

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
Curso de Especialização em Engenharia Sanitária e Tecnologia Ambiental

**CENÁRIO URBANO: O DESENVOLVIMENTO E O MICROLIMA DA CIDADE**

A potencialização da poluição atmosférica pela  
presença de Ilha de Calor na região central de Belo Horizonte

ANA CAROLINA DOS SANTOS VENTURINI

Belo Horizonte, Minas Gerais.  
2009

ANA CAROLINA DOS SANTOS VENTURINI

**CENÁRIO URBANO: O DESENVOLVIMENTO E O MICROLIMA DA CIDADE**

A potencialização da poluição atmosférica pela  
presença de Ilha de Calor na região central de Belo Horizonte

Monografia apresentada ao Curso de Especialização em  
Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Minas  
Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de  
Especialista em Meio Ambiente.

Área de concentração: Poluição Atmosférica/  
Desenvolvimento Urbano/ Conforto Ambiental

Orientadora: Arq<sup>a</sup>. Iara Gonçalves dos Santos

Belo Horizonte, Minas Gerais.  
2009

ANA CAROLINA DOS SANTOS VENTURINI

**CENÁRIO URBANO: O DESENVOLVIMENTO E O MICROLIMA DA CIDADE**

A potencialização da poluição atmosférica pela  
presença de Ilha de Calor na região central de Belo Horizonte

Esta monografia foi julgada para a obtenção do título de especialista no curso de Pós Graduação em Tecnologia Ambiental e avaliada em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Sanitária da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

Apresenta à comissão examinadora integrada pelos seguintes professores:

---

Orientadora: Arquiteta Iara Gonçalves dos Santos

---

Membro:

---

Membro:

## RESUMO

O modelo de crescimento urbano que boa parte das metrópoles mundiais tem adotado vem criando situações de desequilíbrio e desconforto ambiental em função da geração de poluentes acima da capacidade de assimilação pelo ecossistema e dificuldade ou descaso no tratamento dos mesmos por aqueles que o produzem. Uma vez que a capacidade do meio ambiente de assimilar os resíduos gerados que promovem a poluição atmosférica está se esgotando, estratégias para minimizar a emissão de poluentes ou seus impactos devem ser adotadas. Nesse contexto, a morfologia urbana adequada - que resulta do bom planejamento da cidade - tem papel fundamental, já que influencia no comportamento do clima local. Variáveis como altura das edificações, taxa de adensamento e permeabilidade do solo – elementos pré-determinados em legislação – estão diretamente relacionadas com o comportamento do cenário urbano.

Este trabalho traz a interpretação de como o fenômeno de Ilha de Calor potencializa a condição de poluição atmosférica advinda dos gases emitidos pelos meios de transporte. Para Belo Horizonte, a cidade de estudo, será trabalhada exclusivamente a região do centro onde encontramos, já caracterizada anteriormente, a presença da Ilha de Calor e onde possuímos um fluxo intenso de veículos emissores de poluentes, além de contar também com um grande número de pessoas que frequentam a região.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
2. OBJETIVOS .....	15
2.1. Geral.....	15
2.2. Específicos .....	15
3. JUSTIFICATIVA .....	16
4. METODOLOGIA.....	18
5. DESENVOLVIMENTO .....	20
5.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	20
5.1.1. Clima e Poluição .....	20
5.2. DESENVOLVIMENTO URBANO E POLUICAO.....	29
5.2.1. Cidades Doentes x Sustentabilidade .....	31
5.2.1.1. Indicadores de Sustentabilidade.....	33
5.2.2. Clima Urbano .....	34
5.2.2.1. Ilha de Calor .....	38
5.2.3. Poluição Atmosférica Veicular.....	39
5.3. INSTRUMENTOS DE DIRETRIZES AMBIENTAIS .....	44
5.3.1. Agenda 21.....	45
5.3.2. Protocolo de Kyoto.....	46
5.3.3. Política Nacional de Trânsito.....	47
5.3.3.1. Inspeção Veicular .....	47
5.3.3.2. Índice de Qualidade do Ar .....	48
5.3.4. PROCONVE.....	49
5.3.5. PRONAR.....	54
5.3.6. Lei de Uso e Ocupação do Solo.....	54
5.4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	59
5.4.1. Histórico de Ocupação de Belo Horizonte .....	59
5.4.2. O Clima Urbano da Cidade .....	62
5.4.3. Trânsito e Frota de Veículos .....	65
6. ANÁLISE E DISCUSSÕES .....	68
7. CONCLUSÕES .....	72
8. RECOMENDAÇÕES.....	74
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
GLOSSÁRIO .....	79

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 5.1: Variação de temperatura no meio urbano e rural.....	18
FIGURA 5.2: Influencia da morfologia na dispersão dos poluentes pelas correntes de vento.....	21
FIGURA 5.3: Avenida Afonso Pena – Belo Horizonte 1947.....	27
FIGURA 5.4: Avenida Afonso Pena – Belo Horizonte 2005.....	27
FIGURA 5.5: Perfis Urbanos para estudo de FVC.....	32
FIGURA 5.6: FVC para Praça Sete em Belo Horizonte, foto tirada com máquina acoplada a lente olho de peixe.....	33
FIGURA 5.7- Camada Limite Urbana e Camada de Cobertura Urbana.....	35
FIGURA 5.8: Emissão de gases por veículo em meio urbano.....	39
FIGURA 5.9: ocupação proposta para o bairro Belvedere pela LUOS em 1985.....	54
FIGURA 5.10: ocupação proposta para o bairro Belvedere pela LUOS em 1996....	54
FIGURA 5.11: vista da região central da cidade, verticalização estagnada.....	55
FIGURA 5.12: vista do bairro Belvedere após abertura para verticalizacao.....	55
FIGURA 5.13: configuracao do plano original para região central de Belo Horizonte.....	57

## LISTA DE TABELAS

TABELA 5.1: Caracterização dos principais poluentes atmosféricos.....	23
TABELA 5.2: Índices de qualidade do Ar -IQA.....	45
TABELA 5.3: Limites Máximos de Emissão de Poluentes para Veículos Leve Passageiros.....	47
TABELA 5.4: Limites Máximos de Emissão de Poluentes para Veículos Leve Comercial (menor 1700kg).....	47
TABELA 5.5: Limites Máximos de Emissão de Poluentes para Veículos Leve Comercial (maior 1700kg).....	47
TABELA 5.6: Limites Máximos de Emissão de Poluentes para Veículos Pesado Ciclo Diesel (teste ESC/ ELR).....	48
TABELA 5.7: Limites Máximos de Emissão de Poluentes para Veículos Pesado Ciclo Diesel (teste ETC).....	48
TABELA 5.8: Limites Máximos de Emissão de Poluentes para Veículos Pesado Ciclo Diesel – Pós tratamento (teste ESC/ ELR).....	49
TABELA 5.9: Limites Máximos de Emissão de Poluentes para Veículos Pesado Movido a GNV (teste ETC).....	49
TABELA 5.10: Limites Máximos de Emissão de Poluentes para Veículos Ciclomotores.....	50
TABELA 5.11: Limites Máximos de Emissão de Poluentes para Motocicletas .....	50
TABELA 5.12: Frota de Veículo – Belo Horizonte 2006.....	64

## 1. INTRODUÇÃO

O quadro de aquecimento global tão evidente e discutido atualmente nada mais é que o resultado de todas as intervenções que o homem vem executando no mundo ao longo dos tempos, sejam elas em quaisquer escala ou localização. As cidades como um todo, e particularmente os grandes centros urbanos, vêm passando por um crescimento constante onde a intervenção do homem na paisagem original inevitavelmente transforma este cenário e suas características. Dentre as mais notáveis e perceptíveis, podemos citar o adensamento das construções, a multiplicação dos meios de transporte e conseqüentemente a expansão da malha viária e como resultado de tudo isso a produção de resíduos – em suas mais diversas formas. Neste sentido, as cidades têm um papel fundamental, sejam enquanto produtoras diretas das mais profundas alterações no ambiente, seja enquanto consumidores de produtos que apesar de produzidos longe provocam tais alterações.

Dentro deste conjunto, o município e suas leis respondem localmente pelas diretrizes de planejamento, uma vez que determinam o rumo do crescimento urbano que refletirá diretamente nesse contexto global. Dessa forma, cada cidade passa a ser responsável pelo comportamento e qualidade de seu meio, a partir do momento em que é a detentora da função de elaborar e balizar os parâmetros que vão nortear seu crescimento. É nesse momento que surge o conflito entre os interesses de crescimento econômico e político e entre a necessidade de garantir a qualidade de vida da população.

Tomando a cidade como um organismo complexo, tendo atualmente seu desenvolvimento pressionado opostamente pela política econômico-social e pelo apelo ambiental, cresce a responsabilidade sobre a forma com que se dirige essas vertentes, uma vez que a convivência conflituosa de interesses econômicos, políticos, sociais e ambientais comprometem a sustentabilidade da cidade. Fato comum e exemplo deste quadro é o diagnóstico de cidades doentes<sup>1</sup>, representadas quase sempre por metrópoles desenvolvidas sob ocupação territorial desordenada. Essas cidades doentes trazem consigo um quadro maior de desordem que comprometem a qualidade de vida ao mesmo tempo em que interfere também nas

---

<sup>1</sup> Este conceito será desenvolvido posteriormente, no item 5.2.1..

características do meio numa escala regional, fazendo com que a responsabilidade pelo planejamento local passe a ter um caráter mais amplo.

Em função de tantas alterações no cenário original, o próprio meio urbano já passa a ser estudado em suas particularidades, considerando suas características intrínsecas e inerentes provocadas pelas ações do homem. O clima urbano é sem dúvida um fator evidente de como as transformações antropogênicas interferem de forma direta apresentando, quase sempre, temperaturas mais elevadas nesses centros.

Como consequência dessa elevação de temperatura, um dos fenômenos comumente encontrados nestas cidades, onde a paisagem urbana foi predominantemente modificada, é a ilha de calor. Nesta condição, na qual o ar quente fica preso a baixas altitudes, a dispersão de gases e poluentes atmosféricos é dificultada e afeta diretamente sobre a saúde da população. Esse fenômeno por si só já seria preocupante o suficiente para demandar a atenção acerca das consequências que pode provocar, e no entanto quase nunca está sozinho. A coexistência de outros fatores relevantes como a diminuição de massa vegetativa, a aplicação de materiais com alta capacidade de retenção de calor – concreto, asfalto – o lançamento de poluentes atmosféricos e o aumento na geração de resíduos nos centro urbano agrava ainda mais a condição de desconforto e salubridade. Estes fatores responderão individualmente em cada situação, pois dependem também das condições locais de clima e da concentração com que aparecem.

Em contrapartida, o meio ambiente responde a essas intervenções. Cada vez mais presenciamos ocorrências de instabilidade climática, vemos crescer a preocupação com o aquecimento global e com o efeito estufa e a forma com que estes interferem em atividades substanciais à vida humana.

Mais recentemente, como resposta a esse quadro preocupante de crescimento urbano sem o planejamento adequado e ameaça à sustentabilidade, várias iniciativas vêm aparecendo de forma a inibir ou contornar os reflexos provocados por atuações mal planejadas. Ações como a Agenda 21, o Protocolo de Kioto, e mesmo a criação de leis nas esferas federais, estaduais e municipais surgem com o propósito de estabelecer novos limites que possam agir de forma integrada com o

meio ambiente, se não o conservando, ao menos respeitando suas limitações essenciais para se garantir a sobrevivência e a continuidade da vida.

O local escolhido para objeto desse estudo é a cidade de Belo Horizonte, onde se deu a partir da década de 70 uma aceleração no desenvolvimento urbano e este tem até hoje mudado o cenário da cidade. Esse crescimento se deu tanto quantitativamente na indústria da construção civil, com surgimento de um desenho volumétrico mais expressivo, representada por um número mais significativo de edifícios de pequeno a grande porte, quanto no aumento do número de veículos que trafegam regularmente pela cidade. A concentração de tantas atividades geradoras de resíduos cria inevitavelmente um panorama que interfere negativamente nas condições ambientais originais da cidade. A dinâmica deste crescimento está presente ao mesmo tempo em regiões recém adensadas, com significativa intervenção da paisagem urbana, e regiões de estagnação e mesmo esvaziamento ocupacional. Logo, o entendimento deste dinamismo no crescimento urbano é fundamental para prevenir e ou contornar situações onde as intervenções antrópicas.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Geral

O objetivo principal deste trabalho é a discussão qualitativa da forma com que o aumento da poluição atmosférica, advinda especificamente do fluxo veicular, é influenciado pela presença do fenômeno de Ilha de Calor nos centros urbanos. Em específico serão analisadas as condições atuais da região do centro de Belo Horizonte. Para tal, serão abordados os aspectos físicos e variáveis climáticas da paisagem urbana, bem como as características de poluição e ainda as diretrizes políticas que interferem neste cenário.

### 2.2. Específicos

Considerando ainda que a cidade de estudo encontra-se numa condição de transformação, com áreas de expansão e esvaziamento simultâneas, pretende-se prover subsídios para discussão do comportamento desse quadro atual dado o modelo de crescimento territorial que utilizamos hoje, que tem por base a Lei de Uso e Ocupação do Solo, e analisar como a morfologia impacta na poluição atmosférica no centro da cidade, assim como discutir suas perspectivas de evolução dentro da realidade em que vivemos.

Ainda com base no planejamento estipulado, mas confrontando essas diretrizes com as tendências atuais que buscam considerar os impactos do crescimento urbano no meio ambiente, pretende-se ainda discutir sobre a extensão desses cenários caso as decisões tomadas hoje sejam mantida futuramente.

### 3. JUSTIFICATIVA

Considerando o desenvolvimento desordenado da maioria dos centros urbanos, torna-se essencial o entendimento do comportamento do meio construído sobre o meio ambiente natural, uma vez que o primeiro influencia diretamente as condições originais da atmosfera local.

Contudo, são inúmeras as variantes que interferem, sempre de forma cumulativa, na paisagem urbana. A concentração de atividades nos centros urbanos vem criando uma série de conseqüências que poderiam ser aliviadas ou mesmo evitadas se houvesse um entendimento amplo de como a cidade e o meio ambiente respondem a essas intervenções. É preciso entender, por exemplo, que um parcelamento de solo e o adensamento proposto para uma região nos padrões convencionais criarão, em função de sua morfologia, um aumento na rugosidade urbana local, influenciando no fluxo de veículos e afetará a área vegetativa existente. Esta cadeia de ações e reações altera as características do clima – temperatura, ventilação, umidade do ar – e tais mudanças incidirão inevitavelmente sobre a qualidade de vida da população. Com estudos nesta área, será possível prever o comportamento e escolher alternativas mais adequadas para que o desenvolvimento urbano ocorra sem grandes prejuízos à qualidade de vida.

Em meio a tantas mudanças climáticas provocadas por ações antrópicas e pela perspectiva que temos hoje de como poderá ser o futuro das iminentes gerações, caso continuemos a agir de forma descomprometida com o todo, a preocupação com a qualidade do meio ambiente deixa de ser, definitivamente, um modismo, e toma forma de um compromisso com nosso próprio comportamento. A consciência que esse trabalho terá resultados significativos a longo prazo, prioriza a urgência com que essas soluções já devem ser pensadas e praticadas desde agora.

Passam a ser responsáveis não só as autoridades que ditam quais as regras a serem seguidas, mas também aqueles que elaboram os fundamentos para sua criação, bem como aqueles que as aplicarão. Logo, os estudos que diagnosticam os quadros atuais dos centros urbanos têm fundamental importância, uma vez que servem como balizadores de leis que buscam remediar condições inadequadas para qualidade de vida local. Condição também igualmente importante é ratificar que

ações aplicadas localmente desencadeiam reações numa escala maior. Assim como as condições identificadas como inadequadas têm reflexos não apenas na área na qual está inserida, mas também num raio próximo, as aplicações corretoras desse quadro também terão reflexo na mesma escala. A relação entre os efeitos e suas soluções e a interdependências entre as escalas locais é que garantirá a harmonia numa escala global. Essa condição reforça ainda mais o compromisso de cada cidade não só com a qualidade local, uma vez que esta recai inevitavelmente na escala regional.

Para região do centro de Belo Horizonte - considerando a área de estudo escolhida por possuir as características urbanas descritas - o entendimento do quadro analisado terá importância ao interpretar uma região com adensamento estagnado, caracterizando uma situação já estabelecida e então propor recomendações que melhorem o quadro atual, quanto para vislumbrar como a condição pode se agravar caso haja imprevisão no planejamento da cidade. A análise das conseqüências prováveis dos impactos a partir da abordagem adotada pode levar a reflexões sobre a forma de expansão que vêm sendo proposta para outras áreas.

## 4. METODOLOGIA

Inúmeros são os trabalhos desenvolvidos com a intenção de avaliar, interpretar e propor soluções que melhorem condições de desconforto e habitabilidade em meio urbano. Esse interesse vem de uma tendência crescente de se atentar para os efeitos das atividades humanas sobre o meio ambiente.

Diante do produto bibliográfico já produzido haverá uma pesquisa que buscará levantar o conteúdo pertinente disponível. Os dados encontrados serão confrontados, avaliados e utilizados para incremento deste trabalho. Serão considerados também o material legal vigente e documentos pertinentes.

O produto desta pesquisa será alcançado quando da discussão a partir de dados já alcançados através de trabalhos anteriores referentes a área de estudo. Serão trabalhados dois aspectos: a condição de ilha de calor e a poluição atmosférica oriunda do fluxo de veículos na cidade de Belo Horizonte.

Com relação às questões de meio ambiente, serão contextualizados dados de documentos como Protocolo de Kyoto e Agenda 21; forma de crescimento urbano e Lei de Uso e Ocupação do Solo; tráfego, Política nacional de Trânsito, Inspeção Veicular e os Relatórios de Qualidade do Ar.

Para a de ilha de calor para Belo Horizonte, alguns trabalhos já provaram sua existência (ASSIS, 1990 e TEZA, 2005) e tantos outros demonstram como as características construtivas também interferem no balanço energético urbano (LOMBARDO, 1985, FROTA, 1988 e 2003, LAMBERTS, 1991). No que diz respeito às características do trânsito na cidade – item balizador da poluição atmosférica em estudo – existem dados formais gerados pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), BHTrans e demais estudos que qualificam e quantificam os dados necessários para incremento do trabalho. Contudo, não existe ainda, para Belo Horizonte, um único estudo que trate diretamente essas duas variáveis.

