.40

No caso das escolas Placídio Braga Nogueira e Arlindo Fantini são necessárias árvores de grande porte em que as folhas não caiam, para que façam sombra no período da tarde, tanto no outono como na primavera (Figura 90). Mas, a vegetação não deve bloquear a passagem do vento, pois isso dificultaria a ventilação interna do prédio e prejudicaria as trocas térmicas entre a parte interna e externa da edificação, principalmente, na estação quente. Em contrapartida, em períodos com temperaturas baixas não devem impedir a chegada da radiação solar, nos planos verticais (paredes) e horizontais (tetos e chão), o que seria interessante para a unidade escolar Formozinho, durante o outono e inverno (Figura 90).

Outra solução para as escolas com fachadas nos quadrantes oeste e leste seria a utilização de forro vegetal (tipo trepadeira) nas paredes externas, o que reduziria a temperatura através da evapotranspiração (Figura 91). É preferível que as folhas da forração vegetal escolhida sejam caducas, assim pode-se aproveitar os ganhos de calor por radiação durante o inverno. (CARTANA, 2005, p.45)

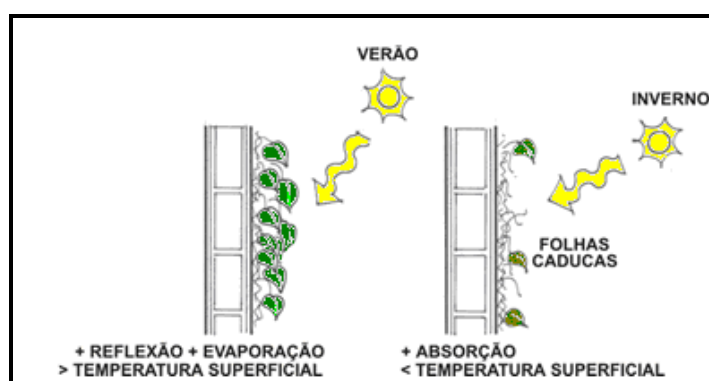


Figura 91 - Forro vegetal junto às paredes
Fonte: Adaptado de Cartana (2005), p.45

A distância da vegetação entre o edifício é mais um fator a ser levado em consideração. De acordo com as práticas em arquitetura, aconselha-se que a vegetação esteja plantada no mínimo a 3m e no máximo 8m de distância do prédio, dependendo de

sua altura, para que não prejudique a ventilação da edificação e o próprio crescimento de sua arborescência e de seu enraizamento.

Com relação à vegetação do tipo folhas caducas deve-se ater a questão da “sujeira” provocada pela sua queda (outono e inverno) e ainda, os serviços de podas e conservação (primavera e verão). Desta forma, deve-se avaliar o custo/benefício da vegetação como sistema de sombreamento.

No geral, as escolas em que a vegetação arbórea é mais abundante as condições térmicas foram mais satisfatórias, principalmente na primavera (Hugo Mielle, Tannel Abbud e Formozinho). E mais, a vegetação além de diminuir a incidência da radiação solar, também, pode contribuir para os aspectos paisagísticos, de recreação e para o conforto ambiental externo (condições climáticas), para as pessoas (alunos, professores, funcionários e outros) que transitam ou permanecem nesses locais, assim tornando-os mais agradáveis.

Em síntese, a presença de vegetação nas escolas deveria seguir a seguinte proposição, que associa nível, espécime e tipo de grupamento vegetal a determinada exposição solar das fachadas, conforme demonstra o quadro 4.

Quadro 4 – Nível, espécime e tipo de grupamento associado à exposição solar das fachadas das edificações escolares.

Nível e espécime	Tipo de grupamento	Exposição solar da fachada
Nível 1: frutíferas, cítricas, trepadeiras	Árvores isoladas ou colocadas separadas umas das outras de modo que suas copas não se unam.	Fachada leste, exposição matinal a radiação solar.
Nível 2: pata de vaca, quaresmeira, jacarandás	Árvores em pequenos grupos esparsos ou heterogêneos, ou seja, quando se dispõem sob a forma de pequenos grupos compostos por diferentes espécimes.	Fachadas sul e norte, independente do horário do dia.
Nível 3: palmeiras, ciprestes, cedro	Árvores em grandes grupos homogêneos: no caso de grupamento arbóreo extensos, a iluminação se reduz sensivelmente em qualquer época do ano.	Fachada oeste, exposição vespertina à radiação solar.

Fonte: Adaptado de Mascaró e Mascaró, 2009, p.55, 56, 57

Por exemplo, a escola Plácido na sua fachada oeste, com problemas durante as duas estações pesquisadas, deveria adotar o nível três como forma de sombreamento e proteção contra a radiação solar incidente, que se mostrou indesejável. O nível três conta com árvores com grande arborescência o que auxiliaria no controle da radiação solar e diminuição no calor intraedificação, conforme se observa no quadro 4.

Além da vegetação como forma de sombreamento, podem-se utilizar sistemas de proteção artificiais. Ou seja, dispositivos móveis ou fixos, internos e/ou externos. No caso das escolas, aconselham-se o uso de quebra-sol nas partes externas (Figura 92). Em nenhuma escola estudada foi observado o uso desse tipo de equipamento, sendo encontrado em algumas a utilização de cortinas no interior das salas. Como sugestão, para o tipo de construção escolar apresentado e o tipo de janela, os modelos mais ideais seriam as letras F, L e N.

