



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E
URBANISMO

Ruas confortáveis, ruas com vida.

Proposição de diretrizes de desenho urbano bioclimático para vias públicas.

Av. Juscelino Kubitschek, Palmas – TO.

CARLOS EDUARDO CAVALHEIRO GONÇALVES

Brasília

2009



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E
URBANISMO

Ruas confortáveis, ruas com vida.

Proposição de diretrizes de desenho urbano bioclimático para vias públicas.

Av. Juscelino Kubitschek, Palmas – TO.

CARLOS EDUARDO CAVALHEIRO GONÇALVES

Dissertação apresentada ao Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Brasília, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientação: Prof^a. Dr^a. Marta Bustos Romero.

Brasília
2009

AGRADECIMENTOS

À Deus.

À minha mãe, ao meu pai, às minhas irmãs, cunhados e sobrinhos, pela maravilhosa família que são.

À minha esposa Ana Flávia Lucena, pela ajuda e compreensão ao longo desta dissertação.

À professora Marta Romero pela orientação e por toda sua valorosa contribuição acadêmica

Aos amigos arquitetos, Pablo Vailatti, Márcio Rosa, Gustavo Ginjo, Gilson França, Rodrigo Vargas, Marivaldo Ribeiro e João Paulo Tavares, pelas valorosas conversas sobre arquitetura

Às professoras Patrícia Orfila, Mariela Oliveira e Mônica Avelino.

A toda equipe da fundação cultura do estado do Tocantins, Julio César, Simone Araújo, Cristiane Rezende, Alysson-ney Chaves, Verônica Falcão e Odaly Araújo.

E aos professores, funcionários e colegas do curso de mestrado.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	iii
SUMÁRIO.....	iv
RESUMO.....	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE QUADROS	xi
LISTA DE GRÁFICOS.....	xii
INTRODUÇÃO	1
1ª PARTE – Via pública, automóvel e concepção bioclimática.	7
Capítulo 01	7
A VIA PÚBLICA, SEUS PROBLEMAS E A CONCEPÇÃO BIOCLIMÁTICA COMO UMA POSSÍVEL SOLUÇÃO.	7
1.1 A via pública	7
1.2 O uso excessivo do automóvel na via pública.....	8
1.3 A concepção bioclimática	12
1.3.1 Arquitetura vernacular.....	13
1.3.2 O Bioclimatismo	15
1.3.3 A concepção bioclimática do espaço público.....	16
2ª PARTE – Base tecnológica, conforto térmico, clima, morfologia urbana e clima urbano.....	17
Capítulo 02	17
O CONFORTO TÉRMICO, ESTUDO DO SISTEMA SER HUMANO	17
2.1 Trocas de calor entre o ambiente e o homem	18
2.2 O conforto térmico	19
2.3 Variáveis de conforto térmico	21
2.3.1 Variáveis pessoais	21
2.3.2 Variáveis ambientais.....	23

Capítulo 03.....	25
O SISTEMA CLIMA, O ESTUDO DO MEIO.....	25
3.1 O clima	25
3.1.1 As condicionantes climáticas	27
Capítulo 04.....	37
A FORMA E OS ELEMENTOS DA VIA PÚBLICA, O ESTUDO DO HABITAT	37
4.1 A percepção ambiental.....	38
4.2 A análise sequencial, estudo da forma.....	40
4.2.1 Os elementos da imagem urbana	42
4.2.2 O campo visual de cada “quadro”, a configuração dos lugares	43
Capítulo 05.....	47
CLIMA URBANO, ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE HABITAT E MEIO	47
5.1 A relação clima e urbanização.....	47
5.2 O clima urbano	49
5.3 Efeitos climáticos negativos gerados pela urbanização.	54
3ª PARTE – Diretrizes bioclimáticas para vias públicas.....	60
Capítulo 06.....	60
DIRETRIZES DE DESENHO URBANO BIOCLIMÁTICO PARA O CONFORTO TÉRMICO EM VIAS PÚBLICAS.....	60
6.1 Técnicas bioclimáticas.....	60
6.1.1 As cartas bioclimáticas de Olgyay (1963) e Givoni (1976).....	61
6.1.2 Princípios bioclimáticos de Romero (1988).....	64
6.1.3 A ficha bioclimática de Romero (2001)	67
6.2 Estratégias de conforto térmico para vias públicas	68
6.3 Recomendações para os recursos disponíveis	70
6.3.1 Vegetação urbana.....	70
6.3.2 Ventilação natural	73
6.3.3 Uso da água.....	74
6.3.4 Pavimentação e largura de calçadas	74
4ª PARTE – Proposição de diretrizes de desenho urbano para vias públicas.	76

Capítulo 07	76
PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES DE DESENHO URBANO BIOCLIMÁTICO PARA A AVENIDA JUSCELINO KUBITSCHECK, PALMAS - TO	76
7.1 A cidade de Palmas, capital do Tocantins.....	76
7.2 A morfologia da Av. Juscelino Kubitscheck.	81
7.3 Estudo do macroclima de Palmas – TO	87
7.4 Aplicação da carta bioclimática de Givoni (1976).....	92
7.5 Aplicação da ficha bioclimática na Avenida JK.....	93
7.5.1 O entorno.....	95
7.5.2 A base.....	105
7.5.3 A fronteira	109
7.6 Proposições e diretrizes para a avenida JK	117
5ª PARTE – Conclusões, referências bibliográficas e anexos.	126
CONCLUSÃO.....	126
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131
ANEXOS... ..	137

RESUMO

Esta dissertação tem como objetivo contribuir para a melhoria das condições de habitabilidade nas cidades, através de um estudo que possibilite levantar diretrizes de desenho urbano de controle dos agentes climáticos adversos ao conforto térmico do homem nas vias públicas. O objeto de estudo consiste no desenho urbano bioclimático de controle do clima na escala do lugar, sendo o estudo de caso a Avenida Juscelino Kubitschek, na cidade de Palmas - TO. O método utilizado consiste em: estudar a via pública e a concepção bioclimática do espaço público; montar uma base tecnológica com enfoque no conforto térmico em vias públicas; analisar técnicas e estratégias bioclimáticas de controle dos agentes do clima; aplicar os resultados da pesquisa bibliográfica no caso de estudo, propondo diretrizes de desenho urbano para o mesmo; e comentar os resultados obtidos nas considerações finais. Os resultados demonstram a importância de se inserirem conceitos bioclimáticos na concepção, construção e ou revitalização das vias públicas e o grande papel da vegetação no controle sustentável dos agentes adversos ao conforto térmico.

ABSTRACT

This dissertation aims to contribute to the improvement of the conditions of housing in cities through a study that allows us to find the guidelines for urban design control of the adverse climatic agents to the thermal comfort of the people in the streets. The object of study is based on bioclimatic urban design for climate control on the scale of the place and the case of study on Avenue J.K. the city of Palmas-TO. The method used is to: study the road and the bioclimatic design of public space, build a technology base with a focus on thermal comfort in public roads, analyze bioclimatic strategies and techniques of climatic control agents, apply the results of bibliographic research in the case of study, proposing guidelines for urban design, and comment on the results obtained in the final considerations. The results demonstrate the importance of working in bioclimatic concepts in design, construction and revitalization of public roads; and the important role of vegetation in controlling development of adverse agents to thermal comfort.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01: Sítio histórico de Natividade-TO.....	13
FIGURA 02: Rua Deocleciano Nunes, Natividade-TO.....	14
FIGURA 03: Janelas com modalidade seletiva.....	14
FIGURA. 04: Trocas térmicas entre homem e ambiente.....	18
FIGURA. 05: Nebulosidades.....	28
FIGURA 06: Albedo dos materiais urbanos.....	29
FIGURA 07: Carta solar.....	30
FIGURA 08: Rosa dos ventos da cidade de Palmas-TO.....	36
FIGURA 09: Análise sequencial da Route Nationale 7, entre Corbeil e Paris....	41
FIGURA 10: A forma visual de Los Angeles.....	42
FIGURA 11: Figura de efeitos topológicos.....	44
FIGURA 12: Figura de efeitos topológicos.....	44
FIGURA 13: Os elementos do pitoresco A.....	45
FIGURA 14: Relação altura e largura, a proporção W/H.....	46
FIGURA 15: Camadas atmosféricas do clima urbano.....	50
FIGURA 16: Efeitos aerodinâmicos do vento.....	52
FIGURA 17: Perfil da ilha de calor.....	55
FIGURA 18: Inversão térmica.....	57
FIGURA 19: Padrão do ar numa rua. desfiladeiro.....	59
FIGURA 20: Carta bioclimática com as zonas de conforto propostas por Olgay.....	62
FIGURA 21: Carta bioclimática com as zonas de conforto propostas por Givoni.....	64
FIGURA 22: Modelo de arborização urbana para vias públicas com até 20m de largura.....	71
FIGURA 23: Evolução da ocupação.....	78
FIGURA 24: Planta esquemática da cidade de Palmas-TO.....	80
FIGURA 25: Avenida Juscelino Kubitscheck em 1990.....	82
FIGURA 26: Análise seqüência da Av. JK.....	83
FIGURA 27: Análise da caixa da rua da Av. JK.....	84
FIGURA 28: Análise das rotatórias da Av. JK.....	85
FIGURA 29: Corte esquemático e imagens da Av. JK.....	85
FIGURA 30: Proporção W/H da Av. JK.....	86
FIGURA 31: Barreiras arquitetônicas na acessibilidade, Av. JK.....	87

FIGURA 32: Carta bioclimática, latitude 10 11.....	93
FIGURA 33: Localização da área de estudo.....	94
FIGURA 34: Trechos e grupos de análise da AV. JK.....	95
FIGURA 35: Acessos de sol e vento.....	96
FIGURA 36: Vento Leste – efeito esquina, corredor e barreira.....	97
FIGURA 37: Vento norte e nordeste-Efeito esquina, corredor e barreira.....	98
FIGURA 38: Vento nordeste e sul-Efeito esquina corredor e barreira.....	99
FIGURA 39: Massa em ambos os lados da via. Grupo Comercial (GC).....	100
FIGURA 40: Massa somente do lado norte da via. Grupo residencial (GRE).101	
FIGURA 41: Sem massa. Grupo Rotatória (GR).....	101
FIGURA 42: Comportamento dos ventos.....	102
FIGURA 43: Tabelas e gráficos de nebulosidade.....	104
FIGURA 44: Pavimentação da Av. JK.....	106
FIGURA 45: Cobertura vegetal – Praça dos Girassóis.....	107
FIGURA 46: Temperaturas superficiais me. JK.....	108
FIGURA 47: Temperaturas superficiais medidas na Av. JK.....	108
FIGURA 48: Ficha bioclimática dos trechos 1, 3, 5, 7 e 9.....	112
FIGURA 49: Imagem pertencente aos trechos 1, 3 ,5 ,7 e 9.....	113
FIGURA 50: Ficha bioclimática dos trechos 2, 4 e 8.....	114
FIGURA 51: Imagem pertencente à ficha bioclimática dos trechos 2, 4 e 8.....	115
FIGURA 52: Ficha bioclimática do trecho 6.....	116
FIGURA 53: Marquises da Av. JK.....	118
FIGURA 54: Piso concreto grama.....	118
FIGURA 55: Esguichos de água.....	119
FIGURA 56: Micro-pulverizadores.....	119
FIGURA 57: Via pública arborizada.....	120
FIGURA 58: Árvores de grande porte e grande área sombreada.....	120
FIGURA 59: Trepadeiras combinadas com pergolados.....	121
FIGURA 60: Pergolados de madeira.....	121
FIGURA 61: Estratégias bioclimática para a Av. JK.....	123
FIGURA 61: Estratégias bioclimática para a Av. JK.....	124
FIGURA 61: Estratégias bioclimática para a Av. JK.....	125

LISTA DE QUADROS

QUADRO 01: Taxa metabólica para diferentes atividades.....	22
QUADRO 02: Albedo de vários tipos de superfície da Terra.....	29
QUADRO 03: Variações do clima por altitude.....	31
QUADRO 04: Tabela escala de Beaufort.....	36
QUADRO 05: Mudanças médias climáticas, causadas pela urbanização.....	50
QUADRO 06: Localização Geográfica de Palmas-TO e Porto Nacional-TO.....	87
QUADRO 07: Dados de temperatura máxima de Palmas-TO.....	88
QUADRO 08: Dados de temperatura mínima de Palmas-TO.....	88
QUADRO 09: dados de temperatura de Porto Nacional-TO.....	89
QUADRO 10: Dados de precipitação de Palmas-TO.....	89
QUADRO 11: Dados de umidade relativa de Palmas-TO.....	90
QUADRO 12: Dados de insolação de Palmas-TO.....	92

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 01: Dados de precipitação e temperatura, Porto Nacional.....	90
GRÁFICO 02: Dados de umidade relativa, Porto Nacional-TO.....	91
GRÁFICO 03: Dados de evaporação de Porto Nacional-TO.....	.91
GRÁFICO 04: Dados de nebulosidade, Porto Nacional-TO.....	92

INTRODUÇÃO

A sociedade de hoje é completamente distinta das que já existiram, logo sua cidade também será inédita das demais da história. O fenômeno de materialização dessa nova cidade, que ocorre hoje não está acabado, é realizado todo o dia, e durante o processo surgem inúmeros problemas, tanto sociais quanto ambientais. O modo como o ser humano molda e interage com o espaço urbano é complexo; a cidade é um laboratório onde se obtém o sucesso ou o fracasso na busca de solução dos problemas urbanos. Como Spiro (1995, p. 291) afirma “a cidade é uma máquina infernal que evolui constantemente”. Nela o homem age resolvendo problemas ou criando novos.

A partir dos acontecimentos ocorridos após a revolução industrial, a cidade atinge uma escala nunca vista antes na história da humanidade. Essa nova escala foi proporcionada por diversos fatores entre eles a explosão demográfica urbana, a grande produção de bens de consumo duráveis e não duráveis, as conquistas tecnológicas, entre outros. Dentre estes fatores também pode-se destacar a valorização do uso do automóvel na sociedade e as políticas públicas e de planejamento urbano voltadas à seu uso eficiente. Esses fatos tornaram o automóvel a principal máquina de modificação da cidade, tanto em sua escala quanto em sua paisagem, visto que esta permitiu a expansão territorial urbana e também alterou as características da via pública, como largura, materiais de revestimento e traçado. (KOHLSDORF, 1985, PANERIA, 2006, RELPH, 1987)

Essa alteração na escala da cidade e na paisagem urbana acabou acarretando uma série de problemas sociais e ambientais aos importantes espaços públicos que configuram a via pública. Pode-se citar, como problemas sociais, as dificuldades na acessibilidade, na mobilidade urbana e nas relações sociais, visto que as vias públicas passaram a ser pensadas para a escala do automóvel. As condições de uso da via pelos pedestres e ciclistas é dificultada, tornando a população dependente de modalidades de transporte motorizado. (VASCONCELOS, 2000, JACOBS, 1961)

Sobre os problemas ambientais, pode-se afirmar que o uso maciço do automóvel vem a contribuir na modificação do micro-clima urbano. Essas

mudanças se dão de forma direta por meio da emissão de calor e gases poluentes gerados pelos automóveis, e de forma indireta pelo aquecimento e desumidificação do ambiente urbano pela excessiva cobertura impermeável do solo com materiais de alta capacidade térmica, pela abertura de novas vias que geram desmatamento e pelo alargamento da via que aumenta a exposição desses materiais de alta capacidade térmica à radiação solar. (SPIRN, 1995, LOMBARDO, 1085)

Atingir o conforto térmico em vias públicas hoje é cada vez mais difícil, devido a todos os problemas decorrentes do uso maciço do automóvel comentado nesse trabalho. Esses problemas atuam tanto nas condicionantes do conforto pessoal, a partir do momento em que os trajetos a se percorrer a pé são distanciados, aumentando assim a atividade física e o metabolismo; quanto nas condicionantes ambientais de conforto, a partir do momento em que o calor e os gases emitidos pelos automóveis, geram o aquecimento e a poluição da camada intra-urbana.

Sabe-se que o conforto térmico nos ambientes depende da adequação da cidade ao clima, ou seja, é em função da maneira como as características morfológicas urbanas irão interferir nos agentes climáticos e conseqüentemente no clima urbano. Essa adequação ao clima é tarefa complexa e dependente de inúmeros fatores preexistentes em cada sítio urbano, contudo sabe-se que as formas que compõem a cidade devem ser pensadas de forma a dar continuidade aos aspectos naturais existentes, formas estas que realizem a transição gradual entre o meio contruído e o natural, que atuem como filtros dos agentes agressivos ao homem e que adotem o menor consumo de recursos naturais e de energias. Adotando esses critérios, tanto nos ambientes internos quanto nos externos, estar-se-à proporcionando melhores condições de bem estar e salubridade, na medida em que as condições climáticas, sonoras e de luminosidade estiverem mais próximas as requeridas pelo homem. (ROMERO, 2000, GIVONI, 1976, OLGAY, 1963)

A cidade de Palmas, capital do Estado do Tocantins, é um exemplo típico do planejamento urbano voltado ao automóvel, visto que a mesma foi planejada e construída com largas vias asfaltadas, distribuição espaçada e isolada das edificações, extensos quarteirões, interseções de vias realizadas por rotatórias de porte médio. Toda essa configuração acarreta a cidade o

distanciamento dos trajetos a se percorrer a pé, a dificuldade na travessia das vias e dos quarteirões, extensas áreas desprotegidas dos agentes climáticos, características essas que prejudicam o conforto térmico dos pedestres.

Mesmo com o consentimento de que as práticas voltadas ao uso excessivo do automóvel particular são insustentáveis e que geram uma série de problemas à humanidade, o que se tem visto, no processo formal de materialização das vias públicas é a manutenção desses princípios urbanísticos voltados ao uso eficiente do automóvel, potencializado assim cada vez mais os problemas existentes nas vias públicas.

Os problemas aqui comentados instigam importantes questões, que motivam esse estudo:

Como amenizar os problemas ambientais gerados pelo uso excessivo do automóvel?

Quais diretrizes de desenho urbano podem ser utilizadas na melhoria das condições de conforto térmico em vias públicas?

Como dispor, de forma sustentável, os recursos arquitetônicos e urbanísticos disponíveis, em prol do controle dos agentes térmicos indesejáveis?

A fim de respondê-las, este trabalho parte do pressuposto de que a concepção bioclimática do espaço público possibilita uma boa alternativa ao planejamento e desenho urbano ora aplicado, já que esta visa o ordenamento dos elementos arquitetônicos e urbanísticos a fim de que estes se transformem também em filtros dos agentes ambientais adversos a salubridade e ao conforto do homem. (ROMERO, 2001)

Como a concepção bioclimática abrange diversos elementos físico-naturais a serem controlados como o clima, o som e a luz; e também por essa abranger diversas escalas como a da cidade, a do bairro/área/setor, a do lugar e a do edifício, (ROMERO, 2001), percebeu-se a necessidade de se fazer o recorte analítico que viabilize esse estudo, para tanto, delimitou-se o objeto de estudo do desenho urbano bioclimático de controle do clima na escala do lugar.

O objetivo deste trabalho é contribuir para a melhoria das condições de bem estar dos pedestres, por meio do estudo das informações necessárias para

a elaboração de diretrizes de desenho urbano bioclimático voltado ao controle dos elementos térmicos em vias públicas.

Os objetivos específicos são:

- Estudar conceitos relativos à arquitetura bioclimática;
- Montar uma base tecnológica de projeto bioclimático para vias públicas;
- Estudar técnicas e estratégias bioclimáticas de conforto térmico;
- Aplicar os conhecimentos adquiridos no estudo de caso.

O método utilizado consiste em estudar a via pública, buscando entender a problemática levantada, e também a concepção bioclimática do espaço público, pressuposto de solução da mesma. Em seguida este parte para a montagem da base tecnológica, que segundo Romero (2001, p. 12), permite “desenvolver adequadamente um projeto arquitetônico do espaço público”. Posteriormente foram estudadas técnicas, estratégias bioclimáticas concluindo assim o levantamento das informações necessárias para a proposição de diretrizes de desenho urbano bioclimático de controle dos agentes térmicos nas vias públicas. Aplicou-se os estudos realizados no estudo de caso da Av. Juscelino Kubitscheck, na cidade de Palmas, resultando em diretrizes para esse estudo de caso.

O trabalho é organizado em oito capítulos, distribuídos em cinco partes:

1ª PARTE – Via pública, uso excessivo do automóvel e concepção bioclimática.

Capítulo 01 – A via pública, seus problemas e a concepção bioclimática como uma possível solução.

É tratada a relevância social do tema escolhido, por meio do estudo da problemática levantada, que refere-se aos problemas gerados pelo uso excessivo do automóvel nas vias públicas, e do estudo do pressuposto de solução desta problemática, que refere-se à concepção bioclimática. Utiliza os estudos de Jacobs (1961) e Lynch (1999) para a via pública, os estudos de Cullen (1971), Kohlsdorf (1985), Vasconcellos (2000), Panerai (2006), Relph (1987), Rivero (1985) e Spirn (1995) para os problemas causados pelo uso excessivo do automóvel, e os estudos de Romero (2001), Rapoport (1972),

Mascaró (1996), Romero (1998), Barbirato (2007), Lamberts (1997), Serra (1989), Olgyay (1963) para o estudo da concepção bioclimática.

2ª PARTE – Base tecnológica, conforto térmico, clima, morfologia urbana e clima urbano.

São elaboradas as informações necessárias para o desenvolvimento de uma base tecnológica do projeto arquitetônico bioclimático voltado ao conforto térmico em vias públicas. Partiu-se do princípio de que o desenho bioclimático envolve três níveis de trabalho: o meio no qual se projeta, os habitantes e os próprios edifícios. Logo nesta parte é realizada a revisão bibliográfica acerca do conforto térmico, do clima, da forma e dos elementos da via pública, e do clima urbano. Este estudo é destinado a obter as informações necessárias para a proposição de diretrizes de desenho urbano para a Av. Juscelino Kubitschek, Palmas - TO.

Capítulo 02 – O conforto térmico, estudo do sistema homem.

São levantadas as informações relativas ao conforto térmico, visando abordar o nível de trabalho dos habitantes e do sistema homem. É referenciado por Acioli (1994), Romero (2001), Ruas (1999), Lamberts (2005), Corbella (2003), Givoni (1976), Serra (1999) e Koenigsberger et al, (1979) apud Giralt (2006).

Capítulo 03 – O sistema clima, estudo do meio.

São analisados os elementos físico-naturais existentes, por meio dos fundamentos da climatologia, ciência que estuda o clima. Os autores analisados são: Romero (1988 e 2001), Givoni (1976), Rivero (1985), Mascaró (1983 e 1996), Torres (2008), Hertz (1998), Frota e Schiffer (1995), Brown (2004), Holtz (1976), Hertz (1998), Acioli (1994), Barbirato (2007), Mascaró (2002), Fitch apud Romero (1988), Oliveira (1988), Givoni (1976), Hertz (1998).

Capítulo 04 – A forma e os elementos da via pública, o habitat.

São trabalhados conceitos relativos à forma urbana e aos elementos físicos que a compõem as vias públicas. Utiliza os estudos de Del Rio (1996), Cullen (1971), Bentley (1999), Lynch (1964 e 1999), Kohlsdorf (1996) e Panerai (2006).

Capítulo 05 – Clima urbano, o estudo da relação entre habitat e meio.

São estudados os atributos da forma urbana que proporcionam mudanças nos microclimas urbanos, os elementos climáticos mais alterados e os problemas ambientais gerados pela urbanização. Utiliza os estudos de Spirn (1995), Oliveira (1988), Barbirato (2007), Mascaró (1996), Oke (1989), Romero (2001), Landsberg (1981), Lombardo (1985) e Mota (1999).

3ª PARTE – Diretrizes bioclimáticas para vias públicas.

Capítulo 06 – Diretrizes de desenho urbano bioclimático para o conforto térmico em vias públicas.

São desenvolvidas diretrizes de desenho urbano bioclimático por meio da análise de técnicas e estratégias bioclimáticas, assim como os recursos disponíveis para o conforto térmico. Utiliza os trabalhos de Olgyay (1963), Givoni (1976), Romero (1988 e 2001), Mascaró (2002), Spirn (1995), Hertz (1998), Magalhães (2001), Pivetta e Silva Filho (2002), Gouvêa (2002), COELBA (2002), NBR 9050:2004, Abbud (2006).

4ª PARTE – Preposição de diretrizes de desenho urbano para vias públicas.