Em função dos parâmetros descritos, foi escolhida a região do centro de Belo Horizonte – delimitada pela Avenida do Contorno – por atender as situações apresentadas nos estudos de referência. O atendimento se dá pelo caráter predominantemente verticalizado das edificações, a grande taxa de

impermeabilização do solo, a baixa taxa de vegetação existente e pelo grande número de veículos que transitam regularmente nesta região. Outra condição que também contribuiu para escolha do local de estudo foi a concentração de pessoas que trabalham, moram ou o freqüentam, estando elas também submetidas às condições ambientais que podem provocar graves problemas de saúde, especialmente os relacionados à poluição como alergias e bronquites.

O conteúdo de discussão gerado será utilizado para avaliar a condição real a que a região está inserida, criticar o atual modelo de desenvolvimento urbano seguido e sugerir recomendações que possam contribuir para suavizar o quadro existente.

## 5. DESENVOLVIMENTO

### 5.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 5.1.1. Clima e Poluição

Os primeiros traços de estudo a respeito do clima urbano surgiram em Londres, no início da era industrial, com a colaboração de Luke Howard que ainda em 1833 analisou as constantes meteorológicas da cidade e o contraste entre esta e seu entorno (MONTEIRO, 1976). Desde então, com a crescente preocupação em torno da qualidade de vida no meio urbano, tantos outros trabalhos surgiram principalmente em cidades da Europa Ocidental e na América do Norte, com estudos sobre planejamento urbano, história da urbanização e clima das cidades.

Nas regiões tropicais e subtropicais, apenas a partir dos anos setenta é que aparecem os primeiros trabalhos e a partir da década de oitenta começam a acontecer as primeiras conferências sobre climatologia urbana (DUARTE, 2003). Os estudos hoje existentes que conceituam, caracterizam e relacionam os aspectos do clima urbano com ênfase no fenômeno de Ilha de Calor são suficientes e adequados para embasar o trabalho em questão.

Oke<sup>2</sup>, em seus diversos trabalhos (1973, 1981, 1982), contribuiu significativamente com esse movimento. Ao longo de seus estudos demonstrou como o clima da cidade é consequência das transformações de energia e de interação entre o ar e o ambiente construído. Essa constatação relacionou diretamente as intervenções humanas no meio ambiente e seus efeitos, e diante disso foram levantadas as diferenças climáticas entre os meios urbanos e rurais, colocando a forma da geometria urbana e a inércia térmica dos materiais como condicionantes do processo de mudança climática existente nos assentamentos urbanos. Na área urbana criam-se condições específicas na atmosfera, responsáveis pela mudança no clima. Essas especificidades como, por exemplo, as construções, a orientação das ruas, a circulação de veículos, os tipos de materiais urbanos e as atividades humanas, alteram o balanço de radiação, interferindo na absorção, reflexão e emissão da radiação solar que culminam nas mudanças locais do clima. A FIGURA

---

<sup>2</sup> Departamento de Geografia da University of British Columbia, Vancouver, Canadá.

5.1 mostra esta variação de temperatura entre os meios urbano e rural. Este aumento das temperaturas na cidade, que torna o ar mais quente que em seu entorno, é denominado efeito de ilha de calor e é provavelmente o melhor e mais claro exemplo das modificações climáticas sofridas pela cidade (LOMBARDO, 2006).

O efeito “ilha de calor” pode ser considerado como uma das propriedades básicas do clima urbano. Caracterizado como uma anomalia térmica, que possui dimensões espaciais (horizontais, ou seja, extensão; verticais, ou seja, altura) e temporais (por exemplo, as estações do ano), este efeito está diretamente relacionado com o tamanho da cidade, quantidade de construções, uso do solo, com o clima e com as condições meteorológicas daquele lugar (OKE, 1982). Sendo assim, a ilha de calor configura-se como um “fenômeno que associa condicionantes derivados das ações antrópicas sobre o meio ambiente urbano, em termos de uso solo e os condicionantes do meio físico e seus atributos geomorfológicos” (LOMBARDO, 1985).

Em 1981, Oke observa que as correntes de ar advindas das regiões rurais ao adentrar as cidades encontram uma superfície diferenciada, com características próprias adquiridas em função da morfologia e do tipo de material, e provocam uma estratificação na atmosfera. Após análises, ele propõe a divisão da atmosfera em duas camadas: Camada Intra Urbana e Camada de Limite Urbana, cujos conceitos serão desenvolvidos posteriormente. Essas definições ajudam a entender como as alterações climáticas decorrentes de alterações próximas ao solo – microclima – têm repercussão não só no clima local como também influencia o ambiente circundante.

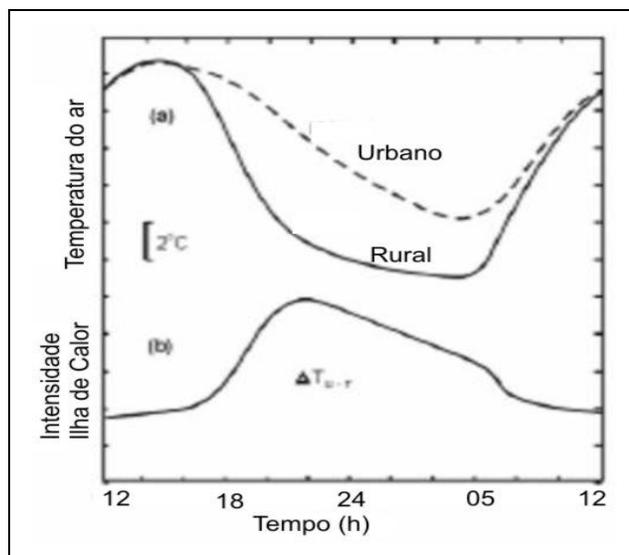


FIGURA 5.1: Variação de temperatura no meio urbano e rural (FONTE: OKE, 1982)

Diante de tais exposições concluiu-se que a morfologia urbana é um fator responsável pela caracterização do microclima, e que suas variáveis influenciam nas condições de ventilação, temperatura, umidade do ar e outros aspectos do clima.

Dentro da perspectiva da morfologia urbana temos o conceito de *canyons* urbanos e suas implicações. Conceitua-se como *canyons* urbanos, os corredores de edificações altas e concentradas separadas por ruas; devendo se considerar para tal a relação entre as dimensões altura, largura e comprimento das construções urbanas e as propriedades térmicas dos materiais que os constituem (cobertura do solo, materiais de construção etc.) (LOMBARDO, 1985).

Como fatores que influenciam o microclima nos *canyons*, podemos considerar:

- O calor antropogênico produzido pelo movimento de pessoas, tráfego de veículos, pelo aquecimento das pessoas, tráfego de veículos, pelo aquecimento das casas e prédios próximos;
- A redução do fator visão do céu (FVC) pela geometria dos edifícios;
- A capacidade de estocar calor, assim como de reemití-lo, causada pelas propriedades térmicas dos materiais de construção;
- O aumento do fluxo de calor sensível causado pela diminuição da evaporação, o que por sua vez é causada pela ausência de vegetação e da superfície permeável;

A amplitude do aquecimento urbano é função da propriedade térmica dos materiais; da capacidade que estes têm de absorver e refletir a radiação solar. A esta capacidade dá-se o nome de albedo. A reflexão da radiação solar é dependente também da morfologia urbana, sendo menor a capacidade de reflexão nas situações de *canyons* urbanos que em áreas abertas. Por este comportamento afirma-se que a intensidade da Ilha de Calor aumenta nas áreas centrais, onde se encontram seus principais fatores de formação: adensamento das edificações, tráfego de veículos e atividades industriais. O auto ainda afirma que através do conhecimento das condições de formação das ilhas de calor, podemos afirmar que sua formação está diretamente relacionada ao uso do solo. Ambientes densamente urbanizados

tendem a gerar ilhas de calor; ao passo que, a presença de corpos hídricos e de vegetação tendem a amenizar as taxas de aquecimento nessas proximidades.

Dessa exposição faz-se a comprovação da importância da vegetação como fator que proporciona equilíbrio ao clima urbano, sobretudo nas cidades intertropicais.

Em relação à proporção e a distribuição de áreas verdes em centros urbanos, estudos desenvolvidos por Assis (1990) e Givoni (1991 e 1998) mostram que estas possuem efeito estritamente local, aconselhando que sua existência seja distribuída, desejavelmente, de maneira uniforme. A partir de certo raio, as dimensões de um parque já não influenciam nas condições climáticas, porém se essa mesma área for subdividida em números maiores de menor tamanho, os benefícios serão alcançados por maior número de pessoas e abrangerão uma maior área. A vegetação na área de entorno contribui também para o conforto higrotérmico do edifício, para a redução de consumo de energia e ainda exercem um efeito psicológico abafando a fonte do ruído de poluição sonora<sup>3</sup>. Contudo, tão importante quanto a disponibilidade dessas áreas verdes é a qualidade do espaço produzido e as vantagens que serão apropriadas pela população.

“O efeito direto da vegetação sobre a poluição atmosférica é a capacidade de filtrar parte dos poluentes e o indireto é o incremento da ventilação que facilitará na dispersão dos poluentes, principalmente aqueles gerados pelo trânsito nas ruas, próximo ao solo”. (DUARTE, 2003)

Lombardo (1985) ainda expõe as principais alterações provocadas no meio ambiente em decorrência da urbanização citando a poluição atmosférica, a formação de ilhas de calor, a mudança na umidade relativa do ar, nos índices de precipitação, no fluxo dos ventos e na visibilidade.

A poluição atmosférica se torna um problema significativo quando aos *canyons* urbanos se associam, outros fatores como intenso tráfego de veículos, ilhas de calor e inversões térmicas<sup>4</sup>. De acordo com a FIGURA 5.2 pode-se examinar a relação

---

<sup>3</sup> Esse efeito psicológico, apesar de constatado, diverge de dados técnicos que informam que é preciso uma massa de 100m lineares de árvores para diminuir apenas 1Db.

<sup>4</sup> Condição atmosférica na qual uma camada de ar frio é mantida abaixo da aprisionada por uma camada de ar quente, de modo que a primeira não consiga se elevar. As inversões espalham horizontalmente o ar poluído de modo que as substâncias contaminantes não podem se dispersar.

existente entre as variáveis já abordadas: a morfologia urbana, a ventilação e como conseqüência a influência na dispersão dos poluentes atmosféricos.

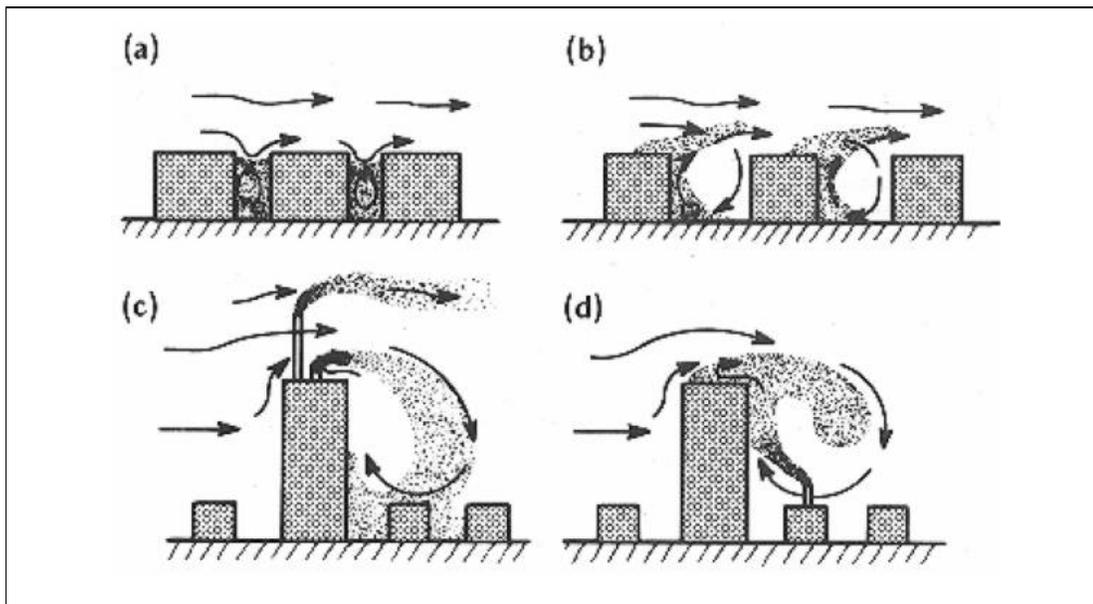


FIGURA 5.2: Influencia da morfologia na dispersão dos poluentes pelas correntes de vento (FONTE: LOMBARDO, 2006).

A FIGURA 5.2 mostra situações distintas desse comportamento. Nos casos (a) e (b), edificações com alturas semelhantes apresentam resposta diferente em função do espaçamento entre elas. Em (a) a dispersão é dificultada em relação à (b) e os poluentes ficam mais tempo nas baixas altitudes. Nos casos (c) e (d) temos morfologias semelhantes com condições de emissão diferentes. A dispersão de poluentes em (c) não encontra barreiras, pois acontece no nível acima ao das edificações enquanto em (d) as construções servem de barreira.

Nas cidades, os automóveis são responsáveis por uma parcela considerável da poluição do ar. Os resíduos produzidos pelos veículos lançam no ar partículas nocivas à saúde da população e ao meio ambiente. A Organização Mundial de Saúde (OMS, 2000) divulgou que três milhões de pessoas morrem anualmente devido aos efeitos da poluição atmosférica e no mesmo ano um estudo publicado na revista científica inglesa *The Lancet*, concluiu que a poluição atmosférica na França, Áustria e Suíça é responsável por mais de 40.000 mortes anuais, nesses três países. Cerca da metade dessas mortes se deve à poluição causada pelas emissões dos veículos. Mas vai além; o impacto da poluição atmosférica recai também sobre a

economia, com o aumento dos gastos relacionados a tratamento de doenças causadas pela poluição atmosférica, os custos de medicamentos, ausências do trabalho e congestionamentos (ROBERTS, 2003).

“A poluição do ar reduz a expectativa de vida. Aumenta os casos de doenças cardiovasculares e problemas pulmonares. Durante períodos de poluição do ar, é comum que a população sinta dores de cabeça. Cada cidade tem uma marca diferente”. (MOLINA, 2006)<sup>5</sup>

A poluição atmosférica urbana é considerada um dos problemas ambientais mais significativos tanto em países em desenvolvimento como nos desenvolvidos. De um modo geral, os meios de transporte como automóveis, ônibus e caminhões são responsáveis por parte importante da degradação da qualidade ambiental nas áreas urbanas. A expansão das frotas circulantes, associadas às características tecnológicas dos veículos mais antigos e dos combustíveis então em uso acabaram por acarretar uma elevação preocupante os níveis de emissões automotivas (MENDES, 2004).

Entre os poluentes atmosféricos se incluem o monóxido de carbono, o ozônio, o dióxido de enxofre, os óxidos de nitrogênio e os particulados. Estes poluentes advêm principalmente da queima de combustíveis fósseis, particularmente das usinas elétricas a carvão e automóveis movidos por gasolina. Nas baixas camadas da atmosfera e em presença da radiação ultravioleta e de hidrocarbonetos não queimados pelos motores, os óxidos de nitrogênio transformam-se em compostos fotoquímicos extremamente tóxicos para os vegetais. Os ventos ainda podem transportar os poluentes para longe, submetendo novas áreas a chuvas ácidas que destroem a vegetação e contaminam o solo.

A Tabela 5.1 apresenta os principais poluentes encontrados em meio urbano associados aos seus possíveis efeitos sobre o meio ambiente de acordo com Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 2003).

---

<sup>5</sup> Mario Molina, mexicano, Prêmio Nobel de Química. Comprovou que gases conhecidos como CFC's destroem a camada da atmosfera terrestre que protege o planeta dos raios ultravioleta emitidos pelo Sol, a camada de ozônio. Atualmente trabalha na *limpeza* do ar da Cidade do México.

<b>POLUENTE</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>EFEITOS SOBRE A SAÚDE</b>	<b>EFEITOS GERAIS AO MEIO AMBIENTE</b>
<b>Ozônio (O<sub>3</sub>)</b>	Gás incolor e inodoro nas concentrações ambientais e o principal componente da névoa fotoquímica.	Irritação dos olhos e vias respiratórias, diminuição da capacidade pulmonar. Exposição a altas concentrações pode resultar em sensações de aperto no peito, tosse e chiado na respiração. O O <sub>3</sub> tem sido associado ao aumento de admissões hospitalares.	Danos às colheitas, à vegetação natural, plantações agrícolas, plantas ornamentais.
<b>Monóxido de Carbono (CO)</b>	Gás incolor, inodoro e insípido.	Altos níveis de CO estão associados a prejuízos dos reflexos e da capacidade estimar intervalos de tempo, ao aprendizado de trabalho e visual.	
<b>Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>)</b>	Gás marrom avermelhado, com odor forte e muito irritante, pode levar a formação de ácido nítrico, nitratos (os quais contribuem para o aumento das partículas inaláveis na atmosfera) e compostos orgânicos tóxicos.	Aumento da sensibilidade a asma e a bronquite, abaixa a resistência às infecções respiratórias.	Pode levar à formação de chuva ácida, danos à vegetação e colheita.
<b>Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>)</b>	Gás incolor, com forte odor, semelhante ao gás produzido na queima de palitos de fósforo. Pode ser transformado em SO <sub>3</sub> , que na presença de vapor de água, passa rapidamente a H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> . É um importante precursor dos sulfatos, um dos principais componentes das partículas inaláveis.	Desconforto na respiração, doenças respiratórias, agravamento de doenças respiratórias e cardiovasculares já existentes. Pessoas com asma, doenças crônicas de coração e pulmão são mais sensíveis ao SO <sub>2</sub> .	Pode levar à formação de chuva ácida, causar corrosão aos materiais e danos à vegetação, folhas e colheitas.
<b>Partículas Inaláveis (MP<sub>10</sub>) e Fumaça</b>	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar, na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça fuligem etc. Faixa de tamanho < que 10 micra.	Aumento de atendimentos hospitalares e mortes prematuras.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo.
<b>Partículas Totais em Suspensão (PTS)</b>	Partículas de material sólido ou líquido que ficam suspensas no ar na forma de poeira, neblina, aerossol, fumaça ou fuligem etc. Faixa de tamanho < 10 micra.	Quanto menor o tamanho da partícula, maior o efeito sobre a saúde. Causam efeitos significativos em pessoas com doenças pulmonares, asma e bronquite.	Danos à vegetação, deterioração da visibilidade e contaminação do solo.