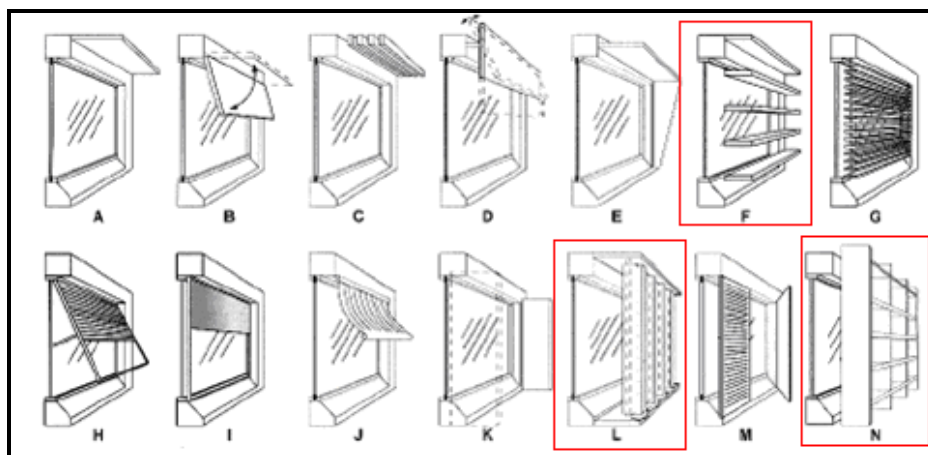


Figura 92 - Exemplos de sistemas de proteção solar exteriores de janelas
Fonte: Adaptado de Carvalho, 2006, p.142.

Dentro do sistema de proteção para janelas, tem-se as prateleiras de luz, que auxiliam no sombreamento e na iluminação (Figura 93). As proteções fixas apresentam menor custo de manutenção e dispensa da intervenção dos usuários, que por vezes não a utilizam de forma correta.

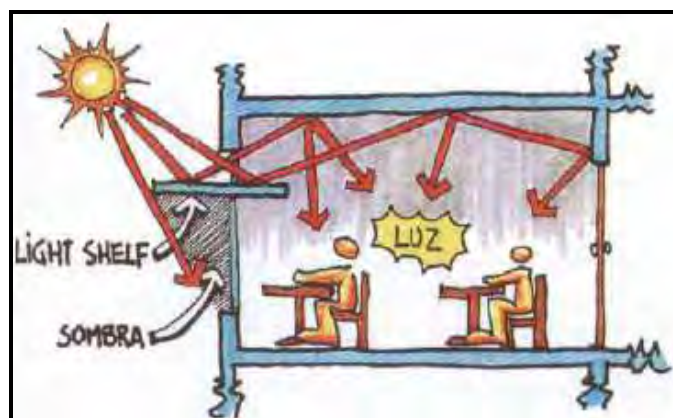


Figura 93 – Sombreamento a partir de prateleiras de luz (light shelf)
Fonte: LabCon (2009) - http://www.ufrgs.br/labcon/aulas_2009-1/Aula7_GeometriaSolar.pdf

Por fim, referente às sugestões e alternativas propostas, uma última alternativa para as escolas com telhados de fibrocimento, seria a utilização de telhas de cerâmica vermelha ou branca. De acordo com Ferreira e Prado (2003), as telhas de cerâmica vermelha ou branca, apresentam temperaturas superficiais mais baixas que as temperaturas do ar, sendo classificados com um material construtivo frio. Assim, a substituição das telhas de fibrocimento por telhas de cerâmica pode contribuir para a diminuição das altas temperaturas nas edificações escolares e auxiliar na manutenção de situações de conforto térmico.

Esse estudo conclui que as condições de conforto térmico nas escolas estaduais de Presidente Prudente nem sempre são satisfatórias e condizentes com as atividades nelas realizadas, pois, o padrão construcional não é apropriado para o clima da região. Em Presidente Prudente o clima é predominantemente quente, assim os materiais construtivos não devem ter uma inércia muito elevada, sendo apropriada uma inércia de leve a moderada. É importante impedir que a radiação solar atinja diretamente as paredes, as vidraças e os tetos das construções e penetre em demasia nos interiores edificados, evitando os ganhos de calor; e devem-se adotar medidas de mitigação, através do aproveitamento da ventilação natural e da vegetação (arbórea e arbustiva) nos arredores, tanto no outono como primavera, para melhorias do conforto térmico intraescola.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitas são as discussões e os esforços que envolvem essa questão da paisagem urbana e seu clima próprio. A sociedade contemporânea busca alternativas para diminuir os impactos ambientais gerados pelo crescimento das cidades e pelo grande consumo de fontes energéticas (derivados do petróleo, eletricidade).

Os estudos sobre ambiência urbana focados no conforto ambiental (térmico) são importantes para subsidiarem o entendimento das mudanças causadas no ambiente urbano, pois abrangem as características construcionais, microclimáticas e, também, consideram as alterações na escala local - a cidade e suas edificações constituintes, suas fontes consumidoras de energia e suas fontes poluidoras -, necessárias para a sobrevivência dos seres humanos, que buscam viver com maior comodidade possível.

A hipótese inicial desse estudo, *“a composição dos materiais construtivos das edificações, associada ao uso e ocupação do solo presentes no entorno das escolas estaduais de Presidente Prudente comprometem as condições do conforto térmico e a qualidade de vida da clientela escolar”*, comprovou-se a partir da verificação de situações de desconforto térmico, tanto para o frio, no período da manhã, como para o calor, no período da tarde, em duas estações do ano distintas (outono e a primavera), demonstrando que os materiais construtivos empregados nas edificações escolares, e nos seus arredores, não estão adequados para garantir situações de conforto térmico em determinadas situações climáticas/tempo atmosférico, que atuam na cidade de Presidente Prudente.

Os procedimentos metodológicos utilizados (o Sistema Clima Urbano, a Temperatura Efetiva de Thom (1959), a Carta Bioclimática de Olgyay (1963) e a pesquisa de questionários) mostraram-se relevantes para confirmar a hipótese inicial. Ressalta-se que, mesmo com as limitações apontadas pela literatura sobre a temperatura efetiva e a carta bioclimática as mesmas foram eficientes, para o estudo que se propôs nas escolas estaduais de Presidente Prudente, principalmente por que os questionários aplicados validaram os índices utilizados, a partir de uma sincronia entre os valores apresentados pelos equipamentos (mini-estações) e a percepção dos participantes.

