UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE DE ECOSSISTEMAS COSTEIROS E MARINHOS
MESTRADO EM ECOLOGIA

ESTUDO COMPARATIVO DO CONFORTO TÉRMICO EM TRÊS REALIDADES URBANAS DA CIDADE DE SANTOS, SP

ANA PAULA DOS SANTOS NASCIMENTO

SANTOS / SP
2015

ANA PAULA DOS SANTOS NASCIMENTO

ESTUDO COMPARATIVO DO CONFORTO TÉRMICO EM TRÊS REALIDADES URBANAS DA CIDADE DE SANTOS, SP

Dissertação apresentada à Universidade Santa Cecília como parte dos requisitos para a obtenção de título de mestre no Programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Costeiros e Marinhos, sob a orientação do Prof. Dr. Mohamed Habib e Coorientação do Prof. Dr. Walter Barrella.

SANTOS/SP
2015

Autorizo a reprodução parcial ou total deste trabalho, por qualquer que seja o processo, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos.

Nascimento, Ana Paula dos Santos.
Estudo Comparativo Do Conforto Térmico em Três Realidades Urbanas da Cidade De Santos, **SP**/Ana Paula dos Santos Nascimento. -- 2015.
n. de f.
112

Orientador: Prof. Dr. Mohamed Habib
Coorientador: Prof. Dr. Walter Barrella

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Santa Cecília, Programa de Pós-Graduação em Ecossistemas Costeiros e Marinhos, Santos,
SP, 2015.

1. ilhas de calor. 2.micro clima urbano. 3.conforto térmico. 4.qualidade de vida. 5.cidade de Santos.

I. Habib, Mohamed, orient. II. Barrella, Walter.
III. Estudo Comparativo Do Conforto Térmico em Três Realidades Urbanas da Cidade De Santos, SP

Elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas - Unisanta

Dedico este trabalho ao meu filho, Enrico Nascimento Gomes, que teve a paciência para entender as minhas imersões no mundo acadêmico e compreender os momentos em que me ausentei para me dedicar a esta dissertação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Dr. Mohamed Habib, orientador e grande incentivador deste trabalho com suas idéias humanas e sensatas.

Ao Professor Dr. Walter Barrella, co-orientador e grande incentivador deste trabalho pelas sugestões que tanto agregaram a esta pesquisa.

Ao jornalista, professor e mestre Luiz Nascimento pelo apoio, permitindo muitas vezes enxergar o assunto de maneira mais suave, além de colaborar nos registros fotográficos dos bairros estudados.

Ao Professor Arquiteto Ricardo Adalaft que me apoiou e incentivou durante o curso.

Agradeço a todos os professores doutores do mestrado que me proporcionaram um vasto conhecimento sobre Ecologia e aos meus colegas do curso pela troca de conhecimentos que puderam ser realizados durante pesquisas e trabalhos.

À Professora Marina Ferrari de Barros que disponibilizou as fotos atualizadas da cidade de Santos.

Ao Professor e Coordenador Arquiteto Nelson Lima Gonçalves que me incentivou para assistir às aulas de mestrado.

Aos colaboradores para a pesquisa de campo: Valdenice dos Santos Silva, Marilene Brito Marinho e Ceila dos Santos Nascimento.

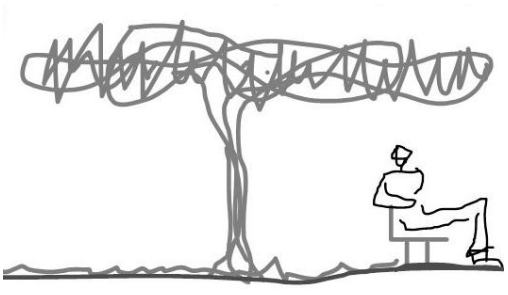
Aos meus pais, José Luiz do Nascimento Jr. e Ceila dos Santos Nascimento, que sempre me apoiaram e incentivaram para me aprofundar no mundo acadêmico.

Um agradecimento especial a minha irmã Flori Nascimento Pontes, que me acompanhou durante o curso de mestrado de maneira muito especial.

...Ando apressado pela calçada. Está quente, o sol alto e escaldante, nenhuma sombra, nenhum vento. A testa úmida, um frio de suor escorre pelo peito...

Uma praça, desapresso o passo. Uma árvore, frondosa sombra, um banco... Sento-me. Confortável, muito, muito agradável!