TABELA 5.1: Caracterização dos principais poluentes atmosféricos (FONTE: CETESB, 2003).

De acordo com Mendes (2004), as emissões originadas pelo uso de veículos automotores podem ser divididas nas seguintes categorias:

- Emissões de gases e partículas pelo escapamento do veículo (subprodutos da combustão lançados à atmosfera pelo tubo de escapamento);
- Emissões evaporativas de combustível (lançadas na atmosfera através de evaporação de hidrocarbonetos do combustível);
- Emissões de gases do cárter do motor (subprodutos da combustão que passam pelos anéis de segmento do motor e por vapores do óleo lubrificante);
- Emissões de partículas provenientes do desgaste de pneus, freios e embreagem;
- Ressuspensão de partículas de poeira do solo e
- Emissões evaporativas de combustível nas operações de transferência de combustível (associadas ao armazenamento e abastecimento de combustível).

No Brasil registrou-se um rápido aumento das emissões de poluentes atmosféricos nas áreas urbanas nas últimas décadas. Em algumas cidades, os níveis de concentração de poluentes passaram a atingir patamares que colocavam em risco a saúde das pessoas com frequência alarmante, obrigando as autoridades a tomar ações para controlar este problema emergente (ROBERTS, 2003).

O aumento da motorização individual, decorrente da deficiência crônica dos sistemas de transporte de massa, tem intensificado o tráfego nos grandes centros urbanos brasileiros. Além de causar congestionamentos constantes, com a conseqüente degradação ambiental, devido à poluição do ar e sonora provocada pelos veículos automotores, o crescimento do número de veículos eleva os custos socioeconômicos e provoca sérios danos à saúde humana, devendo ser controlados através da adoção de medidas eficazes de controle da poluição veicular, direta ou indiretamente.

Com o objetivo de reduzir e controlar a contaminação atmosférica por fontes móveis (veículos automotores) o Conselho Nacional do Meio Ambiente<sup>6</sup> criou os Programas de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores: PROCONVE (automóveis) e PROMOT (motocicletas) fixando prazos, limites máximos de emissão e

---

<sup>6</sup> O Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA é o órgão consultivo e deliberativo do Sistema Nacional do Meio Ambiente - SISNAMA, instituído pela Lei 6.938 de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Compete ao CONAMA estabelecer normas, critérios, propor ações, elaborar projetos, avaliar e acompanhar o atendimento a normas ambientais e demais atividades relacionadas com a política nacional do meio Ambiente.

estabelecendo exigências tecnológicas para veículos automotores, nacionais e importados.

Atualmente, em Belo Horizonte, é feita a inspeção veicular apenas em ônibus coletivos, suplementares, táxis e vans escolares, que são vistoriados semestralmente pela Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte – BHTrans. No entanto, os caminhões, considerados os maiores poluidores devido aos propulsores a diesel, não possuem nenhum tipo de fiscalização.

Uma pesquisa realizada pela FEAM realizada entre 2003 e 2005 avaliou as emissões de fumaça de cerca de 1.200 veículos, de todos os tipos. Dos 200 caminhões analisados, 17 sequer passaram no teste visual, pois havia risco de a fumaça danificar o equipamento de medição. Cerca de 60% dos demais 183 caminhões apresentaram modificações no sistema de injeção de combustível, prática comum para aumentar a potência do caminhão, embora proibida por lei.

Entre os veículos leves – movidos a álcool e a gasolina – foram vistoriados 1.203 carros, dentre eles os adaptados para transporte de carga, como as *pick-ups* menores. Os dados mostraram que 39,2% desses carros seriam reprovados em um eventual teste de inspeção veicular, previsto pela Política Nacional de Trânsito, que será abordada posteriormente.

## 5.2. DESENVOLVIMENTO URBANO E POLUIÇÃO

Podemos considerar que a Revolução Industrial, ocorrida na Inglaterra, nos séculos XVIII e XIX, impulsionou e definiu o desenvolvimento urbano. Com a criação de inúmeras fábricas, a população de muitas cidades européias e americanas começou a aumentar rapidamente, migrando milhares de pessoas vindas dos campos, abandonando trabalhos nas áreas rurais, para trabalhar na indústria. Isto fez com que cidades da época ficassem superlotadas, sujas e barulhentas. Muitas pessoas viviam em bairros sem condições sanitárias adequadas e epidemias eram freqüentes. Diante disso, por iniciativa do governo ou de proprietários de fábricas – que criavam verdadeiras cidades para abrigar, estimular, atrair e controlar seus funcionários – começaram as primeiras tentativas para melhorar tais condições precárias e surgiram neste momento os primeiros planos como novo zoneamento, com casas, jardins e áreas verdes. Neste momento aparecem as primeiras separações espaciais entre áreas industriais e residenciais, cada uma em zonas separadas da cidade. Observa-se desde então, que algumas medidas começam a ser tomadas para melhorar a qualidade de vida nas cidades, mas à medida que estas continuavam a crescer rapidamente, as poucas medidas tomadas foram insuficientes para surtir consideráveis efeitos.

Até o final do século XIX, o planejamento urbano na maioria dos países industrializados era de responsabilidade de empresas particulares ou, raramente, pelo governo. Mas o crescimento dos problemas urbanos durante o final do século XIX forçou governos de muitos países a participar mais ativamente no processo de planejamento urbano.

A explosão populacional da década de 1950 e 1960, aliada a uma concentração espacial, teve como conseqüências a valorização da terra e sua verticalização. O modelo de desenvolvimento americano, que optou pelo estímulo aos veículos privados como meio de transporte, gerou problemas de grande concentração de automóveis, congestionamentos e conseqüente emissão de poluentes em função do uso de combustíveis fósseis, intensificando o grau de resíduos liberados na atmosfera.

O quadro urbano que atualmente encontramos com freqüência nos maiores centros mundiais segue o mesmo modelo e independe de sua localização geográfica ou

grau de desenvolvimento econômico. Metrôpoles como Nova Iorque, Cidade do México, Tóquio e tantas outras sofrem dos mesmos males originários de um planejamento ineficiente, desarticulado ou mal dimensionado. Sistema de transporte deficitário, adensamento de construções, crescimento do número de indústrias e outros sobrecarregam o meio ambiente natural em função do grande volume de resíduos que geram e são tratados sem destinação adequada. Grandes cidades brasileiras passam pela mesma situação, independente de terem sido originalmente planejadas, como é o caso de Belo Horizonte e Brasília.

As FIGURAS 5.3 e 5.4 mostram vista parcial do centro de Belo Horizonte onde observamos o crescimento urbano ao longo das últimas décadas.

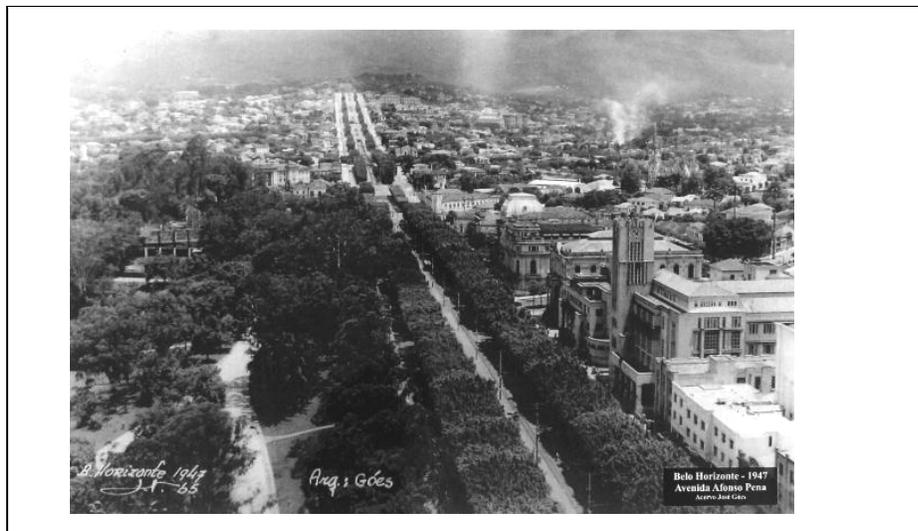


FIGURA 5.3: Avenida Afonso Pena – Belo Horizonte 1947



FIGURA 5.4: Avenida Afonso Pena – Belo Horizonte 2005

Atualmente, na legislação brasileira, instrumentos como Plano Diretor e Lei de Uso e Ocupação do Solo, que serão abordados posteriormente, são formulados com objetivo de recomendar o uso adequado do solo da cidade, procurando garantir uma vida urbana mais confortável, aproveitável, segura, além de fornecer um terreno propício ao crescimento econômico da cidade.

### 5.2.1. Cidades Doentes x Sustentabilidade

Anastassakis (2004) compara as cidades a outros organismos vivos, dizendo que:

“As cidades, sejam aquelas que cresceram ”naturalmente”, sejam aquelas outras planejadas, como Brasília, Goiânia ou Belo Horizonte, acabam tendo uma vida orgânica como se fossem – ou melhor, são mesmo – seres viventes. Que nascem, crescem, reproduzem-se, ficam doentes e morrem.”

A partir dessa exposição podemos dar à cidade uma interpretação muito mais complexa daquela que comumente é usada. A cidade é formada por pessoas e pelas ações provocadas por essas pessoas, logo é um reflexo, vivo, daquilo que ansiamos e propomos. Com isso, importa-nos entendê-la e interpretá-la em sua totalidade, para que, somente assim, possamos agir da forma mais apropriada.

Prova disso é a forma com que a cidade se adapta em função das necessidades criadas por nós, de como nós interferimos em sua imagem original a fim de alcançarmos um local que, sob nossos conceitos, é mais adequado às nossas atividades e nosso convívio. A cidade urbana é hoje, espelho de nossos desejos. Prédios, avenidas, automóveis, parques, qualquer objeto inserido é motivado por uma necessidade ou vontade. A imagem calma e bucólica das cidades de décadas atrás deu espaço para metrópoles verticalizadas, cinzas, apáticas, comprometidas com o progresso e com o desenvolvimento.

A base do que se define hoje como Cidades Doentes, ou Biocidas, é, sem dúvida, o crescimento urbano desordenado. Este termo, trabalhado amplamente por biólogos, arquitetos, sociólogos, ambientalistas e até políticos justifica-se pela forma com que seus efeitos agem sobre o meio. No livro “Cidades” (GIRARDET, 1989) as maiores cidades do mundo, enfatizando metrópoles como Nova Iorque, Cidade do México e São Paulo, são citadas como grandes consumidores de energia e produtores de rejeitos. Esta condição é típica de cidades que absorvem grande quantidade de

atividades, que trazem consigo o aumento da urbanização, do trânsito, da construção civil e conseqüentemente da geração de resíduos. Convém ressaltar que o crescimento urbano, isoladamente, não é nem deve ser considerado a causa da existência das cidades biocidas. O que caracteriza fundamentalmente tal existência é a complexidade dos centros urbanos tratada de forma negligente, que quase sempre apresenta formas ineficientes ou insuficientes para solução dos problemas.

É fato que a situação atual de grande parte das grandes cidades, alavancado pelo desenvolvimento econômico, é retrato unânime de um modelo que já mostra sinais de desgaste. Tais sintomas, que caracterizam as cidades doentes, comprometem diretamente sua sustentabilidade, e é neste ponto que nasce o grande conflito das cidades modernas.

O termo sustentabilidade, descrito no Relatório Brundtland<sup>7</sup> como “aquela que é capaz de suprir as necessidades da geração atual sem comprometer a capacidade de atender às necessidades das gerações futuras. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro”, vem sendo usado para nos alertar da necessidade de pensarmos o desenvolvimento de forma unificada. Usada amplamente desde então, a sustentabilidade propõe que o crescimento do planeta como um todo, partindo de suas partes, seja planejado de forma racional e integrada, a fim de não comprometer o meio ambiente natural e garantir a qualidade de vida das pessoas nele inseridas. Porém, esse desejo esbarra no formato “imposto” por decisões políticas que priorizam, em sua maioria, o caráter econômico, deixando de lado outros aspectos – social, cultural, ambiental, entre outros – que já começaram a mostrar como tal tratamento interfere na harmonia resultante do espaço. Esta condição é favorecida pela definição ampla dada ao termo sustentabilidade, permitindo que esta seja adaptada às mais diversas realidades, o que pode, em casos extremos, dar margem a ações que visam o interesse de uma minoria em supressão do bem coletivo.

A grande busca das administrações atuais, sejam elas em quaisquer escala de governo e mesmo de não governo - como é o caso de inúmeras O.N.G.'s e de

---

<sup>7</sup> Publicado em 1982 o "Relatório Brundtland", foi elaborado pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, criada pelas Nações Unidas e presidida por Gro Brundtland, primeira-ministra da Noruega. Este documento, que discutiu o futuro da humanidade sob uma perspectiva ambientalista, foi discutido e aprovado durante a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), Rio de Janeiro, em junho de 1992), também conhecida como ECO-92 ou Cúpula da Terra.

órgãos mundiais como a Organização das Nações Unidas (O.N.U.) que atuam neste nicho - é compatibilizar o desenvolvimento urbano com os parâmetros de sustentabilidade, seja para minimizar o quadro de cidades doentes já diagnosticadas, seja para evitar tais surgimentos. Contudo, por trás deste objetivo está um trabalho, de longo prazo, de conscientização das pessoas e empresas para entendimento e envolvimento em atitudes que individualmente impactam numa situação global.

### 5.2.1.1. Indicadores de Sustentabilidade

Parte das atividades viventes nas cidades, algumas estritamente funcionais – trânsito – mas outras de caráter social, dão ao espaço público grande importância. A qualidade desses locais reflete parte de uma condição maior, existente no entorno imediato do meio urbano. Assim, podendo-se relacionar diretamente a qualidade urbana da cidade com aquela apresentada por seus espaços públicos. Segundo Romero (2004):

“...as grandes cidades aparecem como sinônimo do caos e do crescimento desordenado. Associado a essa visão está o espaço público, identificado como o lugar das desordens, da violência, da degradação física e ambiental.”

A degradação de espaços públicos, seu esvaziamento e rejeição indicam como as soluções formais de projeto tomadas para esses espaços são inadequadas ou inviáveis para o desenvolvimento em questão.

Alguns indicadores podem ajudar a identificar a existência, ou não, de um ambiente sustentável. No estudo dos espaços urbanos, Romero (2004) estabelece a existência de quatro diretrizes que devem ser consideradas na proposição de um projeto de espaço sustentável:

**Enlace:** o desenvolvimento econômico, a habitação acessível, a segurança pública, a proteção do meio ambiente e a mobilidade se interrelacionam, e devem ser abordados de maneira integrada;

**Inclusão:** deve-se conciliar uma variedade de interessados para identificar e alcançar valores e objetivos comuns;

**Previsão:** devem ser elaborados objetivos de longo prazo;

**Qualidade:** devem ser buscados e privilegiados elementos que contribuam para manter a diversidade. Assim, é assegurada a qualidade e não somente a quantidade dos espaços, incrementando a qualidade da vida urbana.

Esses índices vêm confirmar como aspectos de natureza econômica, ambiental, social e política estão relacionados e estabelecem uma interdependência na criação e manutenção de espaços urbanos sustentáveis.

### 5.2.2. Clima Urbano

É preciso considerar inicialmente a existência de um clima tipicamente urbano. Este clima é a modificação do clima local que, em relação às condições climáticas das áreas circunvizinhas, apresentam maiores quantidades de calor e modificações na composição da atmosfera, na ventilação e na umidade do ar, como já discutido anteriormente. Logo, resume-se que as características dos centros urbanos (densidade, vegetação, morfologia) são responsáveis pela definição de um clima local com temperaturas superiores à das áreas vizinhas e rurais. Essa variação é descrita por Lombardo (1985). Para ele

“as cidades apresentam temperaturas medias maiores do que as zonas rurais de mesma latitude. Dentro delas, as temperaturas aumentam das periferias em direção ao centro. O uso de grande quantidade de combustíveis fósseis em aquecedores, automóveis e indústrias transformam a cidade em uma potente fonte de calor.”

O adensamento e a geometria urbana, balizados por legislação específica que em grande parte estimula a verticalização de edifícios, são responsáveis por alguns fatores que contribuem diretamente para a condição de alteração do clima urbano. Inicialmente podemos considerar que a construção utiliza-se de materiais com capacidade de absorção e reflexão de radiação solar. Esse comportamento, que depende das características de cada material, contribui para o ganho térmico das edificações, fazendo com que essa carga térmica fique retida por mais tempo, nos materiais de maior inércia térmica, e seja emitido para a atmosfera com certo atraso. Associado a esse efeito, a construção de edifícios de altura maior que a largura da

via adjacente, diminui o Fator de Visão de Céu (FVC)<sup>8</sup> que comprovadamente dificulta a dispersão do calor acumulado durante o dia pelas construções para a atmosfera no período noturno.

A Figura 5.5, abaixo, exemplifica situações distintas de FVC. Os casos A e B da figura simulam perfis de edifícios entremeados por uma via. Já a figura 5.6 mostra, a partir do centro da via – caso da Praça Sete em Belo Horizonte – a obstrução do céu por edifícios de entorno. No caso A, o espaçamento é mais estreito e os edifícios laterais são mais altos. A imagem do céu vista a partir de um observador no solo, no centro da rua, será limitada pelas edificações de forma a obter-se o ângulo “a”. No caso B, a distância é mais larga, ou as construções são mais baixas e mais afastadas em relação a ela, de tal modo que se obtém um ângulo “b” maior. Assim, o FVC em A é menor que em B. Teoricamente o espaço A, mais obstruído, troca menos calor por radiação com o meio, provocando um aumento de temperatura local maior que no espaço B.