Os valores de temperaturas efetivas foram validados pelos questionários, que visavam entender a percepção humana sobre a sensação térmica do ambiente e, como o seu organismo reage à mesma (sensação biológica). No geral, as respostas dos questionários variaram bastante, principalmente, no período da manhã, mas condiziam com o índice de conforto térmico, proposto por THOM.

A Carta Bioclimática, proposta por Olgyay, ratificou os resultados encontrados (índice de conforto proposto por THOM e os questionários) e apontou algumas

necessidades importantes para melhorar as condições de conforto térmico intraescolas, como ventilação e sombreamento.

De uma maneira geral, os resultados apontaram que: durante o outono em determinadas condições de tempo atmosférico as situações de conforto térmico foram predominantes, apontando que os materiais construtivos utilizados nas edificações escolares são apropriados e servem como isolantes para temperaturas abaixo de 18°C. Mas, na primavera, em condições de temperaturas do ar externas mais elevadas, acima dos 28°C, os materiais construtivos serviram para o aumento da temperatura interna, gerando situações de desconforto térmico para o calor.

A pesquisa concluiu que as edificações devem apresentar materiais constituintes apropriados para o isolamento, seja para o ganho ou perda de calor; é importante considerar a orientação geográfica dos prédios, bem como a exposição de suas fachadas, para garantir luminosidade e aporte de calor quando necessário (períodos de menor temperatura do ar); investir na presença de vegetação arbórea de grande porte no interior dos terrenos e próximas das construções escolares para que produzam sombras, principalmente, no período da tarde; e apropriar um sistema de ventilação, a partir de aberturas (janelas) mais adequadas, que maximizem a ação dos ventos no edifício escolar, garantindo, assim, as trocas térmicas entre o interior e o exterior, principalmente, no final da tarde e decorrer da noite.

Em suma, ao se construir as edificações, estas devem se adequar ao clima local para propiciar ao homem situações de conforto térmico. A arquitetura deve tanto amenizar as sensações de desconforto, tais como muito calor ou frio, como também propiciar ambientes internos similares ao ar livre, quando confortável e desejável.

No caso das escolas estaduais de Presidente Prudente, a atenção deveria ser maior, pois são espaços construídos relativamente grandes e que atendem a um fim muito importante - a educação. Os resultados encontrados junto aos alunos da EE Prof. Plácido Braga Nogueira apontaram que durante a primavera, no período vespertino, a temperatura estava afetando o comportamento e rendimento dos discentes, fato que pode ser comprovado em um dia normal de aula, por relatos de professores.

O ideal seria que a política construcional das escolas fosse realizada a partir de uma arquitetura bioclimática, privilegiando as variáveis ambientais e climáticas locais (radiação solar, umidade e ventos), necessárias para uma boa climatização natural intraescola. Para a latitude (22°S) de Presidente Prudente recomenda-se adotar como estratégias projetuais o controle da radiação solar, do vento e da umidade.

A radiação solar direta deve ser evitada em todas as superfícies (verticais e horizontais) durante as estações mais quentes e no decorrer da tarde, mesmo no outono e

inverno. Esse controle pode ser realizado a partir da presença de elementos naturais (diferentes tipos de vegetação) e de elementos artificiais (*brizes*, cortinas, toldos).

A ação dos ventos é satisfatória durante todo o ano, mas deve ser controlada, de acordo com as condições do tempo atmosférico e da estação do ano, principalmente no outono e inverno. As maiores (principais) fachadas, principalmente aquelas em que se encontram as janelas, devem estar voltadas para o norte e sul, para um maior controle da radiação solar incidente. A presença de vegetação é sempre relevante, principalmente porque influencia diretamente na umidade do ar e no controle da radiação solar incidente, principalmente nas paredes.

O controle desses três elementos condiciona diretamente a temperatura do ar de um local, assim determinando as condições de conforto térmico. Utilizar uma arquitetura bioclimática é garantir condições de conforto para os seres humanos que habitam esses recintos, e ainda, solucionar problemas, como dos gastos energéticos (eletricidade), pois edificações que apresentam eficiência energética satisfatória conseguem diminuir o consumo de energia elétrica, pelo pouco uso da climatização artificial (ventiladores e condicionadores de ar).

Um desenho arquitetônico apropriado a cada realidade (ambiental, social e cultural) pode contribuir para um habitat mais saudável e equilibrado. Mas, cabe salientar que nem sempre uma “arquitetura bioclimática” é suficiente para atender as necessidades climáticas de uma determinada região, como a de Presidente Prudente, que apresenta temperaturas externas elevadas, acima dos 30°C, praticamente no decorrer do ano todo, independente da estação do ano. Desta forma, em alguns momentos é/seria necessário a utilização de climatização artificial (ar condicionado), para manter as condições de conforto térmico intraedificação.

Nesse caso da climatização artificial cabe ao poder público prever esse tipo de necessidade durante a elaboração e execução da construção de uma edificação escolar. E ainda, compreender que essa é uma condição de saúde pública, principalmente, que em vários momentos os participantes da pesquisa (alunos) apontaram que as condições intraescola estavam comprometendo o rendimento das atividades desenvolvidas, bem como o seu bem-estar fisiológico e orgânico. É sabido que as condições ambientais desfavoráveis podem afetar o comportamento e o aprendizado dos alunos, assim causando “prejuízos intelectuais”.

No que se refere ao trabalho/pesquisa realizado com os alunos foi um momento de importante aprendizado, a partir de uma estratégia e incentivo a leitura (leitura e análise símbolos e cores) que proporcionou um melhor conhecimento de temas da Geografia escolar e das condições de tempo e clima, e ainda, do funcionamento fisiológico e orgânico do seu próprio corpo.

Mesmo porque a prática educacional e as metodologias empregadas em sala de aula devem ser sempre reavaliadas e modificadas, pois vivemos em um mundo globalizado, imediatista, de constantes e profundas transformações em um curto espaço de tempo, e as crianças/jovens compartilham e vivenciam essas mudanças, mesmo sem ter consciência e maturidade para absorverem todo o conhecimento produzido.