Após levantar o referencial teórico necessário para a obtenção de diretrizes para o projeto bioclimático voltado ao conforto térmico em vias públicas, este aplica os conhecimentos adquiridos em um estudo de caso, sendo ele a respeito da Avenida Juscelino Kubitscheck, na cidade de Palmas - TO. O resultado almejado consiste em propor diretrizes de desenho urbano para o caso analisado.

Capítulo 07 – Proposição de diretrizes de desenho urbano bioclimático para a Avenida Juscelino Kubitscheck, Palmas – TO.

É realizada a análise histórica, das características morfológicas e das condições físico-naturais existentes. Também são aplicadas metodologias de levantamento de dados como a carta bioclimática de Givoni (1969) e a ficha bioclimática de Romero (2001). E conclui com proposições de desenho urbano voltados ao conforto térmico para a avenida, caso de estudo.

5ª PARTE – Conclusões e considerações finais.

São desenvolvidas as considerações finais para cada estudo realizado e as conclusões sobre os resultados obtidos.

1ª PARTE – Via pública, automóvel e concepção bioclimática.

Capítulo 01

A VIA PÚBLICA, SEUS PROBLEMAS E A CONCEPÇÃO BIOCLIMÁTICA COMO UMA POSSÍVEL SOLUÇÃO.

Este capítulo trata a via pública; as ações de planejamento urbano voltadas ao automóvel; os problemas ambientais, sociais e de conforto térmico causados pelo uso excessivo de automóvel; e o pressuposto de solução da problemática levantada, a concepção bioclimática. Busca-se justificar o trabalho e demonstrar sua relevância.

Traz uma breve revisão bibliográfica acerca da via pública e do uso do automóvel, abordando suas causas e suas conseqüências. Por último, desenvolve os conceitos da concepção bioclimática, abordando também a arquitetura vernacular e a arquitetura bioclimática, que são conceitos base dessa nova concepção voltada ao espaço público.

Utiliza os estudos de Jacobs (1961) e Lynch (1999) para a via pública, os estudos de Cullen (1971), Kohlsdorf (1985), Vasconcellos (2000), Jacobs (1961), Panerai (2006), Relph (1987), Rivero (1985) e Spirn (1995) para a invasão do automóvel, e os estudos de Romero (2001 e 1998), Rapoport (1972), Mascaró (1996), Barbirato (2007), Lamberts (1997), Cook, (1991), Serra (1989), Olgyay (1963) para o estudo da concepção bioclimática.

1.1 A VIA PÚBLICA

A Via Pública é a superfície por onde transitam veículos, pessoas e animais. Pertence, por lei, à coletividade, devendo ser acessível a todos. Muitas organizam os lotes urbanos e delimitam o espaço público/privado. Sua estrutura é facilmente reconhecida pelos indivíduos e seu conjunto forma uma rede de espaços públicos destinados à permanência e / ou à circulação. Podem imprimir à cidade forte significado emocional e uma imagem agradável, com o poder de

instigar interesses, anseios e desejos em relação a ela, atraindo assim mais e mais pessoas. Segundo Lynch (1999, p. 106) “as vias, a rede de linhas habituais ou potenciais de deslocamento através do complexo urbano são o meio mais poderoso pelo qual o todo pode ser ordenado”.

Para Jacobs (1961, p. 29) “as ruas e suas calçadas são os principais locais públicos de uma cidade, são seus órgãos mais vitais”. Já para Lynch (1997, p. 52) as vias são os principais elementos de construção da imagem da cidade, já que “são os canais de circulação ao longo dos quais o observador se locomove de modo habitual, ocasional ou potencial. Para muitas pessoas, são estes os elementos predominantes em sua imagem”.

Segundo Spirn (1995, p. 71) “a rua é fundamental tanto para a vida dos pobres quanto dos ricos na cidade”. Para a mesma autora, toda a vida da cidade é vivida na rua, é nela que se pode jogar, passear, andar, dirigir, desfilar, entre outros, ou seja, a rua é “o palco e a passarela da vida da cidade”.

As vias públicas de hoje não perderam suas características inatas, que as fazem especiais a toda população. Contudo, segundo Spirn (1995, p. 83), a rua é hoje em dia “um dos ambientes mais contaminados da cidade, onde a poluição do ar é, com frequência, a menos monitorada e a menos controlada”.

Tanto os problemas ambientais como a poluição e aquecimento da camada intra-urbana, quanto os problemas sociais, de mobilidade, de acessibilidade, existentes nas vias públicas, são o resultado de uma série de fatores ocorridos a partir da metade do século XX. Neste trabalho destaca-se a invasão do espaço público pelo automóvel, que é comentada a seguir.

1.2 O USO EXCESSIVO DO AUTOMÓVEL NA VIA PÚBLICA

Apesar de todos os problemas gerados pelo uso maciço do automóvel, e da necessidade de novas formas de se conceber os espaços que compõem as vias públicas, este trabalho não nega o direito das pessoas em usufruir um transporte rápido, independente e de porta a porta, proporcionado pelo automóvel, no entanto, como Cullen (1971, p. 124) afirma “é a invasão

generalizada deste tipo de trânsito, a sua apropriação arrogante de todas as vias de circulação, que nos leva a protestar”.

A via pública, que hoje conhecemos como tal, é fruto de uma série de acontecimentos ocorridos no final do século XIX, como a revolução industrial, as descobertas científicas e tecnológicas, a explosão demográfica urbana, a mecanização de bens e serviços e as redes de transporte e comunicação global. Esses acontecimentos aceleraram o fenômeno de urbanização, e nesse movimento a cidade alcançou uma escala de evolução sem precedentes na história da humanidade. Para Kohlsdorf (1985), todo esse fenômeno foi norteado pelo ideal progressista com base no consumo de bens duráveis e não duráveis, que incentivou as pessoas a consumirem cada vez mais. Também a partir desse mesmo período, o automóvel adquire seu status de “sonho de consumo”, tornando-se um dos símbolos de progresso.

Dentro de todos esses fatos maiores comentados, inclui-se o ideal da valorização do uso do automóvel pela sociedade, o que acabou influenciando o processo de tomada de decisão do planejamento urbano e conseqüentemente o fenômeno da urbanização. Segundo Vasconcellos (2000) Essa valorização na sociedade se deu pela independência de horários e trajetos, pelo status que adquiriu na sociedade e principalmente pelas políticas urbanas, econômicas e de transporte adotadas, que têm transformado o espaço a fim de possibilitar o seu uso eficiente.

Segundo Jacobs (1961, p. 6), as ações de planejamento voltadas ao automóvel eram de mais fácil compreensão e, portanto, mais fáceis de satisfazer, do que as complexas relações necessárias às vias públicas. Com isso, “um número crescente de urbanistas e projetistas acabou acreditando que, se conseguindo resolver os problemas de trânsito estariam resolvendo os problemas da cidade”.

O planejamento urbano voltado ao automóvel, logo passou a promover três atitudes: “urbanizar a via; reformar a cidade e prever sua expansão; e organizar o território”. (PANERAI, 2006, p. 21-22). Nisto, a configuração das ruas foi sendo modificada no comprimento, na largura da caixa e nos materiais aplicados. A caixa de rolamento foi alargada, seguindo a lógica de quanto maior o fluxo e velocidade, mais larga a caixa. Amplas áreas foram revestidas com

materiais de alta capacidade térmica e os percursos distanciados com o afastamento das funções básicas da cidade.

A morfologia urbana, antes adaptada ao ser humano, é modificada. O tecido urbano expandido e as funções urbanas distanciadas determinam uma nova escala de cidade, não mais adaptada ao pedestre e sim ao automóvel.

O automóvel passou então a ser a máquina determinante da paisagem urbana moderna. Segundo RELPH (1987) a paisagem conhecida da rua foi logo desaparecendo, dando lugar às vias de fluxo rápido, cuja função principal era o trânsito e o estacionamento de veículos. Contudo, para Kohlsdorf (1996, p. 24), importantes atributos morfológicos das cidades foram ignorados por meio das “alterações dramáticas na malha urbana pela abertura de novas ruas com perfis de grandes dimensões”,

Segundo Maricato (2000), o automóvel influenciou a definição da matriz de transportes, o estilo de vida e a configuração das habitações e das cidades brasileiras.

Com a massificação do consumo de bens modernos, dos eletrodomésticos e também do automóvel, mudam radicalmente o modo de vida, os valores, a cultura e o conjunto do ambiente construído. Da ocupação do solo urbano até o interior da moradia, a transformação foi profunda, o que não significa que tenha sido homogeneamente moderna. Ao contrário, os bens modernos passam a integrar um cenário em que a pré-modernidade sempre foi muito marcante, especialmente na moradia ou no padrão dos bairros da periferia. (MARICATO, 2000, p. 22)

Essa nova paisagem urbana veio acrescida de novos problemas, estes decorridos da invasão do espaço público pelo automóvel, invasão esta proporcionada pelo planejamento urbano voltado ao uso eficiente do automóvel e pela crescente frota deste tipo de veículo.

Segundo Cullen (1971, p. 130) o “mar de veículos prejudicou a qualidade de vida num dos aspectos menos óbvios, mas mais importantes – restringiu severamente o direito à reunião livre”. A razão principal das pessoas preferirem morar na cidade é prejudicada, devido ao lado imperativo do transporte. As pessoas se sentem obrigadas a aventurar-se ao sair de casa, a andar procurando abrigo em passarelas, semáforos e faixas separadoras. A via pública de pedestres, rica em relações sociais foi transformada em via expressa, tomada pelos veículos e por suas velocidades.

Para Vasconcellos (2000) as ações urbanísticas de valorização do uso do automóvel aumentaram as desigualdades sociais, separando assim, aqueles com acesso a melhores condições de mobilidade, por meio do uso do carro particular, e aqueles dependentes de um sistema precário de transporte público e do não motorizado¹.

A acessibilidade é prejudicada, devido às barreiras físicas dos carros estacionados e em movimento. Um dos momentos críticos é a travessia das vias, onde o pedestre compete por espaço com os carros em movimento, sendo os mais prejudicados os portadores de necessidades especiais. A acessibilidade nas vias públicas foi prejudicada a ponto desta não atender o direito básico das pessoas, que é de ir e vir, de modo democrático e independente.

Segundo Spirn (1995, p. 82) “a contaminação da rua é causada por uma fonte maior: os transportes; e enquanto os automóveis particulares forem o principal meio de circulação urbana, a poluição das ruas continuará.” A utilização maciça do automóvel também vem contribuindo para as mudanças climáticas locais, através da poluição do ar e do calor gerados pelos automóveis que modificam o clima urbano, proporcionando assim fenômenos climáticos desagradáveis como as ilhas de calor, inversão térmica, *smog* fotoquímico, entre outros.

Sobre o conforto térmico nas vias públicas, que é de relevância a esse trabalho, pode se dizer que esses problemas atuam tanto nas condicionantes do conforto pessoal, a partir do momento em que os trajetos a se percorrer a pé são distanciados, aumentando assim a atividade física e o metabolismo, quanto nas condicionantes ambientais de conforto, a partir do momento em que o calor e os gases emitidos pelos automóveis geram o aquecimento e a poluição da camada intra-urbana.

Mesmo com o ideal ecológico, em posse de novas concepções urbanísticas mais sustentáveis e com conhecimento dos problemas ambientais e sociais gerados pela invasão do automóvel, o que se tem visto, no processo formal de materialização das vias públicas, é a manutenção dos princípios urbanísticos voltados ao seu uso eficiente. Segundo Panerai (2006), o ordenamento urbano atual tem fragmentado o sistema viário, perdendo assim as

1 Refere-se à modalidade de transporte realizada por pedestres e por ciclistas.

noções de fechamento, abrigo, legibilidade e identidade. Duas práticas são comuns: a manutenção do *status quo* que tem como consequência a invasão do automóvel no espaço e os congestionamentos, e as propostas urbanísticas que conferem às vias somente características de circulação, perdendo assim sua identidade.

Os administradores da cidade dedicam hoje seus esforços a resolver os desajustes criados pelo enorme incremento do trânsito e dos deslocamentos maciços da sua população... muitas vezes a destruição do meio atinge tal dimensão que fará cada vez mais difícil a construção dos espaços onde se cumpram harmonicamente todas as exigências do homem. (RIVERO 1985, P. 155)

Nesta realidade, este estudo justifica sua relevância, devido ao estado caótico das vias públicas contemporâneas e do consentimento de que as atitudes voltadas à manutenção do uso eficiente do automóvel demonstram-se insuficientes, equivocadas e insustentáveis. Também se sabe da necessidade urgente de promover a urbanização mais sustentável por meio de um desenho urbano que promova o bem estar ambiental, contribuindo assim para a mobilidade urbana sustentável², por meio do uso do transporte não motor de qualidade, e conseqüentemente, a amenização dos problemas sociais e ambientais proporcionados pela invasão das vias públicas pelo automóvel.

Visando uma urbanização mais sustentável, este trabalho parte do pressuposto de que a concepção bioclimática do espaço público é uma possível solução de desenho urbano a ser aplicada nas vias públicas, já que a mesma busca implementar o conforto ambiental por meio de técnicas sustentáveis de controle dos agentes agressivos ao bem estar do homem.

1.3 A CONCEPÇÃO BIOCLIMÁTICA

Antes de comentar a concepção bioclimática, será analisada a arquitetura vernacular e o movimento bioclimático, devido estes serem seus antecessores e modelos ideológicos.

2 Segundo Brasil (2006, p.60) a mobilidade urbana sustentável pode ser definida: "como o resultado de um conjunto de políticas de transporte e circulação que visa proporcionar o acesso amplo e democrático ao espaço urbano, através da priorização dos modos não-motorizados e coletivos de transporte, de forma efetiva, que não gere segregações espaciais".

1.3.1 Arquitetura vernacular

Denomina-se vernacular, a arquitetura realizada por meio de técnicas e materiais disponíveis no local onde o edifício é construído. Apresenta caráter cultural e reflete a conciliação entre as condições climáticas locais e a construção. É uma arquitetura sem arquitetos, empírica, que se dá através da prática, do erro e do acerto. Foi sendo aperfeiçoada com o passar dos tempos e repassada para as gerações futuras, adicionando a ela as tradições culturais preexistentes. Rapoport (1972) apresentou em sua obra “*vivenda y cultura*” a tese de que historicamente a forma das edificações no mundo é decorrente da somatória de fatores climáticos com os culturais, sociais e econômicos.

Existem pelo mundo diversos exemplos de adequação inteligente ao clima, proporcionados pela tradição vernácula. Esses exemplos são apresentados por diversos autores como Rapoport (1972), Mascaró (1996), Romero (1998) e Barbirato (2007). Poder-se-ia revisar alguns desses exemplos apresentados, contudo decidiu-se apresentar um novo, que consiste na cidade de Natividade, no estado do Tocantins, Brasil.

A região onde Natividade está situada, antes servia como passagem para os bandeirantes, entre os quais um dos mais conhecidos, Anhanguera. Com a descoberta de ouro na região, implantou-se um povoado que mais tarde evoluiu para cidade, como se ver na figura 01.



Figura 01: Sítio histórico de Natividade – TO.
Fonte: Prefeitura Municipal de Natividade – TO.

O Tecido urbano do sítio histórico da cidade é compacto, irregular e adaptado a topografia local. A rua Deocleciano Nunes, como se vê na figura 02, apresenta as características predominantes das vias de Natividade-TO, e estas apresentam-se em sua maioria estreitas, curvilíneas, com variação de largura e margeadas por casas e por seus pequenos beirais.



Figura 02: Rua Deocleciano Nunes, Natividade – TO.

As casas apresentam soluções ao clima como o uso de grossas paredes de adobe, ventilação cruzada em nível da planta e da cobertura, cobertura leve e permeável ao vento, janelas verticais de madeira e uso de modalidade seletiva por meio de treliças de madeira que cobrem meia janela (ver figura 03), uso de beiral cachorro para “jogar” a água da chuva o mais longe possível dos alicerces das edificações, distribuição agrupada das edificações e quintais arborizados. Essas características fazem com que as edificações de Natividade sejam frescas e confortáveis termicamente.



1.3.2 O Bioclimatismo

Segundo Lamberts *et all*, (1997) a expressão “projeto bioclimático”, surgiu pela primeira em 1963, quando os irmãos Olgyay aplicaram a bioclimatologia na arquitetura, que consiste numa concepção arquitetônica voltada ao controle das condições climáticas a modo de satisfazer as exigências de conforto do ser humano. A partir da segunda guerra mundial, diante da crise do petróleo de 1973, o projeto bioclimático veio a ganhar força.

A arquitetura bioclimática é definida por Olgyay (1963) como a harmônica relação entre o ambiente construído e o sítio natural, onde o edifício é um filtro dos agentes agressivos ao conforto do homem.

É uma área multidisciplinar e aborda diversos conceitos como os relativos aos mecanismos homeostáticos da regulação térmica do ser humano, a termodinâmica, a dinâmica dos fluídos, a climatologia, a economia, a sociologia, a cultura, entre outros. Estes conceitos são utilizados como a base tecnológica, que permite a elaboração de um correto projeto de arquitetura único para cada situação, sendo voltado ao preexistente.

Segundo Romero (1988, p.48) a arquitetura bioclimática tem como princípio o de controle das variáveis do meio por meio do ambiente construído, “sua envoltura (paredes, pisos, coberturas), de seu entorno imediato (água, vegetação, sombras, terra) e, ainda, através do aproveitamento dos elementos e fatores do clima para melhor controle do vento e do sol”.

Tem como objetivo o conforto térmico, luminoso e acústico, utilizando somente a correta disposição dos elementos arquitetônicos, sem que estes onerem os custos de construção e de manutenção dos edifícios. Logo, a arquitetura bioclimática objetiva também a eficiência energética e a sustentabilidade ambiental.

A arquitetura bioclimática, em sua aplicação, tem demonstrado bons resultados, contribuindo assim para a sustentabilidade ambiental, contudo como seu foco é voltado ao ambiente interno. Surge uma importante lacuna que se refere ao ambiente externo, que merece a mesma importância. Diante dessa

lacuna, a concepção bioclimática do espaço público vem a preenchê-la, já que esta objetiva os mesmos resultados da arquitetura bioclimática, contudo voltando seus esforços para o espaço público aberto, como se vê a seguir.

1.3.3 A concepção bioclimática do espaço público

A concepção bioclimática, proposta por Romero (2001), objetiva o conforto e salubridade nos espaços públicos abertos, por meio de diretrizes, estratégias e técnicas sustentáveis de controle dos agentes físico–naturais de cada sítio urbano.

O desenho urbano que obedece aos princípios da concepção bioclimática leva em conta os aspectos históricos, culturais e ambientais típicos de uma área. Também considera os elementos do meio onde o espaço construído está inserido, objetivando o conforto térmico, sonoro e estético da luz, por meio do acondicionamento natural do espaço.

A concepção bioclimática trata o espaço urbano como um espaço arquitetônico incorporando a base tecnológica no processo de construção do mesmo. O desenho urbano resultante da aplicação destes princípios inevitavelmente deverá demonstrar domínio histórico, cultural, ambiental e tecnológico.

2ª PARTE – Base tecnológica, conforto térmico, clima, morfologia urbana e clima urbano.

A base tecnológica, segundo ROMERO (2001), consiste na coleta das informações necessárias para o desenvolvimento adequado de um projeto arquitetônico do espaço público.

Para montar a base tecnológica deste trabalho, partiu-se do princípio que o desenho bioclimático envolve três níveis de trabalho: o meio no qual se projeta, os habitantes e os próprios edifícios.

Realizou-se então uma revisão bibliográfica acerca dos assuntos necessários para a elaboração de um adequado projeto de arquitetura voltado ao conforto térmico em vias públicas, logo estudou-se o conforto térmico do ser humano, o clima, as características morfológicas da via pública e o clima urbano. Estes estudos serão posteriormente utilizados no estudo de caso específico deste trabalho.

Capítulo 02

O CONFORTO TÉRMICO, ESTUDO DO SISTEMA SER HUMANO

Este capítulo trata do conceito de conforto térmico, enfocando os processos de trocas térmicas que ocorrem entre o homem e o meio ambiente, a sensação de conforto, as condições para sua ocorrência, e as condicionantes para seu estabelecimento. Segundo Fanger (1970), a importância do conforto térmico se dá através da necessidade física e psicológica do homem de se sentir termicamente confortável, e também do ponto de vista do desempenho nas atividades desempenhadas

Este capítulo é referenciado pelos seguintes autores: Fanger (1970), Acioli (1994), Romero (2001), Ruas (1999), ASHRAE, Lamberts (2005), Corbella (2003), Givoni (1976), Serra (1999) e Koenigsberger et al, (1979) apud Giralt (2006).

2.1 TROCAS DE CALOR ENTRE O AMBIENTE E O HOMEM

A segunda lei da termodinâmica afirma que as diferenças entre sistemas em contato tendem a igualar-se nas diferenças de pressão, densidade e temperatura. Segundo Acioli (1994), quando a temperatura da superfície do corpo está mais elevada do que a do ambiente, o organismo passa a ceder calor; quando a temperatura do ambiente for maior do que a do corpo, o organismo passa a ganhar calor; e se as temperaturas do ar e da superfície do corpo forem exatamente iguais, não haverá trocas térmicas, estado de entropia.

Existem dois tipos de trocas de calor que ocorrem entre o ambiente e o ser humano: as secas e as úmidas (ver figura 04). As trocas úmidas, denominadas de calor latente, ocorrem através da evaporação, que é entendida como a troca de estado físico líquido para o gasoso. Logo, a troca térmica úmida do homem se refere à evaporação do suor contido na pele. As trocas secas, denominadas de calor sensível, ocorrem em função da radiação, da condução, da convecção e da advecção.

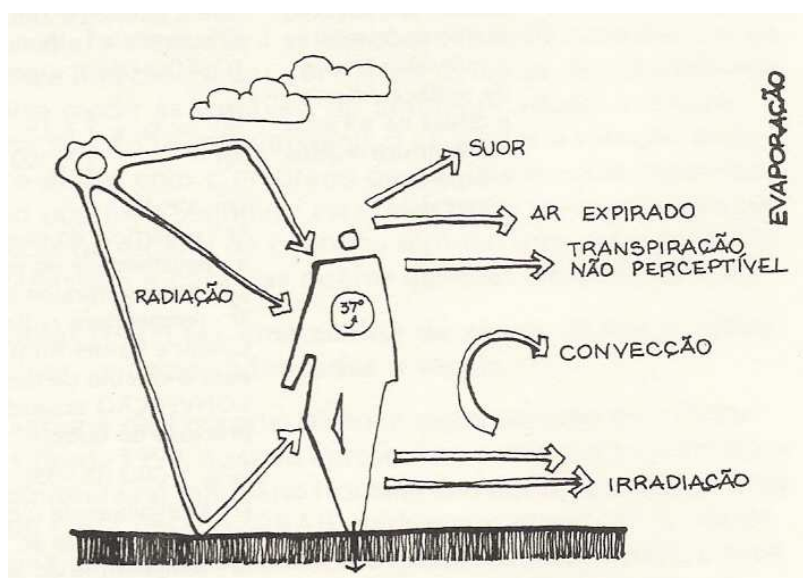


Figura 04: Trocas térmicas entre homem e ambiente
Fonte: ROMERO (2001: 49)

Entende-se radiação como a troca térmica entre o ambiente e o corpo por meio de ondas eletromagnéticas provenientes do sol e das máquinas; condução, como a transferência de calor de molécula a molécula; convecção,

como a troca ocorrida através de um fluido; e advecção como a troca pelo intermédio de movimentos horizontais do ar.

Durante a respiração, o homem executa os dois tipos de trocas térmicas. O fluxo de calor sensível ocorre na respiração, pela inalação do ar em temperatura distinta ao do corpo, e o fluxo de calor latente ocorre na transpiração, pela evaporação da água e de sais minerais.

Segundo Ruas (1999), quando o homem está presente em um ambiente cuja temperatura é maior ou menor que a do seu corpo, ele ativa, inconscientemente seu sistema termo-regulador, gastando mais energia para aumentar ou reduzir as trocas térmicas, exigindo maior esforço físico prejudicando assim seu rendimento. Em condições climáticas extremamente rigorosas, o esforço físico exigido é enorme, o ambiente passa a ser nocivo e até mesmo mortal ao homem.

São dois os mecanismos de controle térmico, a reação ao calor e a reação ao frio. Em altas temperaturas o corpo involuntariamente, por meio do sistema nervoso simpático, busca reduzir a combustão interna e proporcionar maiores trocas térmicas abrindo os poros da pele, produzindo suor e realizando a vasodilatação periférica, que consiste na dilatação dos vasos sanguíneos da epiderme. Já em baixas temperaturas, o organismo inverte totalmente esse mecanismo, aumentando a combustão interna e diminuindo as trocas térmicas por meio do arrepio, do levantar dos pêlos da pele e da vasoconstrição periférica, que consiste no estreitamento dos vasos sanguíneos da epiderme.