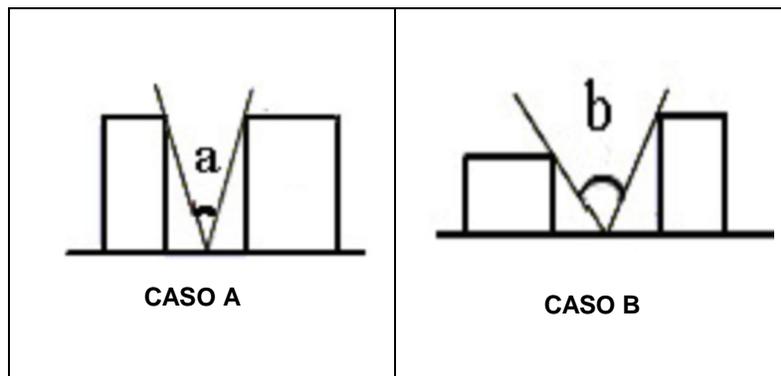


FIGURA 5.5: Perfis Urbanos para estudo de FVC

<sup>8</sup> FVC - Corresponde à porção de céu visível em função da altura das edificações do entorno. A obstrução maior ou menor de um local está diretamente relacionada com a facilidade de ocorrerem aí as trocas térmicas por radiação à noite, quando o céu passa a funcionar como um corpo negro, absorvendo o calor.

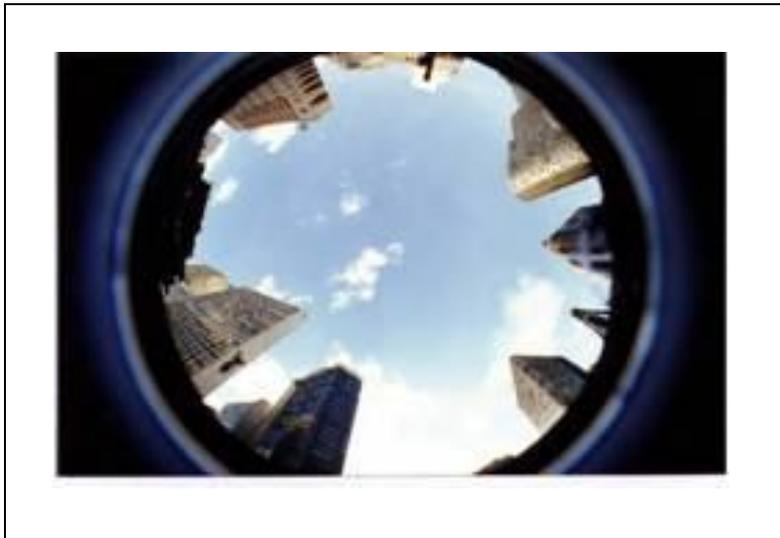


FIGURA 5.6: FVC para Praça Sete em Belo Horizonte, foto tirada com máquina acoplada a lente olho de peixe. (FONTE: Santos, 1999)

A rugosidade resultante das características construtivas, que é função da forma de adensamento, influencia também no regime dos ventos. Uma vez que esta é maior nos centros urbanos, onde a massa edificada predomina, a velocidade e o deslocamento das massas de ar sobre a passam a ser menores que aquelas encontrados sobre zonas rurais. O movimento natural – laminar – passa para um movimento turbilhonar, com fluxos ascendentes e descendentes.

Santos (2004) descreve a respeito da escolha e aplicação dos materiais, relatando como as massas edificadas e as superfícies pavimentadas da cidade contribuem para o aumento das temperaturas no meio urbano, através das propriedades físicas dos materiais de superfície. Este estudo confirma a relação existente entre as propriedades térmicas dos materiais e a condição de conforto térmico, relacionando as temperaturas mais altas às áreas com maior utilização de concreto, cimento e asfalto.

O solo da cidade, antes revestido por vegetação, passa a ser substituído por materiais como asfalto e concreto para promover a ampliação da malha viária, e traz para a cidade uma elevação na taxa de impermeabilização do solo. Esta impermeabilização reduz significativamente a umidade relativa do ar e a evaporação em função da baixa capacidade de absorção de água desses materiais. Esta condição comprova a importância das áreas verdes para o comportamento e

equilíbrio do clima urbano. A vegetação contribui não só no sombreamento das superfícies e conseqüentemente no declínio de temperaturas, auxilia também no controle da radiação solar e no estabelecimento do microclima (LABAKI & BORGES, 2003).

Segundo OKE (1981), para estudo do clima urbano e entendimento dos seus efeitos, provocados pela mudança da paisagem original em decorrência das intervenções descritas acima, é preciso perceber que estes atuam numa escala espacial – vertical e horizontalmente – e temporal definindo alcances dos fenômenos na atmosfera. Para facilitar tal entendimento, podem-se adotar os seguintes limites e nomenclaturas a partir do critério de escala abaixo:

- Micro-escala:  $10^{-2}$  a  $10^3$  m
- Escala local:  $10^2$  a  $5 \times 10^4$  m
- Meso-escala:  $10^4$  a  $2 \times 10^5$  m
- Macro-escala:  $10^5$  a  $10^8$  m

Para compreender melhor os fenômenos que ocorrem na “camada limite atmosférica”<sup>9</sup> (planetary boundary layer - PBL), camada onde se concentra os estudos da climatologia urbana, Oke propõe a subdivisão da mesma em dois níveis: a “camada intra urbana” (urban canopy layer - UCL) - que envolve a extensão do solo até a altura média das coberturas dos edifícios - e a “camada limite urbana” (urban boundary layer - UBL) – que é determinada como a camada imediata à superfície do solo que se estende até o nível onde a influência do atrito é nula. Estudos mostram que a forma da construção civil é capaz de afetar diretamente o clima na UBL, influenciando o clima na micro-escala, conforme pode-se verificar na FIGURA 5.7.

---

<sup>9</sup> Camada limite atmosférica pode ser definida como a faixa contida entre a superfície terrestre e uma determinada altura em que o escoamento das massas de ar tem comportamento diferenciado ao longo de sua extensão vertical, variando do comportamento turbulento, nos níveis inferiores, ao não turbulento no topo desta camada.

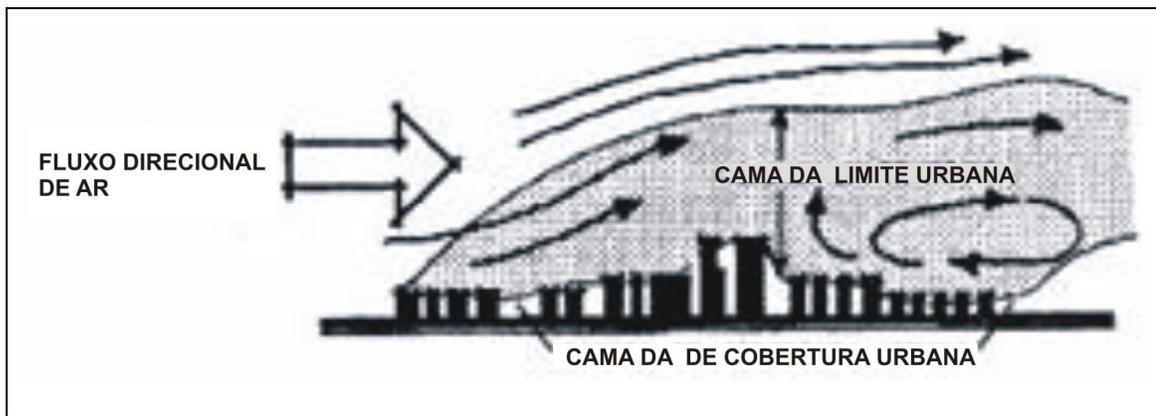


FIGURA 5.7- Camada Limite Urbana e Camada de Cobertura Urbana (Fonte: Lowry, 1988, in: Vidal, 1991)

### 5.2.2.1. Ilha de Calor

Dentre vários fenômenos que ocorrem tipicamente em cenários urbanos, podemos citar a Ilha de Calor como importante identificador do comportamento do clima e consequentemente da qualidade de vida da cidade. A Ilha de Calor Urbana pode ser definida como o aumento de temperatura em determinados pontos de uma cidade em função de vários outros fatores como a concentração de prédios que impedem a ventilação natural, a falta de arborização, a mudança nas características da superfície do solo.

Agindo simultaneamente, essas condições favorecem a concentração de massa de ar quente a baixas altitudes impedindo assim a dispersão dos poluentes emitidos na atmosfera provenientes das indústrias, automóveis e demais atividades urbanas. O impedimento ou dificuldade na evaporação, contribui para a retenção desses poluentes e faz com que convivamos diretamente com seus efeitos nocivos.

“Na atmosfera das zonas centrais das cidades, é muito maior a concentração de gases e materiais particulados, lançados pelos automóveis e pelas fábricas, responsáveis por um efeito estufa localizado, que colabora para aumentar a retenção de calor...”

“... a massa de ar quente carregada de material particulado que se forma sobre essas áreas tende a subir até se resfriar. Quando isso ocorre, retorna a superfície, dando origem a intensos nevoeiros na periferia da mancha urbana, retornando à

região central, formando um verdadeiro círculo vicioso de fuligem e poeira.”  
(LOMBARDO 1985)

Com base no exposto, entendemos que a Ilha de Calor Urbana, bem como a intensidade com que se apresenta, é característica de centros urbanos adensados que altera as características climáticas – temperatura, umidade relativa do ar e ventilação – através das seguintes intervenções:

- Redução da área de vegetação, que reduz a capacidade de evaporação e a permeabilidade do solo;
- Utilização de materiais que servem como refletores para o calor – concreto, asfalto;
- Alteração na morfologia da cidade, que servem como barreiras para a dispersão do ar quente;
- Adensamento verticalizado (*canyons urbanos*), que altera a velocidade e a direção dos ventos;
- Topografia natural, onde a presença de montanhas e vales podem servir como empecilho para dispersão de poluentes e podem interferir na ação dos ventos.

### 5.2.3. Poluição Atmosférica Veicular

O problema da poluição atmosférica tem constituído uma das principais ameaças à qualidade do ar para a população dos grandes centros urbanos. Este problema é determinado por emissões originárias de processos industriais, transportes, queima do combustível industrial e doméstico, queimadas originadas de desmatamentos, geração de energia elétrica<sup>10</sup>, incineração de lixo urbano, e demais resíduos que o desenvolvimento da cidade pode gerar.

A poluição decorrente dos meios de transporte tem sido considerada merecedora de estudo em função da expansão da indústria automobilística. Segundo LOWE (1994) o progresso na área do transporte tem se caracterizado por invenções ao longo do tempo, sendo que nenhuma delas trouxe mais impacto que o automóvel, e o dano

---

<sup>10</sup> A geração elétrica só emite poluentes durante a fase de queima de combustível (madeira, petróleo, carvão). No caso do Brasil, esta situação não é relevante porque nossa matriz é predominantemente hidráulica, não produzindo queima durante o processo.

ambiental causado por estes atinge as regiões mais remotas do globo – poluindo o ar nas cidades, usurpando áreas valiosas de terra e até mesmo alterando o clima do planeta. LOWE ainda acrescenta como a fixação pela mobilidade interfere na economia, pois pesa na cobrança de encargos para compra de petróleo para mover a frota cada vez maior, sacrifica a vida de pessoas vitimadas em acidentes, perde áreas agrícolas e de florestas naturais – com sacrifício de plantas e animais - e gera bilhões de horas desperdiçadas em função de congestionamentos.

A expansão urbana e suburbana aumenta as distâncias a serem percorridas e o automóvel deixa de ser um bem de luxo para se tornar uma necessidade.

“Em 1950, havia um carro para 46 pessoas no mundo. A frota mundial cresceu rapidamente..., tendo o número total de automóveis quadruplicado até o início da década de 70. (LOWE).”

Contudo, a economia de tempo que se busca através do uso do transporte individual é aparente. As horas que se perdem num congestionamento nos faz repensar a prioridade que se estabeleceu quando do estímulo ao transporte individual sobre o coletivo. Dados da BHTRANS informam que para transportar 50 pessoas em ônibus, são ocupados 54m<sup>2</sup> de rua, sendo que, usando carros, o espaço ocupado é de 267m<sup>2</sup>, quase oito vezes mais espaço.

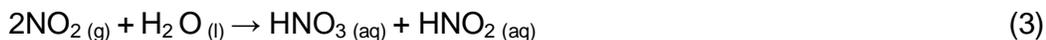
Enquanto testamos propostas que procuram mitigar esse quadro – rodízio de veículos, novas tecnologias de motores, sistemas inteligentes de monitoramento de tráfego – acompanhamos o constante crescimento da malha viária, da frota de veículos e do lançamento de emissões que estes provocam.

A emissão de gases tóxicos e materiais particulados pelos veículos automotores é a maior fonte de poluição atmosférica urbana (VILLANUEVA, 2002), ainda segundo o autor, esses veículos são responsáveis por 40% da poluição do ar, porque emitem gases como o monóxido de carbono (CO), os óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), o dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), derivados de hidrocarbonetos e material particulado. A concentração desses poluentes, além de alterar gradativamente o ecossistema podem causar diversos problemas.

À saúde humana podem provocar complicações pulmonares e respiratórias. A inalação de alguns compostos como NO<sub>2</sub>, de baixa solubilidade e efeito tóxico – pelo

caráter oxidante – e de partículas em suspensão aumentam os casos de crises de asma e bronquite, principalmente no inverno, quando o ar se torna mais seco e a dispersão dos poluentes é dificultada.

A formação de chuva ácida é possível quando compostos de enxofre (SO<sub>2</sub>), de nitrogênio (NO<sub>2</sub>) e o monóxido de carbono (CO) reagem com a água presente no ar atmosférico formando os ácidos sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), nítrico (HNO<sub>3</sub>) e carbônico (H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), respectivamente. O carregamento desses compostos pelo vento, leva a chuva ácida para outras regiões, e estas podem precipitar sobre áreas agrícolas e lagos, causando prejuízos tanto econômicos quanto ambientais. As reações, evidenciadas pelas equações (1) a (5), explicam esse mecanismo químico de formação.



O efeito estufa também é influenciado pela poluição atmosférica, pois pode elevar a temperatura global da Terra em função do aumento de gases, como por exemplo carbônico (CO<sub>2</sub>) e ozônio (O<sub>3</sub>), que agem como barreira absorvendo parte da radiação infravermelha emitida pela superfície da Terra e radiando de volta para a superfície. Por conseqüência contribuir com alterações irreversíveis nas condições climáticas. Esta implicação dá à poluição veicular um alcance que vai além das fronteiras regionais, porque, como dito, as partículas podem ser transportadas pelo vento de uma área à outra, especialmente dentro da escala local<sup>11</sup>. Esta situação pode ser observada na FIGURA 5.8.

A contribuição desses gases para o aumento da temperatura global depende do tempo de sua permanência na atmosfera e da interação com outros gases e com o próprio vapor d' água natural do planeta. O dióxido de carbono é o principal agente da mudança em vista do tempo de dispersão muito longo e da quantidade gerada pelas atividades antropogênicas. O metano, embora tenha período curto de

<sup>11</sup> O conceito de escala local foi apresentado anteriormente, no item Clima Urbano.

permanência na atmosfera, possui expressiva contribuição no aumento do efeito estufa porque absorve maior quantidade do calor irradiado pela Terra.



FIGURA 5.8: Emissão de gases por veículo em meio urbano  
(FONTE: [www.papotech.com.br](http://www.papotech.com.br) )

A poluição atmosférica varia de região para região, dependendo da topografia, das condições meteorológicas e da morfologia urbana. Essa condição faz com que a dispersão dos gases na atmosfera possa ter uma duração variável que vai desde apenas alguns minutos, horas e até semanas. Esse tempo será influenciado por fenômenos urbanos - como Ilha de Calor e Inversão Térmica – de forma a aumentá-los, fazendo com que fiquem mais tempo na atmosfera urbana em baixas altitudes.

Também fatores econômicos estão diretamente ligados a decisões que interferem na poluição atmosférica veicular. Na atual conjuntura nacional, a aquisição de veículos vem sendo facilitada e provocando conseqüentemente o aumento na frota regular, influencia em deliberações imobiliárias.

“A especulação imobiliária que acontece pela supervalorização de áreas centrais, os grandes vazios urbanos mantidos como reserva de mercado imobiliário, a elevação do preço da terra em função de melhoramentos urbanos introduzidos, muitas vezes pelas próprias administrações públicas, fazem com que as camadas da população de poder aquisitivo se desloquem cada vez mais para a periferia, implicando na necessidade cada vez maior de viagens. Como também observa-se que o acesso à centralização de algumas atividades como shopping center e hipermercados só podem ser feito por veículos”. (FREITAS, 2005).

O deslocamento imposto àqueles que moram na periferia e têm seu percurso aumentado em função da localização de equipamentos públicos – shopping, hospitais, parques – contribui para o aumento de veículos em circulação uma vez que o atendimento a estas regiões pelo transporte coletivo também não é suficiente para suprir a demanda.

### 5.3. INSTRUMENTOS DE DIRETRIZES AMBIENTAIS

“todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”. (Constituição Federal, 1988. Art. 225, caput)

A forma com que o desenvolvimento industrial e econômico de grande parte dos países ocidentais se deu no século passado provocou a exploração dos recursos naturais vitais de maneira desgovernada, provocando a deteriorização das condições ambientais de forma acelerada. Ao que se registra, esse modelo autodestrutivo está sendo copiado em maior ou menor grau por vários países que anseiam o mesmo crescimento, tais como Brasil, Índia e a China.

Diante das mudanças ambientais aceleradas mais claramente divulgadas desde os anos 90, as conseqüências da imprevisibilidade ambiental e das mudanças climáticas no planeta trouxeram preocupação às comunidades científicas e governamentais no que tange às limitações, e mesmo restrições, ao processo evolutivo e o comprometimento da vida da espécie humana.

Hoje nos deparamos com iniciativas mais intensivas, de órgãos, entidades, governos e institutos que buscam através de estudos e pesquisas basear suas decisões de crescimento, procurando que estas estejam integradas com soluções ambientais de forma a impactar menos no cenário ambiental já instalado.