De forma conclusiva este trabalho apresenta um referencial teórico necessário para o entendimento das condições de climáticas e de conforto térmico intraedificação, bem como, alternativas e sugestões que deveriam ser adotadas pelo poder público no momento da construção de novas unidades escolares, ou na reforma das mesmas, para garantir condições de conforto térmico e de qualidade de vida para a clientela escolar.

Apresenta, também, o estudo do conforto térmico em sala de aula, a partir de uma forma diferenciada de aprendizado, baseada na percepção (sensações) e no simbolismo (abstrato e concreto) da vida das pessoas, desta forma, contribuindo com novas práticas metodológicas no ensino da geografia escolar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Desempenho térmico de edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades*. NBR 15220-1. Rio de Janeiro, maio. 2005.
- ABREU, D. S. *Formação histórica de uma cidade pioneira paulista: Presidente Prudente*. Presidente Prudente: Faculdade de Filosofia Ciências e Letras, 1972.
- AIALA, C.P.M. et al. *Estudo sobre a influência climática no rendimento escolar dos alunos do ensino fundamental II, no município de Conceição do Araguaia*. II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. 2011. Disponível em: www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/XI-014.pdf.
- ALEGRE, M. *Alta Sorocabana através de Atlas Regional*. Boletim do Departamento de Geografia. Presidente Prudente, vol. 03, 1970. p. 68-76.
- AMORIM, C. *Desempenho térmico de edificações e simulação computacional no contexto da arquitetura bioclimática – estudo de casos na região de Brasília*. 1998. Dissertação de mestrado, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília.
- AMORIM, M. C. C. T. *Análise ambiental e qualidade de vida na cidade de Presidente Prudente/SP*. 1993, 136p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.
- AMORIM, M.C.C.T. *O clima urbano de Presidente Prudente/SP*. São Paulo, 2000. 378p. Tese (Doutorado em Geografia) - FFLCH - USP.
- AYOADE, J.O. *Introdução à climatologia para os trópicos*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 332p.
- AROTZEGUI, J.M. *Parâmetros de conforto térmico em Porto Alegre*. Porto Alegre: UFRGS, 1997.
- ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineering. *Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta: ANSI/ASHRAE Standard, 1981.
- AZEVEDO G.A.N e BASTOS L.G. *Qualidade de vida nas escolas: produção de uma arquitetura fundamentada na interação usuário-ambiente*. In: Anais do seminário internacional psicologia e projeto do ambiente construído. Rio de Janeiro: PROARQ/EICOS/IP/UFRJ, 2000.
- AZEVEDO, G.A.N. *Arquitetura escolar e educação: um modelo conceitual de abordagem interacionista*. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio de Janeiro/RJ. 2002
- BARRIOS, N.A.Z., SANT'ANNA NETO, J.L. A circulação atmosférica no extremo oeste paulista. *Boletim Climatológico*, Presidente Prudente, v.1, n.1, p.8-9, março 1996.
- BATISTA, J.B.V. et al. *Conforto térmico no ambiente de ensino: implicações no desempenho e na aprendizagem*. Disponível em: <http://www.higieneocupacional.com.br/download/conforto-ensino.pdf>
- BENNETT, C.A., REY, P. *What's so hot about red?*. Human Factors, n°14, p.149-154, 1972.

BEREZUK, A. G. *Análise das adversidades climáticas no oeste paulista e no norte do Paraná*. Tese (Doutorado em Geografia). Presidente Prudente: [s. n.], 2007.

BOLETIM CLIMATOLÓGICO (Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP), Presidente Prudente, SP – Brasil, 1996.

BOLETIM CLIMANÁLISE. Volume 25, nº5, maio de 2010. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/index0510.shtml>. Acesso em maio de 2011.

BOLETIM CLIMANÁLISE. Volume 25, nº6, junho de 2010. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/index0610.shtml>. Acesso em junho de 2011.

BOLETIM INFOCLIMA 2010. Disponível em: <http://infoclima1.cptec.inpe.br>. Acesso em maio de 2010.

BOLETIM INFOCLIMA 2010. Disponível em: <http://infoclima1.cptec.inpe.br>. Acesso em junho de 2010.

BELTRAME, M.B. e MOURA, G.R.S. *Edificações: infra-estrutura necessária ao processo de ensino e aprendizagem*. Revista Travessias. 2009. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/travessias/article/download/.../2663>. Acesso em julho de 2012.

CARTANA, R. *Oportunidades e limitações para bioclimatologia aplicada ao projeto arquitetônico: estudo de caso em Florianópolis/SC*. Universidade Federal de Santa Catarina/Curso de pós-graduação em arquitetura. 2005 (Dissertação de Mestrado) 163p. Disponível em http://www.labcon.ufsc.br/pos_dissertacoes.php. Acesso em março de 2010.

CARVALHO, V.F.M. de. *Contributos bioclimáticos para o planeamento urbano sustentável: medidas de mitigação e de adaptação enquanto resposta às alterações climáticas*. Porto, 2006. Dissertação (Mestrado em Planeamento e Projecto do Ambiente Urbano) – Faculdade de Letras da Universidade do Porto – Portugal.

CASTRO, F, et al. Conforto térmico como indicador de aprendizagem em escolas de Ituiutaba/MG. REVISTA GEONORTE, Edição Especial 2, V.1, N.5, p.121 – 132, 2012. Disponível em: www.revistageonorte.ufam.edu.br/.../013_... Acesso em: 01 de novembro de 2012.

CAMARGO, C.E.S. *Qualidade ambiental urbana em Presidente Prudente/SP*. Presidente Prudente: [s.n.], 2007. (Dissertação de mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia/UNESP/Campus de Presidente Prudente.