2.2 O CONFORTO TÉRMICO

Após estudar as trocas térmicas existentes entre o ser humano e o meio, bem como os mecanismos fisiológicos de controle dessas trocas, surgiu a necessidade de se saber como controlá-las e proporcionar o conforto térmico. Para isso, utilizaram-se os estudos clássicos de Fanger (1970), já que estes elucidaram o modo como as variáveis ambientais e pessoas agem no conforto

térmico. Buscou-se conhecer o momento em que ocorre a sensação de conforto e posteriormente os fatores que a condicionam.

O conforto térmico, segundo Fanger (1970 p. 14), é definido como “uma condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico”.

Para a norma técnica ASHRAE, conforto térmico é definido como: “Um estado de espírito que reflete a satisfação com o meio ambiente térmico que envolve a pessoa, sem stress térmico”.

Já para Lamberts (2005, p. 6-7) o conforto térmico é sentido quando: “o organismo, sem recorrer a nenhum mecanismo de termo-regulação, perde para o ambiente o calor produzido pelo metabolismo compatível com a atividade realizada”.

O conforto térmico está associado ao estado de equilíbrio térmico do homem com o ambiente. Tem forte relação com o processo metabólico, com a sensação de frio e calor, e com a energia gasta para regular a temperatura interna. É uma condição da mente que expressa satisfação com o meio ambiente, existindo variações, tanto fisiológicas quanto psicológicas, singulares a cada pessoa. Interfere no desempenho da atividade física, podendo aumentar ou diminuir a produtividade de um indivíduo.

Existem três condições para o conforto térmico: estar na sensação de neutralidade, estar com a temperatura da pele e a taxa de suor dentro dos limites compatíveis à atividade física, e não estar sujeito a nenhum tipo de desconforto localizado no corpo. A sensação de neutralidade térmica, segundo Fanger (1970), é a condição na qual uma pessoa não prefira, nem mais calor nem mais frio em relação ao ambiente térmico em que se encontra. Segundo o mesmo autor, o balanço térmico é a primeira condição para o conforto térmico do homem, isto é, quando todo o calor gerado por seu organismo é transferido na mesma proporção ao ambiente, através de perdas por convecção, radiação, evaporação e condução.

As condições básicas que definem o conforto térmico podem ser divididas em dois grupos: variáveis ambientais que são provenientes de levantamentos climatológicos realizados através de medições ou calculados através dos dados coletados pelas estações meteorológicas e variáveis pessoais

que se referem ao metabolismo, às diferenças anatômicas, à atividade física e ao isolamento térmico das roupas.

2.3 VARIÁVEIS DE CONFORTO TÉRMICO

2.3.1 Variáveis pessoais

Metabolismo

É processo natural de produção da energia vital aos seres vivos. É obtida a partir das reações químicas ocorridas nas células, onde se sintetizam os nutrientes ingeridos. A energia metabólica total produzida no corpo é distribuída entre uma parcela, de aproximadamente 80%, necessária para as atividades vitais do organismo e o restante, que pode ser destinado às atividades físicas externas. Para o perfeito funcionamento do organismo, este necessita controlar a quantidade de calor, regulando sua temperatura interna corporal na casa dos 37°C. Segundo Givoni (1976) o limite máximo é de 42°C e o mínimo é de 32°C.

Diferenças anatômicas.

As variações anatômicas de uma pessoa como idade, sexo, cor da pele, peso e altura, interferem em seu conforto térmico, devido às diferenças metabólicas, de absorção de calor e volumétricas existentes entre esses indivíduos. Segundo Koenigsberger *et al* (1979) apud Giralt (2006), as pessoas idosas e as do sexo feminino, por possuírem mais lento metabolismo, preferem temperaturas mais elevadas; já as pessoas com pele clara refletem três vezes mais radiação que as pessoas de pele escura, contudo a pele escura possui resistência superior aos efeitos negativos dos raios solares. A relação entre o peso e a altura de um indivíduo gera diferentes áreas de contato do corpo com o meio, e conseqüentemente, diferentes trocas térmica. A quantidade de gordura no corpo também interfere, devido ao bom isolamento térmico da gordura, assim

peças mais gordas e baixas realizam menores trocas térmicas, devido às menores áreas de contato e o isolamento térmico da gordura.

Atividade física

A taxa metabólica varia, dependendo da atividade e das condições nas quais a atividade é realizada. É expressa em unidade met. que equivale a 58,2 W/m. A atividade física faz com o que o corpo aumente o consumo de oxigênio, o ritmo cardíaco, o consumo dos combustíveis orgânicos e conseqüentemente a temperatura interna, como se vê no quadro 01.

Quadro 01: Taxa metabólica para diferentes atividades

Atividade	Metabolismo (W/m²)
Reclinado	46
Sentado, relaxado	58
Atividade sedentária (escritório, escola etc.)	70
Fazer compras, atividades laboratoriais	93
Trabalhos domésticos	116
Caminhando em local plano a 2 km/h	110
Caminhando em local plano a 3 km/h	140
Caminhando em local plano a 4 km/h	165
Caminhando em local plano a 5 km/h	200

Fonte: adaptado ISO 7730 (1994).

Isolamento térmico das vestimentas

A vestimenta é uma camada de isolamento próxima à pele, uma resistência térmica entre o corpo e o calor sensível de um ambiente. Ela forma uma barreira mais ou menos resistente, devido às variações de espessura e do tipo de tecido, aos ajustes e as partes cobertas do corpo. Permite a perda de calor pela transpiração e a retenção da umidade próxima ao corpo prevenindo a desidratação. Serve também para bloquear o contato da pele com os raios solares nocivos à saúde, como o ultravioleta. É utilizada tanto para aquecer quanto para resfriar o corpo. Em climas frios ela retém o calor emitido pelo corpo e diminui o contato com o ar frio; já em climas quentes bloqueia o calor e permite a transpiração e posteriormente a evaporação, esfriando o espaço entre a pele e a camada interna da roupa

O uso de um determinado tipo de roupa torna a variação de temperatura de conforto muito grande. Segundo Corbella (2003, p. 34), quando comparados os aspectos roupa e atividade física, verifica-se que o conforto térmico de uma pessoa em repouso e com pouca roupa fica em torno de 29°C, já ao passo em que se aumenta a atividade física e utilizam-se roupas pesadas, a temperatura de conforto cai para de 10°C.

2.3.2 Variáveis ambientais

Temperatura do ar

Como se sabe, o corpo humano realiza trocas de temperatura com o meio que o circunda. Logo, se a temperatura do ar for maior que a do corpo, este passa a receber mais calor e conseqüentemente o indivíduo sente calor; caso a temperatura do ar seja menor, a sensação térmica se inverte e o indivíduo passa a sentir frio

Segundo Corbella (2003, p. 182) “a sensação de temperatura depende de quão rapidamente se retira calor ou se entrega calor à pele, mais do que da temperatura do ar indicada por um termômetro”.

A temperatura efetiva é definida como a temperatura de ar saturado que dá a mesma sensação térmica com as condições ambientes. Ela busca avaliar a temperatura na qual “a maioria das pessoas se sente bem”, levando em conta o tempo de exposição e os efeitos da umidade e da movimentação do ar.

Umidade relativa do Ar

Define-se umidade relativa do ar a quantidade da água contida no ar ambiente e é expressa na porcentagem (%) de gramas de água por quilograma de ar seco.

Tem grande influência no conforto térmico devido sua influência na remoção do calor por evaporação. Quando a umidade do ar está baixa, o ar passa a absorver a umidade da pele acelerando a evaporação da pele e seu resfriamento. Por outro lado, quando a umidade do ar esta alta, parte da

umidade passa para a pele, prejudicando a remoção de calor por evaporação e o indivíduo passa a sentir calor.

A sensação térmica não é influenciada pela umidade relativa nas temperaturas inferiores a 22 °C, contudo torna-se desagradável quanto maior for a temperatura.

Movimento do Ar

Influencia a sensação térmica, já que propicia a rápida troca térmica, acelerando o aquecimento ou o resfriamento do corpo. Quando a ventilação aumenta, os processos físicos de evaporação e de convecção também aumentam, e quando a ventilação diminui esses processos físicos também diminuem. A ventilação renova a camada de ar da pele e a substitui por outra camada, permitindo assim o resfriamento da mesma. Logo, quanto maior for a velocidade do ar, maiores poderão ser a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar.

Segundo Serra (1999) o acréscimo de 0,3 m/s de velocidade do ar acarreta o decréscimo de 1°C na sensação térmica do homem submetido à corrente de ar. Nota-se que a ventilação tem forte influência no conforto térmico, já que tem efeito refrescante.

Segundo Corbella (2003, p. 34) “o movimento de ar perto das pessoas sempre tem um efeito de refrescamento”. Segundo o mesmo autor necessita-se de 19 °C para o conforto de um indivíduo trabalhando e sem ventilação, contudo quando há vento com velocidade de 1 m/s, a temperatura de conforto se eleva para 24 °C.

Capítulo 03

O SISTEMA CLIMA, O ESTUDO DO MEIO

O estudo do clima é imprescindível para o planejador urbano, pois permite conhecer as informações necessárias para a elaboração das propostas arquitetônicas e urbanísticas adaptadas ao meio preexistente. Segundo Mascaro (1996, p. 47) para o projeto climático, basta somente conhecer as condições típicas ou normais; as condições extremas bastam somente para indicar situações especiais que podem ocorrer.

Para o desenvolvimento do conceito clima, que se dá neste capítulo, foram analisados os fenômenos físico-naturais existentes, suas características, como ocorrem, como interagem entre si e os resultados de suas influências sobre o espaço. Pretende-se aplicar as informações levantadas na análise do clima da cidade de Palmas – TO e também complementar o estudo das condicionantes ambientais de conforto térmico; o estudo dos elementos climáticos alterados pela urbanização (clima urbano); e o estudo do nível entorno da ficha bioclimática.

Os autores analisados são: Romero (1988 e 2001), Givoni (1976), Rivero (1985), Mascaró (1996), Torres (2008), Katschner (1997) apud Giralt (2006), Hertz (1998), Frota e Schiffer (1995), Brown (2004), Holtz (1976), Hertz (1998), Acioli (1994), Barbirato (2007), Mascaró (2002), Fitch apud Romero (1988), Oliveira (1988), Givoni (1976), Hertz (1998).

3.1 O CLIMA

Segundo Rivero (1985, p. 69) o clima é entendido como “o conjunto de fenômenos meteorológicos que definem a atmosfera de um lugar determinado”.

É o resultado do balanço energético entre a radiação solar incidente na Terra, a parcela absorvida e refletida pela atmosfera e pelas superfícies e, por último, pela radiação refletida que volta ao espaço.

É o principal fator de definição da flora, da fauna e da paisagem de uma região. No planeta existem diversos tipos de clima, que vão do mais quente ao mais frio, e do mais úmido ao mais seco, do mais ao menos ventilado. Todos esses diferentes climas agem sobre o ser humano, interferindo na maneira como se veste, nos alimentos que consome, nas atividades que exerce, na tipologia arquitetônica e na forma de suas cidades. No espaço aberto é o principal agente de definição do conforto térmico do homem e devido a todas as alterações que o homem gerou nas condições climáticas existentes, seu estudo se torna indispensável a esse trabalho.

A climatologia é a ciência que estuda, descreve, explica e classifica o clima. Utiliza, para isto, as normas climatológicas que se referem à descrição estatística da coleta de dados meteorológicos e ambientais por um período de tempo, sendo geralmente analisadas as variações de temperatura, de precipitação e de vento. Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), as “Normas Climatológicas” são obtidas através do cálculo das médias de parâmetros meteorológicos, obedecendo a critérios recomendados pela Organização Meteorológica Mundial (OMM). Essas médias referem-se a períodos padronizados de 30 anos, sucessivamente. Essa coleta de dados é organizada em diferentes métodos de análise dos elementos climáticos e de suas inter-relações, métodos conhecidos como classificações climáticas.

As classificações climáticas são de grande importância, pois permitem conhecer as condições climáticas de uma região, permitindo pistas importantes sobre os agentes naturais que atuam sobre o ser humano. Contribuem para as variadas áreas de conhecimento, como a biologia, a geografia, a arquitetura e o urbanismo, pois permitem mapear regiões climáticas a partir da sintetização e agrupamento das características climáticas comuns.

A classificação climática de Köppen-Geiger é o método de classificação climática mais utilizada. Foi proposta por Köppen em 1900, aperfeiçoada em 1918, 1927 e 1936 por ele e por Geiger. É baseada no pressuposto de que a vegetação natural de cada região da Terra é uma expressão do clima nela prevalente. Ela correlaciona a distribuição global dos tipos climáticos e a distribuição dos biomas usando, para tal fim, elementos do clima que fornecem uma informação indireta do balanço de água, como a precipitação e a temperatura. Na determinação de seus tipos climáticos são considerados a

sazonalidade e os valores médios anuais e mensais da temperatura do ar e da precipitação.

Após realizar o estudo de informações básicas pertinentes ao clima, esta parte para um estudo aprofundado das condicionantes climáticas, visando destringir os fatores que influenciam e definem as condições climáticas, ao mesmo tempo em que complementa os estudos das condicionantes ambientais de conforto térmico e do clima urbano, possibilitando assim importantes informações a serem aplicadas no estudo de caso.

3.1.1 As condicionantes climáticas

A climatologia esclareceu dois conceitos como condicionadores do clima: os fatores climáticos (globais e locais) e os elementos climáticos. Segundo Romero (1988) os fatores climáticos globais dão origem ao macro-clima; os fatores climáticos locais dão origem aos diferentes micro-climas, e os elementos climáticos representam os valores relativos a cada tipo de clima.

Segundo Hertz (1998) as relações entre os elementos climáticos variam, podendo ser simbólicas, como as relações entre temperatura e radiação, ou muito fortes, como as existentes entre temperatura e umidade (quando o ar se aquece e a umidade abaixa). Um elemento também pode interferir simultaneamente em mais de um elemento, como o caso do movimento de ar que atua na temperatura e na umidade.

Segundo Givoni (1976) a temperatura e umidade do ar são os elementos climáticos que mais atuam no conforto térmico do homem, e a radiação solar e a ventilação os principais fatores climáticos.

Foram analisados os fatores globais, os fatores locais e os elementos do clima, buscando entender como essas condicionantes agem, interferem e definem o clima.

Os fatores climáticos globais abordam os fatores que influenciam o macro-clima (2.500km), tais como a radiação solar incidente e a refletida pela abóbada celeste e pelas superfícies da Terra; a posição geográfica de uma dada área em relação à linha do Equador (Latitude); a distância medida na vertical em

relação ao nível do mar (Altitude); a direção, temperatura e efeitos do vento e a influência das grandes massas de água e de terra.

A radiação solar é a energia eletromagnética oriunda do sol, que fornece radiação térmica e luminosidade à Terra. Diversos fatores influenciam em sua intensidade, como: atividades solares, distanciamento em relação à Terra (latitude), hora do dia, estação do ano, topografia, nebulosidade e composição atmosférica.

Segundo Frota (1995, p.17), seu estudo é indispensável, pois permite “avaliar qual a carga térmica que determinada edificação ou espaço ao ar livre receberá nas diversas horas do dia e nas várias épocas do ano”.

Segundo Mascaro (1996) a radiação solar pode se apresentar de forma direta quando os raios solares incidem diretamente sobre a superfície terrestre, ou de forma indireta quando são refletidos pelas nuvens ou pelo terreno.

A composição da atmosfera interfere na incidência da radiação solar. As partículas de água (nuvens), a poluição, o pó em suspensão e a camada de ozônio funcionam com filtros, absorvendo e refletindo os raios solares.

Segundo as normas meteorológicas o céu pode ser dividido em octas. De acordo com o número de octas com cobertura total de nuvens, a nebulosidade pode ser dividida em: céu claro, céu quase claro, céu pouco nublado, céu parcialmente nublado, céu quase nublado e céu encoberto, como se vê na figura 05. Como parte da radiação solar é refletida pelas nuvens, a nebulosidade influi na quantidade de radiação que incide na crosta terrestre e, conseqüentemente, na quantidade de calor absorvida pela mesma.



Figura 05: Nebulosidades
Fonte: EGAN (1983, p. 64)

A radiação que incide diretamente sobre a superfície terrestre é em parte refletida (cerca de 45%). A razão entre a radiação refletida e a incidente define-se como albedo. Segundo Ramón apud Oliveira (1988, p. 57), albedo é “aquela energia radiante proveniente da radiação refletida e depende do tipo de superfície refletora”. O quadro 02 demonstra os albedos das diferentes superfícies da Terra.

Quadro 02: Albedo de vários tipos de superfícies da Terra
TIPO DE SUPERFÍCIE ALBEDO (%)

Solo negro e seco (úmido)	14 (8)
Solo nú	7-20
Areia	15-25
Florestas	3-10
Campos naturais	3-15
Campos de cultivo seco	20-25
Gramados	15-30
Neve recém-caída (caída há semanas)	80 (50-70)
Água com atitude solar > 40° (atitude solar < 30°)	2-4 (6-40)
Cidades	14-18

Fonte: AYOLE (1986, p. 29)

Segundo Rivero (1985) o albedo depende da cor das superfícies receptoras e da forma dos espaços, podendo facilitar ou dificultar a reflexão da energia radiante em direção ao exterior. A figura 06 demonstra albedos de materiais que compõe superfícies do meio urbano.



Figura 06: Albedo dos materiais urbanos
Fonte: BAPTISTA apud REIS (2003, p. 85)

Considerando-se a temperatura do ar em relação à incidência da radiação solar em diferentes superfícies nas diversas estações do ano, pode-se chegar às seguintes condições:

1. Num dia de céu claro, quando o sol está aproximadamente no zênite, ou seja, nas latitudes entre 30°N e 30°S, a o meio-dia na estação apropriada, a incidência máxima de radiação solar na superfície horizontal terá um valor de 870 Kcal/m².h;
2. A incidência total máxima, durante o ano, se produz nos lugares de céu claro, ao redor das latitudes 15°N e S;
3. A incidência total máxima durante o dia de verão acontece nos lugares de céu claro, ao redor das latitudes 40°N e S;
4. Quanto mais nuvens tenha o céu típico da região, menor será a incidência de radiação solar na superfície da terra. A quantidade de chuvas na região é um indício provável de nebulosidade. (Mascaró 1991, p.26)

A carta solar (figura 07) é a representação gráfica da trajetória solar de cada latitude. Ela demonstra a inclinação do sol nos meses do ano e nos horários do dia. Tem como aplicações a verificação do ângulo de inclinação solar, o cálculo de sombras, o dimensionamento de brise-soleil, a orientação solar de um edifício.

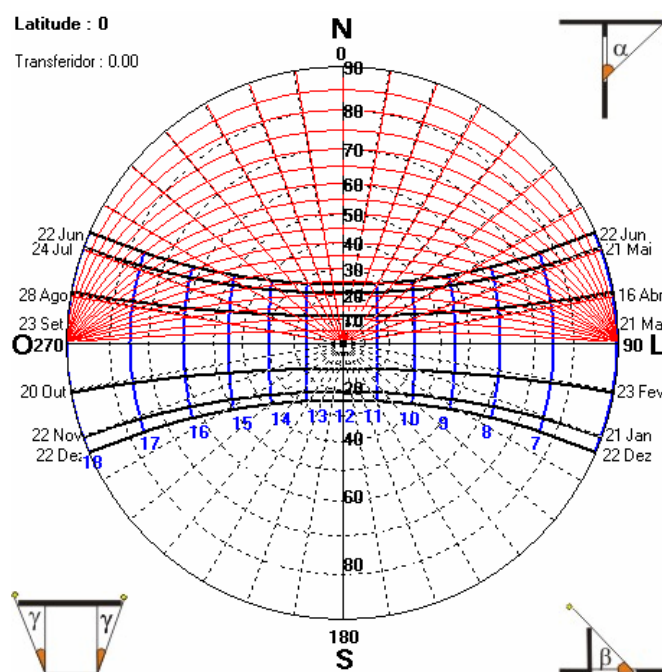


Figura 07: Carta Solar
Fonte: software sol-ar 6.1.1

A posição do sol na abóbada celeste é determinada através dos ângulos de altitude solar (γ) e de azimute solar (α), que sofrem variações de acordo com o período do ano e hora do dia.

A Latitude é fator determinante da intensidade de radiação solar incidente, isto porque, segundo Mascaró (1996, p.16) “a situação geográfica de uma região determina a duração do dia e também a distância que os raios oblíquos do sol têm que percorrer através da atmosfera”.

Para Fitch (1971) apud Romero (1988), a latitude é o principal fator geográfico no meio, pois sua distância da linha do equador determina a quantidade de energia solar que cada local receberá.

Já a altitude, quanto maior for ela, menor será a temperatura, isto porque a retenção de calor nas camadas mais elevadas da atmosfera é menor. O vapor d'água acomoda-se nas alturas mais ao nível do mar e atinge uma altura máxima de 12 km; ele absorve cerca de 15% da energia solar, aquecendo o ar. Segundo Romero (1988) a gradiente termomagnética do ar é de 1° (um grau) para cada 200 metros de altura.

O quadro 03 demonstra os elementos do clima alterados pela altitude.

Quadro 03: variações do clima por altitude

VARIAÇÕES NO CLIMA POR ALTITUDE	
Elemento	Modificação para cada 100m de altura
Temperatura média anual	0,5°C até 1,0°C de redução em sítios altos
Diferença entre o mês mais frio e o mês mais quente	0,25°C de redução
Diferença entre temperaturas média, máxima e mínima	Aumento notável
Umidade relativa	Aumento mínimo
Radiação solar	0,25% até 0,45% de aumento em sítios altos
Precipitação anual	Aumento de até 100 mm/ano
Velocidade do vento	Aumento notável, se o sítio não é isolado
Fonte: EVANS apud HERTZ (1998, p.23)	

Os fatores climáticos locais abordam os fatores que influenciam o microclima (<2,5km), como as influências da forma, inclinações e diferença de níveis dos terrenos; a cobertura vegetal (ressalte-se sua significativa importância

para o controle do micro clima) e as características físicas dos materiais (reflexão, absorção, emissão, difusão, refração) existentes num espaço.

A topografia de um local pode influir para uma maior ou menor incidência do sol sobre a mesma; influenciar na direção e na velocidade do vento, barrar ou permitir a passagem de massas de água e, ainda, fazer escoar ou acumular águas superficiais. As pequenas variações do terreno (declividade, forma, orientação e altura) já bastam para influenciar o microclima local. Frota (1995) diz que a topografia afeta a temperatura do ar em nível local.

A vegetação é base da cadeia alimentar dos seres vivos. Alimenta, dá abrigo e serve de locomoção para a fauna. Realiza a fotossíntese, fornecendo oxigênio para a atmosfera. Suas características são definidas pelo clima, contudo é forte agente climático de definição do microclima local. É fornecedora de matéria-prima para as mais diversas necessidades do ser humano, como: madeira, medicamentos, combustíveis e alimentos.

Produz uma série de sentidos ao homem, devido às diversas tonalidades, formas e texturas típicas das inúmeras espécies existentes. Embeleza a paisagem, gerando assim fortes laços emocionais. Segundo Lynch (1997) a vegetação pode servir como marco visual, possibilitando assim legibilidade, conceito referente à facilidade de orientação e locomoção.

Serve como atenuante à ação dos agentes agressivos ao conforto e à salubridade do homem contribuindo, de forma sustentável, o controle dos agentes do clima. Ameniza a radiação solar direta e refletida; filtra os poluentes, o pó em suspensão e o som; realiza a evapotranspiração, aumentando a umidade relativa, a qual tem efeito de resfriamento da superfície da Terra; enfim, controla os efeitos aerodinâmicos desagradáveis. Segundo Romero (2001, p. 97) “a vegetação numa cidade deve ser de forma que realize efetivamente seu papel depurador e de fixação de contaminantes e poeira, através do processo de fotossíntese e a partir de seus próprios elementos constitutivos”.

Segundo Barbirato (2007) a vegetação diminui a temperatura do ar em 3°C a 4°C, aumenta a umidade relativa do ar em 3% a 10%, reduz a incidência de precipitações sobre o solo e a incidência de vento sobre a vegetação; reduz as diferenças de temperatura e umidade entre as áreas sombreadas e

ensolaradas. Dependendo do tipo de cobertura vegetal esta pode absorver até 50% de radiação de onda curta e até 95% de radiação de onda longa.