Alguns instrumentos de regulação urbana como o Plano Diretor<sup>12</sup> e a Lei de Uso e Ocupação do Solo – este último de responsabilidade de cada município que possua população superior a 200.00 habitantes – são elaborados com intuito de orientar o crescimento da cidade atentando para parâmetros urbanísticos como localização de atividades, forma de ocupação do solo, restrição à construção e outros. Uma vez que estes definem os limites possíveis para expansão de construção, podemos entender que eles definirão a paisagem urbana e sua qualidade de vida. Contudo, a elaboração desses instrumentos é fortemente influenciada por questões políticas e econômicas que podem não priorizar o desenvolvimento urbano de qualidade.

---

<sup>12</sup> O plano diretor foi definido pela Constituição como o “instrumento básico” da política urbana (art. 182, § 1o).

No âmbito nacional, as últimas resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente indicam para o desenvolvimento dos programas de inspeção e manutenção dos veículos automotores como PROCONVE, PROMOT e Inspeção Veicular, que serão abordadas a seguir. A integração do plano de controle de poluição fica vinculado ao sistema estadual de registro e licenciamento de veículos como forma de integração com a implementação dos programas de inspeção de segurança veicular, com o objetivo de manter a qualidade ambiental com a redução das emissões de poluentes por veículo automotor.

As emissões, por veículos, de gases poluentes e de substâncias tóxicas inaláveis automotores com índices acima dos níveis aceitáveis, resultam no incremento da morbidade e mortalidade por doenças respiratórias e a poluição sonora. Pressionados por governos através de legislações cada vez mais restritas quanto à emissão de poluentes, os fabricantes de motores, de veículos automotores e de combustíveis começaram a adotar providências para reduzir os níveis de emissão de monóxido de carbono, óxido de nitrogênio, hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, fuligem, material particulado e outros compostos poluentes nos veículos comercializados no país, enquadrando-se aos limites fixados definindo prazos para sua consecução conforme metas delineadas na Política Nacional de Meio Ambiente.

### **5.3.1. Agenda 21**

Originária da ECO 92, Rio de Janeiro, a Agenda 21 é um documento que coloca a importância de cada país se comprometer a refletir, global e localmente, sobre a forma pela qual governos, empresas, organizações não-governamentais e todos os setores da sociedade poderiam cooperar no estudo de soluções para os problemas sócio-ambientais. Desenvolvida individualmente por cada país, que aceitou incorporá-la em seus planos políticos, a agenda se constitui num poderoso instrumento de reconversão da sociedade industrial rumo a um novo padrão de comportamento, que exige a reinterpretação do conceito de progresso, contemplando maior harmonia e equilíbrio entre o todo e as partes, promovendo a qualidade, não apenas a quantidade do crescimento.

No Brasil as discussões são coordenadas pela Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. As ações prioritárias da Agenda 21 brasileira são os programas de inclusão social (com o acesso de toda a população à educação, saúde e distribuição de renda), a sustentabilidade urbana e rural, a preservação dos recursos naturais e minerais e a ética política para o planejamento rumo ao desenvolvimento sustentável. Mas o mais importante ponto dessas ações prioritárias, segundo este estudo, é o planejamento de sistemas de produção e consumo sustentáveis contra a cultura do desperdício. A Agenda 21 é um plano de ação para ser adotado global, nacional e localmente, por organizações do sistema das Nações Unidas, governos e pela sociedade civil, em todas as áreas em que a ação humana impacta o meio ambiente.

### 5.3.2. Protocolo de Kyoto

Entrando em vigor em fevereiro de 2005, partindo de uma negociação que se iniciou em 1997, o protocolo é um tratado internacional com compromissos mais rígidos para a redução da emissão dos gases que provocam o efeito estufa, considerados, de acordo com a maioria das investigações científicas, como causa do aquecimento global.

Fica proposto um calendário pelo qual os países desenvolvidos comprometem-se a reduzir as emissões de gases poluentes em, pelo menos, 5,2% até 2012, em relação aos níveis de 1990. Os países signatários terão que colocar em prática planos para reduzir a emissão desses gases entre 2008 e 2012. As reduções incluem várias atividades econômicas, através das seguintes ações:

- Reformar os setores de energia e transportes;
- Promover o uso de fontes energéticas renováveis;
- Eliminar mecanismos financeiros e de mercado inapropriados aos fins da Convenção;
- Limitar as emissões de metano no gerenciamento de resíduos e dos sistemas energéticos;
- Proteger florestas e outros sumidouros de carbono.

Estima-se que, implementado com sucesso, o protocolo consiga uma redução de temperatura global entre 1,4°C e 5,8°C até 2100. Contudo, existem comunidades científicas que afirmam, decididamente, que a meta de redução de 5,2% em relação aos níveis de 1990 é insuficiente para a mitigação do aquecimento global<sup>13</sup>.

### **5.3.3. Política Nacional de Trânsito**

O Brasil foi o primeiro País a adotar uma legislação destinada a reduzir as emissões veiculares na América do Sul. Em 1976, o Conselho Nacional de Trânsito – CONTRAN estabeleceu, por meio da Resolução nº 507, o controle das emissões de gases e vapores do cárter.

A Política Nacional de Trânsito <sup>14</sup>, lançada em 2004 pelo Governo Federal, prevê a implantação da Inspeção Técnica Veicular como uma de suas metas assegurando também a mobilidade, acessibilidade, segurança e qualidade ambiental, a priorização de políticas que privilegiem o transporte coletivo, a redução da emissão dos poluentes e ruídos, através da fiscalização e o controle da frota com a qualificação dos espaços públicos.

“Iniciar a implantação do programa de inspeção técnica veicular até dezembro de 2005, concluindo sua implantação, até dezembro de 2006.” <sup>15</sup>

#### **5.3.3.1. Inspeção Veicular**

Diretriz obrigatória conforme previsto na Política Nacional de Trânsito, a Inspeção Veicular foi implementada em Minas Gerais por meio de uma parceria entre a Universidade Federal de Minas Gerais, a Fundação Estadual do Meio Ambiente e a Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Dessa parceria foram montadas duas estações de monitoramento – uma fixa e uma móvel – que coletam e analisam dados de gases poluentes, fumaça e ruído e obtêm por meio destes parâmetros de

---

<sup>13</sup> Ministério de Relaciones exteriores -The Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC

<sup>14</sup> Política Nacional de Trânsito. Ministério das Cidades. Departamento Nacional de Trânsito.

<sup>15</sup> Metas Gerais do Programa Nacional de Trânsito para atendimento às Diretrizes da Política Nacional de Trânsito.

referência para compatibilização com os valores estabelecidos pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente. As estações tiveram início de operação em junho de 2003 e desde então.

### 5.3.3.2. Índice de Qualidade do Ar

“O IQA, como concebido pela USEPA<sup>16</sup>, também é adotado pelo CONAMA e pelos órgãos ambientais estaduais brasileiros. O IQA permite à população conhecer a qualidade do ar em função do nível de poluição de acordo com a seguinte escala: boa, regular, inadequada, má, péssima ou crítica. Além disso, as instituições públicas (ligadas ao meio ambiente ou à saúde) utilizam o IQA como ferramenta para alertar a população e para determinar a adoção de medidas de emergência que possam se tornar necessárias, caso os níveis de poluição atinjam valores perigosos para a saúde humana.” (FEAM, 2005).

Classificação	Índice	Níveis de Cautela sobre a Saúde	PM-10 Média 24h( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SO <sub>2</sub> Média 24h( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	CO Média 8h(ppm)	O <sub>3</sub> Média 1h( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	NO <sub>2</sub> Média 1h( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
<b>BOA</b>	0-50	-	50	80	4,5	80	100
<b>REGULAR</b>	51-100	-	150	365	9	160	320
<b>INADEQUADA</b>	101-199	Atenção	250	800	15	400	1130
<b>MÁ</b>	200-299	Alerta	420	1600	30	800	2260
<b>PÉSSIMA</b>	300-399	Emergência	500	2100	40	1000	3000
<b>CRÍTICA</b>	Acima de 400	Crítica	600	2620	50	1200	3750

TABELA 5.2: Índices de qualidade do Ar -IQA (FONTE: CETESB/ FEAM, 2007)

<sup>16</sup> USEPA. United States Government. Electronic Code of Federal Regulations, Title 40 - Protection of Environment.

#### 5.3.4. PROCONVE

Por meio da Resolução Conama nº 18 (BRASIL, 1986), foi criado no país o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores. Os limites máximos de emissão de poluentes foram, então, fixados, com um cronograma específico para três categorias distintas de veículos automotores, são elas:

- "Veículo Leve de Passageiros" (automóveis);
- "Veículo Leve Comercial" (*pick-ups*, vans, utilitários, etc.) e
- "Veículo Pesado" (ônibus e caminhões).

Tais programas têm como o mesmo processo de certificação, que consiste nas seguintes etapas:

- Homologação de Protótipo: comprovação, junto ao fabricante, que são atendidas as exigências que asseguram a baixa dispersão dos índices de emissão dos veículos;
- Controle de Produção/ Importação: é o acompanhamento estatístico das linhas de produção/importação, para assegurar a conformidade com o projeto homologado bem como uma baixa dispersão dos índices de emissão dos veículos.
- Controle Pós-Vendas: é o mecanismo que busca induzir os proprietários e reparadores a seguirem rigorosamente os procedimentos de manutenção preventiva, indicados pelos fabricantes. São os chamados Programas de Inspeção e Manutenção de Veículos em Uso - I/M.

As TABELAS 5.3, 5.4 E 5.5 mostram os limites definidos pelo programa em função da categoria do veículo e do prazo de cumprimento da meta.

<b>Veículo Leve de Passageiros</b>			
<b>POLUENTES</b>	<b>LIMITES</b>		
	<b>Até 31/12/2006</b>	<b>Desde 01/01/2005 <sup>(1)</sup></b>	<b>A partir de 01/01/2009</b>
Monóxido de carbono (CO em g/km)	2,00	2,00	2,00
Hidrocarbonetos (HC em g/km)	0,30	0,30 <sup>(2)</sup>	0,30 <sup>(2)</sup>
Hidrocarbonetos não metano (NMHC em g/km)	NE	0,16	0,05
Óxidos de nitrogênio (NOx em g/km)	0,60	0,25 <sup>(3)</sup> ou 0,60 <sup>(4)</sup>	0,12 <sup>(3)</sup> ou 0,25 <sup>(4)</sup>
Material particulado (MP em g/km)	0,05	0,05	0,05
Aldeídos (CHO g/km)	0,03	0,03	0,02
Emissão evaporativa (g/ensaio)	2,00	2,0	2,0
Emissão de gás no cárter	nula	nula	nula

TABELA 5.3: Limites Máximos de Emissão de Poluentes para Veículos Automotores (FONTE: IBAMA/ PROCONVE 2003).

<b>Veículo Leve Comercial - massa referência para ensaio menor que 1700 kg</b>			
<b>POLUENTES</b>	<b>LIMITES</b>		
	<b>Até 31/12/2006</b>	<b>Desde 01/01/2005 <sup>(1)</sup></b>	<b>A partir de 01/01/2009</b>
Monóxido de carbono (CO em g/km)	2,00	2,00	2,00
Hidrocarbonetos (HC em g/km)	0,30	0,30 <sup>(2)</sup>	0,30 <sup>(2)</sup>
Hidrocarbonetos não metano (NMHC em g/km)	NE	0,16	0,05
Óxidos de nitrogênio (NOx em g/km)	0,60	0,25 <sup>(3)</sup> ou 0,60 <sup>(4)</sup>	0,12 <sup>(3)</sup> ou 0,25 <sup>(4)</sup>
Material particulado (MP em g/km)	0,05	0,08	0,05
Aldeídos (CHO g/km)	0,03	0,03	0,02
Emissão evaporativa (g/ensaio)	2,00	2,00	2,00
Emissão de gás no cárter	nula	nula	nula

TABELA 5.4: Limites Máximos de Emissão de Poluentes para Veículos Automotores (FONTE: IBAMA/ PROCONVE 2003).

<b>Veículo Leve Comercial - massa referência para ensaio maior que 1700 kg</b>			
<b>POLUENTES</b>	<b>LIMITES</b>		
	<b>Até 31/12/2006</b>	<b>Desde 01/01/2005 <sup>(1)</sup></b>	<b>A partir de 01/01/2009</b>
Monóxido de carbono (CO em g/km)	6,20	2,70	2,70
Hidrocarbonetos (HC em g/km)	0,50	0,50 <sup>(2)</sup>	0,50 <sup>(2)</sup>
Hidrocarbonetos não metano (NMHC em g/km)	NE	0,20	0,06
Óxidos de nitrogênio (NOx em g/km)	1,40	0,43 <sup>(3)</sup> ou 1,00 <sup>(4)</sup>	0,25 <sup>(3)</sup> ou 0,43 <sup>(4)</sup>
Material particulado (MP em g/km)	0,16	0,10	0,06
Aldeídos (CHO g/km)	0,06	0,06	0,04
Emissão evaporativa (g/ensaio)	2,00	2,00	2,00
Emissão de gás no cárter	nula	nula	nula

TABELA 5.5: Limites Máximos de Emissão de Poluentes para Veículos Automotores (FONTE: IBAMA/ PROCONVE 2003).

<b>Veículo Pesado – Ciclo Diesel – Convencional e com Pós Tratamento</b> (ciclo teste ESC/ ELR)			
<b>POLUENTES</b>	<b>LIMITES</b>		
	<b>Até 31/12/2005</b>	<b>Desde 01/01/2004 <sup>(1)</sup></b>	<b>A partir de 01/01/2009</b>
Monóxido de carbono (CO em g/kw.h)	2,00	2,10	1,50
Hidrocarbonetos (HC em g/kw.h)	1,10	0,66	0,46
Óxidos de nitrogênio (NOx em g/kw.h)	7,00	5,00	3,50
Material particulado <sup>(2)</sup> (MP em g/kw.h)	0,25	0,10 ou 0,13 <sup>(3)</sup>	0,02
Opacidade ELR (m <sup>-1</sup> )	NE	0,80	0,50

**TABELA 5.6:** Limites Máximos de Emissão de Poluentes para Veículos Automotores (FONTE: IBAMA/ PROCONVE 2003).

(1) em 2004 -> inicia com o atendimento de 100% dos ônibus urbanos; em 2005 -> continua para 100% de micro-ônibus e novos lançamentos e 40% dos outros veículos da produção; a partir de 2006 -> para 100% dos veículos comercializados.

Alternativamente em 2004 -> inicia com o atendimento de 60% dos ônibus urbanos; em 2005 -> continua para 100% de ônibus urbanos, micro-ônibus e novos lançamentos e 60% dos outros veículos da produção; a partir de 2006 -> para 100% dos veículos comercializados.

(2) Aplicável somente a veículos movidos a óleo diesel;

(3) Aplicável somente a motores de cilindrada unitária inferior a 0,75 dm<sup>3</sup> e rotação à potência nominal superior a 3000 m-1; (NE) não exigível.

<b>Veículo Pesado – Ciclo Diesel – Convencional e Pós Tratamento</b> (ciclo teste ETC)		
<b>POLUENTES</b>	<b>LIMITES</b>	
	<b>Desde 01/01/2004 <sup>(1) (2)</sup></b>	<b>A partir de 01/01/2009</b>
Monóxido de carbono (CO em g/kw.h)	5,45	4,00
Hidrocarbonetos não metano (NHC em g/kw.h)	0,78	0,55
Metano (CH <sub>4</sub> em g/kw.h)	NE	NE
Óxidos de nitrogênio (NOx em g/kw.h)	5,00	3,50
Opacidade ELR (m <sup>-1</sup> )	0,16 ou 0,21 <sup>(3)</sup>	0,03

**TABELA 5.7:** Limites Máximos de Emissão de Poluentes para Veículos Automotores (FONTE: IBAMA/ PROCONVE 2003).

(1) Aplicável somente para veículos com pós-tratamento

(2) em 2004 -> inicia com o atendimento de 100% dos ônibus urbanos; em 2005 -> continua para 100% de micro-ônibus e novos lançamentos e 40% dos outros veículos da produção; a partir de 2006 -> para 100% dos veículos comercializados.

Alternativamente em 2004 -> inicia com o atendimento de 60% dos ônibus urbanos; em 2005 -> continua para 100% de ônibus urbanos, micro-ônibus e novos lançamentos e 60% dos outros veículos da produção; a partir de 2006 -> para 100% dos veículos comercializados.

(3) Aplicável somente a motores de cilindrada unitária inferior a 0,75 dm<sup>3</sup> e rotação à potência nominal superior a 3000 m-1; (NE) não exigível.

<b>Veículo Pesado – Ciclo Diesel –com Pós Tratamento</b> (ciclo teste ESC/ ELR)			
<b>POLUENTES</b>	<b>LIMITES</b>		
	<b>Até 31/12/2005</b>	<b>Desde 01/01/2004 <sup>(1)</sup></b>	<b>A partir de 01/01/2009</b>
Monóxido de carbono (CO em g/kw.h)	4,00	2,10	1,50
Hidrocarbonetos (HC em g/kw.h)	1,10	0,66	0,46
Óxidos de nitrogênio (NOx em g/kw.h)	7,00	5,00	3,50
Material particulado <sup>(2)</sup> (MP em g/kw.h)	0,25	0,10 ou 0,13 <sup>(3)</sup>	0,02
Opacidade ELR (m <sup>-1</sup> )	NA	0,80	0,50

**TABELA 5.8:** Limites Máximos de Emissão de Poluentes para Veículos Automotores (FONTE: IBAMA/ PROCONVE 2003).

(1) em 2004 -> inicia com o atendimento de 100% dos ônibus urbanos; em 2005 -> continua para 100% de micro-ônibus e novos lançamentos e 40% dos outros veículos da produção; a partir de 2006 -> para 100% dos veículos comercializados. Alternativamente em 2004 -> inicia com o atendimento de 60% dos ônibus urbanos; em 2005 -> continua para 100% de ônibus urbanos, micro-ônibus e novos lançamentos e 60% dos outros veículos da produção; a partir de 2006 -> para 100% dos veículos comercializados.

(2) Aplicável somente a veículos movidos a óleo diesel;

(3) Aplicável somente a motores de cilindrada unitária inferior a 0,75 dm<sup>3</sup> e rotação à potência nominal superior a 3000 m-1; (NA) não aplicável.