CAMARGO, C.E.S., MENOTTI, S.S., *A cidade e o campo: estudo comparativo da temperatura, umidade relativa e direção do vento*. 2002. Monografia de Bacharelado. FCT/UNESP. Presidente Prudente/SP.

CHANDLER, T. J. London's urban climate. *Geographical Journal*, v. 128, p. 279-302, 1962.

CHANDLER, T. J. *The climate of London*. London: Hutchison of London, 1965. 287p.

COUTINHO FILHO, E. F. et al. *Avaliação do conforto ambiental em uma escola municipal de João Pessoa*. IX Encontro de Extensão Universitária. Desafios da indissociabilidade entre ensino e extensão. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, 2007. ISBN: 978-85-7445-089.

COUTINHO FILHO, E.F. et al. *Avaliação do conforto ambiental em uma escola municipal de João Pessoa/Paraíba*. Disponível em:

http://www.uefs.br/sitientibus/pdf/28/analise_do_conforto_ambiental.pdf. Acesso em 12 de setembro de 2010.

CUNHA, E. G. (org). *Elementos de Arquitetura e de Climatização Natural: método projetual buscando eficiência nas edificações*. Porto Alegre: Masquatro, 2006.

CUADRAT, J. e PITA, M. *Climatologia*. Cátedra:Madrid. 2000

DANNI, I. M. *Aspectos tempororo-espaciais da temperatura e umidade relativa de Porto Alegre em Janeiro de 1982*: contribuição ao estudo do clima urbano. São Paulo, 1987. 129p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

DAY, R.H. *Psicologia da percepção*. Trad. Departamento de psicologia educacional/Faculdade de ciências e letras, Universidade de São Paulo. 2ªedição. Rio de Janeiro, 1974.

DELIBERADOR, M. S. *O processo de projeto de arquitetura escolar no Estado de São Paulo: caracterização e possibilidades de intervenção*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. FEC/Unicamp, 2010. Disponível em:<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=000776591>

DUMKE, E.M.S. *Clima urbano/conforto térmico e condições de vida na cidade – uma perspectiva a partir do aglomerado urbano na região metropolitana de Curitiba (AU-RMC)*. Universidade Federal do Paraná/Pós-graduação em meio ambiente e desenvolvimento. 2007 (Tese de Doutorado) 429p. Disponível em <http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/handle/1834/12033>. Acesso em março de 2010.

EMMANUEL, R. Thermal comfort implications of urbanization in a warm-humid city: the Colombo Metropolitan Region (CMR), Sri Lanka. *Building and Environment*. N°40 p.1591–1601, 2005. Disponível em <http://www.elsevier.com/locate/buildingenv>. Acesso em dezembro de 2009

ENOS - *El Nino e La nina*. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em 13 de Janeiro de 2011.

FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO ESCOLAR (FDE). *Normas de apresentação de projetos de edificações*. Disponível em <http://consfde.edunet.sp.gov.br/catalogo/setembro/HTML/atualizacao/subpages/arquitetura.pdf>. Acesso em 10 de fevereiro de 2008.

FERREIRA, F.L. e PRADO, R.T.A. *Medição do albedo e análise de sua influência na temperatura superficial dos materiais utilizados em coberturas de edifícios no Brasil*. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo:EDUSP, 2003.

FERREIRA, F. e MELLO, M.G. *FDE: estruturas pré-fabricadas*. Arquitetura escolar paulista. São Paulo: FDE, 2006.

FITCH, J.M. *The aesthecs of function*. Annals the New York academy of sciences. p.706 – 714, 1965.

FLOR, F.J.S. de la; LISSÉN, J.M.S; DOMÍNGUEZ, S. A. A new methodology to wards determining building performace under modified outdoor conditions. *Building and Environment*. N°40 p.1591–1601, 2005. Disponível em <http://www.elsevier.com/locate/buildingenv>. Acesso em dezembro de 2009.

FROTA, A.B. & SCHIFFER, S.R. *Manual do Conforto Térmico*. 4ª ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

FUNARI, F.L. *O índice de sensação térmica humana em função dos tipos de tempo na Região Metropolitana de São Paulo*. 2006 (Tese de doutorado em Geografia Física) USP/São Paulo.

GARCÍA, F.F. *Manual de climatología aplicada*. Madrid: Editorial Sintesis, 1996.

GÓMEZ, A. L., GARCIA, F. F. La isla de calor en Madrid: avance de un estudio de clima urbano. *Estudios Geográficos*, 45, n.174, p.5-34, enero-marzo 1984.

GÓMEZ, A. L. *El clima de las ciudades españolas*. Madrid. 1993.

GÓMES, F.; TAMARIT, N.; JABALOYES, J.; Green zones, bioclimatics studies and human comfort in future development of urban planning. *Landscape and urban planning*, n,55, p.151 – 161, 2001. Disponível em <http://www.elsevier.com/locate/landurplan>. Acesso em dezembro de 2009

GIVONI, B. *Climate considerations in building and urban design*. John Wiley & Sons, USA. 1998

GOLANY, G.S. Urban Design morphology and thermal performance. In: *Atmospheric Environment*. nº30, v.3, 1996. p.455-465.

GONÇALVES, H. - *O sol nos edifícios*. Lemos: Rio de Janeiro, 1955.

GONÇALVES, H., GRAÇA, J. *Conceitos bioclimáticos para os edifícios em Portugal*. Tipografia Peres, Amadora, 2004.

GONZALEZ, E. HINZ, E. OTEIZA, P. QUIROS, C. *Projecto, clima y arquitectura*. Ediciones G. Gili, S.A., México. 1986.

HEIMSTRA, N.W.;McFARLING, L.H. *Psicologia ambiental*. Trad. Manoel Antônio Schmidt. São Paulo: EPU: Universidade de São Paulo, 1978.