Conforme Mascaró (2002), a vegetação atua sobre os elementos climáticos em microclimas urbanos, contribuindo para o controle da radiação solar, temperatura e umidade do ar, ação dos ventos e da chuva e para amenizar a poluição do ar.

A vegetação urbana funciona como termorregulador microclimático. À semelhança de água, modifica o albedo das superfícies, porque interfere na radiação recebida durante o dia e perdida durante a noite. Segundo Mascaró (2002, p. 40) as árvores, principalmente as de maior porte, acrescentam ao ambiente urbano maior capacidade de absorção térmica, provocando a queda diurna de variação de temperatura. A vegetação age nos microclimas urbanos, contribuindo para a melhoria da ambiência urbana nos seguintes aspectos:

- Ameniza a radiação solar na estação quente e modifica a temperatura e a umidade relativa do ar através do sombreamento;
- Modifica a velocidade e sentido dos ventos;
- Atua como barreira acústica;
- Quando em grande quantidade, interfere na frequência das chuvas;
- Através da fotossíntese e da respiração, reduz a poluição do ar.

Superfície do solo também interfere nas condições climáticas locais. A condutibilidade térmica do solo é diretamente proporcional à sua umidade. Isso faz com que um terreno seco se aqueça mais rapidamente durante o dia e perca com a mesma rapidez o calor durante a noite, o que provoca uma grande amplitude térmica. Romero (1988) afirma que este fator é bastante significativo nas modificações climáticas sentidas em nível urbano, uma vez que as impermeabilizações do solo alteram as características de umidade do mesmo, assim como no regime de chuvas locais

Os Elementos climáticos estudam a temperatura, a umidade do ar, as precipitações e o movimento do ar por meio de medições científicas.

A temperatura é a grandeza física que permite medir quanto um corpo está quente ou frio. Para Hertz (1998, p.14)

Os dados das médias de temperatura máxima e das médias de temperatura mínimas diárias são também de grande importância. Não só para determinar as piores condições, como também para calcular as variações diárias de temperatura.

Segundo Rivero (1985) a temperatura é um forte indicador da qualidade de vida e recebe grande importância no âmbito do planejamento urbano.

A radiação solar é o fator climático que mais influencia a temperatura de um local. Em locais com baixa temperatura, como o caso dos climas temperados, o ideal é proporcionar áreas ensolaradas que preconizem calor, enquanto que em locais quentes, como os climas tropicais e equatoriais, o ideal é “cobrir” o espaço público, reduzindo a incidência de radiação solar, diminuindo assim a temperatura.

A umidade do ar é definida como a quantidade de vapor d'água contida no ar. Uma parcela de ar pode conter no máximo 4% de vapor d'água, o que significa 100% de umidade relativa do ar (ar saturado).

Para Frota e Schiffer (1995), a umidade atmosférica é consequência da evaporação das águas e da transpiração das plantas. Ele define a umidade absoluta como o peso do vapor de água contido em uma unidade de volume de ar (g/m^3), e a umidade relativa como a relação da umidade absoluta com a capacidade máxima do ar de reter vapor d'água, àquela temperatura.

A umidade relativa varia durante o dia e durante os períodos do ano, isto devido às diferenças de temperatura que ocorrem. Quanto mais quente, maior será a evaporação de água. Nessa ordem pode se afirmar que, em geral, nas estações frias a umidade relativa é menor e nas estações quentes ela é maior.

A baixa umidade relativa é garantia de agravamento de problemas respiratórios. Os índices de umidade relativa do ar inferiores a 30% são prejudiciais à saúde do homem; nesses casos registram-se nos hospitais o aumento dos casos de bronquite, asma e alergias de crianças e idosos. A defesa civil decreta estado de emergência para umidades abaixo de 20%.

A precipitação é definida como a água proveniente do vapor de água da atmosfera e depositada na superfície terrestre por diversas formas como chuva, granizo, orvalho, neblina, neve ou geada.

As precipitações são medidas por meio de equipamentos chamados pluviômetros e são indispensáveis para o estudo de chuvas convectivas. Segundo Holtz (1976) a análise das medições pluviométricas realizadas demonstra que o total precipitado de um determinado ano varia, assim como a precipitação de um determinado local.

Segundo Barbirato (2007, p. 40) “a quantidade de chuva de uma região depende fundamentalmente do seu clima, mas a presença de uma cidade pode incrementar o acúmulo natural de chuva em comparação com uma área não urbana próxima.”

O estudo das precipitações possibilita verificar a necessidade ou não de coberturas para os pedestres. Também se deve combinar esse estudo com o do vento, pois a presença desses dois elementos gera a “chuva de vento” e a redução da área protegida pelas coberturas.

O vento é definido como o movimento das partículas que compõem o ar. É resultado de diferenças de pressão atmosférica que direcionam o ar no sentido de alta para baixa pressão. Segundo Barbirato (2007, p. 34) “é o resultado das diferenças de pressão atmosférica verificadas pela influência direta da temperatura do ar, deslocando-se horizontalmente ou verticalmente”.

Em condições normais, o ar presente nos 10 primeiros quilômetros da atmosfera realiza o movimento vertical, ocasionado pelas diferenças de temperatura das camadas atmosféricas. O ar próximo às superfícies de terra e água absorve parte do calor emitido por elas, nisso torna-se mais quente, mais leve e começa a realizar movimento ascendente. Ao chegar às camadas superiores da atmosfera, onde a absorção de calor é menor, o ar se resfria, fica mais pesado e realiza o movimento descendente. Os movimentos do ar de descer e subir ocorrem mais intensamente nas proximidades do Equador e são nulos nos pólos.

Segundo Brown (2004), três princípios influenciam a direção e velocidade dos ventos, que são: 1. a velocidade do vento é menor em altitude próxima à superfície da terra do que nas partes mais altas da atmosfera; 2. como resultado da inércia, o ar tende a continuar movendo-se na mesma direção quando encontra um obstáculo; 3. o ar flui de áreas de alta pressão para áreas de baixa pressão.

Rosa dos ventos (figura 08) é uma representação gráfica da direção, da velocidade e da temperatura do vento para cada mês do ano. Possibilita conhecer e controlar os efeitos do vento. Demonstra um vento indesejável que deve ser bloqueado e por outro lado demonstra uma brisa refrescante ideal para o resfriamento evaporativo.

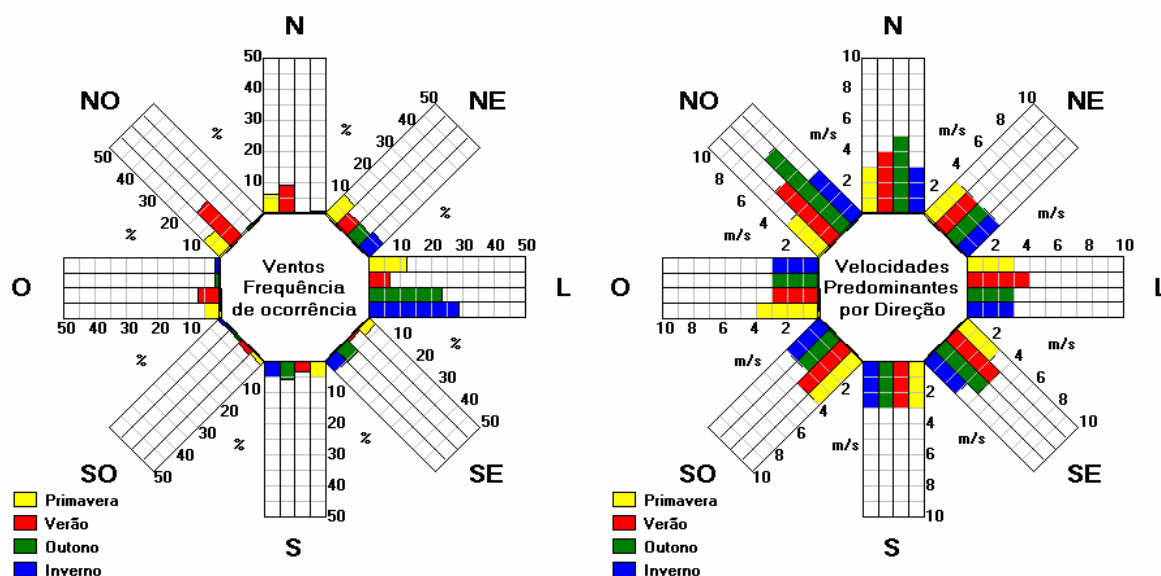


Figura 08: Rosa dos ventos da cidade de Palmas - TO.
Fonte: software sol-ar 6.1.1.

Segundo Mascaró (1996, p. 45) a falta de vento pode ser desagradável, contudo seus piores efeitos ocorrem em ventos com velocidade superior a 3,5 m/s, como por exemplo, o efeito canalização que ocorre quando a caixa da rua tem largura menor que 2,5 vezes sua altura média. O quadro 04 demonstra os fenômenos observados em diferentes velocidades do vento, conforme a escala de Beaufort.

Quadro 04: Tabela Escala de Beaufort

Escala de Beaufort	Velocidade dos ventos	Fenômenos comumente observados
0	0 a 0,2 m/s	a fumaça (churrasqueira, chaminé, cigarro, etc.) sobe de forma vertical.
1	0,3 a 1,5 m/s	o vento faz a fumaça se inclinar, mas ainda não consegue girar um cata-vento.
2	1,6 a 3,3 m/s	o ser humano percebe o vento no rosto, as folhas das árvores e do cata-vento começam a se mexer.
3	3,4 a 5,4 m/s	as folhas e os pequenos ramos das árvores se mexem de forma contínua e o vento faz as bandeiras se mexerem.
4	5,5 a 7,9 m/s	o vento tira a poeira do chão e levanta folhas de papel.
5	8,0 a 10,7 m/s	as pequenas árvores começam a balançar e começa a fazer espumas nas ondinhas dos lagos.
6	10,8 a 13,8 m/s	fios elétricos começam a se mexer e fica muito difícil usar guarda-chuva.
7	13,9 a 17,1 m/s	as árvores ficam completamente agitadas e fica muito difícil de se andar de frente para o vento.
8	17,2 a 20,7 m/s	os pequenos ramos das árvores se quebram e não se pode andar normalmente sem um esforço terrível, de frente para o vento.
9	20,8 a 24,4 m/s	as telhas dos telhados começam a ser arrancadas, ocorrem pequenas catástrofes com relação à casa.
10	24,5 a 28,4 m/s	normalmente só ocorre no mar. Quando ocorre na terra, pode arrancar árvores com a raiz.

Fonte: GREAT (1988, p. 61)

Capítulo 04

A FORMA E OS ELEMENTOS DA VIA PÚBLICA, O ESTUDO DO HABITAT

Segundo Kohlsdorf (1996, p. 22) a forma física tem papel fundamental no espaço, isto porque, “é por meio dela que se concretiza o desempenho do espaço quanto a expectativas colocadas pelos que a freqüentam”. Complementa que essa forma física interfere no clima e conseqüentemente no conforto térmico; e que os índices de satisfação térmica nos ambientes dependem da “adequação ao clima de características como dimensões, proporções, composição das superfícies e relações entre os planos estruturadores do espaço”.

Neste contexto, e no da concepção bioclimática, que visa o controle do clima por meio da manipulação sustentável dos elementos arquitetônicos e urbanísticos em prol do conforto ambiental, este capítulo se justifica. Pretende-se estudar a forma urbana e os elementos físicos que a compõem, enfocando os espaços pertencentes às vias públicas. Busca-se também conhecer métodos de análise morfológica, que possibilitaram um melhor entendimento da configuração do ambiente construído do estudo de caso.

A percepção ambiental é o conceito utilizado para a análise da composição da forma urbana e de seus elementos. Por isto, primeiramente realizou-se o estudo de alguns princípios desse conceito, utilizando os estudos de Del Rio (1996), Cullen (1971), Bentley (1999), Lynch (1964 e 1999), Kohlsdorf (1996) e Panerai (2006). Em seguida aborda a análise seqüencial proposta por Panerai (2006, p. 36), método analítico dos elementos que constituem uma paisagem. Esse método consiste na definição dos elementos da imagem urbana, através dos estudos de Lynch (1999); na fragmentação desses elementos em “quadros”; e por último na análise isolada e seqüencial desses “quadros”, utilizando os estudos de Kohlsdorf (1996) e Panerai (2006).

4.1 A PERCEPÇÃO AMBIENTAL

A percepção ambiental tem forte relação com o bioclimatismo: ambos procuram entender as relações espaciais e naturais existentes entre os indivíduos e o espaço que o circunda. Contudo a percepção ambiental estuda o campo psicológico, enquanto que o bioclimatismo estuda o fator fisiológico do homem.

A percepção ambiental é um processo de inter-relação entre o indivíduo receptor de uma infinidade de estímulos nervosos gerados pelo espaço. Esses estímulos são captados e decodificados pelo indivíduo em dois níveis de percepção: o consciente e principalmente o inconsciente. Segundo Del Rio (1996), como a percepção ambiental atua principalmente em nível inconsciente ou cognitivo, muitos desses estímulos gerados são entendidos de forma involuntária, não tendo interferência da razão, ficando marcados na mente como são sentidos.

É questão fundamental para o desenho urbano, já que consiste na reconstrução mental do espaço, imprimindo atributos e qualidades percebidas pela população.

O papel dos aspectos topoceptivos é básico para a realização de quaisquer outras aspirações, porque é sempre sobre o fundamento da orientação e da identificação no espaço que os indivíduos entram em contato com o mundo a que pertencem, numa relação de aprendizado permanente. Por lhes oferecer coordenadas de situação, a leitura dos lugares permite o desenvolvimento de suas demais utilizações e a realização das diversas práticas sociais. (KOHLSDORF, 1996, p.70).

Pioneiro nos estudos da relação entre os espaços e as sensações geradas, Cullen (1971) analisou a paisagem de cidades medievais. Afirmou que os jogos de elementos arquitetônicos geram ao observador (habitante ou visitante) diversas sensações físicas que quebram a monotonia, fazendo com que o indivíduo interaja com o meio e se sinta confortável. Esses jogos geram uma infinidade de sentidos que ficam marcados no inconsciente e que trazem a vontade de voltar a esse espaço, de revivenciar todos esses sentidos outra vez.

Existe, sem dúvida alguma, uma arte do relacionamento, tal como existe uma arte arquitetônica. O seu objetivo é a reunião dos elementos que concorrem para a criação de um ambiente, desde os edifícios aos anúncios e ao tráfego, passando pelas árvores, pela água, por toda a

natureza, enfim, e entretecendo esses elementos de maneira a despertarem a emoção ou interesse. Uma cidade é antes do mais uma ocorrência emocionante do meio ambiente. Senão, atente-se na pesquisa e nos esforços dispendidos para a tornarem uma realidade: contingentes de demógrafos, sociólogos, engenheiros, peritos de tráfego, etc., empenhados no concerto de uma infinidade de factores que possibilite a criação de uma organização fundamental, viável e saudável. É um tremendo empreendimento humano! (CULLEN, 1971, p. 10)

Ao estudar as relações entre imagem e indivíduo, existentes nas cidades norte-americanas de Boston, Jersey City, Los Angeles, Lynch (1999) conceituou e explicou a imaginabilidade e legibilidade da forma urbana.

A malha viária, composta pelas vias públicas e seus componentes, é forte elemento do desenho urbano de uma cidade e pode imprimir à cidade forte significado emocional. O espaço com uma imagem agradável tem o poder de instigar interesses, anseios e desejos em relação a ela, atraindo assim mais e mais pessoas. Segundo Lynch (1999) o conceito de imaginabilidade é definido, e tem como objetivo:

A característica, num objeto físico, que lhe confere alta probabilidade de evocar uma imagem forte em qualquer observador dado. (...) Um ambiente bonito tem outras propriedades básicas: significado ou expressividade, prazer sensorial, ritmo, estímulo, escolha. Nossa concentração na imaginabilidade não nega a importância delas. Nosso objetivo consiste apenas em levar em conta a necessidade de identidade e estrutura em nosso mundo perceptivo, e ilustrar a relevância especial dessa qualidade para o caso específico do espaço urbano, complexo e mutável. (LYNCH, 1999, p 11-12)

A legibilidade é um conceito que não considera somente a cidade como uma coisa em si, mas a cidade de modo como a percebem seus habitantes. Um espaço legível serve como um organizador de espaço, gerando facilidade de locomoção, segurança emocional, forte significado expressivo e desenvolvimento individual.

A legibilidade também é entendida como a capacidade de compreensão física de um determinado local e a posterior desta associação com seu uso. (BENTLEY, 1999) Ela é conceito essencial, juntamente com a variedade, versatilidade, imagem apropriada, personalização e permeabilidade, para a obtenção da vitalidade da intervenção urbana. Para Bentley (1999) a permeabilidade é a capacidade de a intervenção gerar diferentes acessos, tanto físicos quanto visuais, permitindo assim interação entre indivíduo e espaço, já

que são oferecidas diferentes possibilidades de acessos, cabendo aos indivíduos as decisões dos caminhos a serem tomados.

Segundo Kohlsdorf (1996, p.72) para compreender-se a percepção do espaço necessita-se primeiramente analisar e descrever as configurações morfológicas. “A análise do comportamento dos espaços urbanos, em termos de identificação e orientação das pessoas, requer que se examine sua forma a partir de seus elementos visualmente relevantes...”

A análise de percepção ambiental, também deve ser realizada sob deslocamentos. A cidade não é percebida sob a ótica de um ponto fixo e sim através de sucessivas paisagens.

A análise pitoresca precede de outro ponto de vista; o observador está na cidade, que se lhe apresenta como uma seqüência de quadros. A cidade não é mais apreendida a partir de um ponto fixo (o centro ideal dos esquemas renascentistas ou o belvedere dos passeios do século XIX), mas pelo deslocamento (PANERAI, 2006, p. 25)

4.2 A ANÁLISE SEQUENCIAL, ESTUDO DA FORMA

Conforme exposto, a percepção ambiental exige a compreensão da composição da forma do espaço, sendo que esta deve ser realizada sob deslocamentos. Surge então a necessidade de um método apropriado para essa análise, sendo escolhida a análise seqüencial estudada por Panerai (2006, p. 36). Este utiliza as ferramentas de análise propostas pelos arquitetos da *Gestalt* e pelos conceitos de sucessão espacial.

A análise sequencial consiste primeiramente na análise dos elementos da imagem urbana e, em seguida na fragmentação da área em diversos “quadros”, que são disposições esquemáticas e codificadas da paisagem. Finalmente, estes “quadros” são analisados isoladamente, encadernados e seqüenciados, obtendo assim as configurações físicas do espaço. Na etapa de análise observam-se os marcos, os percursos, os limites, os pontos nodais, os bairros (elementos da imagem urbana) e também a simetria ou assimetria, a definição lateral ou central, a abertura ou fechamento, a convexidade ou concavidade (estrutura morfológica dos “quadros”). Após a análise isolada de cada quadro, eles são encadernados formando a “sequência”, esse processo utiliza parte de conceitos existentes em *The view of the Road*, de Lynch (1964).

A sequência, isto é, a passagem de um quadro a outro pode ser efetuada de maneira gradual, contínua, brusca ou de forma pitoresca. Depende das especificidades de cada caso. Essa análise deverá ser realizada nos dois sentidos (ida e volta) do percurso, isto porque a análise de um único sentido em geral não é reversível ao outro sentido. A figura 09 demonstra a análise seqüencial da Route Nationale 7, um exemplo da aplicação desse método.

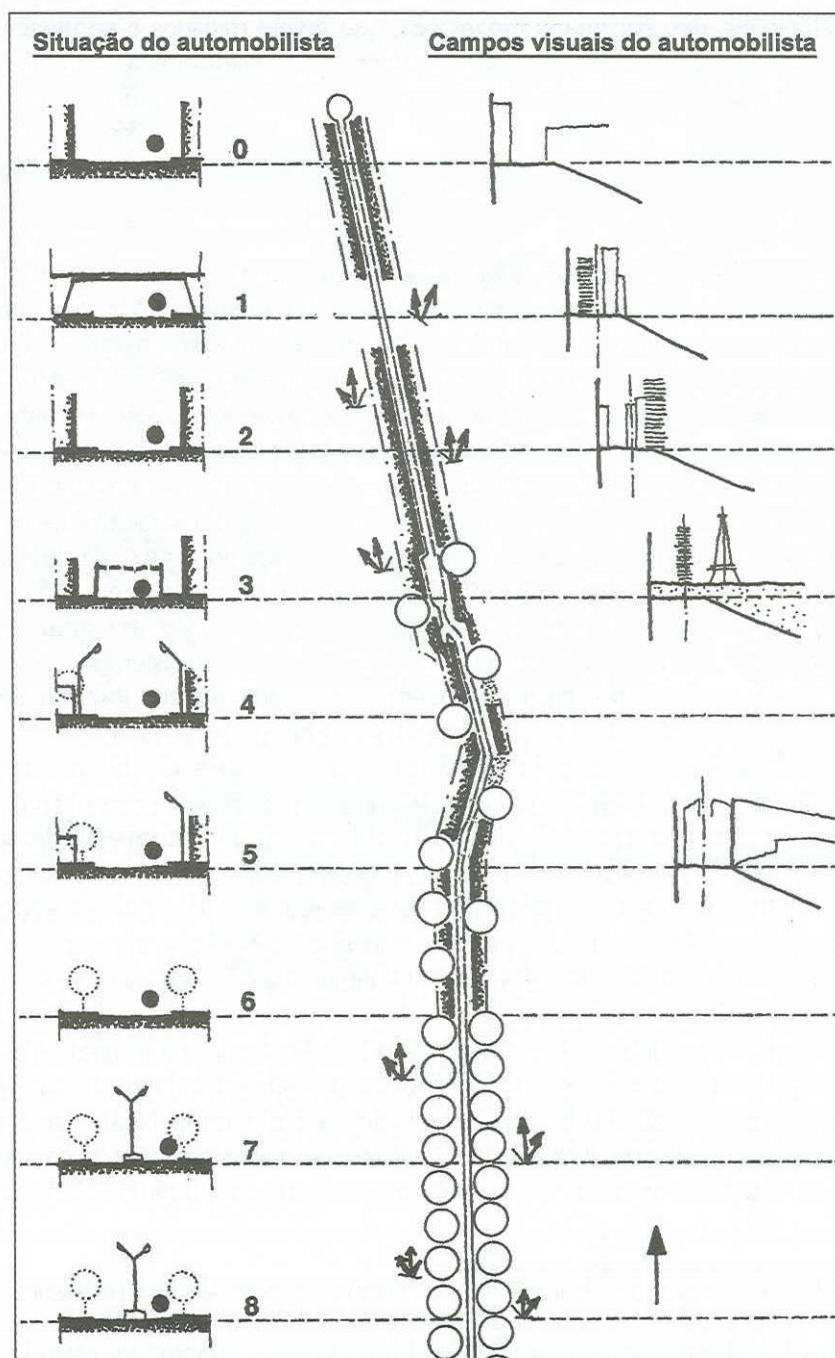


Figura 09: Análise seqüencial da Route Nationale 7, entre Corbeil e Paris
Fonte: Panerai (2006, p. 47).

Visando um maior entendimento dos elementos da imagem urbana e dos campos visuais levantados em cada quadro, foi realizado um breve referencial teórico utilizando os estudos de Lynch (1999), Kohlsdorf (1996) e Panerai (2006).

4.2.1 Os elementos da imagem urbana

Segundo Lynch (1999) e seus estudos sobre a imagem da cidade e seus elementos, o conteúdo destas imagens das cidades, que remetem às formas físicas, pode ser classificado em cinco tipos de elementos: vias, limites, bairros, pontos nodais e marcos. A figura 10 demonstra o estudo de Lynch (1999) na cidade de Los Angeles.