<b>Veículo Pesado – Ciclo Diesel – movido a GNV</b> (ciclo teste ETC)		
<b>POLUENTES</b>	<b>LIMITES</b>	
	<b>Desde 01/01/2004 <sup>(1) (2)</sup></b>	<b>A partir de 01/01/2009</b>
Monóxido de carbono (CO em g/kw.h)	5,45	4,00
Hidrocarbonetos não metano (NMHC em g/kw.h)	0,78	0,55
Metano (CH <sub>4</sub> em g/kw.h)	1,60	1,10
Óxidos de nitrogênio (NOx em g/kw.h)	5,00	3,50
Material particulado (MP em g/kw.h)	NE	NE

**TABELA 5.9:** Limites Máximos de Emissão de Poluentes para Veículos Automotores (FONTE: IBAMA/ PROCONVE 2003).

(1) em 2004 -> inicia com o atendimento de 100% dos ônibus urbanos; em 2005 -> continua para 100% de micro-ônibus e novos lançamentos e 40% dos outros veículos da produção; a partir de 2006 -> para 100% dos veículos comercializados. Alternativamente em 2004 -> inicia com o atendimento de 60% dos ônibus urbanos; em 2005 -> continua para 100% de ônibus urbanos, micro-ônibus e novos lançamentos e 60% dos outros veículos da produção; a partir de 2006 -> para 100% dos veículos comercializados. (NE) não exigível.

Ciclomotores		
POLUENTES	LIMITES	
	Desde 01/01/2003 <sup>(1)</sup>	A partir de 01/01/2005 <sup>(2)(3)</sup>
Monóxido de carbono (CO em g/km)	6,00	1,00
Hidrocarbonetos + Óxidos de nitrogênio (HC + NO <sub>x</sub> em g/km)	3,00	1,20

**TABELA 5.10:** Limites Máximos de Emissão de Poluentes para Veículos Automotores (FONTE: IBAMA/ PROCONVE 2003).

(1) a produção ou importação de até 4.000 unidades de um modelo por ano, num total máximo da 10.000 unidades de diferentes modelos por importador ou fabricante, poderá ser isenta da apresentação do atendimento aos limites;

(2) a produção ou importação de até 50 unidades de um modelo por ano, num total máximo da 100 unidades de diferentes modelos por importador ou fabricante, poderá ser isenta da apresentação do atendimento aos limites;

(3) - em 01/01/2005 -> inicia para todos os novos lançamentos de modelos. - em 01/01/2006 -> exigido para todos os modelos.

Motocicletas					
POLUENTES	LIMITES				
		Desde 01/01/2003 <sup>(1)</sup>	Desde 01/01/2004 <sup>(1)(2)</sup>	A partir de 01/01/2009 <sup>(1)</sup>	
		Motorização			
	Todos	≤ 150cc	≥ 150cc	≤ 150cc	≥ 150cc
Monóxido de carbono (CO em g/km)	1,30	5,50	5,50	2,00	2,00
Hidrocarbonetos (HC em g/km)	3,00	1,20	1,00	0,80	0,30
Óxidos de nitrogênio (NO <sub>x</sub> em g/km)	0,30	0,30	0,30	0,15	0,15
Monóxido de carbono em marcha lenta (CO Marcha Lenta)	≤ 250cc	6,00%			
	≥ 250cc	4,50%			

**TABELA 5.11:** Limites Máximos de Emissão de Poluentes para Veículos Automotores (FONTE: IBAMA/ PROCONVE 2003).

(1) a produção ou importação de até 50 unidades de um modelo por ano, num total máximo da 100 unidades de diferentes modelos por importador ou fabricante, poderá ser isenta da apresentação do atendimento aos limites;

(2) - em 01/01/2005 -> inicia para todos os novos lançamentos de modelos. - em 01/01/2006 -> exigido para todos os modelos.

A classificação dos veículos por grupo é pertinente, pois a potência de cada motor terá desempenho diferenciado e será responsável por emissões também distintas. O mais importante, contudo é o controle do método. Uma vez que envolve várias partes – governo, montadoras, proprietários – deverá haver um tratamento constante para que possa avaliar de o programa está agindo integralmente ou apenas em pontos do problema.

### 5.3.5. PRONAR

Diante de tais iniciativas - PROCONVE, PROMOT – percebeu-se a necessidade da criação de um programa nacional que contemplasse as fontes fixas de poluição atmosférica e que criasse dispositivos de caráter normativo para estabelecimento e ações de monitoramento atmosférico. Com isso, por meio da Resolução CONAMA 05/89 foi criado o PRONAR – Programa Nacional de Controle e Qualidade do Ar com objetivo de orientar e controlar a poluição atmosférica no país.

O programa estabeleceu limites de emissão, por tipos de fonte e poluentes, preservando o uso dos padrões de qualidade do ar como ação complementar de controle com metas de curto, médio e longo prazo.

O primeiro dispositivo legal decorrente do PRONAR foi a resolução do Conama de nº 03, de 28 de junho de 1990, que estabeleceu os novos padrões nacionais de qualidade do ar em substituição aos fixados pela Portaria Minter nº 231/76, que além de estender o número de parâmetros regulamentados de quatro para sete, inseriu os padrões secundários de qualidade do ar, mais restritivos que os primários, constituindo-se seu atendimento em meta de longo prazo.

Os Programas Estaduais de Controle de Poluição do Ar não foram desenvolvidos e implementados conforme esperado e algumas metas de médio prazo também não foram atingidas. Ao longo do tempo o programa se perdeu de seus objetivos e hoje o IBAMA pretende retomá-lo.

### 5.3.6. Lei de Uso e Ocupação do Solo

No âmbito municipal, a legislação que orienta o crescimento da cidade baseado na sua ocupação é a Lei de Uso e Ocupação do Solo <sup>17</sup>. Desde sua criação, esta lei já passou por algumas alterações que se deram em função da necessidade de se adequar a legislação à realidade de desenvolvimento urbano de Belo Horizonte. Foram incluídos também alguns instrumentos de caráter legal como a transferência

---

<sup>17</sup> A primeira lei de uso e ocupação do solo de Belo Horizonte, elaborada pelo PLAMBEL e promulgada em 1976 (Lei 2662/76), baseava-se no conceito de zonings, idéia implementada na Alemanha no início do século, dividindo a cidade em pequenas zonas que determinavam os tipos de uso preponderante ou exclusivo e os parâmetros de ocupação dos lotes permitidos.

do direito de construir, a outorga onerosa do direito de construir, a operação urbana, o IPTU progressivo e o convênio urbanístico de interesse social.

A versão atualizada da lei, a 8.137 de 21 de dezembro de 2000, vem ao encontro das necessidades da sociedade e da cidade, em se adaptar à dinâmica urbana e às conseqüências deste crescimento. Em relação à versão anterior, ocorreram mudanças na hierarquização das vias públicas, alterações no desenho de alguns zoneamentos e inclusão de novas Áreas de Diretrizes Especiais – ADE's. Como conseqüência, a “abertura” da ocupação do espaço provoca conflitos variados como a permissão de instalação de comércio e serviços em vias de menor porte, trazendo consigo o aumento de fluxo veicular que o local não tem condições de absorver.

A seguir apresentam-se dois exemplos recentes em Belo Horizonte para reafirmar o impacto da LUOS na dinâmica da cidade, especialmente na alteração da paisagem urbana. Para avaliar como essas mudanças impactam no conjunto da cidade podemos analisar dois zoneamentos propostos para regiões distintas como o centro e o bairro Belvedere. Podemos verificar que em função das mudanças da LUOS a região central da cidade teve sua caracterização de ocupação mantida nas duas últimas revisões da lei (7.166 de 1996 e 8.137 de 2000). Essa condição é entendida uma vez que a região apresenta sua capacidade de expansão – vertical e horizontal – já alcançada. Por outro lado, vimos o crescimento instantâneo do bairro Belvedere a partir da permissão de verticalização concedida pela LUOS 7.166 de 1996. Neste momento, a região que tinha sua ocupação classificada como ZR-2 (LUOS 4.034 de 1985) – que permitia apenas residência unifamiliar ou serviço de uso coletivo local em no máximo dois pavimentos - passa a classe de ZP2 – zona de proteção com caráter de ocupação. Quer dizer, a lei pretende a proteção ambiental e do patrimônio histórico ao mesmo tempo em que permite o adensamento e verticalização. Esse conflito de interesses gerou uma nova imagem na zona sul da capital e estabeleceu o vetor sul de crescimento que abrange regiões circunvizinhas ao Belvedere.

Diante da tendência de esvaziamento do centro de Belo Horizonte, algumas iniciativas têm sido postas em prática a fim de estimular a ocupação de edifícios que hoje se encontram praticamente abandonados<sup>18</sup>. Áreas ociosas poderão ser

---

<sup>18</sup> O Projeto de Lei 655 da prefeitura tramita na Câmara Municipal e propõe uma série de mudanças no Plano Diretor e na Lei de Uso e Ocupação do Solo. Se aprovado, novos mecanismos de política urbana, capazes de modificar o adensamento populacional e de construções, bem como o perfil econômico e social de várias áreas, serão incluídos à legislação.

desapropriadas para dar lugar a conjuntos habitacionais e donos de imóveis tombados poderão ser ressarcidos dos prejuízos com a manutenção dos terrenos nos quais não podem construir.

Alguns trabalhos foram elaborados com o intuito de analisar e criticar a permissão da expansão e do adensamento da região sul como crítica integrada ao contexto urbano da cidade:

“Dois meses após a promulgação da Constituição Federal em 1988, que trazia no seu art. 182, como diretriz da política urbana, ordenar o desenvolvimento pleno das funções sociais da cidade e garantir o bem estar de seus habitantes, o prefeito de Belo Horizonte modifica o zoneamento da região sul da cidade, tornando-o bastante permissivo em relação ao anterior, priorizando interesses particulares em detrimento de interesses coletivos. A aprovação do empreendimento Belvedere permitiu uma expansão em desconformidade com o planejamento urbano da cidade, ao “ignorar” a legislação urbanística, as avaliações de impacto ambiental, a vontade popular e os estudos oficiais”. (RODRIGUES, 2000, p.9).

“Na década de 1980, era uma região de intensa especulação imobiliária por se situar próxima a áreas de interesse ambiental e paisagístico, como as nascentes e a biodiversidade da Mata do Jambreiro e da Serra do Curral. A localização privilegiada e a restritiva legislação de uso e ocupação do solo tornaram-se fontes de conflito entre os interesses públicos e os privados”. (HILGERT, 2004).



FIGURA 5.9: ocupação proposta para o bairro Belvedere pela LUOS em 1985 – em laranja representa-se loteamentos autorizados para abrigar residências unifamiliares e serviço local.



FIGURA 5.10: ocupação proposta para o bairro Belvedere pela LUOS em 1996 já permite a verticalização.

Com isso podemos compreender como regiões de tratamento diferenciado tem seu desenvolvimento determinado pela lei de uso e ocupação do solo. Hoje nos deparamos com a região do centro que passa por uma condição de esvaziamento - são vários os prédios que têm diminuído o número de atividades – enquanto regiões recentes – podemos citar também os bairros Buritis e Castelo – já alcançaram alguns dos mesmos problemas indesejáveis antes particulares da região central. O

crescimento do volume de tráfego nestas áreas é o maior indicador desse quadro e traz os problemas já expostos anteriormente.

É fato que restam poucos vazios urbanos dentro dos limites da cidade de Belo Horizonte, contudo é comum nos depararmos com situações de demolição de imóveis antigos, em sua maioria de poucos pavimentos, para construção de edifícios. A tendência de verticalização generalizada preocupa pois poderá estender para outros bairros – na prática isso já vem ocorrendo – problemas com drenagem, escoamento, trânsito e aumento de temperatura.

Essa tendência à verticalização pode ser avaliada nas FIGURAS 5.9 e 5.10 que mostram parâmetros de ocupação que foram alterados nos últimos anos e nas FIGURAS 5.11 e 5.12 que mostram bairros distintos, o primeiro central e comercial e o segundo residencial e periférico com mesma tipologia de ocupação.

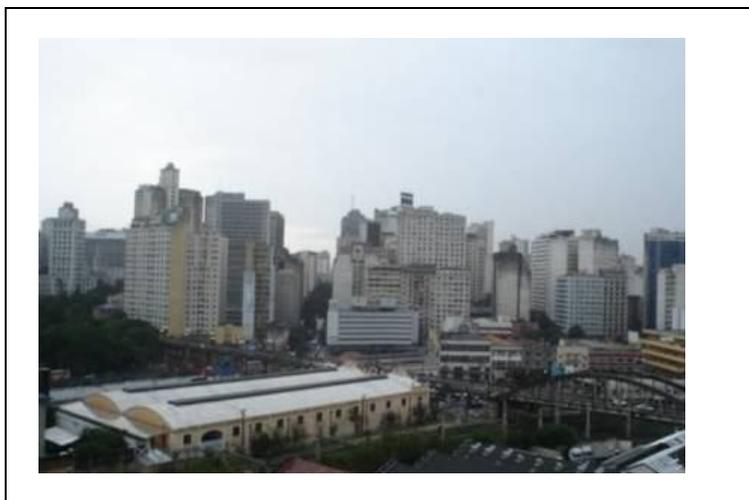


FIGURA 5.11: vista da região central da cidade, verticalização estagnada (DIAS, 2004)

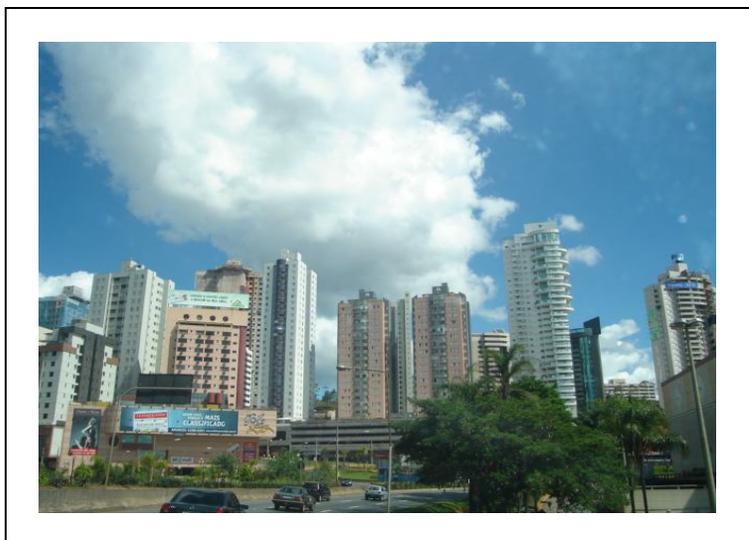


FIGURA 5.12: vista do bairro Belvedere após abertura para verticalização. (THEREZA, 2005)

## 5.4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O entendimento de como se deu, e ainda se dá, a ocupação e expansão da cidade é condição fundamental para que possamos interpretar corretamente seu desenvolvimento, de forma a prevenir, futuramente, que os mesmos quadros críticos apareçam. A existência de cidades planejadas como Belo Horizonte que hoje se misturam às cidades que surgiram e cresceram sem planejamento mostra como que este deve ser contínuo e dinâmico.

O planejamento da cidade aparece como princípio para seu desenvolvimento, mas precisa ser constantemente revisto para que possa se adequar à realidade que nos grandes centros urbanos tem sido cada vez mais complexa.

### 5.4.1. Histórico de Ocupação de Belo Horizonte

Belo Horizonte foi inaugurada sob símbolo de capital moderna. Uma cidade ordenada, funcionando como um organismo saudável esse era o objetivo dos engenheiros e técnicos que idealizaram Belo Horizonte. O projeto<sup>19</sup> criado para cidade inspirava-se no modelo das mais modernas cidades do mundo, como Paris e Washington e já revelava algumas preocupações básicas, como as condições de higiene e circulação humana. Dividiram a cidade em três principais zonas: a área central urbana, a área suburbana e a área rural.

No centro, região da área de estudo, o traçado geométrico e regular do planejamento estabeleceu um padrão de ruas ortogonais, formando uma malha limitada pela atual Avenida do Contorno. As avenidas, mais largas, foram dispostas em sentido diagonal. Esta área recebeu toda a estrutura urbana de transportes, educação, saneamento e assistência médica, edifícios públicos e de serviços comerciais. Esta foi a única zona que recebeu planejamento inicial e já data desta época o aparecimento dos primeiros aglomerados que surgiram na periferia da região central planejada. Contrariando a intenção do idealizador do plano, Belo Horizonte cresceu de fora para dentro, sendo que a zona urbana ainda apresentava

---

<sup>19</sup> O projeto criado pela Comissão Construtora, que teve como chefe Aarão Reis, findou em meados de 1895 e foi, na época, uma exigência da Constituição do Estado.

muitos lotes vazios quando na zona suburbana e na zona rural eram implantados loteamentos urbanos, clandestinamente. Esta inversão da lógica de ocupação ocorreu devido ao elevado valor dos lotes localizados na zona urbana e à uma legislação elitista que exigia um padrão elevado para as construções nesta área.