HIGUERAS, E. *Urbanismo bioclimático – critérios medio-ambientales en la ordenación de asentamientos*. Tese de doutorado. Escola Técnica Superior de Madrid. Madrid. 1997

HIGUERAS, E. *Urbanismo bioclimático*. Editora Gustavo Gili, SL, Barcelona, 2006. 242p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <http://www.ibge.gov.br>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010). Disponível em :<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>

IKEFUTI, P.V. *Estudos do conforto térmico em bairros com diferentes padrões de construções em Presidente Prudente/SP*. 2009 (Monografia de bacharelado em Geografia)

ISO 7730. International standardization organization. Brussels, CEN, 2005.

ISO 7726. Ergonomics of the thermal environment: instruments for measuring physical quantities. Genève, 1998. Disponível em: <http://www.iso.org/iso/en/CatalogueDetailPage.CatalogueDetail?CSNUMBER=17555>.

- JACOBS, J. *Morte e vida de grandes cidades*. São Paulo: Martins Fontes, 2000.
- JENDRITZKY, G. *Human biometeorology*. Part I, *Experientia*, 499, p.733-740. 1993
- KOENIGSBERGER, O.H. INGERSOLL, T.G. MAYHEW, A. SZOKOLAY, S.V., *Viviendas y edificios em zonas cálidas y tropicales*. Madrid: Paraninfo. 1977
- KOWALTOWSKI, D.C.C.K, et al. *Melhoria do conforto ambiental em edificações escolares na Região de Campinas*. In: V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e II Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. Fortaleza/CE. 1999
- KOWALTOWSKI, D.C.C.K, et al. *O conforto no ambiente escolar: elementos para intervenções de melhoria*. In: IX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Foz do Iguaçu/PR. 2002
- LAGE, A.C.P. *Arquitetura escolar*. 2005. Disponível em: http://www.histedbr.fae.unicamp.br/navegando/glossario/verb_c_arquitetura_escolar.htm. Acesso em 19 de dezembro de 2011.
- LANDSBERG, M. E. *The urban climate*. New York: Academia Press, 1981. 276p.
- LOMBARDO, M.A. *Ilha de Calor nas metrópoles: O exemplo de São Paulo*. São Paulo: Hucitec, 1985. 244p.
- LAMBERTS, R.; GHISI, E.; ABREU, A.; CARLO, J. *Desempenho térmico de edificações*. LabEEE – laboratório de eficiência energética em edificações, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2005
- LIBÁNEO, J. C. – *Tendências pedagógicas na pratica escolar*. São Paulo: Loyola, 1985.
- LOURENÇO, M. et alli *Análise comparativa entre a temperatura do ar e a temperatura efetiva no ano de 1996 para a cidade do Rio Grande RS*. VII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada/ I Fórum Latino- Americano de Geografia Física Aplicada, 1997, *Anais... CD Rom*, Curitiba, Univesidade Federal do Paraná.
- LULA, C.C.M. SILVA, L.B. O conforto ambiental e a motivação: implicações no desempenho de alunos em ambientes climatizados. ABERGO 2002, Recife. Anais. Disponível em:<http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/.../NT000A47AE.pdf>
- MACEDO, L de. *Competências na educação*. 2008. Disponível em:<http://WWW.saopaulofazescola.sp.gov.br>. Acesso em julho de 2012
- MADUREIRA, H. Processos de transformação da estrutura verde do Porto. In: *Revista da faculdade de Letras – Geografia*, I série, vol. XVII – XVIII, Porto, pp.137-218. 2003
- MARIMOTO, M. e SALVI, R.F. *As percepções do homem sobre a natureza*. 2009. Disponível em: http://www.egal2009.easyplanners.info/area02/2118_Morimoto_Clayson.pdf. Acesso em julho de 2012
- MASCARÓ, L e MASCARÓ, J.J. *Ambiência urbana*. 3ªedição, Porto Alegre:Masquatro Editora, 2009.
- MENDONÇA, F. A., MONTEIRO, C. A. de F. (org). *Clima urbano*. São Paulo: Contexto, 2003.
- MENDONÇA, F. A.; DANNI-OLIVEIRA, I.M. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo:Oficina de Textos, 2007.

MENDONÇA, F. A. S.A.U. Sistema Ambiental Urbano: uma abordagem dos problemas socioambientais da cidade. In: MENDONÇA, F. A. (Org.). *Impactos Socioambientais Urbanos*. Curitiba: Ed. da UFPR, 2004b. p.185-207. 330p.

MESQUITA, A.L.S. *Engenharia de ventilação*. São Paulo: Edgar Blucher, 1977.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO (MEC). *Técnicas de construção*. Org. Alessandro Guimarães Pereira. Brasília:Universidade de Brasília, 2009.

MONTEIRO, C.A de F. *Teoria e clima urbano*. 25. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. 181p. (Série teses e Monografias, 25).

MONTEIRO, C.A de F. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos do clima urbano no Brasil. *Geosul*, Florianópolis,v.5, n.9, p.7-19, 1990.a

MONTEIRO, C.A de F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. *Geosul*, Florianópolis, v.5, n.9, p. 61-79,1990.b

MONTEIRO, C.A de F. A cidade como processo derivados ambiental e estrutura geradora de um "Clima Urbano". *Geosul*, Florianópolis, v.5, n.9, p. 80-114, 1990.c

MONTEIRO, C.A de F. *Teoria e clima urbano*. In: Clima Urbano. São Paulo:Contexto, 2003. p.9-68

MOREIRA, Igor Antônio. Atmosfera: temperatura e pressão. In: *Construindo o espaço – 5ª série*. v.1, 2ªed. São Paulo: Ática, 2004. p.148-161.

NIKOLOPOULOU, M.; STEEMERS, K. Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. In: *Energy and Buildings*, nº35, p.95-101. 2003. Disponível em <http://www.elsevier.com/locate/energybuildings>. Acesso em Dezembro de 2009.