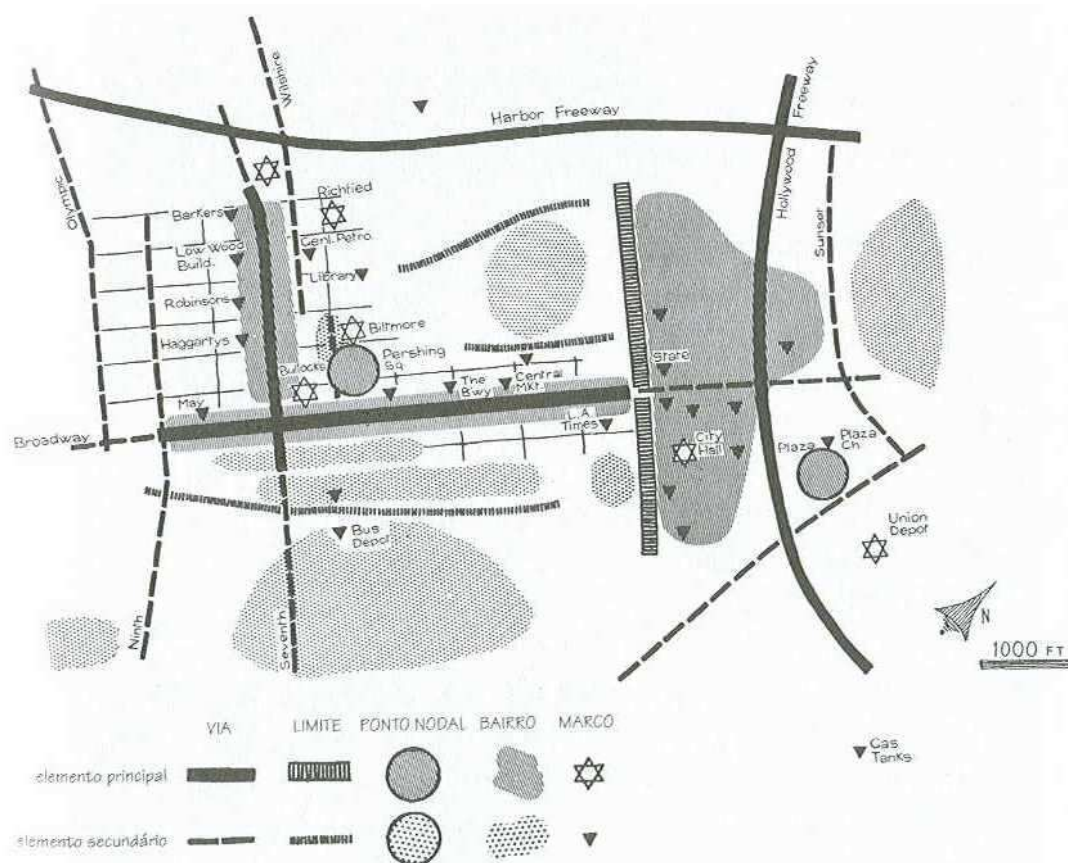


Fig. 14. A forma visual de Los Angeles vista no campo

Figura 10: A forma visual de Los Angeles
Fonte: Lynch (1999, p.37)

Segundo Lynch (1999, p.54) os tipos de elementos especificados não existem isoladamente, pois a sobreposição e interpenetração destes elementos ocorrem regularmente. Os bairros, por exemplo, “são estruturados com pontos nodais, definidos por limites, atravessados por vias e salpicados por marcos.” Esses elementos da imagem urbana podem ser arranjados como uma “linha melódica”, que são visualizados, compreendidos, percebidos, imaginados pelos observadores, fazendo com que a forma seja vivenciada em intervalos de tempo resumidos.

4.2.2 O campo visual de cada “quadro”, a configuração dos lugares

A forma ou estrutura de um local é o meio mais importante de geração de sensações que são receptadas e interpretadas pelo ser humano, sendo que neste processo o sistema visual é o que mais predomina. Por isso, segundo Kohlsdorf (1996, p. 72) “a análise do comportamento dos espaços urbanos, (...) requer que se examine sua forma a partir dos elementos visualmente relevantes na estrutura das informações”.

Segundo Kohlsdorf (1996, p.89-95) os “efeitos topológicos representam elaborações a partir das referências topológicas básicas do corpo humano: à frente/atrás, acima/abaixo, ao lado, à direita/à esquerda, etc”. A autora define nove efeitos topológicos, sendo que os dois primeiros pares (alargamento e estreitamento, envolvimento e amplidão) são genuínos e os seguintes (alargamento lateral e estreitamento lateral, preparação para alargamento, preparação para estreitamento, preparação para envolvimento, preparação para amplidão, preparação alargamento lateral e preparação para estreitamento lateral) são variações (ver figuras 11 e 12).

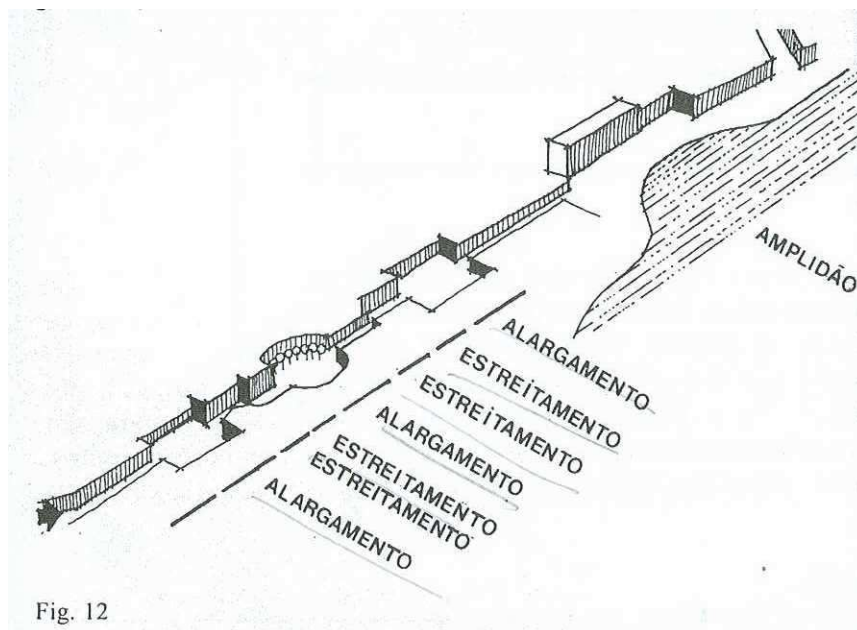


Fig. 12

Figura 11: Figura de efeitos topológicos.
 Fonte: Kohlsdorf, (1996, p.88).

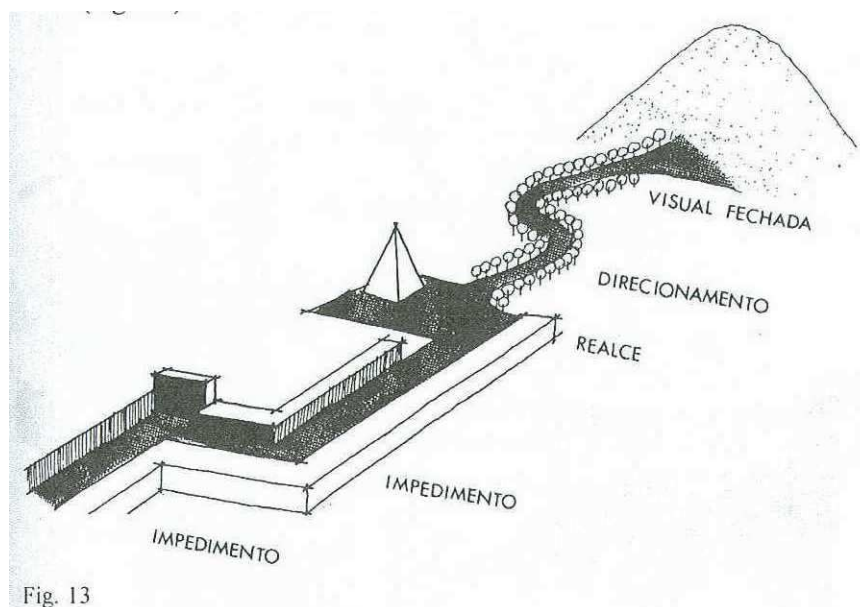
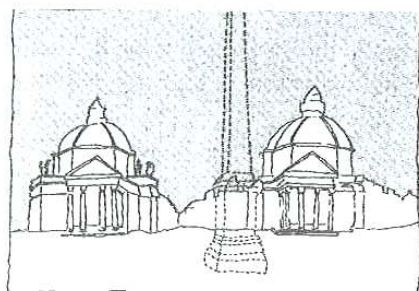


Fig. 13

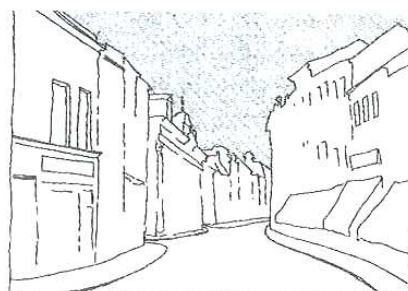
Figura 12: Figura de efeitos topológicos.
 Fonte: Kohlsdorf, (1996, p.89).

Panerai (2006, p. 40) traz também outras condições que podem ser percebidas em cada “quadro” ou campo visual. A partir de dados gerais pode-se definir a simetria/assimetria, a definição lateral/definição central, a abertura/fechamento, a convexidade/concavidade. Por meio dos parâmetros laterais pode-se definir o corte vertical ou horizontal, superfícies com perfis, ondulações, relação entre as duas faces, deferência, indiferença, competição. Através do estudo do seu papel no encaminhamento em direção ao ponto de

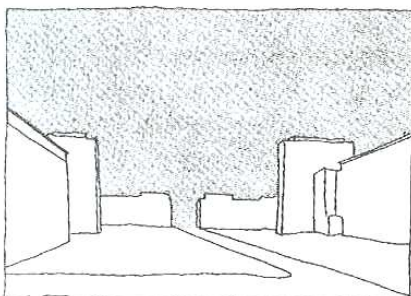
fuga e para além dele pode-se definir o estreitamento, estrangulamento, efeito bastidores, valorização franca ou oculta, deflexão/ retorno e demarcação. Por último, pode-se caracterizar o fechamento frontal do campo visual como diafragma e enquadramento. A figura 13 demonstra esquemas destas condições:



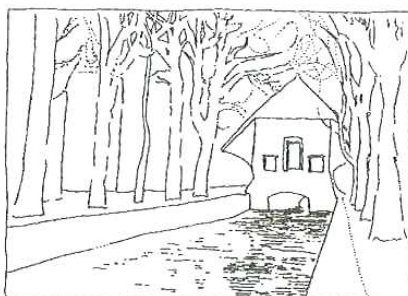
1a simetria



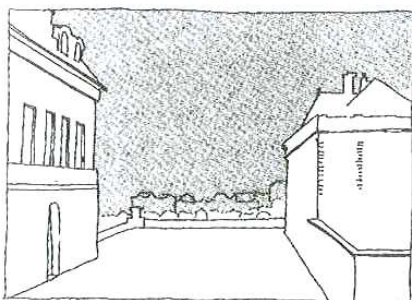
1b assimetria



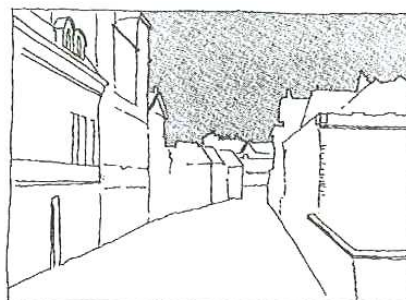
2a demarcação lateral



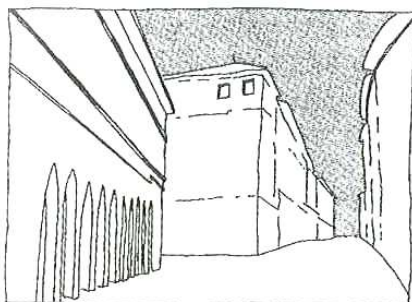
2b demarcação axial



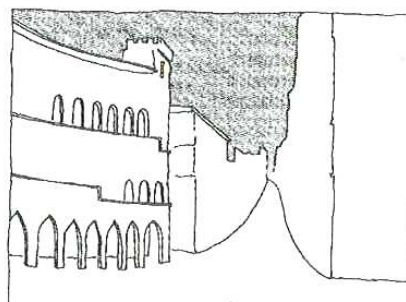
3a abertura



3b fechamento



4a convexidade



4b concavidade

Figura 13: Os elementos do pitoresco - A
Fonte: Panerai (2006, p.37)

A caixa da rua ou proporção W/H analisa a largura da rua em relação à altura dos prédios. Este varia de acordo com o tipo da rua e o gabarito permitido na lei de uso do solo municipal. Dependendo da proporção a caixa da rua, esta pode tornar o espaço mais ou menos rugoso e conseqüentemente mais ou menos protegido dos agentes físico-naturais existentes.

Segundo Romero (2001) existem três tipos de proporção W/H: os espaços de clausura, espaços de recolhimento e espaços expansivos, como se vê na figura 14.

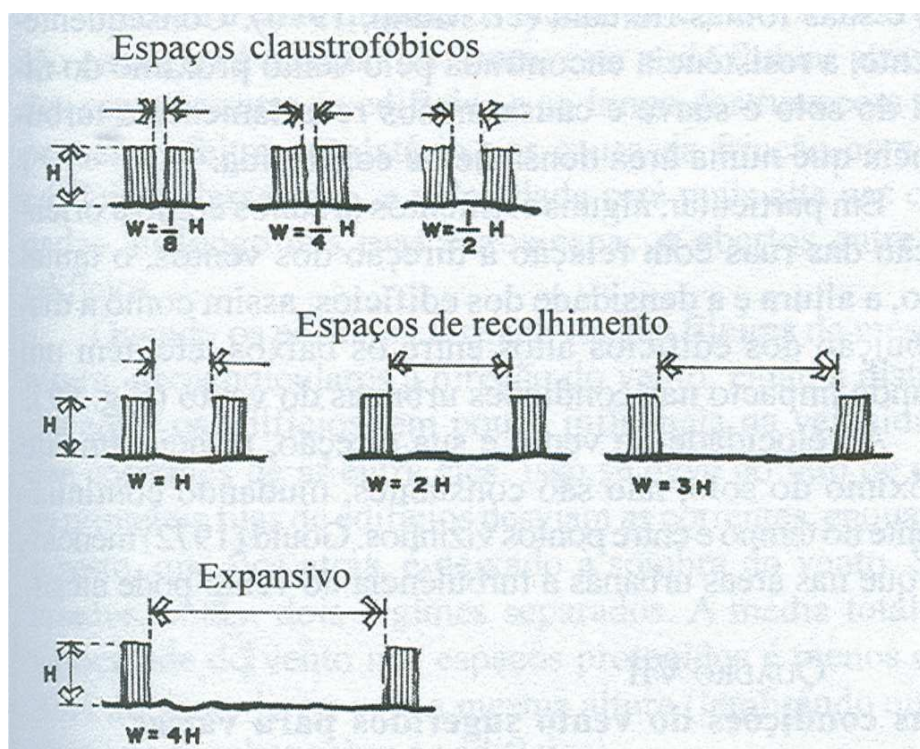


Figura 14: Relação altura e largura, a proporção W/H
Fonte: Romero (2001 p.91)

Segundo Lynch (1964) os contatos pessoais se dão em até 3 metros, a legibilidade fisionômica em até 15 metros, o reconhecimento de uma pessoa em até 25 metros e a noção de alguém em até 1200 metros. Lynch (1964) afirma também que verticais menores do que 1/4 das horizontais gera a perda da sensação de fechamento.

Capítulo 05

CLIMA URBANO, ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE HABITAT E MEIO

A climatologia urbana tem cada vez mais demonstrada sua relevância na obtenção da qualidade de vida nas cidades, visto esses estudos serem essenciais na compreensão dos problemas ambientais resultantes da urbanização.

A partir do referencial teórico estudado, onde o clima é fenômeno dinâmico alterado por diversos fatores, inclusive o construído, verificou-se a necessidade de analisar as transformações causadas no clima pelo fenômeno de urbanização, o clima urbano.

O quinto capítulo estuda os atributos da forma urbana que proporcionam mudanças nos microclimas urbanos, através dos estudos de Spirn (1995), Oliveira (1987) e Barbirato (2007). Em seguida, apresenta os elementos climáticos mais alterados e como eles são afetados, utilizando os estudos de Mascaró (1996), Oke (1989), Romero (2001) e Landsberg (1981). Por último, visto o surgimento de problemas ambientais desagradáveis, esse capítulo se encerra com o estudo dos efeitos climáticos negativos causados pela urbanização, sendo fundamentado por Lombardo (1985), Spirn (1995) e Mota (1999).

5.1 A RELAÇÃO CLIMA E URBANIZAÇÃO.

As intervenções do ser humano sobre o meio natural produzem um ecossistema totalmente distinto, formando assim o meio urbano. Contudo, esse meio urbano, a cidade, não é totalmente artificial e nem natural; ela é uma transformação da natureza pelo ser humano, a fim de servir às necessidades deste. Conforme Spirn (1995) a cidade é um sistema heterotrófico sustentado pelo consumo maciço de energia e matérias-primas. À medida em que a cidade cresce, as mudanças no clima urbano crescem na mesma proporção, a ponto agravar os problemas ambientais e afetar o bem estar de cada morador.

No processo de urbanização, o ser humano involuntariamente modifica o meso e o microclima, tornando-o mais ou menos quente, mais ou menos úmido. Isso ocorre devido à complexa inter-relação dos elementos naturais existentes com os elementos arquitetônicos e urbanísticos que formam a cidade. Segundo Spirn (1995):

A cidade é composta por um mosaico de microclimas radicalmente diferentes, os quais são criados pelos mesmos processos que operam na escala geral da cidade. Os mesmos fenômenos que caracterizam o mesoclima urbano existem em miniatura por toda a cidade – pequenas ilhas de calor, microinversões, bolsões de grave poluição atmosférica e diferenças no comportamento dos ventos. Três microclimas urbanos comuns demonstram muitas dessas variações: ruas-desfiladeiro, praças pavimentadas e parques. (SPIRN, 1995, p. 71)

Essas modificações do meso e microclima são sentidas pelo ser humano, principalmente nos espaços públicos abertos, interferindo no conforto térmico, na qualidade de vida e na salubridade da população urbana. Romero (1988, p. 9) afirma que os efeitos da urbanização são negativos, na maioria dos casos, pois geram impactos ambientais que afetam o conforto e a salubridade da população. Práticas como “a excessiva cobertura do solo, concentração de gases contaminantes, o aumento da temperatura em razão da redução da difusão de calor e dos menores índices de evaporação afetam a saúde física e mental da população”.

A morfologia é um elemento importante na determinação dos microclimas da cidade, na medida em que a superfície rugosa da cidade interfere no movimento do ar, na quantidade de radiação solar, na umidade e na precipitação. Segundo Oliveira (1988) os atributos bioclimatizantes da forma urbana são: porosidade que corresponde aos espaços entre as edificações e que interferem na maior ou menor permeabilidade dos ventos, rugosidade que corresponde à maior ou menor fricção dos ventos com as superfícies urbanas; densidade da construção que corresponde a quantidade de construções, espaçamento entre elas e suas alturas médias; tamanho horizontal e vertical das cidades que interfere na quantidade de fontes produtoras de poluentes e de calor; uso e ocupação do solo que interferem na proporção de áreas verdes assim como na distribuição de temperaturas dentro da cidade; orientação que refere-se aos acessos de ventos e insolação; permeabilidade do solo urbano que refere-se a proporção de solo nu compactado com o solo recoberto por

pavimentações e edificações; e finalmente, propriedades termodinâmicas dos materiais constituintes que interferem no albedo, nos índices de absorvância, emissividade da radiação solar e nos índices de impermeabilidade.

As propriedades físicas dos materiais que constituem a massa edificada, das superfícies pavimentadas ou não e da vegetação, inseridas na estrutura urbana, estão todas relacionadas diretamente com a quantidade de energia térmica absorvida e refletida para a atmosfera. Segundo Oliveira (1988) a forma rugosa da cidade interfere também na circulação do ar, no fluxo de calor, nas trocas térmicas dos materiais, na radiação solar incidente.

5.2 O CLIMA URBANO

O clima urbano é compreendido como um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização. É um mesoclima que está incluído no macroclima e sofre influências microclimáticas derivadas dos espaços urbanos. Conforme Mascaro (1996) quanto maior for o nível de urbanização, maior será a mudança climática.

Segundo Oke (1989) e Givoni (1988) apud Romero (2001, p. 49-50), são quatro as influências básicas que diferenciam o clima da cidade do clima de sua área circundante:

- A mudança do tipo de material que compõe a superfície da terra, através da pavimentação com materiais impermeáveis e com alta capacidade térmica. A forma rugosa da cidade, que aumenta os efeitos de vento e os efeitos da radiação solar;
- a infra-estrutura de drenagem urbana, que elimina a água rapidamente, diminuindo a evapotranspiração;
- emissão de contaminantes, que reduzem a insolação e geram o efeito estufa;
- e a geração local de energia térmica geradas pelas indústrias, pelos veículos e por algumas infra-estruturas.

Segundo Lombardo (1985) são duas as camadas atmosféricas do clima urbano: a camada intra-urbana, de nível microclimático, que abrange o espaço entre o solo e a cobertura das edificações e a camada limite urbana, de nível mesoclimático, que abrange o espaço imediatamente acima da cobertura urbana, conforme ilustrado na figura 15.

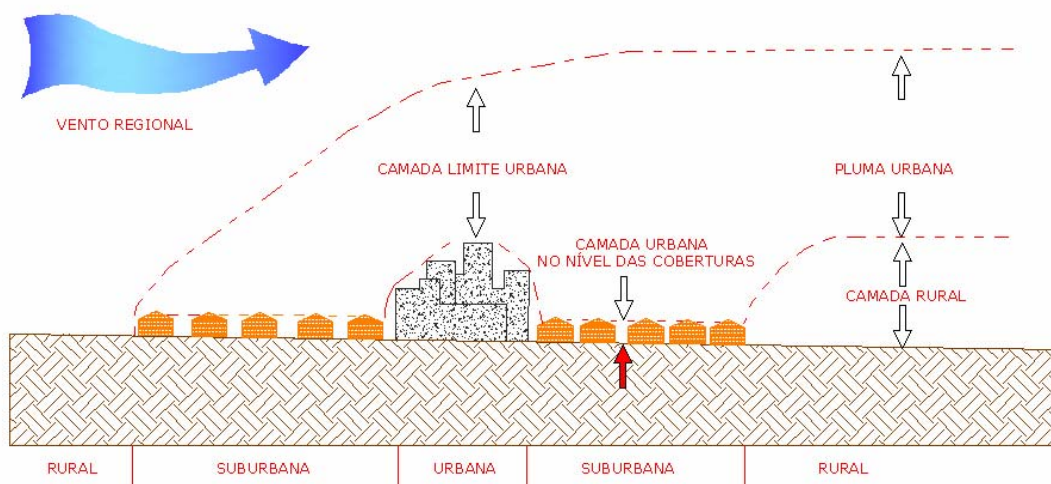


Figura 15: camadas atmosféricas do clima urbano
 Fonte: Adaptado ROMERO (2001, p. 47)

Ao estudar os microclimas intra-urbanos decorrentes das modificações do clima pela urbanização, Landsberg (1981) elabora um quadro comparativo entre meio urbano e meio rural, analisando diferentes condicionantes climáticas.

Quadro 05: Mudanças médias climáticas, causadas pela urbanização

CARACTERÍSTICAS	COMPARAÇÃO COM O MEIO RURAL
Radiação	
Global	15 a 20% menor
Ultravioleta (no inverno)	30% menor
Ultravioleta (no verão)	5% menor
Duração de exposição ao sol	5 a 15% menor
Temperatura	
Média anual	0.5 a 1.0 ° C maior
Média das mínimas no inverno	1 a 2 ° C maior
Contaminantes	
Núcleos e partículas de condensação	10 vezes maior
Misturas gasosas	5 a 25 vezes maior
Velocidade do vento	
Média anual	20 a 30% menor
Rajadas extremas	10 a 20% menor
Calmarias	5 a 20% menor
Precipitação	
Total	5 a 10% maior
Dias com menos de 5 mm	10% maior
Neve	5% maior
Nebulosidade	
Coberto	5 a 10% maior
Nevoeiro (no inverno)	100% maior
Nevoeiro (no verão)	30% maior
Umidade relativa	
No inverno	2% menor
No verão	8% menor

Fonte: LANDSBERG (1970), apud MOTA (1999 p.33)

Analisando o quadro 05 pode-se observar que a temperatura, os contaminantes, a precipitação e a nebulosidade são maiores na cidade, enquanto que no meio rural a radiação, a velocidade do vento e a umidade relativa são maiores.

A temperatura média anual é cerca de 1°C maior no meio urbano, isto porque o processo da urbanização promove, entre outras práticas, a pavimentação do solo com materiais que absorvem calor durante o dia e o emitem à noite. O concreto e o asfalto, largamente utilizados como material de revestimento de pisos, por exemplo, chegam a altas temperaturas em dias ensolarados. O desmatamento também favorece o aumento da temperatura na cidade devido à retirada de árvores que são filtros naturais de radiação solar.