Arquiteto Prof. Antonio Manuel Fernandes



RESUMO

O processo de verticalização da cidade de Santos se iniciou na década de 50 e, até os dias atuais continua crescendo. Com a recente explosão imobiliária que ocorreu junto ao aparecimento do pré-sal em 2008, propiciou ainda mais a construção de torres e a formação de “ilhas de calor” ou micro-clima urbano, o que comprometeu a qualidade de vida da população da baixada santista, deixando os corredores de circulação de ar entre os edifícios bastante deficientes em relação ao conforto térmico. A influência positiva da vegetação natural como árvores, bosques e jardins, tem sido demonstrada por meio de vários estudos que apontam, entre outros benefícios, a amenização da temperatura e o conforto térmico. Devido a uma política de planejamento urbano que, freqüentemente, privilegia os interesses do setor imobiliário, e o uso inadequado de recursos arquitetônicos em relação à ventilação e insolação, as cidades tornaram-se verdadeiras “ilhas de calor”, desafiando constantemente seus habitantes a conviver com tamanho desconforto térmico. O presente trabalho tem por objetivos avaliar as oscilações térmicas em três bairros distintos da cidade e a sua relação com o conforto térmico. Os dados obtidos revelaram uma variação, tanto da estrutura urbana e, como seqüência, no padrão térmico, tanto dos espaços externos, quanto aos internos, em cada bairro. Ainda as interferências da vegetação natural, da topografia e da proximidade do porto tiveram a sua influência nas oscilações térmicas dos bairros estudados. São sugeridas propostas para minimizar o desconforto térmico como aberturas no conjunto arquitetônico através de implantação de praças e áreas verdes bem como soluções de projetos de arborização, entre outros, sempre pensando na recuperação do conforto térmico e na melhor qualidade de vida.

Palavras-Chave: ilhas de calor. micro-clima urbano. conforto térmico. qualidade de vida. cidade de Santos.

ABSTRACT

The vertical integration process of the city of Santos began in the 50s and to this day continues to grow. With the recent real estate boom that occurred with the appearance of the pre-salt in 2008 further facilitated the construction of towers and the formation of "heat islands" or urban micro-climate, which compromised the quality of life of the lowland population Santos leaving the air circulation corridors between buildings in relatively poor compared to thermal comfort. The positive influence of natural vegetation such as trees, woods and gardens, has been demonstrated in several studies that point, among other benefits, the softening temperature and thermal comfort. Due to an urban planning policy that often favors the interests of real estate, and the inappropriate use of architectural features in relation to ventilation and heat stroke, cities have become true "heat islands", constantly challenging its people to live with size thermal discomfort. This study aims to evaluate the thermal oscillations in three different districts of the city and its relationship with the thermal comfort. The data revealed a variation in both the urban structure and as a sequence, thermal standard, both exterior spaces, as the inmates, in every neighborhood. Although the interference of natural vegetation, topography and proximity of the port had their influence on the thermal fluctuations of the studied neighborhoods. Proposals are suggested to minimize thermal discomfort as openings in the architectural ensemble through deployment of parks and green areas and afforestation projects solutions, among others, always thinking about the recovery of thermal comfort and better quality of life.

Keywords: heat islands. urban micro climate. thermal comfort. quality of life. city of Santos.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Cidade de Santos e região - Área de 280.674 km², Censo 2010 15

Figura 2 - Município de Santos, território - Área de 280.674 km², Censo 2010 16

Figura 3 - Foto aérea da cidade de Santos..... 16

Figura 4 - Foto aérea da cidade de Santos..... 17

Figura 5 – Bairro do Gonzaga..... 19

Figura 6 – Bairro do Embaré..... 20

Figura 7 - Santos- Bairro do Valongo – Década de 20 22

Figura 8 - Santos – Bairro do Valongo – 2011..... 23

Figura 9 - Santos – Av. Ana Costa - Década de 20 24

Figura 10 - Santos – Av. Ana Costa – 2011..... 24

Figura 11 - Santos – Bairro do Gonzaga - Década de 20..... 25

Figura 12 - Santos – Bairro do Gonzaga – 2011 26

Figura 13 - Santos – Bairro da Encruzilhada - Década de 20..... 27

Figura 14 - Santos – Bairro da Encruzilhada – 2011 27

Figura 15 - Esquema da circulação atmosférica mar/terra x terra/ mar . 31

Figura 16 - Ventilação natural: (a) cruzada e (b) unilateral 37

Figura 17 - Direção dominante do vento sem barreira de edifícios..... 39

Figura 18 - Direção dominante do vento com barreiras de edifícios. . **Erro! Indicador não definido.**

Figura 19 - Direção do vento. Má orientação das ruas impede a passagem do vento. ..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 20 - Com boa orientação o vento dominante chega a todas as casas..... **Erro! Indicador não definido.**