NOGUEIRA, M.C. de J.A. e NOGUEIRA, J de S. *Educação, meio ambiente e conforto térmico: caminhos que se cruzam*. In: Revista eletrônica do mestrado em educação ambiental. v.10.2003

NOGUEIRA, M.C.de J.A. et al. *Conforto térmico na escola pública em Cuiabá-MT: estudo de caso*. In: Revista eletrônica do mestrado em educação ambiental. v.14.2005

OKE, T. R., MAXWELL, G.B. Urban heat island dynamics en Montreal and Vancouver. *Atmospheric Environment*, v.9, p.191-200, 1975.

OKE, T. R. *Boundary Layer Climates*. London: Methuem & Ltd. A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York, 1978, 372p.

OKE, T. R. *Climat impactos of urbanization*. In: Interations of energy and climate. Procceding. Dordrecht/Holanda: D. Heider Publishing Company, p.339-361, 1980.

OKE, T. R.The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, v.108, n. 455, p. 1-24, jan. 1981.

OKE, T. R. *The micrometeorology of the urban forest*. London, p.330 – 349, 1989.

OLIVEIRA, S., ANDRADE, H. An initial assessment of the bioclimatic comfort in an outdoor public space in Lisbon. In: *Climate and perception*. Nº52. p. 69-84. 2007.

OLIVEIRA, et. al. *Mudanças climáticas*. Brasília: MEC, SEB; MCT; AEB, 2009. 349p. (Coleção explorando o ensino; v.13)

OLGYAY, V. *Arquitectura y clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Editorial, Gustavo Gili: Barcelona. 1963

ORTIZ, G.F. *O clima urbano de Cândido Mota: análise do perfil térmico e higrométrico em episódios de verão*. Presidente Prudente: [s.n.], 2012, 158f. (Dissertação de mestrado em Geografia) – FCT/Unesp.

PELLERIN, N., CANDAS, V. *Combined effects of temperature and noise on human discomfort*. In: *Physiology & Behavior*, nº78, p.99-106. 2003

PERRENOUD, P. *Construir as competências desde a escola*. Porto Alegre: Artmed, 1999.

JOHANSSON, E. *Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco*. In: *Building and Environment*, s.n, p.1-13. 2005. Disponível em <http://www.elsevier.com/locate/energybuildings>. Acesso em dezembro de 2009.

ROMERO, M. *Princípios bioclimáticos para o desenho urbano*. Projeto, São Paulo, 1988.

ROMERO, M. A. B. *Arquitetura bioclimática do espaço público*. Brasília: Universidade de Brasília, 2001. 226p.

RORIZ, M. *Zona de conforto térmico: um estudo comparativo de diferentes abordagens*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura). Departamento de Arquitetura e Planejamento, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1987.

ROSSI, F.A.; KRÜGER, E. L. *Análise da variação de temperaturas locais em função das características de ocupação do solo em Curitiba*. R. RA'E GA, Curitiba: Editora UFPR, n.10, p.93-105, 2005.

SANT'ANNA NETO, J. L. *Decálogo da climatologia no sudeste brasileiro*. In: *Revista Brasileira de Climatologia*. v.1, n.1. 2010. Disponível em: http://www.geografia.fflch.usp.br/abclima/revista/vol_1/12_normas_rev_bras_clima_d.pdf. Acesso em Janeiro de 2011.

SANT'ANNA NETO, J.L. e TOMMASELLI, J.T.O *Tempo e o clima de Presidente Prudente*. 1ª edição. FCT/UNESP. Presidente Prudente/SP. 2009.

SANOFF, H. *School Design*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1994.

SKOOG, J., FRANSON, N., JAGEMAR, L. *Thermal environment in Swedish hospitals summer and winter measurements*. In: *Energy and Buildings*. Nº35, p.872-877. 2005. Disponível em: www.elsevier.com/locate/enbuild. Acesso dezembro de 2009.

SANTOS, M. *Metamorfoses do espaço habitado*. 2ªed. São Paulo: Hucitec, 1991

SANTOS, M. *A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção*. São Paulo: Edusp, 2004.

SERRA, R. *Clima, lugar y arquitectura*. In: *Manual de diseño bioclimático*. Centro de Investigaciones Energéticas – CIEMAT, Madrid. 1989

SERRA, R. *Arquitectura e Climas*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona. 1999

SEZERINO, M. L., MONTEIRO, C. A. F. O campo térmico na cidade de Florianópolis: primeiros experimentos. *Geosul*, Florianópolis, v.5, n.9, p. 20-60, 1990.

SILVA, J. A. da. Direito Urbanístico Brasileiro. 2 ed. rev. at. 2ª tiragem. São Paulo: Malheiros Editores, 1997.

SILVA, L.P. da. O conforto térmico nas salas de aula da FCT/Unesp de Presidente Prudente – SP. 2009 (Monografia de bacharelado em Geografia)

SPOSITO, M. E. B. *O chão em Presidente Prudente: A lógica da expansão territorial urbana*. 1983, 230p. Dissertação – Departamento de Geografia Humana e Regional, IPEAPPUNESP, Rio Claro.

SKINNER, B.F. *Science and human behavior*. New York: Macmillan, 1972.

SOUZA, Rosa Fátima. Templos de civilização. A implantação da escola primária graduada no Estado de São Paulo (1890-1910). São Paulo: UNESP, 1998.

THOM, E.C. *The discomfort index*. *Wetherwise* (V). (1959), 2:57-60.

UGEDA JÚNIOR, J.C. *Clima urbano e planejamento na cidade de Jales-SP*. Presidente Prudente: [s.n.] 2012. 383f. (Tese de doutorado em Geografia) – FCT/Unesp.

VECCHIA, F. *Clima e ambiente construído: a abordagem dinâmica aplicada ao conforto humano*. São Paulo, 1997. 329p. Tese (Doutorado em Geografia Física) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP.

VIANA, S.S.M. *O clima urbano de Teodoro Sampaio/SP*. Presidente Prudente: [s.n.], 2006 117 f. (Dissertação de mestrado em Geografia) – FCT/Unesp.