Na cidade, os valores mínimos de temperatura são registrados nas áreas próximas a reservatórios de água e maciços verdes. É certo que a presença da água e da vegetação é garantia de diminuição da temperatura de um determinado local, devido ao aumento da umidade relativa e das áreas sombreadas.

Segundo Lombardo (1985) as altas temperaturas são verificadas nas áreas onde o crescimento vertical é intenso, onde existem altas densidades demográficas e pouca quantidade de vegetação, principalmente nos setores industriais e residenciais. As temperaturas aumentam das periferias em direção ao centro.

Conforme Mota (1999) nas cidades, os lugares com pouca vegetação alcançam valores altos de temperatura, enquanto que nos lugares vegetados e próximos aos reservatórios de água, os valores mínimos são registrados. Com o aumento da temperatura nas cidades, ocorre a diminuição da umidade.

Segundo Barbirato (2007, p. 40), a maior quantidade de precipitação no meio urbano ocorre devido aos movimentos ascendentes do ar sobre a cidade, que criam uma barreira de dispersão das partículas presentes na atmosfera urbana. Os movimentos horizontais do ar também contribuem como a brisa urbana, que carrega o ar fresco e úmido do campo para a cidade.

Sobre as alterações do vento, Romero (2001, p. 92) afirma que alguns elementos urbanos têm um grande impacto nas condições urbanas do vento, como “a orientação das ruas em relação à direção dos ventos, o tamanho, a

altura e a densidade dos edifícios, assim como a distribuição entre os edifícios baixos, etc. têm grande impacto nas condições urbanas do vento.”

A direção e a velocidade do ar e os efeitos aerodinâmicos são influenciados pelas condições topográficas e pela massa edificada. A velocidade do vento aumenta de acordo com a altura e é maior no meio rural. Contudo, os efeitos aerodinâmicos ocorrem mais no meio urbano devido à forma rugosa da cidade. As diferenças de gabarito, os anteparos, os vazios, as ruas “canais” de vento, as esquinas, os espaços abertos típicos da cidade produzem uma série de efeitos aerodinâmicos, como pode-se ver na figura 16.

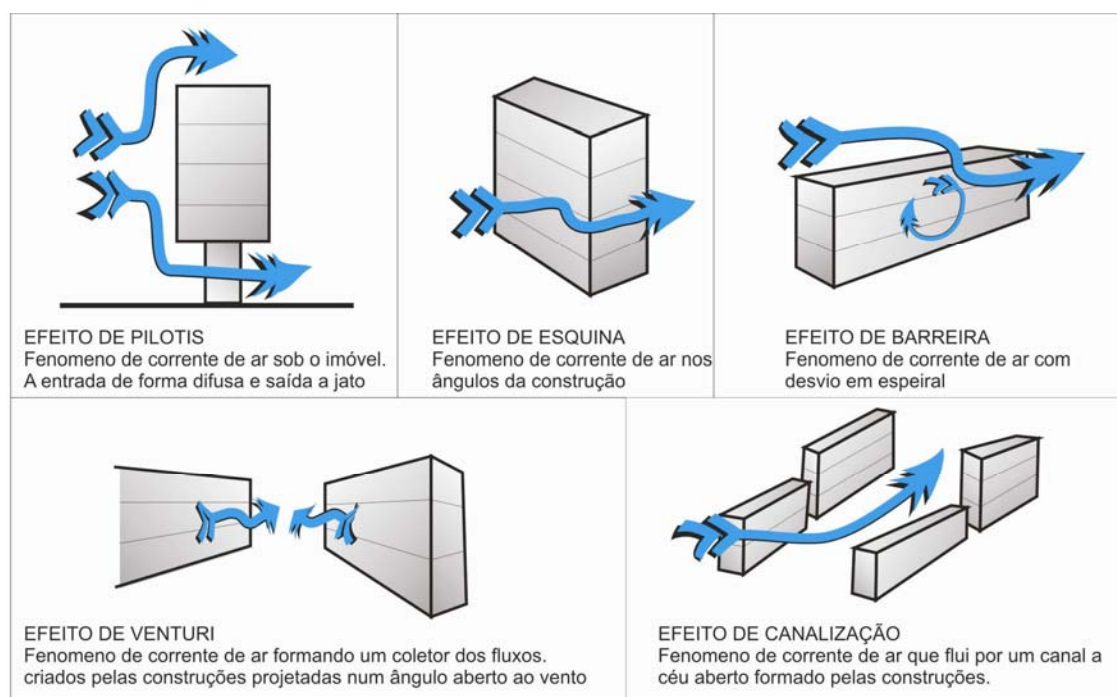


Figura 16: Efeitos aerodinâmicos do vento
Fonte: adaptado ROMERO (1988, p. 92)

O efeito canalização ocorre quando a massa de ar passa por um canal formado pelas edificações existentes; o efeito esquina ocorre nos ângulos da edificação; o efeito barreira acontece quando a corrente de ar tem desvio em espiral; o efeito pilotis, quando o ar passa sob o edifício (o ar entra de forma difusa e saí em jato) e o efeito de Venturi, quando se forma um coletor formado por edifícios projetados num ângulo aberto ao céu. Os efeitos que mais ocorrem na altura do pedestre são o efeito barreira, o efeito pilotis e o efeito Venturi. (Romero, 1998, p. 92)

Segundo Romero (2001, p. 93) a distância entre os edifícios pouco influi na velocidade dos ventos quando os edifícios compõem extensas filas de altura uniforme, pois as primeiras filas de edifícios desviam as correntes de ar, considerando os ventos perpendiculares a eles. “São criados então dois regimes separados. A média total de velocidade do vento nos espaços protegidos é menos que 30% do vento livre, com a mesma altura (lembrando que o vento pode saltar sobre os edifícios).”

Uma composição densa com torres tem melhor ventilação do que uma composição de baixa densidade com edifícios de mesma altura. Pois, as torres espalhadas aumentam a velocidade do vento nas ruas. Romero (2001) constatou que as torres, quando dispersas na vizinhança, sempre aumentam a velocidade do ar nas ruas. Uma configuração densa com torres é melhor ventilada do que uma configuração de baixa densidade com edifícios de altura uniforme. Quando os edifícios formam longas fileiras de mesma altura, perpendiculares à direção do vento, a distância entre os edifícios tem pouca influência na velocidade das correntes de ar entre eles. Isso se deve pelo fato de que as primeiras filas de edifícios desviam as correntes, enquanto o resto, que fica atrás, é deixado à sombra do vento. São criados então dois regimes separados. A média total de velocidade do vento nos espaços protegidos é menos que 30% do vento livre.

Em uma área urbana adensada apenas uma pequena parte da radiação solar que atinge as paredes dos edifícios é refletida para o céu, pois a maior parte é absorvida pelas paredes. Esta radiação pode ser emitida de volta, o que dependerá da cor destes edifícios. Para Romero (2001), a maior parte da radiação solar atinge as coberturas dos edifícios e apenas uma pequena parte atinge o solo. Esta radiação, que também atinge as fachadas, é parcialmente refletida para as paredes vizinhas, podendo esta radiação ser grande, com valores em torno de 20% a 80%, dependendo da cor das paredes.

Segundo Romero (2001) as paredes e a superfície do solo perdem calor por radiações de onda longa até o céu, e a intensidade desta perda depende da parte do céu para a qual esta radiação é liberada. Algumas vezes esta radiação de onda longa que sai das paredes, é apenas metade da que é lançada pelo teto numa área semelhante. Numa área urbana densa, a maior parte da abóbada, vista pela parede, é obstruída por outros edifícios. Assim, a maior parte da

radiação solar fica retida nos edifícios, pois é obstruída pela própria massa construída.

A umidade relativa do meio rural é maior se comparada ao meio urbano, devido a que, no meio urbano, há grandes áreas impermeabilizadas do solo, que fazem a chuva escoar com maior rapidez e não retêm água, diminuindo assim a evapotranspiração, a qual tem efeito de resfriamento da superfície da Terra.

A impermeabilização do solo e a drenagem subterrânea fazem com que as precipitações escoem com maior velocidade, diminuindo assim a absorção de água pelo solo, acelerando o processo de evaporação, modificando o balanço hídrico da superfície urbana e conseqüentemente diminuindo a umidade relativa na cidade. O desmatamento também reduz a umidade, isto devido a vegetação, durante o processo de fotossíntese, realizar a evapotranspiração, que consiste na evaporação da água eliminada pelas folhas.

Após verificar que o fenômeno da urbanização causa uma série de mudanças no clima, surgiu a necessidade de estudar os efeitos negativos no clima. Esses efeitos climáticos crescem e ficam mais graves a partir do momento em que a cidade vai crescendo.

5.3 EFEITOS CLIMÁTICOS NEGATIVOS GERADOS PELA URBANIZAÇÃO.

São vários os efeitos negativos gerados no clima pelo fenômeno da urbanização. Estes basicamente se referem ao aquecimento ou resfriamento excessivo do meio urbano, ou pela geração e acumulação dos poluentes gerados pelas máquinas. Os efeitos aqui comentados são: ilha de calor, ilha de frescor, inversão térmica, *smog* fotoquímico e ruas desfiladeiro.

A ilha de calor, segundo Mota (1999, p. 32), “corresponde a uma área na qual a temperatura da superfície é mais elevada que as áreas circunvizinhas, o que propicia o surgimento de circulação local”. A figura 17 demonstra o perfil da ilha de calor.

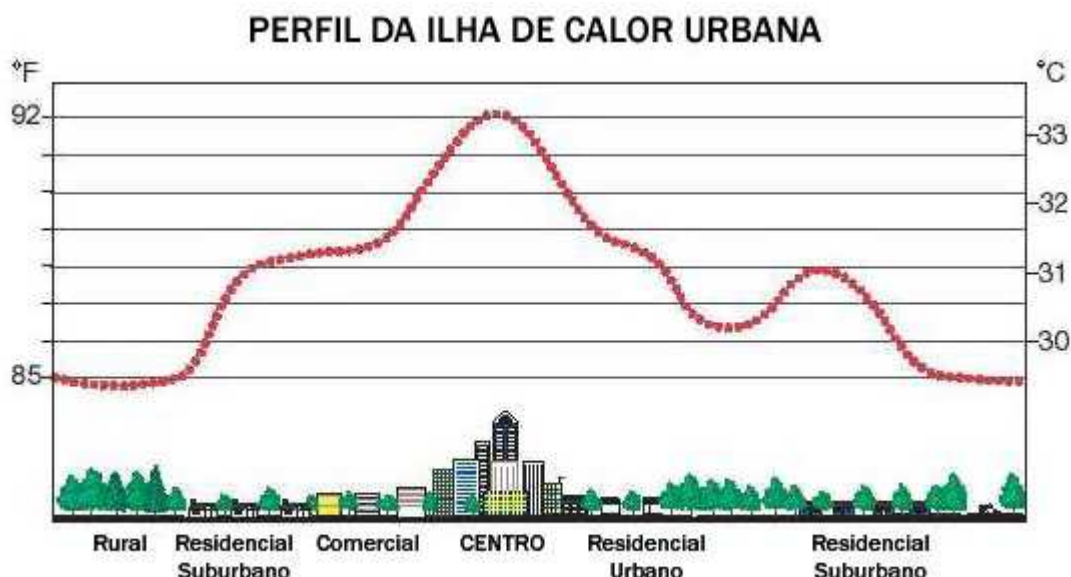


Figura 17: Perfil da ilha de calor
 Fonte: <http://www.epa.gov/climatechange/>

Para Spirn (1995) a ilha de calor urbana é um atributo universal do clima urbano, existindo muitos fatores responsáveis por este efeito, tal como o tipo de material utilizado na cidade em substituição à cobertura vegetal. Esta ilha de calor tem efeito prejudicial em climas quentes.

Segundo Alva (1997) o efeito da ilha de calor sobre as cidades ocorre devido à redução da evaporação, ao aumento da rugosidade e o aquecimento dos materiais que formam a superfície das cidades e as camadas inferiores da atmosfera urbana. A ilha de calor cria zonas de baixa pressão que impedem a dispersão de calor gerado pela radiação infravermelha.

Segundo Spirn (1995) as ilhas de calor podem ser tipicamente observadas em condições noturnas e de calmaria, algumas horas depois do pôr do sol. A área central da cidade forma o centro da ilha de calor e as áreas verdes são os pontos relativamente mais frios dentro da ilha de calor. A forma e a densidade da cidade influenciam mais na ilha de calor do que o tamanho da cidade.

Segundo Lombardo (1985, p.25) a formação da ilha de calor pode ser atribuída aos *“efeitos da transformação de energia no interior da cidade, à redução do resfriamento causado pela diminuição da evaporação e à produção antrópica de energias térmicas”*.

Também segundo Lombardo (1985), importantes parâmetros para a caracterização e a determinação da intensidade da ilha de calor são:

- a redução da evaporação (pela ausência de vegetação e água disponível);
- a radiação solar que não é usada na evaporação é carregada para o aquecimento de ruas, edifícios e ar da cidade;
- o aumento da rugosidade (pela presença de edifícios), aumentando a turbulência, que age para transferir calor para cima, ao mesmo tempo em que diminui o escoamento zonal;
- quantidade de solo exposto, condição esta que eleva a temperatura de superfície;
- topografia da cidade, onde montanhas e vales podem servir como barreiras para a dispersão do ar quente;
- as propriedades térmicas dos edifícios e dos materiais de pavimentação absorvem energia durante o dia, e à noite emitem radiação de onda longa, o que ocasiona excesso de temperatura durante a noite, maior que durante o dia. (LOMBARDO, 1985, p. 33)

As ilhas de calor podem proporcionar condições favoráveis de conforto térmico em locais onde a temperatura é baixa, mas provocam muito desconforto nas cidades de clima quente. Também podem ser benéficas ou prejudiciais para a conservação de energia, pois pode reduzir o consumo de energia no inverno ou aumentar o consumo no verão.

Mesmo com a tendência de aquecimento da cidade ocorre, em alguns casos, um fenômeno contrário, as ilhas de frio, quando há o resfriamento do microclima urbano. Ocorre em áreas que não recebem radiação solar incidente ou quando a recebem, são em um curto período de tempo. Isto em consequência do adensamento e da verticalização da cidade, que criam áreas sombreadas com microclimas mais frios.

A inversão térmica é um fenômeno natural, onde uma camada de ar quente fica posicionada sobre uma camada de ar frio, impossibilitando o movimento ascendente do ar, ver figura 18. Ela ocorre em todas as camadas atmosféricas, contudo quando ocorre nas camadas mais próximas à cidade, acaba retendo a poluição do ar, formando uma névoa cinza alaranjada que pode ser vista no horizonte das grandes cidades.

Segundo Spirn (1995) as inversões são eventos ocasionais e breves nas cidades, mas podem ser mais prolongados, variando de acordo com a topografia ou com as predisposições climáticas de uma área. Ocorre com mais frequência no final da madrugada e no início da manhã, principalmente nos dias de inverno,

devido às noites de inverno serem mais longas que as do verão. Durante o dia, as inversões térmicas são fracas e desaparecem com a elevação de temperatura.

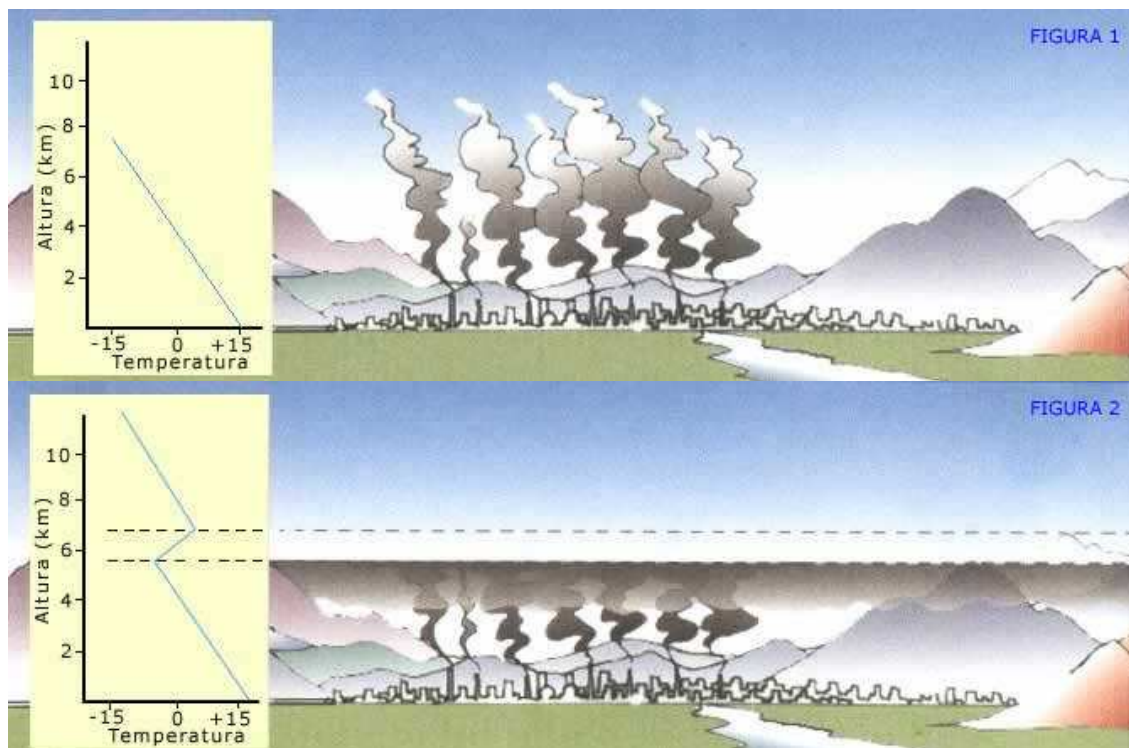


Figura 18: Inversão térmica

Fonte: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/inversao.asp>

As condições que favorecem o desenvolvimento da inversão térmica são os ventos calmos, o céu claro e as longas noites. O vento calmo dificulta a mistura do ar quente com o frio, o céu limpo aumenta a taxa de resfriamento das superfícies e as noites longas permitem que o ar frio permaneça por mais tempo no local

Segundo Mota (1999, p.89) quando ocorre a inversão térmica, “o problema de poluição do ar é extremamente agravado, pois a concentração de poluentes aumenta nas proximidades do solo, já que não existem condições de dispersão”. A concentração de substâncias nocivas na camada intra-urbana ocasiona graves problemas de saúde, como: pneumonia, bronquite, asma, ardência nos olhos. As crianças, os idosos e os doentes são os que mais sofrem.

Segundo Spirn (1995) smog fotoquímico ocorre por meio das atividades industriais e do uso maciço de veículos motorizados de combustão fóssil que ocasionam a produção de dois tipos de poluentes: partículas sólidas e diferentes gases (CO , CO_2 , NO_x , O_3) que reagem com o vapor atmosférico formando ácido sulfúrico, o qual ocasiona corrosão nos metais e outros materiais, e também contribuem para o aumento do efeito estufa.

Várias reações químicas e fotoquímicas podem ocorrer em local urbano poluído, tais como as reações fotoquímicas relacionadas à química dos sulfatos e nitratos, englobando a radiação ultravioleta solar relacionada à formação do ozônio, gás tóxico com alta reatividade.

O *smog* apresenta-se como uma neblina, com cor que varia entre amarelo, marrom e cinza devido à presença de pequenas gotículas de água, as quais contêm derivados de reações químicas presentes no ar poluído. O termo *smog*, descrito pela primeira vez pelo médico inglês Harold Des Veaux, é uma junção de duas palavras: *smoke* (fumaça) e *fog* (neblina). Segundo Spirn (1995) o processo que dá origem ao *smog* envolve várias reações diferentes, que acarretam no surgimento de dióxido de nitrogênio o qual, na presença de raios ultravioletas, reage, constituindo uma série de poluentes gasosos chamados de oxidantes fotoquímicos. As cidades nas quais ocorre o *smog* fotoquímico comumente têm clima mais quente e seco.

Conforme Spirn (1995) a rua-desfiladeiro ocorre quando o microclima urbano, em ruas margeadas por edifícios altos, é tomado pela poluição ambiental e esta não é dissipada, devido às barreiras de vento geradas pelos edifícios.

Essa poluição é composta por gases venenosos e poeira tóxica gerada pelos veículos motorizados, bem como pelo barulho gerado por essas máquinas. A emissão desses poluentes aumenta quando ocorrem os congestionamentos, isto porque o consumo de combustíveis aumenta com o acelerar e frear dos veículos. A calçada e as entradas dos edifícios estão localizadas na zona de maior concentração.

Segundo Spirn (1995, p. 71-72) o maior grau de contaminação do ar é determinado pela velocidade e pelo volume do tráfego de veículos motorizados. A ventilação e a largura da rua desfiladeiro definem a dispersão dos

contaminantes e o grau de concentração numa determinada área. A ventilação na rua depende da largura da rua, da altura, da forma dos edifícios, da orientação da rua em relação aos ventos dominantes e do padrão dos ventos da cidade. A rua paralela ao vento dominante permite uma maior circulação do ar, enquanto que a rua perpendicular veicula pouca ou nenhuma circulação. A turbulência que ocorre nas esquinas, não dispersa a poluição, apenas a faz rodopiar, e esta volta a ser depositada pela calmaria no meio da quadra (ver figura 19).

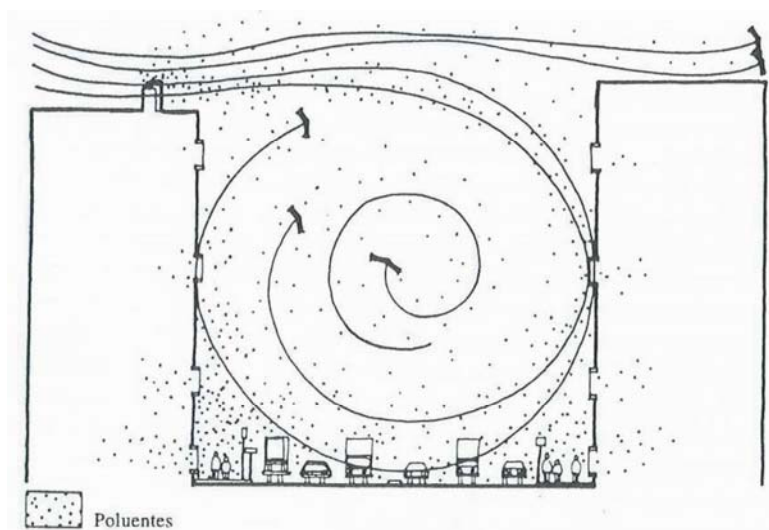


Figura 19: Padrão do ar numa rua-desfiladeiro
Fonte: SPIRN, 1995, p. 73

3ª PARTE – Diretrizes bioclimáticas para vias públicas.

A temática principal deste trabalho é agora estudada, e consiste em conhecer diretrizes de desenho urbano bioclimático que sirvam de embasamento para a elaboração de um projeto arquitetônico adequado às vias públicas. Objetiva-se conhecer maneiras sustentáveis de se ordenar os elementos arquitetônicos e urbanísticos, em prol da melhor adequação entre o clima, a via pública e o pedestre.

Capítulo 06

DIRETRIZES DE DESENHO URBANO BIOCLIMÁTICO PARA O CONFORTO TÉRMICO EM VIAS PÚBLICAS

Neste capítulo desenvolvem-se diretrizes de desenho urbano bioclimático por meio da análise de técnicas e estratégias bioclimáticas, assim como os recursos disponíveis para o conforto térmico em vias públicas.

Para isto, revisam-se as cartas bioclimáticas de Olgyay (1963), Givoni (1976), os princípios bioclimáticos de desenho urbano de Romero (1988) e a ficha bioclimática de Romero (2001). Analisam-se as estratégias bioclimáticas de insolação, sombreamento, resfriamento evaporativo, umidificação e ventilação natural, apontando também os recursos disponíveis para a obtenção de cada uma delas. Por fim, estudou-se recomendações para a utilização da vegetação urbana, da pavimentação, do uso da água e da ventilação natural utilizando os trabalhos de Mascaró (2002), Spirn (1995), Hertz (1998), Magalhães (2001), Romero(2001), Pivetta e Silva Filho (2002), Gouvêa (2002), Coelba (2002), NBR 9050:2004, Abbud (2006).