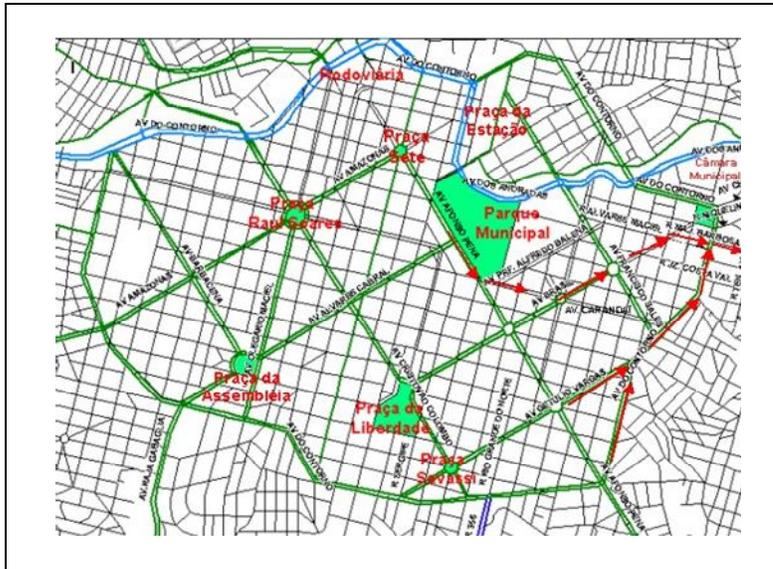


FIGURA 5.13: configuração do plano original para região central de Belo Horizonte. Nela é possível observar o perímetro que contorna a malha regular central (FONTE: [www.](#))

Nas décadas de trinta e quarenta, foram realizadas intervenções estruturais de modo a preparar a cidade para o processo de industrialização que, de fato, apenas aconteceu após 1950. Um destas obras foi o prolongamento da Avenida Amazonas que era o acesso para a cidade industrial. Os anos quarenta trazem a modernidade e dão um ar de metrópole à Belo Horizonte. Nessa época, a capital ganhou várias indústrias, abandonando seu perfil de cidade administrativa. O impulso para isso foi dado pela criação de um Parque Industrial, em 1941. O setor de serviços também começou a crescer com o fortalecimento do comércio. O centro da cidade tornou-se, então, uma área valorizada, principalmente para a construção de edifícios, e passou a sofrer a especulação imobiliária. O então prefeito da capital, Juscelino Kubitschek põe em prática seu plano de expansão. Nessa década é inaugurado o conjunto habitacional do IAPI e o conjunto arquitetônico da Pampulha junto à Avenida Antonio Carlos, na época Avenida Pampulha, como estímulo de crescimento da cidade no vetor norte. Com esse surto de desenvolvimento, a década que se segue é caracterizada pelo aumento explosivo da população que, com ajuda do êxodo rural provocado pela industrialização, chega a dobrar. Surgem novas avenidas e novos bairros, o centro torna-se tipicamente verticalizado com a presença de grandes edifícios, cresce o problema da falta de moradia e a preocupação com crescimento

desgovernado faz com que o então prefeito Américo René Gianetti dê início à elaboração de um Plano Diretor para Belo Horizonte.

Na década de 60 o crescimento econômico muda o cenário da cidade e esta mudança se faz sem se preocupar com possíveis conseqüências ambientais, culturais ou sociais. O progresso avançou sendo necessária a abertura de ruas, em detrimento a áreas verdes que foram substituídas por asfalto. Casas existentes são demolidas para dar espaço aos arranha-céus, novas avenidas foram criadas para tentar aliviar o trânsito crescente da cidade. Esse progresso, contudo, não se fez sem o agravamento das desigualdades e problemas sociais. O surgimento de inúmeras favelas comprova o desequilíbrio causado pela concentração de renda.

Nos anos setenta, com um milhão de habitantes, Belo Horizonte continuava crescendo desordenadamente. Nas regiões norte e oeste e nos municípios vizinhos, com a criação de distritos industriais e a instalação de empresas multinacionais, a população tornou-se cada vez mais densa. Na tentativa de resolver os problemas causados pela falta de planejamento, foram tomadas várias medidas: criou-se o Plambel<sup>20</sup> e instituiu a Região Metropolitana de Belo Horizonte. A crise prolongada e os baixos salários levaram a população mais uma vez às ruas, já no final da década. Data do final desta década, em 1976, a implementação da primeira legislação territorial para ocupação do solo.

Os anos oitenta marcaram o início de uma mudança nas relações da população com a cidade. Neste tempo aparecem os primeiros sintomas de preocupação com a cidade; de fazer com que seu desenvolvimento esteja articulado com a garantia a qualidade de vida dos habitantes. Em 1981, adotou-se um novo sistema de transporte, na tentativa de melhorar a situação do trânsito na cidade. Foi iniciada a implantação do metrô de superfície como uma alternativa rápida, segura e menos poluente para o transporte de massa. Em 1984, a canalização do Ribeirão Arrudas, pôs fim ao problema das enchentes que todos os anos causavam prejuízos ao centro da capital.

---

<sup>20</sup> Planejamento da Região Metropolitana de Belo Horizonte, extinta em 1996, era responsável pela assessoria da Assembléia Metropolitana no planejamento, organização, coordenação e controle das atividades setoriais relativas às funções públicas de interesse comum da Região Metropolitana de Belo Horizonte.

Os anos que se seguiram buscaram se redimir dos danos anteriormente causados. A Lagoa da Pampulha começa a receber tratamento na busca de sua recuperação e vários instrumentos públicos são implementados como a Lei Orgânica do Município em 1990, o Conselho Deliberativo do Patrimônio Cultural do Município para tratar do tombamento de construções de valor histórico em 1992 e a revisão da Lei de Uso e Ocupação do Solo em 1996. Paralelamente a estas atitudes, a zona sul da capital começa a sofrer com a especulação imobiliária e vê o início, imensamente contestado, da verticalização do bairro Belvedere.

Nos dias de hoje, a cidade e suas limitações e procuram caminhos para conciliar o crescimento e suas conseqüências. A cidade já mostra sinais de desgaste, problemas como o trânsito, a verticalização generalizada, a falta de segurança e tantos outros, colocam Belo Horizonte no rol das grandes metrópoles que comungam de problemas semelhantes e buscam solução para sua sustentabilidade.

As adequações propostas em leis municipais, como abordado anteriormente, ocorrem para que a cidade possa absorver o crescimento incontido e viabilizado pelo desenvolvimento econômico. A pressão deste desenvolvimento, que facilita a aquisição de imóveis e compra de veículos, força a administração pública a adequar sua legislação para receber esse crescimento. Contudo, se essa abertura se dá de forma inadequada, sem comprometimento com os reflexos que possam causar, a sustentabilidade fica submetida às condições impostas pelo desenvolvimento.

#### **5.4.2. O Clima Urbano da Cidade**

A cidade de Belo Horizonte está localizada a 19°55' de latitude sul e 43°56' de longitude oeste, a uma altitude média de 875m. Morfologicamente está cercada por montanhas que formam uma barreira natural e influenciam no regime dos ventos e até mesmo na ocupação territorial. O clima caracterizado como tropical de altitude possui duas estações definidas; sendo um verão chuvoso e de temperaturas amenas e um inverno não rigoroso. Esta condição levou a cidade, até pouco tempo, a ter o título de cidade jardim, pois aliava as favoráveis condições climáticas a uma presença significativa de áreas verdes.

Esse quadro, contudo, vem sendo alterado em decorrência da expansão da ocupação territorial, que como consequência afeta as condições climáticas. A cidade se verticalizou, perdeu áreas verdes, ganhou porte, e problemas, de metrópole semelhantes e teve suas características climáticas originais alteradas em função dessas alterações.

A região central já verticalizada apresenta microclima diferenciado das regiões periféricas e como podemos constatar na figura 12, as diversas regiões começam a se comportar de maneira diferenciada, em função de suas particularidades morfológicas. Logo, já não podemos estipular uma condição que caracterize toda cidade.

Analisando os dados das Normais Climatológicas<sup>21</sup> é possível identificar um aumento na temperatura média dos meses mais frios do ano a partir da década de 60. Esse aumento segundo Ribeiro & Mol (1985) pode ser creditado ao efeito de aquecimento urbano. Assis (1990) também observou, relacionando os dados de temperatura em períodos comuns de funcionamento de cinco estações meteorológicas da cidade de Belo Horizonte, um comportamento diferenciado na evolução das temperaturas máximas diurnas, que tenderam a se mostrar mais elevadas em áreas de ocupação predominantemente horizontal com pouca cobertura vegetal. As temperaturas mínimas noturnas, por outro lado, tenderam a se mostrar mais altas na área urbana mais adensada e verticalizada, caracterizando, assim, a ocorrência do fenômeno de ilha de calor urbana, principalmente durante o inverno seco.

Essa situação é típica da área de estudo, região do centro da cidade, onde temos capacidade de verticalização praticamente esgotada, de acordo com os padrões atuais da legislação, com presença de edifícios próximos, baixos índices de vegetação e de permeabilidade do solo. Essas mudanças no comportamento do clima remetem diretamente à sensação de conforto térmico sentido pela população.

Outros fatores como a ocupação de terrenos íngremes, nas encostas da zona sul da cidade e áreas circunvizinhas, agravam o processo de degradação ambiental dos solos e da atmosfera sobre a cidade. A paisagem antes mantida próxima a original,

---

<sup>21</sup> Dados das Normais Climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET para a cidade de Belo Horizonte (1961-1990).

por se constituir exclusivamente de residências de poucos pavimentos, mantinha suas características climáticas; com a verticalização e o adensamento recente, podemos prever que as alterações hoje já fixadas no centro da cidade poderão se manifestar também nestes bairros, acarretando aumento de temperatura e alterando o regime de ventos. Convém reafirmar que a verticalização é responsável também por fatores como o FVC e o grau de radiação do solo, que juntamente com outros fatores influenciarão na formação do microclima urbano.

Estudos desenvolvidos por Assis (2002) e Teza & Baptista (2005) comprovam a existência da Ilha de Calor na região central de Belo Horizonte em tempos, circunstâncias e metodologia diferentes.

ASSIS trabalhou com modelos físicos – maquetes em escala. Foram criados dois modelos da mesma área de estudo, sendo um a representação natural do terreno e outro com a representação dos edifícios existentes, a fim de comparar as duas situações. O estudo ocorreu numa área de aproximadamente 25ha do bairro de Lourdes (local onde se registraram as maiores temperaturas médias noturnas), aonde vem ocorrendo desde a década de 80 a substituição de construções unifamiliares por edifícios. Estes modelos foram testados em câmaras frias devidamente tratadas para permitir a análise do comportamento em conformidade com a realidade. Diante dos resultados foi possível verificar que estes correspondem ao fenômeno em estudo – Ilha de Calor.

“... as maiores discrepâncias entre as curvas ”rural” e ”urbana” ocorreram (...) em áreas densas e verticalizadas. Isto mostra que estas áreas tendem a se manter mais quentes durante períodos de céus claro e calmaria.”

A análise de Teza & Baptista partiu da aplicação de imagens digitais que alimentaram um software (ASTER on demand 08 – Kinetic Temperature) que recebeu também informações de temperatura e umidade do ar. Os gráficos gerados pelo programa permitem conhecer quais são as áreas que possuem maior temperatura de superfície, possibilitando uma visualização bi-dimensional para a caracterização da ilha de calor. Para Belo Horizonte, percebeu-se que

“...serras estão servindo como barreira para a dispersão dos ventos e dos poluentes que existem na atmosfera. E, ao adicionar a esse fato a rugosidade conferida ao

terreno pelas construções e edificações, o fenômeno ilhas urbanas de calor é intensificado”.

### 5.4.3. Trânsito e Frota de Veículos

O incremento do trânsito e do número de veículos na capital ocorreu juntamente com o crescimento econômico da mesma. A preocupação com o tráfego se fez desde o início, quando de seu planejamento já constava em projeto a malha viária da região central, com avenidas largas para recebimento e absorção do trânsito dimensionado naquele momento. Nas primeiras décadas, os automóveis circulando pelas ruas tornaram-se comuns, exigindo a criação de um código de trânsito e da primeira auto-escola como primeiras medidas mitigadoras de um quadro que estava apenas no início de sua evolução. Surgiram também os auto-ônibus, servindo como complemento para o serviço dos bondes que era responsável pelo transporte de massa na região central.

Nas décadas seguintes, com o desenvolvimento econômico estimulado pelo então prefeito Juscelino Kubitschek, o surgimento de indústrias automobilísticas e a expansão da malha viária induzindo o crescimento da cidade nos eixos norte e oeste, a frota de veículos aumentou sob a condição de trazer status aos proprietários. Nesta época, começaram a se estabelecer os primeiros problemas relacionados ao trânsito. A malha viária dava sinais de não suportar adequadamente o crescimento da frota de veículos, áreas verdes foram extintas para dar espaço a mais avenidas e a cidade passou por uma transformação na paisagem. Os anos que se seguiram vieram de forma a consolidar esta situação, piorando as condições do trânsito, agravando a emissão de poluentes atmosféricos e piorando a relação de sustentabilidade entre a cidade e o meio ambiente.

Nos anos oitenta, começam as obras para implantação do sistema de transporte urbano de passageiros sobre trilhos – Metrô – com objetivo de racionalizar e modernizar o sistema de transporte urbano da região metropolitana, proporcionando maior fluidez ao tráfego rodoviário, a reconstituição da malha, economia de combustíveis e redução dos índices de poluição sonora e atmosférica. Com início de operação em 1986, o sistema implantado não foi fiel ao planejado, inaugurou com

número de estações e linhas menor do que o previsto e até hoje tramitam negociações que viabilizem a expansão das linhas de forma a atender a demanda de forma mais eficiente.

Com a abertura político-econômica após a queda da ditadura, a facilidade de acesso a bens de consumo propiciou a compra de veículos e a frota da capital vem desde então crescendo exponencialmente. Paralelamente, para atendimento à população que também teve o mesmo ritmo de crescimento, foram desenvolvidas opções de transporte coletivo que absorvesse a demanda.

Diante do quadro estabelecido, várias medidas foram adotadas para diminuir os impactos causados. A partir de 1996 a BHTrans<sup>22</sup> implantou o uso de microônibus para atendimento da demanda de vilas e favelas da cidade (que ganharam atributos de bairro), cuja infra-estrutura viária não era adequada à circulação de ônibus de maior capacidade. A ação serviu para ampliar a acessibilidade da população e garantir o atendimento da rede de transporte coletivo por ônibus em vias de largura reduzida e topografia desfavorável, e contribuiu para a inclusão social dos seus moradores. Outra iniciativa foi com o Sistema de Transporte Suplementar, criado em setembro de 2001, com 27 linhas operadas por 239 veículos, fazendo ligações entre bairros sem passar pelo centro da cidade, cumprindo horários e itinerários estabelecidos pela Prefeitura.

Atualmente, a cidade conta com uma frota aproximada de mais um milhão e cem mil veículos, conforme tabela 2, e vários planos de controle e qualificação do trânsito. Medidas como a Inspeção Veicular, Controle Inteligente de Tráfego e Projeto Acessibilidade vêm mostrando a preocupação com a interação das soluções de trânsito no conjunto da cidade. As obras viárias nas avenidas Cristiano Machado – Linha Verde e Antônio Carlos, que visam duplicação, construção de trincheiras e viadutos, são exemplo das adequações que a cidade vem promovendo para atender a demanda da frota de veículos particulares e coletivos.

---

<sup>22</sup> Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte S/A - BHTRANS, órgão da administração indireta da Prefeitura de Belo Horizonte, em Minas Gerais, é responsável pelo gerenciamento do sistema de transportes e do trânsito da capital desde 1998.

<b>CATEGORIA</b>	<b>UNIDADES</b>
Automóvel	672.664
Caminhão	25.087
Caminhão trator	2.131
Caminhonete	48.207
Micro-ônibus	4.042
Motocicleta	94.178
Motoneta	7.034
Ônibus	6.730
Trator de rodas	187

TABELA 5.12: Frota de Veículo – Belo Horizonte 2006

Fontes: Ministério da Justiça, Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN - 2006; Malha Municipal digital do Brasil: situação em 2006. Rio de Janeiro: IBGE, 2007. Fonte: Ministério da Justiça, Departamento Nacional de Trânsito - DENATRAN – 2006

A Fundação Estadual do Meio Ambiente atesta que, mesmo com o crescimento de mais de 60% da frota de veículos no período de 1995 a 2006, o belo-horizontino está respirando um ar mais puro. Mesmo sendo a fumaça expelida pelas descargas dos automóveis a principal fonte poluidora da cidade a FEAM atribui a redução dos poluentes às novas tecnologias empregadas pelo setor automotivo e de combustíveis como uso de catalisadores e instalação de sistemas de injeção eletrônica, além do desenvolvimento de combustíveis mais limpos, com menor teor de chumbo e enxofre. De acordo com a Associação Mineira de Defesa do Meio Ambiente<sup>23</sup>, houve redução dos índices de emissão de dióxido de enxofre, dióxido de nitrogênio e partículas inaláveis.

A FEAM possui três unidades de medição de poluentes na capital, sendo uma na região central – na Praça da Estação. Em operação há 12 anos, os equipamentos acompanham diariamente a presença na atmosfera de pelo menos cinco tipos de substâncias poluentes, todas nocivas à saúde e oriundas, principalmente, da combustão dos motores. Os dados são atualizados diariamente e podem ser acompanhados pelo site da fundação ([www.feam.br](http://www.feam.br)).

Apesar da significativa redução nas emissões, esta melhoria ainda não foi percebida pela população, principalmente na região central, onde historicamente ocorrem os piores resultados, segundo a própria AMDA.

<sup>23</sup> Associação Mineira de Defesa do Ambiente – AMDA - é uma entidade civil considerada como uma das organizações mais atuantes em Minas Gerais. Luta pelo aprimoramento das políticas públicas de meio ambiente e construção de uma sociedade responsável, tendo como prioridade a defesa das florestas, recurso este vital à sobrevivência e qualidade de vida das sociedades humanas.

## 6. ANÁLISE E DISCUSSÕES

Diante de tantas variáveis urbanas, fica difícil tratá-las individualmente, sem considerar os efeitos que uma causa sobre outras. Uma delas, o clima na cidade, tem sido imensamente explorada em seus diversos ângulos e reflete a relação objetiva do homem com o meio ambiente. Onde, como e por quê construir passaram a ser analisados como parâmetros que interferem nas alterações climáticas originárias de um lugar.

A maneira como o homem vem comumente utilizando para formar suas cidades tem posto em questão a sustentabilidade de suas decisões. A forma de construir está ligada a fatores econômicos, políticos, sociais e tantos outros que influenciam na qualidade de vida local. A economia talvez seja atualmente a vertente que mais interfere nas decisões sobre a cidade. A especulação imobiliária pode definir sobre a ocupação de uma área, seu padrão e frequentemente a qualidade de vida que pretende propor aos moradores. A abertura e a facilidade econômica que vivemos nos últimos anos no Brasil possibilitam a multiplicação de construções, a aquisição de veículos e muitas vezes desconsideram a conseqüências dessas ações. A propriedade de veículos em nossa sociedade tem grande incentivo, pois impulsionam a economia junto aos fabricantes, fornecedores de combustíveis, proporcionam cobrança de impostos, seguros e outros. Como reflexo desses atos criamos problemas de mudança no clima, congestionamento, poluição atmosférica e outros não analisados neste trabalho – gerenciamento de resíduos, poluição visual e sonora.