VICENTE, A.K. *Conforto térmico na cidade de Presidente Prudente*. Presidente Prudente – SP, 2001. (Monografia de Bacharelado)

WOHLWILL, J.F. *The emerging discipline of environmental psychology*. *American Psychologist*. 92 – 102, 1970.

SITES UTILIZADOS

Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:SaoPaulo_Municip_PresidentePrudente.svg. Acesso em dezembro de 2010.

Disponível em: <http://www.googleearth.com>. Acesso em 10 de setembro de 2010 e 15 de junho de 2012.

Disponível em: <http://www.inpe.br>. Acesso em maio, junho, novembro e dezembro de 2010.

Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/>. Acesso em maio, junho, novembro e dezembro de 2010.

Disponível em: http://www.ufrgs.br/labcon/aulas_2009-1/Aula7_GeometriaSolar.pdf. Acesso em dezembro 2011

ANEXOS

Anexo 1 - Ficha de observação das escolas estaduais selecionadas para a pesquisa – ano de 2010

Nome da Escola	
Nome do Diretor	
Nº de alunos (período)	M () T () N ()
Nº de funcionários	
Nº de salas de aula	
Nº de outras salas	
Equipamentos internos	Tipo/Quantidades/materiais
Ventiladores	
Lâmpadas	
Cortinas	
Ar condicionado (onde)	
Portas	
Janelas	
Teto	Forro () Laje ()
Equipamentos externos	Tipo/aspecto/localização
Telhados	Sim () Não ()
Calçamentos	Sim () Não ()
Jardins/vasos	Sim () Não ()
Vegetação arbórea	Baixa () Média () Alta ()
Pátio (coberto)	Sim () Não ()
Quadra (coberta)	Sim () Não ()
Quebra-sol (Janelas)	Sim () Não ()
Paredes (Cor)	Externa () Interna ()
Orientação geográfica (corpo principal da escola)	Nascer do sol () Por do sol ()
Observações gerais	

Anexo 2 - Ficha de observação da temperatura do ar e sensações de conforto

Nome: _____ n.º.: _____ Série: _____

Sexo: M () F () Idade: _____ anos Função: _____

Período observado: De _____ a _____ / _____ /20_____ Manhã () Tarde ()

Dia	8h00	9h00	11h00	12h00	15h00	17h00	18h00
Seg							
Ter							
Qua							
Qui							
Sex							

Legenda

	Muito quente
	Quente
	Amena
	Fria
	Muito fria

A. Você tem ou está com algum problema de saúde? 1. Sim 2. Não

Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta

Especifique. _____

B. Em relação à temperatura do dia de hoje, você está sentindo:

1. Calor 2. Muito calor 3. Frio 4. Muito frio 5. Abafado
6. Fresco 7. Conforto

Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta

1. Incômodo 2. Ligeiramente Incômodo 3. Cômodo 4. Muito Incômodo

Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta

1. Sonolência 2. Falta de ar 3. Tontura 4. Irritação
5. Bem-estar 6. Calafrios

Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta

C. A temperatura de hoje está afetando o seu desempenho ou comportamento?

1. Sim 2. Não

Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta

Especifique. _____

D. Os ventiladores estão sendo suficientes para amenizar o calor no dia de hoje?

1. Sim 2. Não

Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta

E. A temperatura de hoje ...

1. Atrapalha a aula 2. Não Atrapalha a aula

Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta

Anexo 3 – Dados de radiação solar incidente sobre planos verticais para a latitude de 20°S.

Anexo 3.1 - Dados de Radiação Solar Incidente (I_g) sobre planos verticais (W/m^2), para uma latitude de 20°S no solstício de verão, associada à orientação geográfica.

	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h
S	108	213	234	194	158	138	124	138	158	194	234	213	108
SE	239	547	673	578	446	288	107	68	63	58	50	38	20
E	241	583	746	657	511	309	65	68	63	58	50	38	20
NE	114	299	412	407	344	225	65	68	63	58	50	38	20
N	20	38	50	58	63	68	65	68	63	58	50	38	20
NW	20	38	50	58	63	68	65	225	344	407	412	299	114
W	20	38	50	58	63	68	65	309	511	657	746	583	241
SW	20	38	50	58	63	68	107	288	446	578	673	547	239

Fonte – Adaptado de Gonçalves (1955) apud Frota e Schiffer (2003)

Anexo 3.2 - Dados de Radiação Solar Incidente (I_g) sobre planos verticais (W/m^2), para uma latitude de 20°S no equinócio (outono e primavera), associada à orientação geográfica.

	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h
S	0	28	45	53	60	65	68	65	60	53	45	28	0
SE	219	537	668	573	443	285	110	65	60	53	54	28	0
E	221	573	741	652	508	306	68	65	60	53	45	28	0
NE	94	286	407	402	341	222	68	65	60	53	45	28	0
N	88	203	229	189	155	135	127	135	155	189	229	203	88
NW	0	28	45	53	60	65	68	222	341	402	407	289	94
W	0	28	45	53	60	65	68	306	508	652	741	573	221
SW	0	28	45	53	60	65	110	285	443	573	668	537	219

Fonte – Adaptado de Gonçalves (1955) apud Frota e Schiffer (2003)

Anexo 3.3 - Dados de Radiação Solar Incidente (I_g) sobre planos verticais (W/m^2), para uma latitude de 20°S no solstício de inverno, associada à orientação geográfica.

	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h
S	-	13	35	45	50	55	58	55	50	45	35	13	-
SE	-	65	127	75	50	55	58	55	50	45	35	13	-
E	-	163	425	524	439	267	58	55	50	45	35	13	-
NE	-	174	495	693	711	633	501	334	161	45	35	13	-
N	-	90	295	485	596	661	685	661	596	485	295	90	-
NW	-	13	35	45	161	334	501	633	711	693	495	174	-
W	-	13	35	45	50	55	58	267	439	524	425	163	-
SW	-	13	35	45	50	55	58	55	50	45	127	65	-

Fonte – Adaptado de Gonçalves (1955) apud Frota e Schiffer (2003)