6.1 TÉCNICAS BIOCLIMÁTICAS

Técnica é o procedimento ou o conjunto de procedimentos que tem como objetivo obter um determinado resultado. As técnicas aqui analisadas são:

a carta bioclimática de Olgay (1963), que é uma técnica voltada ao conforto térmico em espaços abertos, só que esta deve ser adaptada ao clima tropical do Brasil, devido esta ter sido elaborada para o clima temperado norte-americano. Também estuda-se a carta bioclimática proposta por Givoni (1976), onde este ampliou os limites máximos de conforto, melhor se adaptando aos climas do Brasil. Em seguida, estuda-se a técnica de obtenção de diretrizes de projeto urbano para os climas brasileiros, contidos em Romero (1998). Estas técnicas são altamente aplicáveis a este trabalho, pois permitem conhecer a ou as estratégias ideais de condicionamento térmico, não somente para cada região, mas também para cada período do ano.

Por último, é realizada a análise do método analítico do espaço público, contida na ficha bioclimática de Romero (2001), onde o espaço e o ambiente são estudados em três níveis distintos: o entorno, a base e a fronteira. Este estudo é imprescindível, pois permite levantar as informações necessárias para uma melhor compreensão da maneira dinâmica com que a morfologia da via pública interage com os elementos ambientais existentes, maneira esta que modifica o micro-clima urbano e interfere no conforto térmico.

6.1.1 As cartas bioclimáticas de Olgay (1963) e Givoni (1976).

Segundo Lamberts (1997) as cartas bioclimáticas são constituídas sobre o diagrama psicrométrico, que relaciona a temperatura do ar e a umidade relativa. Obtendo os valores destas variáveis climáticas para os principais períodos do ano climático da localidade, o arquiteto poderá ter indicações fundamentais sobre a estratégia bioclimática a ser adotada no desenho do edifício ou do espaço aberto.

Olgay (1963) foi o primeiro pesquisador a definir condições de conforto térmico e modelos sintetizados que demonstram fatores que podem alterar uma zona de conforto. Delimitou assim a relação entre clima e projeto arquitetônico, por meio de um manual para projeto bioclimático.

Seu método se baseia numa carta bioclimática que associa o diagrama psicrométrico, o comportamento climático local e os limites de parâmetros físicos que definem as zonas de conforto. Essa associação define as estratégias de

ordenamento do espaço e de controle climático a se utilizar, podendo ser passivo ou ativo, variando de acordo com os parâmetros climáticos levantados.

A carta bioclimática de Olgay (1963), ver figura 20, define a zona de conforto térmico juntamente com as zonas de estratégias a serem utilizadas, que são descritas a seguir:

- Zona de conforto, quando o homem está em repouso na sombra em temperatura entre 21°C e 27°C, umidade relativa de 15% a 75%;
- zona de umidificação, para temperatura acima de 27°C e umidade abaixo de 50%;
- zona de ventilação, para temperaturas entre 27°C e 32°C com umidade de 5% a 55% e temperaturas de 21°C a 32°C e m umidades acima de 55%, na relação em que quanto maior for a umidade menor a temperatura;
- zona de insolação, para temperaturas abaixo de 21°C em umidades de 15% a 90%;
- e zona de sombreamento, para temperaturas acima de 21°C em umidades de 15% a 90%.

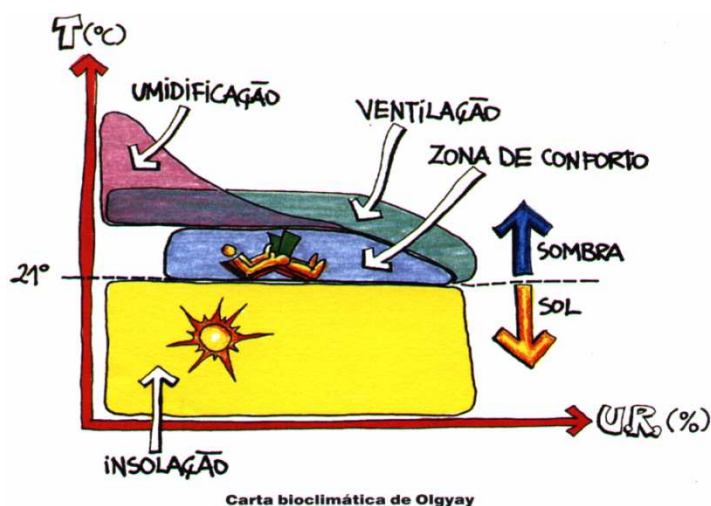


Figura 20: Carta bioclimática com as zonas de conforto propostas por Olgay (1963).
Fonte: adaptado Olgay (1963).

A carta bioclimática de Olgay (1963) foi concebida para o clima temperado norte americano, porém pode ser aplicada a outros climas, desde que obedecidas as adaptações necessárias. Segundo o mesmo autor, deve-se

considerar uma defasagem de 2° a 3° C na zona de conforto, sendo menor quando a temperatura do ar for mais baixa e maior quando for mais alta. A zona de conforto para os trópicos tem como parâmetros temperaturas entre 23.3° C e 27.6° C e umidade entre 30% e 70%.

Givoni adaptou a carta de Olgyay, concebendo uma nova carta bioclimática na qual os limites máximos de conforto foram expandidos, considerando a aclimação de pessoas que vivem em países de clima quente, melhor se aplicando ao Brasil. Esta carta foi concebida para o ambiente fechado, contudo, pode também ser aplicada ao ambiente aberto.

A carta bioclimática de Givoni (1976), ver figura 21, define nove zonas e os procedimentos de controle bioclimático necessários para cada uma dessas zonas:

1. Zona de conforto: evitar o impacto do vento (temperatura 18°C), controlar a incidência de radiação solar sobre as pessoas (temperatura 29°C) e vestir roupas leves;
2. zona de ventilação: promover ventilação cruzada, utilizar captadores de vento;
3. zona de massa térmica para resfriamento: promover isolamento térmico;
4. zona de resfriamento evaporativo: promover vegetação e água em movimento;
5. zona de umidificação: promover água em movimento e minimizar o fluxo de ar;
6. zona de ar condicionado: promover mecanicamente o resfriamento;
7. zona de massa térmica para aquecimento: aplicar peles de vidro direcionadas ao sol, painéis refletores externos e coletores de calor no telhado;
8. zona de aquecimento solar passivo: permitir o efeito estufa;
9. zona de aquecimento artificial através de lareiras e aquecedores.

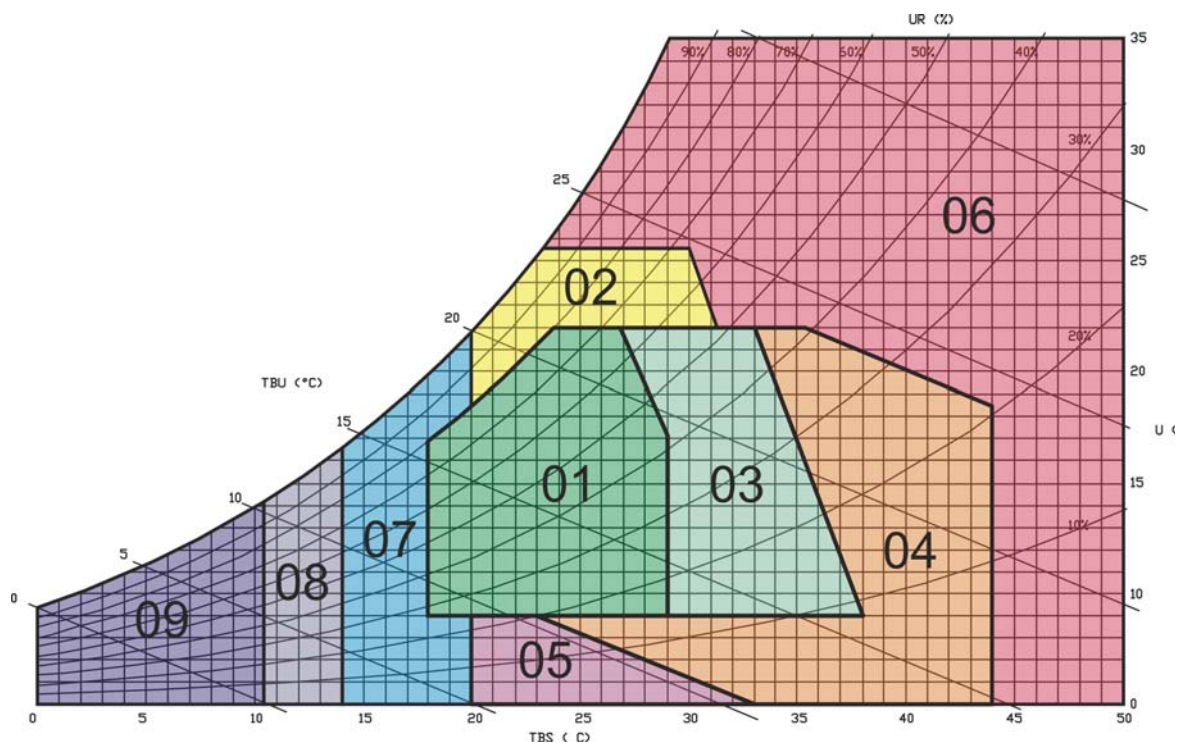


Figura 21: Carta bioclimática com as zonas de conforto propostas por Givoni (1969).
Fonte: software Analysis Bio adaptado pelo próprio autor.

Hoje estão disponíveis ferramentas computacionais que auxiliam a plotagem das normais climatológicas de temperatura e umidade no diagrama psicrométrico. Possibilitam também uma melhor visualização da estratégia a ser utilizada, como o caso do software Analysis Bio, elaborado pelo laboratório de eficiência energética em edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

6.1.2 Princípios bioclimáticos de Romero (1988)

A técnica de obtenção de diretrizes bioclimáticas para o desenho urbano, proposta por Romero (1988), segue o mesmo método elaborado por Olgay e Givoni, que consiste em, primeiramente, analisar as principais condicionantes do clima (temperatura, ventos, umidade, radiação e chuvas) para, por fim, conciliar a forma e os elementos arquitetônicos e urbanísticos em prol do controle dos efeitos indesejados do clima. Contudo, essa técnica se distingue das obras dos autores clássicos do bioclimatismo, devido esta ser

voltada ao desenho urbano dos espaços públicos, melhor se aplicando a este trabalho.

A seguir são descritos os princípios, ou seja, as regras fundamentais e gerais para o controle dos elementos climáticos existentes. Contudo, este descreve somente aqueles relevantes ao trabalho em questão, como os elementos do clima a serem controlados e os princípios de desenho urbano voltados à morfologia do tecido urbano e às ruas (vias públicas).

Os princípios para o clima quente-úmido consistem em se utilizar as trocas térmicas rápidas, a redução da produção de calor e de absorção de umidade e de radiação solar e, por fim, a proteção máxima contra intempéries. Para isto deve-se incrementar o movimento do ar, a proteção solar direta, a perda de calor por convecção e de calor e umidade pela evaporação.

A forma urbana deve ser seletiva, isto é, deve permitir o fluxo dos ventos ao mesmo tempo em que restringe a radiação solar incidente. Para as regiões pouco adensadas, a distribuição das edificações deve ser espaçada, não colinear e com os espaços vazios preenchidos com vegetação arbórea. Já para as áreas adensadas, as edificações devem ser de gabaritos diversos, mesclando edifícios altos e baixos, permitindo a circulação de ar por todo o tecido urbano. Deve-se incentivar o aumento das dimensões dos recuos, o uso de pilotis e de pavimentos intermediários vazados, proporcionando assim uma melhor ventilação natural.

As vias públicas devem ser largas para permitir a circulação do ar, ao mesmo tempo em que devem ser sombreadas, por meio da introdução de elementos arquitetônicos urbanísticos e paisagísticos como: marquises, pergolados, vegetação, mobiliário urbano, tetos verdes, brises verticais, cobogós, alargamento e estreitamento da caixa da rua, entre outros. Os trajetos devem ser curtos e protegidos contra as intempéries. A pavimentação deve ser aquela com menor índice de absorção de calor, para isto preferir áreas gramadas, pisos elevados, piso de concreto-grama, pisos de concreto com paginação em tons claros. Os caminhos exclusivos para pedestres devem ter um sombreamento mais denso, enquanto que os caminhos mistos para pedestres e para veículos podem ser menos sombreados.

Os princípios bioclimáticos para o clima quente e seco consistem na redução das trocas térmicas, sendo assim uma modalidade conservativa. Deve-se, para esse tipo de clima, reduzir a produção de calor e o movimento de ar, salvo em regiões sem inverno, onde se deve permitir o movimento de ar durante a noite. Também se deve elevar a umidade do lugar através do uso da vegetação e, principalmente, da água em movimento, visto a última ser mais eficiente. A proteção contra intempéries pode ser mínima.

A forma urbana deve ser compacta e densa, não permitindo grandes áreas expostas à radiação solar. A distribuição das edificações deve ser compacta e colinear, semelhantes às das casas geminadas. As edificações devem ter a mesma altura, prevenindo o acesso dos ventos quentes e carregados de partículas.

As vias públicas devem ser sombreadas e protegidas dos ventos indesejáveis. Devem ser estreitas, curtas, com mudanças constantes de direção, e providas de elementos que bloqueiam as radiações solares, como marquises, toldos, beirais, pergolados, galerias, entre outros. Deve-se também introduzir a água em movimento, por meio de chafarizes, fontes e espelhos d'água, promovendo assim o aumento da umidade local. Contudo, deve-se proteger essas fontes de água da radiação solar, utilizando para tanto a vegetação ou o sombreamento dos edifícios.

Para o clima tropical de altitude, os princípios de desenho urbano não conseguem atender a todas as exigências climáticas, visto as particularidades deste clima, tornando-se um desafio mais complexo. Neste desafio, os princípios e diretrizes devem ser combinados com a forma dos edifícios e seu desempenho. Logo, para este clima, adotou-se uma subdivisão climática onde se propõem diretrizes para a época seca e outras para a época úmida.

Os elementos a serem controlados na época seca são a temperatura, por meio da minimização da produção de calor, os ventos, por meio do incremento do vento no período sem pó e, obviamente, minimizar o movimento do ar quando este está carregado de pó; a umidade, tanto no período seco diurno quanto seco noturno e, por último reduzir, por sombreamento, a absorção de radiação solar. Na época úmida deve-se reduzir a produção de calor, incrementar os ventos e reduzir a absorção da radiação.

A forma urbana deve ter um traçado mais compacto, protegido e com poucas superfícies expostas às radiações solares, preservando-se a permeabilidade ao vento. Esta forma urbana entra em conflito, já que a aproximação dos edifícios dificulta o acesso dos ventos, e a permeabilidade através de edifícios de alturas distintas aumentam as superfícies expostas ao sol. Logo, a melhor solução encontrada pela autora é a criação do efeito pátio, que aumenta a umidade do ar.

As vias públicas devem ter uma largura média, ser arborizadas com árvores de grande porte, ventiladas, sombreadas e orientadas de forma a sempre ter um lado protegido do sol. As vias devem canalizar o vento fresco durante os dias quentes e a arborização deve ser disposta de forma a bloquear os ventos frios do inverno, bloquear a radiação nos dias quentes e permiti-la nos dias frios.

6.1.3 A ficha bioclimática de Romero (2001)

A ficha bioclimática é um método analítico do espaço público. Analisa os aspectos espaciais (E) e ambientais (A) em três níveis distintos: o entorno, a base e a fronteira. (Ver ficha em anexo)

O entorno compreende o espaço urbano mais imediato da área de estudo. Analisam-se aqui os acessos espaciais que o espaço público apresenta aos elementos ambientais. Nele, os elementos que conformam o espaço são: a orientação (sol, ventos, som), a continuidade da massa, a altura do espaço cotado e a condução dos ventos. São verificados a trajetória e os ângulos solares; a intensidade e qualidade da luz; a radiação direta, difusa e refletida; a direção, temperatura, umidade e velocidade do ar; a localização das fontes sonoras e sombra acústica; o grau de adjacência e de compacidade e, finalmente, a condução e efeitos do vento entre a massa edificada.

A base analisa o espaço sobre o qual se assenta o espaço público. Nela, os elementos que conformam o espaço são: radiação e luz natural, natureza dos elementos superficiais (propriedades físicas e cores), albedo e os elementos componentes do espaço público. Verificam-se o equilíbrio, variação sazonal, tonalidade e estática da luz; a reflexão e absorção da radiação incidente; a área

e temperatura superficial da base; o ambiente sonoro; a existência de cobertura (toldos, pergolados, marquises); a pavimentação existente; a vegetação (tipo, altura, tamanho das copas, distribuição); o mobiliário urbano e a presença, ou não, de água (lâminas, fontes, cortinas, estanques ou em forma natural).

A fronteira analisa o espaço que forma o limite ou marco do espaço arquitetônico. Conformam o espaço: convexidade (paredes curvas); continuidade da massa, grau de adjacência e porosidade (característica de permeabilidade); detalhes edificatórios que afetam as condições externas (pórticos, tribunas, marquises, galerias); textura (liso ou rugoso diretamente ligado ao atrito); propriedades físicas dos materiais (calor específico, índice de reflexão e refração); aberturas (paredes cegas); progressão e regressão da fachada (tensão que analisa as superfícies planas como uma pele, quanto mais esticada, maior é sua tensão); tipologia arquitetônica (gabarito e forma); cores (matizes e claridade); transparência e opalescência; área total da envoltura (perdas e ganhos de calor); céu (visível ou não); número de lados do espaço cotado (espaço aberto, recinto ou via); e grau de confinamento (proporção W/h).

A ficha apresenta duas colunas, que analisam os aspectos espaciais e ambientais, que se cruzam com os três níveis de análise. Nesses campos de cruzamento são preenchidos os dados analisados e entre as duas colunas são apresentados croquis e imagens que representam graficamente os aspectos estudados.

6.2 ESTRATÉGIAS DE CONFORTO TÉRMICO PARA VIAS PÚBLICAS

Ao revisar as técnicas bioclimáticas, percebeu-se que estas indicam princípios ou estratégias de conforto térmico para as diversas condições climáticas. Basicamente, essas indicações são definidas em se proporcionar a insolação, o sombreamento, o resfriamento evaporativo, a umidificação e/ou a ventilação, para os espaços abertos. Existem também outras indicações como massa térmica para resfriamento ou aquecimento, o aquecimento solar passivo (efeito estufa) e as que consomem energia como os aquecedores e os condicionadores de ar, contudo, essas são aplicáveis aos espaços fechados, não sendo aplicáveis a este trabalho.

A partir desta constatação, percebeu-se a necessidade do estudo desses princípios ou estratégias, não somente em sua definição, mas também do momento em que são necessários e os recursos disponíveis para atingi-los, sendo estes apresentados a seguir.

A insolação consiste no aquecimento do ambiente por meio do emprego / permissão da radiação solar. Os recursos disponíveis são: o uso da vegetação arbórea caducifólia, uso de espaços abertos, amplos e desprotegidos; uso de pavimentos com alto índice de absorção térmica; distribuição espaçada das edificações.

O sombreamento consiste no esfriamento do local através de proteção / filtro da radiação solar. Os recursos disponíveis são: uso da vegetação arbórea; uso de anteparos horizontais (toldos, coberturas, coberturas verdes, pergolados, marquises, beirais, galerias); uso de anteparos verticais (cogobós, muros, cercas vivas).

O resfriamento evaporativo é um processo natural que consiste na redução da temperatura do ar e elevação de umidade relativa. Ocorre quando o ar cede calor para que a água evapore, resultando no resfriamento do ar. Para sua ocorrência é necessária a renovação rápida do ar. O resfriamento evaporativo pode ser por convecção natural, quando o ar é movimentado pelas diferenças de pressão, ou forçada, quando se utilizam meios mecânicos. Os recursos disponíveis são: torre de Resfriamento; chuveiros, chafarizes, fontes de água e cascatas; sprays ou micro-pulverizadores; dutos enterrados combinados com lâminas ou sprays d'água; uso da vegetação (evapotranspiração).

A umidificação consiste na introdução de vapor de água no ar para a obtenção da umidade desejada ou necessária. Deve-se atentar para a redução da renovação do ar, para que o movimento do ar não retire a umidade do local. Os recursos disponíveis são: uso de grandes massas de água (lagos e lagoas); uso de pequenas massas de água (espelhos d'água, fontes, chafarizes, cascatas); uso da vegetação (grama, arbustos pequeno, médio e grande porte, e árvores); uso de pavimentos resfriados com água ou com baixo índice de absorção térmica, permeáveis, e combinados com grama.

A ventilação natural consiste no esfriamento do local por meio do incremento da movimentação do ar. Nesta estratégia deve-se atentar que em

velocidades acima de 3,5 m/s ocorrem efeitos desagradáveis do vento. Os recursos disponíveis consistem em: evitar barreiras edificadas; utilizar captadores ou coletores de ventos; utilizar anteparos verticais para canalização ventos; utilizar dutos enterrados; e distribuir espaçadamente as edificações.

6.3 RECOMENDAÇÕES PARA OS RECURSOS DISPONÍVEIS

A seguir, seguem sugestões, de diversos autores, para o melhor emprego dos recursos disponíveis. As recomendações aqui analisadas referem-se à vegetação urbana, à ventilação natural, ao uso da água e à pavimentação.

6.3.1 Vegetação urbana

A vegetação é um dos melhores ou, talvez, o melhor recurso para se obter o conforto térmico em vias públicas. Isto devido a suas propriedades agirem como filtros dos agentes climáticos e dos poluentes e ruídos gerados pelo tráfego de veículos. Também agem na composição de recintos agradáveis para a contemplação, passagem e/ou permanência, melhorando a qualidade de vida da população. Segundo Rivero (1985, p. 162) o verde protege tanto os edifícios quanto os pedestres e veículos, criando um microclima cujas condições de agitabilidade são notadamente superiores às do espaço totalmente livre.

Coelba (2002, p.33), no guia de arborização urbana, recomenda para vias com largura inferior a 20m, o uso de árvores de maior porte nas calçadas sul e leste para o melhor sombreamento das ruas, assim como utilizar árvores de menor porte e a rede de energia elétrica nas calçadas norte e oeste, conforme figura 22.

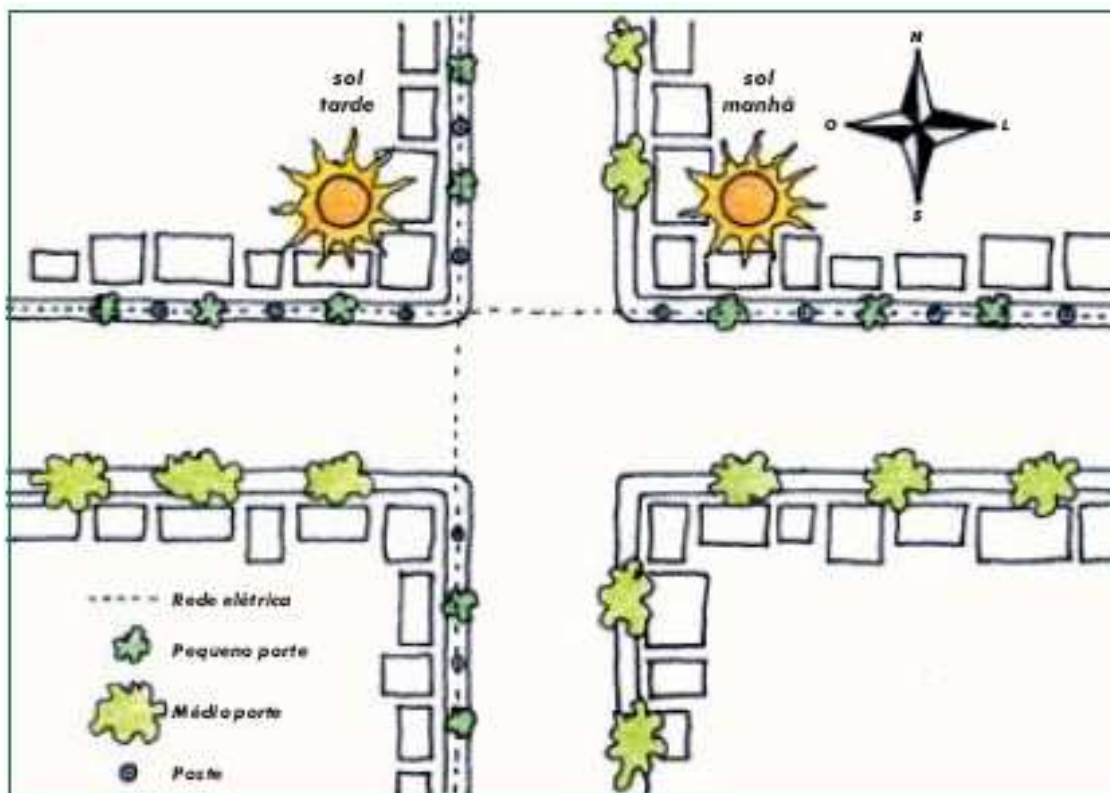


Figura 22: Modelo de arborização urbana para vias com até 20 m de largura
Fonte: COELBA (2002, p. 33).