As alterações climáticas em meio urbano são resultado das intervenções que provocamos cumulativamente ao longo do tempo. Podemos analisar primeiramente a escolha pelo modelo construtivo. A opção pela verticalização, que possibilita maior aproveitamento do terreno, pois permite maior número de unidades construídas numa área, tem sido frequentemente adotada. A escassez cada vez maior de terrenos disponíveis em área urbana, o desejo de maior lucro em cada empreendimento construído e a demanda por habitação associada aos avanços de técnicas construtivas impulsionam o surgimento de edifícios cada vez mais altos. Inicialmente resolve-se o problema, contudo outros são criados. Com o FVC

diminuído tende-se a fazer menos troca de calor por radiação com o meio, provocando um aumento de temperatura local.

Na cidade de Belo Horizonte, esta condição pressiona a administração pública que, para absorver tal demanda, dá abertura à legislação pertinente, permitindo que a construção de edifícios se propague por vários outros bairros da cidade. A disseminação de edifícios proporcionada pela atual Lei de Uso e Ocupação do Solo, traz à tona a preocupação de estender para outras áreas os problemas já instalados na região do centro. Nesta última já foram constatados a presença de *canyons* urbanos, ilhas de calor, baixo índice de vegetação, grande utilização de materiais como concreto e asfalto e grande fluxo de veículos. Todos esses fatores associados contribuem para alterações no micro-clima e para a depreciação do local, uma vez que começa a ser deixado por pessoas que buscam outros locais com condições mais agradáveis. Esta depreciação do centro ocorre também pela poluição sonora, que tem parte originária de veículos; perda da qualidade dos espaços públicos que deixaram de ser freqüentados em parte por causa da insegurança; evasão da população residente, que passou a buscar outros bairros e outros como poluição visual e alta concentração de comércio e serviços. Atualmente, o centro passa por um quadro de esvaziamento, alguns prédios encontram-se praticamente desocupados e existem alguns projetos que tentam viabilizar a reocupação desses espaços propondo, entre outros, que sejam utilizados para moradia popular. Esta solução tenta resolver não só o problema da moradia quanto o de deslocamento desta parte da população que em sua maioria mora longe do local de trabalho e passa parte do tempo neste percurso.

Outro fator que contribui para a qualidade do clima urbano é a escolha do material de construção. Por suas características físicas, alguns materiais possuem capacidade de reter calor por mais tempo. Esse comportamento, típico de materiais como o concreto e o asfalto, faz com que a radiação absorvida durante o dia demore a retornar ao ambiente. Ocorrendo à noite, essa liberação aumenta as temperaturas noturnas do local. Por outro lado temos também a importação de modelos formais que desconsideram as características do clima em detrimento do caráter estético da edificação. Exemplo disso é o uso freqüente de sistemas pele de vidro – modelo no qual o edifício é revestido pelo material – em cidades de clima tropical. O modelo é adequado para cidades de clima frio; mas como, por exemplo, na cidade de estudo, a quantidade de radiação solar que esse material absorve e leva ao interior do

edifício é grande, seu desempenho térmico<sup>24</sup> fica comprometido e só é garantido quando associado ao condicionamento artificial do ar. Uma vez que a aplicação do uso dos materiais não é ainda determinada em lei<sup>25</sup>, sua escolha fica a cargo dos profissionais, precisando estes ponderar as condições climáticas quando da especificação do material. A área de estudo se caracteriza por apresentar todos esses aspectos: possui grande malha viária revestida de asfalto e vários prédios revestidos por concreto ou vidro; o que justifica a escolha do local para estudo.

As áreas verdes públicas presentes no centro da cidade – praças da Liberdade, Raul Soares, da Estação – promovem uma atuação no micro-clima local, mas sem grandes desempenhos em função de seus tamanhos. A mais significativa é a do Parque Municipal, com área de aproximadamente 180.000m<sup>2</sup> e localização centralizada. Conforme verificado pelos estudos utilizados no trabalho, mesmo sem dados quantitativos, verificamos que a proporção da área do Parque Municipal em relação à da região central da cidade, aliada ao fato do mesmo se apresentar de forma concentrada, não dá a este capacidade de agir sobre toda região atuando também de forma local filtrando apenas parte dos poluentes emitidos pelo tráfego.

A poluição atmosférica de origem veicular tem se tornado preocupante em função do aumento da frota na cidade. Mesmo com a aplicação de programas que visam seu controle a poluição não tem regredido de forma perceptível. Com o incentivo econômico, que facilita a compra de veículos particulares, e o descaso do município em solucionar de forma eficiente os problemas do transporte público na capital é cada vez maior o número de carros que trafegam regularmente na cidade. Hoje, esses veículos são responsáveis por 78% dos 860.260<sup>26</sup> do total existente em 2006 na capital. Parte desses está na rua para suprir a carência da oferta de metrô ou ônibus, que são subdimensionadas. O uso de combustíveis fósseis, grande responsável pelos poluentes que compõem o resíduo veicular, vem sido questionado também por ter sua fonte esgotável; e outros combustíveis classificados como mais limpos tem sido desenvolvidos. Veículos movidos a hidrogênio e elétricos já são realidades desenvolvidas em caráter experimental, porém sua produção em escala comercial esbarra em diversos fatores. A economia seria grandemente abalada, pois

---

<sup>24</sup> Resposta higrotérmica da edificação em uma determinada condição climática típica, para condição de uso e ocupação definidos. (FONTE: IPT, 2007)

<sup>25</sup> Ainda não existem leis que determinem ou restrinjam o uso de certos materiais, contudo já existe norma que trata do desempenho térmico dos edifícios. (NBR 15220)

<sup>26</sup> Ver dados tabela 12.

exigiria adaptações dos fabricantes de veículos, dos produtores de combustíveis e outros. A solução que resta a nosso alcance é o investimento no transporte público, até que nossa realidade permita a entrada de novas tecnologias.

## 7. CONCLUSÕES

A relação direta existente entre os diversos aspectos avaliados do ambiente urbano remete à interdependência dos fatos. Os estudos abordados mostram como ações tomadas sobre a morfologia urbana agem desencadeando diversas outras reações de caráter climático que podem trazer situações não previstas e/ ou indesejáveis para a sustentabilidade e a qualidade de vida da cidade.

No meio urbano, a elevação das temperaturas em relação à situação original está relacionada à substituição do revestimento do solo natural, que passa a ter diminuída sua permeabilidade; à diminuição de áreas verdes, capazes de atenuar os efeitos de parte da radiação solar; à morfologia dos edifícios e as características de seus materiais, que contribuem para o retardo da liberação da radiação para o ambiente. Essas condições não só favorecem a existência de Ilhas de Calor, mas também determinam sua intensidade. Como pode ser inferido, este fenômeno será mais severo em situações escassez de vegetação aliadas a *canyons* urbanos do que em regiões de edifícios baixos e espaçados com presença significativa de área verde.

A poluição atmosférica de origem veicular incorpora-se a este cenário acentuando seus efeitos maléficos, pois, em decorrência da Ilha de Calor, passa mais tempo em baixas altitudes aumentando o tempo de exposição das pessoas e da vegetação a seus componentes tóxicos. Mesmo o avanço da tecnologia, que permite a produção de motores mais eficientes, não é, sozinho, suficiente para promover a redução da poluição, pois o volume de veículos vem crescendo constantemente nas grandes cidades. Os gases emitidos pelos veículos novos atendem os limites estipulados, porém são emitidos em maior quantidade.

Com relação à região de estudo, região do centro de Belo Horizonte, podemos confirmar como a morfologia urbana predominantemente verticalizada, e com a presença de *canyons* urbanos, é condicionante para a formação de Ilha de Calor e conseqüentemente reflete na dispersão dos resíduos de origem veicular. A presença do Parque Municipal, área de vegetação concentrada mais significativa da região, não é suficiente para filtrar os poluentes emitidos pelos veículos que trafegam na

região e o estímulo dado ao veículo particular em detrimento ao coletivo agrava mais esta condição, por não incentivar a diminuição da frota em trânsito.

O planejamento de uma cidade por si só não pode ser responsável pela qualidade de vida que esta oferece a seus habitantes, mas pode evitar alguns problemas no seu desenvolvimento. Belo Horizonte é um exemplo de cidade planejada que como tantas outras teve seu plano original extrapolado. O incremento de variantes, antes inexistentes e surgidas com o desenvolvimento global em diversas áreas, torna inviável qualquer tentativa de um planejamento inflexível, que não permita alterações ao longo das mutações que a cidade vá sofrendo. Esta condição é essencial para o entendimento que as leis e planos que determinam o crescimento da cidade devem ser constantemente atualizados em função de novas demandas e garantia da qualidade de vida de sua população. Essa postura, de amplitude local, se repetida mais vezes em tantos outros municípios promoverá a repercussão de atitudes que refletirão numa escala maior, proporcionando que a qualidade de vida desejável seja estendida indistintamente.

## 8. RECOMENDAÇÕES

O planejamento da cidade, por englobar diversas variáveis, deve ser tratado de forma integrada. O município e seus órgãos responsáveis por direcionar seu crescimento, devem trabalhar de forma articulada tanto no planejamento de uso e ocupação do solo quanto no planejamento do tráfego, tentando prever situações futuras, antecipando ações que possam impedir ou reduzir o impacto de decisões que prejudiquem seu desenvolvimento de forma sustentável.

Dentre tais ações podemos considerar a existência de áreas verdes, preservando-as nas regiões que ainda sejam existentes e promovendo sua compensação em áreas aonde já foram extintas, ainda que parcialmente. A implantação de parques e praças com elementos de vegetação ou água, deve ser pensada de forma local, para que seu efeito aja eficientemente no entorno imediato. Essa proposta deve ser considerada em maior proporção quando for atuar em área verticalizadas, para compensar fatores como FVC e alteração no fluxo das massas de ar. Para Belo Horizonte e sua região de estudo a manutenção de praças - Estação, Raul Soares - e parques – Municipal - deve garantir o desempenho que estes já promovem, mesmo que localmente, uma vez que nesta região não há mais espaços vazios para que estes possam ser criados.

A verticalização proposta para certa região deve procurar entender como esta agirá não só localmente, mas em maior escala. Mesmo com a condição de adensamento da área de estudo estagnada, outros bairros – Belvedere, Burity - estão em expansão constante, permitida pela Lei de Uso e Ocupação do Solo atual, e devem ser desde já observados e tratados a fim de evitar que se transformem em áreas semelhantes à de estudo. Sempre que possível, a opção por verticalizar uma área deve ser revista e propor alternativas - como incentivo à reocupação do centro da cidade.

Outro fator que deve ser pensado no momento da construção, e este de difícil controle já que não é parametrizado por lei, é a escolha do material de construção. Influências comerciais ou tendências formais não devem ser maiores que a relação de benefício que estes materiais podem proporcionar ao edifício, que por consequência recaem na micro-escala. Esta escolha precisa ponderar aspectos

climáticos da cidade, estéticos e mesmo econômicos, para viabilizar uma construção sustentável.

Quanto à poluição atmosférica veicular podemos propor ações corretivas, como a intensificação de programas de inspeção e o acompanhamento dos limites que têm sido emitidos regularmente pela frota. Mas, desejavelmente, deve-se estimular o transporte coletivo de qualidade. A construção de novas linhas de metrô na capital e mesmo a expansão da frota de ônibus poderá diminuir significativamente o número de automóveis que hoje circulam regularmente para suprir a deficiência do transporte público na cidade. Considerando, por exemplo, que o metrô é um recurso mais limpo e eficiente, pelo número de usuários que transporta, sua implantação deveria ser priorizada.

Diante do material analisado para esse estudo, sobretudo a respeito da cidade de Belo Horizonte, percebeu-se que existe um volume razoável de trabalhos que tratam dos temas de clima urbano e poluição atmosférica, contudo não foi encontrado nenhum em que esses quadros fossem cruzados de forma significativa. Os trabalhos também se apresentam com resultados e discussões qualitativas, sendo importante que estes sejam convertidos em números para que possa ser analisada a real condição da área de estudo. Será de grande valia a criação de outros projetos que procurem prever o desenvolvimento do cenário urbano da cidade considerando essas variáveis face às condições atuais. Principalmente para as áreas em expansão, a projeção das condições de conforto urbano num futuro próximo servirá para corrigir desde já a expansão de situações indesejáveis. Esses estudos poderão até sugerir alterações em leis para que se resguarde a condição de conforto adequada a essas regiões.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Henrique. *O Clima Urbano - Natureza, escalas de análise e aplicabilidade*. Finisterra (Revista Portuguesa de Geografia). Lisboa, XL, 80, 2005. Disponível em: < [http://www.ceg.ul.pt/finisterra/numeros/2005-80/80\\_05.pdf](http://www.ceg.ul.pt/finisterra/numeros/2005-80/80_05.pdf) > acessado em 16 de julho de 2007.

ASSIS, Eleonora Sad. Crescimento urbano e qualidade ambiental. Conferência Internacional de Reabilitação Urbana. Belo Horizonte, Brasil, 2002.

ASSIS, Eleonora Sad. Mecanismos de desenho urbano apropriados à atenuação da ilha de calor: análise de desempenho de áreas verdes urbanas em clima tropical. Belo Horizonte, 1990.

ASSIS, Eleonora Sad. Avaliação das Condições de Conforto Térmico Urbano Através de Modelos Físicos Radiativos: Estudo de Caso em Belo Horizonte, MG. Anais Eletrônicos do NUTAU 2002 - Sustentabilidade, Arquitetura e Desenho Urbano, São Paulo, FAU/USP, 2002, artigo nº. 179.

Belo Horizonte. Lei 8137 de 21 de Dezembro de 2000. Altera as leis n.os 7.165 e 7.166, ambas de 27 de agosto de 1996, e dá outras providências. Disponível em: < [www.pbh.gov.br/mapas/leiuso/lei-8137.htm](http://www.pbh.gov.br/mapas/leiuso/lei-8137.htm) > acessado em 10 de julho de 2007.

Belo Horizonte. Lei 7166 de 27 de Agosto de 1996. Estabelece normas e condições para parcelamento, ocupação e uso do solo urbano no município. Disponível em: < [www.pbh.gov.br/mapas/leiuso/lei-7166.htm](http://www.pbh.gov.br/mapas/leiuso/lei-7166.htm) > acessado em 10 de julho de 2007.

BENÉVOLO, Leonardo. História da Cidade. Editora Perspectiva. São Paulo, 2005.

FREITAS, Mônica Kofler. Poluição Veicular Urbana. Artigo. Jornal Diário Ambiente Brasil. 30/09/2005.

FIORAVANTE, Edwan Fernandes. Proprietários de automóveis em Belo Horizonte e meio ambiente: uma análise preliminar. II Congreso de la Asociación Latinoamericana de Población. México, 2006.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Monitoramento da Qualidade do Ar na Região Metropolitana de Belo Horizonte Período de 2003 a 2004. Belo Horizonte: FEAM, 2005.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Relatório do Acordo de Resultados Período de 2005. Belo Horizonte: FEAM, 2006.

LABAKI, L; BORGES, M.. Conforto Térmico em espaços externos: preferência dos usuários e índices de conforto. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 7, 2003, Curitiba, 2003.

LOMBARDO, Magda Adelaide. Ilha de Calor nas Metrôpoles. Ed. Hucitec, São Paulo, 1985.

LOWE, Márcia D. Qualidade de Vida – 1994, Salve o Planeta. Relatório do Worldwatch Institute. Editora Globo, 1994.

MENDES, Francisco Eduardo. Avaliação de Programas de Controle de Poluição Atmosférica Por Veículos Leves no Brasil. Tese - Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2004.

MINISTÉRIO DAS CIDADES – Departamento Nacional de Trânsito. Política Nacional de Trânsito. Brasília/ DF, 2004.

MONTEIRO, C.A.F.; MENDONÇA, F. (org). *Clima urbano*. São Paulo: Contexto, 2003.

MONTEIRO, C.A.F.. Teoria e Clima Urbano. São Paulo: USP, 1976 (Série Teses e Monografias)

OKE, T. R. Boundary Layer Climates. New York, NY: Methuen & Co., 1981.

OKE, T. R. Canyon geometry and the nocturnal heat island: comparisons of scale model and field observations. In: Journal of Climatology, vol.1. 1981. p. 237-254.

ROBERTS, Bernie Fischlowitz. Revista Eco 21, Ano XIII, Número 75, Fevereiro/2003.

RODRIGUES, Maysa G. Zona de Fronteira: a expansão urbana recente na zona sul de Belo Horizonte. Trabalho apresentado no I Congresso Brasileiro de Direito Urbanístico, Belo Horizonte, 2000.

SANTOS, Rosangela Maria dos. Morfologia Urbana e Conforto Térmico, Seminário de Integração. São Paulo, Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (USP/ FAU), 2004.

TEZA, Cláudio Tavares Viana; BAPTISTA, Gustavo Macedo de Mello. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 3911-3918.

VILLANUEVA, Luz Zoraida Dondero. Uso de Gás Natural em veículos leves e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo no Contexto Brasileiro. Tese de Doutorado. USP. São Paulo, 2002.

## GLOSSÁRIO

**CALOR SENSÍVEL:** Calor absorvido ou cedido por uma substância sem mudança de estado físico. Há variação de temperatura.

**CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS:** Características físico-naturais da cidade, abrangendo a topografia plana ou ondulada e a natureza do solo quanto à sua capacidade de absorver as águas das chuvas.

**ESTRUTURA VIÁRIA URBANA:** Consiste na Rede Viária da cidade, organizada hierarquicamente de acordo com a otimização do desempenho da circulação urbana.

**LEI DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO:** Legislação municipal que determina o zoneamento e os limites de ocupação do solo.

**MORFOLOGIA URBANA:** Refere-se à forma caracterizada pela disposição num território, dos elementos que compõem a estrutura física de um assentamento urbano.

**OCUPAÇÃO DO SOLO:** Ação de assentar sobre o solo uma estrutura urbana.

**POTENCIAL CONSTRUTIVO:** É a área total de construção permitida em um lote.

**REVESTIMENTO PERMEÁVEL:** É o tipo de revestimento aplicado sobre o solo natural que permite a infiltração das águas, possibilitando a colocação de cobertura vegetal.

**SOLO NATURAL:** Solo não construído e sem revestimentos artificiais, que possibilita a infiltração natural das águas, coberta ou não com vegetação.

**ZONEAMENTO:** Divisão do território municipal em zonas de uso e ocupação predominante, do ponto de vista urbanístico.

Nota: os demais termos tratados neste trabalho são explicados ao longo dos textos.