Mascaró (2002, p. 58) recomenda critérios para a arborização urbana de ruas e avenidas como: a arborização densa nas vias de maior fluxo de veículos pesados, nos semáforos e nas vias com declividade acentuada, bem como nas ruas transversais a essas vias de grande fluxo, quando comprovado que estas são canais de distribuição de poluentes. Mascaró (2002, p. 139) recomenda também o posicionamento e a altura da vegetação em relação ao trânsito de veículos e pedestres, a fim de obter sombreamento e embelezamento. Para a altura recomenda acima do leito carroçável árvores com no mínimo 4,50 metros de altura e acima dos passeios e calçadas árvores com no mínimo 2,10 metros.

Gouvêa (2002) recomenda combinar a vegetação com o mobiliário urbano, aumentando assim a umidificação dos ambientes, e também utilizá-la como parte integrante do mobiliário, como por exemplo, servindo de fixação para brinquedos infantis. Sugere, para as regiões de clima quente e úmido, o plantio de vegetação arbórea de copa horizontal e de folhagem perene nas vias coletoras e principais, permitindo assim a passagem de vento para as edificações. E também o uso de vegetação de folhas perene em climas sempre quente e vegetação com folhas caducas nos climas com períodos quentes e frios.

Segundo Abbud (2006), recomenda-se o uso de árvores de copa vertical, nas quais o diâmetro da copa é menor que a altura, quando se quer gerar ponto focal, quando isolada, ou muros verdes, quando enfileiradas. Já as árvores de copa horizontal, nas quais o diâmetro é maior que a altura, quando se deseja criar um teto, uma sombra.

Pivetta e Silva Filho (2002, p. 5-13) fazem uma série de recomendações para a arborização das ruas e avenidas, como a escolha correta das espécies, o porte da árvore em relação à largura das calçadas e das ruas, a infra-estrutura existente (fiação, tubulações), afastamento entre as árvores e entre outros elementos do meio urbano e diversificação das espécies, onde cada espécie não deve ultrapassar a 10%.

Para a escolha da espécie, recomenda-se observar a resistência a pragas e doenças, a velocidade de desenvolvimento que deve ser de média a rápida. As espécies não podem produzir frutos grandes, os troncos e galhos devem ser resistentes e livres de espinhos; não podem conter princípios tóxicos ou alérgicos. A planta deve ser nativa e, se for exótica, deve ser adaptada; a copa deve ter formato e tamanho adequados, com um sistema radicular profundo.

Para o porte da árvore, em relação à largura da rua e da calçada, recomenda-se: para ruas estreitas (menor que 7,00m) com edificações sem recuo, não arborizar; para ruas estreitas com edificações recuadas (4,00 metros), arborização de pequeno porte; para ruas largas (maior que 7,00m), com calçadas estreitas (menor que 3,00m) e com edificações sem recuo, arborização de pequeno porte; para ruas largas, com calçadas estreitas e com edificações recuadas, arborização de médio porte; para ruas largas, com calçadas largas (maior que 3,00m) e com edificações sem recuo, arborização de médio porte; e finalmente para ruas largas, com calçadas largas e com edificações recuadas, arborização de grande porte.

Para os afastamentos mínimos entre as árvores e os elementos do meio urbano, recomenda-se: dois metros para as caixas de inspeção e bocas de lobo; dez metros para os cruzamentos sinalizados por semáforos; de um a dois metros para os encanamentos e tubulações subterrâneas; dois metros para a entrada de veículos; cinco metros para as esquinas; três metros para os hidrantes, meio metro para o meio fio; de um a quatro metros para os pontos de

ônibus; de meio a um metro para portas e portões de entrada; e quatro metros para os postes de iluminação pública e transformadores.

Já para o espaçamento entre árvores em função do porte, sugere-se de cinco a seis metros para as de pequeno porte; de sete a dez metros para as de médio porte; e de dez a quinze metros para as de grande porte.

O benefício na utilização da vegetação arbórea nos aspectos referentes à sustentabilidade é inegável, devido ao seu desempenho na minimização do processo erosivo, no umedecimento, na redução da temperatura local e na retenção da poeira. Contudo, deve-se salientar a necessidade de se inserir espécies locais, deixando a prática de plantio de espécies exóticas, que em muitas vezes encarece o seu custo de implantação e manutenção, tornando-se assim uma prática pouco sustentável.

6.3.2 Ventilação natural

Segundo Mascaro (2002, p.45) a ventilação tem grande influência no conforto térmico, principalmente em função do resfriamento convectivo e renovação do ar, contudo também pode apresentar efeitos indesejáveis como: transporte de poluentes e partículas sólidas, geração de barulhos devido ao seu atrito com as superfícies, estragos e danificações como o arranque de árvores e destelhamentos, a falta de ventos que retêm poluentes e calor num espaço e ainda os efeitos aerodinâmicos inapropriados, devidos ao aumento da velocidade do ar.

Romero (1998) faz uma série de recomendações para o atenuamento dos efeitos aerodinâmicos do vento, como se vê a seguir:

- *“Para o efeito pilotis, procurar uma orientação dos edifícios paralela ao vento dominante, forrar a base do edifício com vegetação ou construção e aumentar a porosidade do edifício. Deve-se também tomar cuidado para que estas orientações não venham impedir a passagem do vento.*
- *Para o efeito de esquina, contornar o volume com um elemento ao nível do solo, contornar o elemento elevado com construções em vários níveis decrescentes, arredondar os cantos do edifício, prever elementos porosos próximos às esquinas e adensar, com vegetação ou construções baixas, a vizinhança imediata das esquinas.*
- *Para o efeito de barreira, dotar ortogonalmente as barreiras de elementos construídos. Contudo, estes devem ter o comprimento*

duas vezes maior que a altura da barreira e fazer justaposição de construções espaçadas a duas vezes a altura.

- *Para o efeito de Venturi, construir na menor altura possível, reduzir o comprimento dos braços, adensar o entorno imediato e abrir ou fechar o ângulo de Venturi.*
- *Finalmente, para o efeito de canalização, fazer o traçado urbano com ruas sob uma incidência compreendida entre 90° e 45°, proporcionar espaçamentos para mal definir as ligações entre o tecido urbano, afastar as construções introduzindo perdas de carga, e proporcionar espaçamentos de largura superior a duas vezes a altura das edificações". (ROMERO 1998, p. 63-65)*

6.3.3 Uso da água

A água utilizada deve ser limpa e livre de poluentes. Deve-se prever a movimentação da água e sua frequente renovação, já que a mesma, quando parada, além de ser criadouro de mosquitos, absorve parte dos poluentes existentes no meio urbano. Podem-se também acrescentar peixes e vegetação aquática como purificadores da água, enriquecendo-se assim as sensações ambientais e o paisagismo local.

Recomenda-se o reaproveitamento da água da chuva, atitude esta que pode contribuir para a drenagem urbana, já que acumula água no local. Contudo, deve-se atentar para que essa atitude não vá proporcionar enchentes.

Deve-se impedir o contato direto do indivíduo com respingos d'água, quando não é desejado, contudo, pode-se também proporcionar espaços onde há contato direto com a água gerando assim brincadeiras para as crianças e maior contato com o meio.

Enfim, deve-se prever e combater qualquer eventual dano à estrutura física urbana ou à saúde pública, que possa vir a surgir com a má utilização do recurso água.

6.3.4 Pavimentação e largura de calçadas

Para uma melhor acessibilidade, os pisos devem ser regulares, uniformes, firmes e antiderrapantes em qualquer condição e que não provoquem trepidação em dispositivos com rodas (cadeiras de rodas ou carrinhos de bebê).

Recomenda-se o uso do piso tátil direcional e do piso tátil de alerta; estes consistem em pisos com textura padronizada em relevo perceptível ao toque e com cor contrastante com o piso adjacente.

A largura mínima da faixa de circulação de pedestres deve ser definida por meio da expressão matemática constante na página 55 da NBR 9050:2004, e não inferior a 1,20 metros. A inclinação transversal não deve passar de 3% e a inclinação longitudinal de 5%. As rampas devem seguir a inclinações, largura, patamar e curva de acordo com as recomendações das páginas 41 a 44. E também se devem seguir os valores estabelecidos para o dimensionamento, inclinação, modelo e posicionamento dos rebaixamentos de calçada para a travessia de pedestres.

4ª PARTE – Proposição de diretrizes de desenho urbano para vias públicas.

Após levantar o referencial teórico necessário para a obtenção de diretrizes para o projeto bioclimático voltado ao conforto térmico em vias públicas, este aplica os conhecimentos adquiridos no estudo de caso, sendo ele a Avenida Juscelino Kubitscheck, na cidade de Palmas - TO. O resultado almejado consiste em propor diretrizes de desenho urbano para o caso analisado.

Capítulo 07

PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES DE DESENHO URBANO BIOCLIMÁTICO PARA A AVENIDA JUSCELINO KUBITSCHECK, PALMAS - TO

Este capítulo aborda diversos assuntos pertinentes ao estudo de caso. Revisa a história e analisa as características morfológicas da cidade de Palmas – TO e da Av. Juscelino Kubitscheck, estuda as condições físico-naturais existentes através do estudo climático, aplica a carta bioclimática de Givoni (1976) e a ficha bioclimática de Romero (2001), e por último, apresenta as proposições de desenho urbano voltados ao conforto térmico para a avenida estudada, alcançando o objetivo principal deste estudo.

7.1 A CIDADE DE PALMAS, CAPITAL DO TOCANTINS

Desde a época de Teotônio Segurado existem lutas de emancipação no Tocantins. Nas décadas de 70 e 80, nas cidades do norte do Estado de Goiás, reivindicações e protestos são realizados, onde a população denunciava a falta de investimentos na região. Um movimento político surge, até que em 1988, no governo Sarney, é declarada, na constituição brasileira, a criação do novo Estado, intitulado Tocantins.

A primeira eleição para governador é realizada, cabendo ao novo governador empossado implantar a infra-estrutura administrativa do Estado. Cidades de maior porte da região especularam e demonstraram sua intenção em sediar a nova capital, contudo, em decisão política, decidiu-se construir uma nova cidade no centro geográfico do estado. Um dos motivos alegados era o menor custo de instalação da capital em terras rurais, já que os preços dos terrenos em cidades existentes seriam maiores.

A decisão de construir uma nova cidade requereu a realização de um projeto urbanístico, sendo o Grupo Quatro Arquitetura e Urbanismo contratado para sua elaboração. Os arquitetos Luis Fernando Cruvinel e Walfredo Antunes, integrantes desse escritório, após inúmeros estudos e levantamentos cadastrais, apresentaram o desenho urbano proposto para a cidade que, segundo seus autores, foi concebido como um exemplo de aplicação dos princípios funcionalistas dos Congressos Internacionais de Arquitetura Moderna (CIAM). (GRUPO QUATRO, 1988, p. 8)

A construção da cidade de Palmas – TO é iniciada em maio de 1989, sendo fundada em 01 de janeiro de 1990. Situada numa região de cerrado, apresenta sítio natural plano e delimitado espacialmente pela serra do Lajeado e serra do Carmo, ao leste e pelo represamento do rio Tocantins, ao oeste. Três cursos de água cruzam a cidade (Córrego do Prata, Córrego Brejo Comprido e Ribeirão Suçuapara) e dois a delimitam (Córrego Água Fria e Córrego Taquaruçú). Apresenta altos índices de luminosidade e temperatura durante todo o ano e baixo nível de umidade relativa do ar na estação seca.

O processo de tomada de decisão do projeto urbanístico de Palmas levou em conta prerrogativas do planejamento urbano proposto pelos Congressos Internacionais da Arquitetura Moderna (CIAM). O desenho resultante proposto e executado, setoriza a cidade, separando as funções (morar, trabalhar, circular, se divertir), acomoda a população em unidades de vizinhança, permite e organiza o fluxo em largas vias hierarquizadas, promove edifícios isolados circundados por extensas áreas abertas vegetadas.

A proposta acomoda a cidade numa área de 11.085 hectares, sendo ela dividida em três macro-parcelas: a central, a de expansão sul e a de expansão norte. A área central, onde está inserida a Av. Juscelino Kubitscheck, nosso

caso de estudo, foi onde se iniciou a ocupação territorial. Para sua ocupação inicial, foi proposto o crescimento da infra-estrutura em torno do centro administrativo da cidade, sendo ela expandida para os entornos da área central, de acordo com o crescimento populacional, conforme figura 23. Contudo esse planejamento não foi seguido.

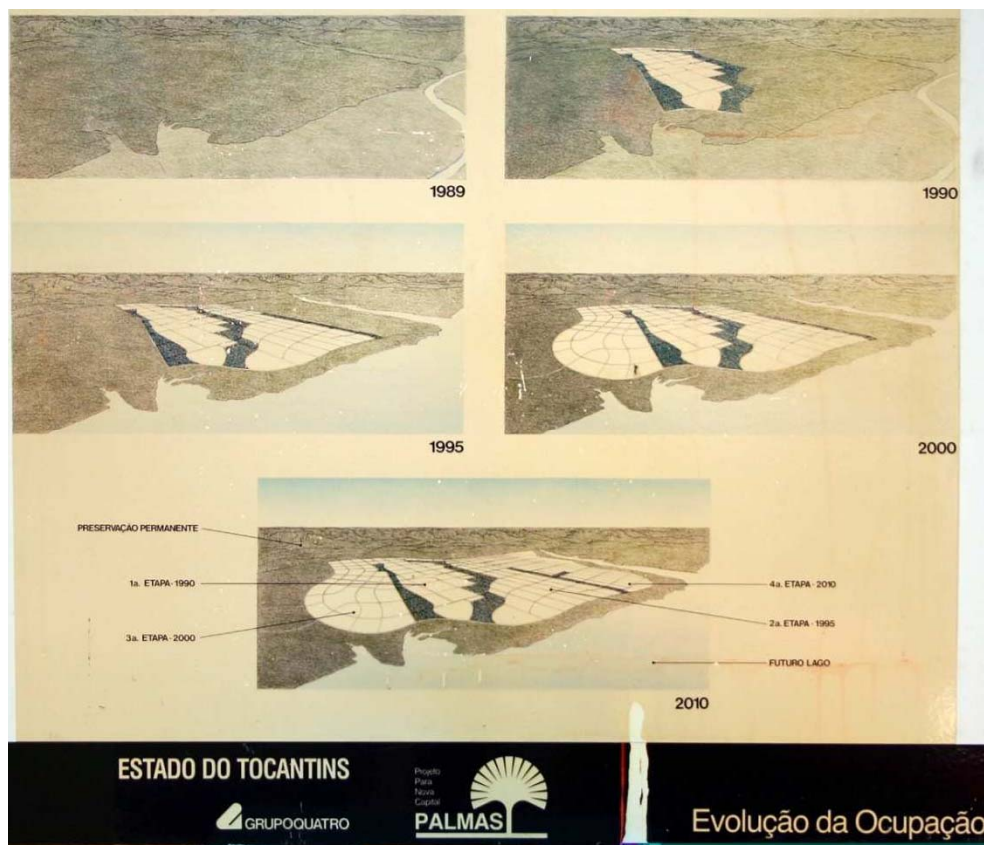


Figura 23: Evolução da Ocupação.
Fonte: Grupo Quatro (1988)

Por meio de forças políticas e ações da especulação imobiliária, onde o Estado era e é o principal agente especulador, o crescimento da cidade foi expandido de forma distinta à proposta pelo termo de referência do Plano Diretor Urbanístico de Palmas, PDUP. A povoação da área de expansão sul foi antecipada, expulsando as camadas mais carentes do centro e acomodando-as, de forma não “planejada”, em bairros distantes, assim surgem os bairros Jardins AURENY I, II, III e IV e Taquari.

A criação desses novos bairros isolados acabou por promover imensos vazios urbanos no centro da cidade, altos custos de implantação e expansão da

infra-estrutura urbana, dificuldades na mobilidade urbana, segregação social, encarecimento do custo de vida, entre outros. Segundo Vasconcellos (2006):

Para os autores do projeto, este modelo de desenvolvimento da malha urbana permitiria o crescimento da cidade de maneira uniforme, possibilitando que muitas localizações ao longo dos eixos principais possuíssem características de centros funcionais. Segundo os próprios, o descumprimento desse modelo de implantação, poderia acarretar num descompasso entre o crescimento populacional e a instalação de serviços públicos e de infra-estrutura, além de evidenciarem questões relativas à ocupação das quadras e ao surgimento de grandes vazios urbanos (VASCONCELLOS, 2006, p. 36)

A análise da cidade de Palmas – TO, realizada a partir do método de Panerai (2006, p. 77-78), onde realiza-se a análise por meio do estudo isolado dos três conjuntos que compõem o tecido urbano: a rede de vias, os parcelamentos fundiários e os edifícios. A referida análise abordou somente a área central macro-parcelada, já que nela está inserido o caso específico de estudo, a Av. Juscelino Kubitscheck.

A rede de vias é orientada nos eixos urbanos *Cardo* (Norte-Sul) e *Decumanus* (Leste-Oeste), e composta por vias coletoras e estruturais que delimitam as superquadras e por vias locais presentes no interior das superquadras. As duas principais vias são: a Avenida Joaquim Teotônio Segurado (N-S) e a Avenida Juscelino Kubitschek (L-O), que ao se cruzarem formam a Praça dos Girassóis, o centro simbólico da cidade e sede do poder administrativo do estado do Tocantins. Outras duas importantes vias interligam as macroparcelsas norte e sul da cidade e delimitam o tecido urbano, a Avenida Parque que margeia o lago artificial e a Rodovia Estadual TO - 010 que abriga os setores industriais.

A macroparcela central é dividida em quatro grandes setores, os setores Nordeste (NE), Sudeste (SE), Noroeste (NO) e Sudoeste (SO), conforme figura 24. Cada um desses setores é composto por superquadras destinadas a acomodar as funções da cidade. Palmas é setorizada em áreas residenciais (AR), em áreas comerciais e de prestação de serviço (AC, ACSV e ACSU), em áreas industriais (ASR) e em áreas verdes e de preservação permanente (AV e APM). As funções da cidade pouco se misturam.

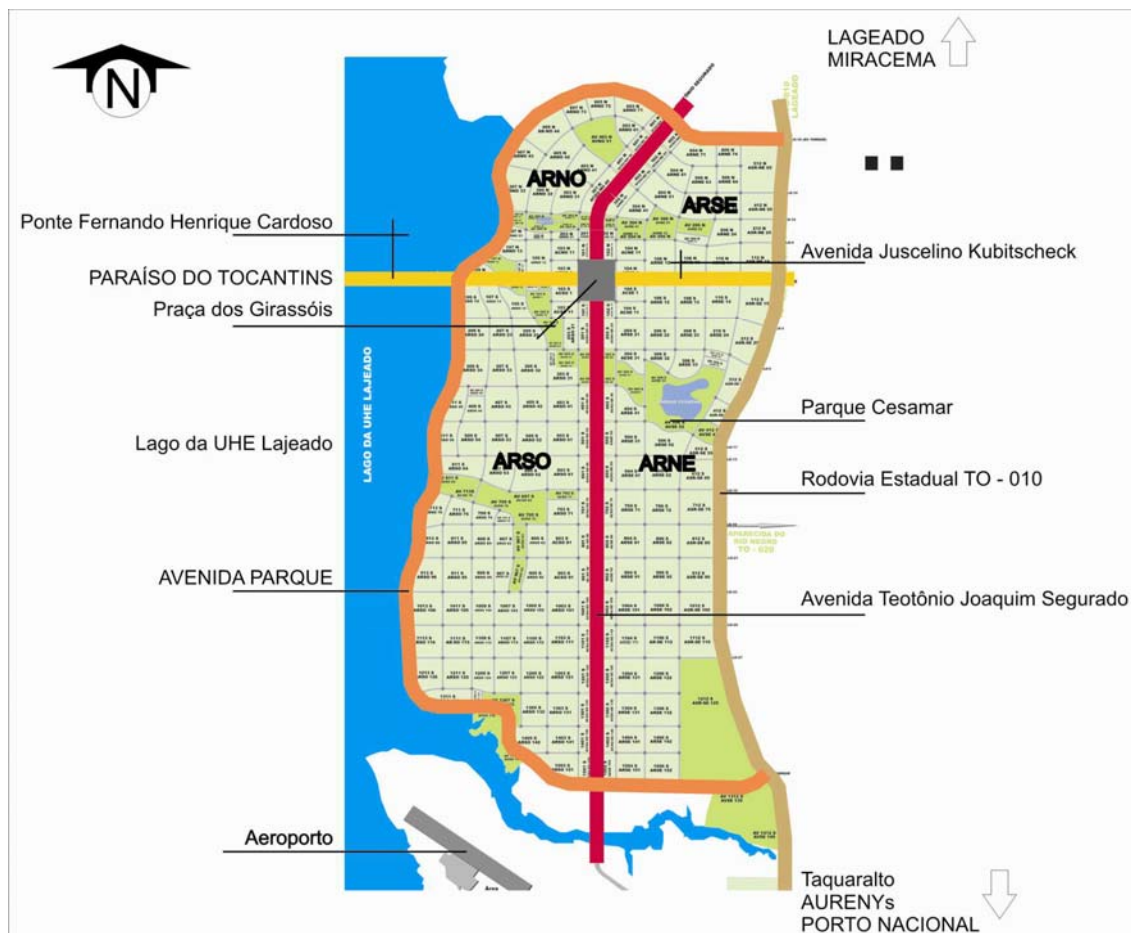


Figura 24: Planta esquemática da cidade de Palmas - TO
 Fonte: Adaptado de Prefeitura Municipal de Palmas.

As avenidas da cidade têm desenho padronizado onde constam largas pistas de rolamento, bolsões de estacionamentos e canteiros. Todos os cruzamentos das vias estruturais e coletoras são realizados por meio de rotatórias, salvo aqueles que cruzam a Avenida Joaquim Teotônio Segurado, que são realizados através de semáforos. As vias são homogêneas, monótonas, dominadas pelo carro, desprotegidas ambientalmente e em sua maioria não atendem a legislação brasileira de acessibilidade.

As áreas residenciais configuram-se como as unidades de vizinhança, são “introspectivas”, ou seja, voltadas para seu interior e possuem pouca relação umas com as outras. São circundadas por vias com larga caixa onde se percebe uma dicotomia: ao mesmo tempo em que interligam as superquadras, permitindo o rápido fluxo de veículos, também as separam, já que elas formam barreiras físicas que desconectam o espaço. Seus lotes possuem poucas aberturas, isolando-se das ruas (muitas paredes cegas e poucos olhos para a rua). Os altos

murros fechados trazem às áreas residenciais um aspecto de clausura, onde os moradores se isolam em suas casas que mais parecem presídios.

As áreas comerciais e de prestação de serviço têm maior relação com as vias urbanas. Possuem aberturas que dão direto para os passeios e margeiam as vias com maior fluxo. Possuem certa continuidade de massa edificada, contudo as diferentes áreas comerciais pertencentes às diferentes superquadras e contidas na mesma via pública, são bruscamente interrompidas por extensas áreas verdes e desprotegidas pertencentes ao entorno das intersecções das vias. Essa descontinuidade acaba por segregar as casas comerciais, dificultando e distanciando os percursos do pedestre. Como essas áreas não permitem residências, o movimento de pessoas é intenso no horário comercial, ficando suas calçadas vazias nos outros horários.

Os edifícios são, em sua maioria, construídos em alvenaria, de baixo gabarito e isolados uns dos outros. Destacam-se na paisagem os edifícios públicos como o Palácio Araguaia, a Assembléia Legislativa e o Tribunal de Justiça; os edifícios de maior gabarito pertencem à Avenida Teotônio Segurado. A tipologia dos edifícios comerciais é padronizada, dificultando a legibilidade do espaço.

7.2 A MORFOLOGIA DA AV. JUSCELINO KUBITSCHECK.

A JK, como é chamada, foi uma das primeiras vias a receber a infraestrutura básica. Nela se instalaram os primeiros estabelecimentos comerciais e prestadores de serviço específicos, como bancos, cartórios, sedes de concessionárias estatais e órgãos públicos. É o centro funcional, atrai pessoas de toda a cidade e de todo o Estado do Tocantins (ver figura 25).