Figura 21 - Modelo Conceitual da circulação global atmosférica, indicando à direção dos ventos próximos a superfície terrestre. 41

Figura 22 - Os raios do sol caem sobre fachada plana, refletem na rua e em outras construções, irradiando calor por toda parte. Rua de asfalto absorve muito calor, tetos planos refletem os raios na fachada do edifício. 41

Figura 23 - Os raios do sol caem sobre fachada irregular, a fachada projeta sombra em si mesma. As árvores fazem sombra no asfalto. Com os tetos em formas diferentes e inclinados o reflexo é irregular, fazendo sombra nas outras construções. 42

Figura 24 - Ilha de Calor 49

Figura 25 - Representação das variações da temperatura do ar. 51

Figura 26 - Fator de visão do céu (FVC) - Relação entre a altura e largura 55

Figura 27 - Fator de visão do céu (FVC) - Relação entre a altura e largura 55

Figura 28 - Modificações da corrente de ar produzidas pela vegetação.59

Figura 29 – Localização dos três bairros, em relação à Faixa amostral 60

Figura 30 - Localização do ponto fixo de medidas de temperatura - Imagem aérea do Bairro do Gonzaga - Fonte: Sedurb – Secretaria de Desenvolvimento Urbano /2014 61

Figura 31 - Localização do ponto fixo - Imagem do Bairro do Gonzaga 62

Figura 32 - Localização do ponto fixo A - Imagem do Bairro do Gonzaga 62

Figura 33 - Localização do ponto fixo de medidas de temperatura Imagem aérea do Bairro da Encruzilhada 63

Figura 34 - Localização do ponto fixo B - Imagem do Bairro da Encruzilhada..... 63

Figura 35 - Localização do ponto fixo B - Imagem do Bairro da Encruzilhada..... 64

Figura 36 – Localização do ponto fixo de medidas de temperatura - Imagem aérea do Bairro do Valongo..... 64

Figura 37 - - Localização do ponto fixo C - Imagem do Bairro do Valongo 65

Figura 38 -Localização do ponto fixo - Imagem do Bairro do Valongo.. 65

Figura 39 - Localização dos pontos fixos de medidas de temperatura .. 66
Figura 40 – Termômetro digital Western..... 68
Figura 41 - Praça da Independência e seu piso. 82
Figura 42 - Trafego de caminhos e carros na região do Valongo 83
Figura 43 - Traçado retangular do Bairro da Encruzilhada 84
Figura 44 – Ângulo de visão do céu (AVC)..... 85
Figura 45– Ângulo de visão do céu (AVC)..... 86
Figura 46 – Ângulo de visão do céu (AVC)..... 86
Figura 47 – Área de visão do céu – Valongo..... 88
Figura 48 – Área de visão do céu - Encruzilhada 88
Figura 49 – Área de visão do céu – Gonzaga..... 89

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Média semanal da temperatura externa momentânea do bairro do Gonzaga, através de três leituras diárias, no período de 22/12/2014 a 20/03/2015. 69

Gráfico 2 - Média semanal da temperatura interna momentânea do bairro do Gonzaga, através de três leituras diárias, no período de 22/12/2014 a 20/03/2015. 70

Gráfico 3 – Média semanal da temperatura externa momentânea do bairro da Encruzilhada, através de três leituras diárias, no período de 22/12/2014 a 20/03/2015..... 71

Gráfico 4 – Média semanal da temperatura interna momentânea do bairro da 72

Gráfico 5 – Média semanal da temperatura externa momentânea do bairro do Valongo, através de três leituras diárias, no período de 22/12/2014 a 20/03/2015. 73

Gráfico 6– Média semanal da temperatura interna momentânea do bairro do Valongo, através de três leituras diárias, no período de 22/12/2014 a 20/03/2015. 74

Gráfico 7 – Comparação das temperaturas momentâneas externas entre os três bairros as 8:00 horas no período de 22/12/2014 a 20/03/2015. 75

Gráfico 8 – Comparação das temperaturas momentâneas externas entre os três bairros as 13:00 no período de dezembro a março (22/12/2014 a 20/03/2015). 76

Gráfico 9 – Comparação das temperaturas momentâneas externas entre os três bairros as 18:00 no período de dezembro a março (22/12/2014 a 20/03/2015). 77

Gráfico 10 – Comparação das temperaturas momentâneas internas entre os três bairros as 8:00 no período de 22/12/2014 a 20/03/2015. 78

Gráfico 11 – Comparação das temperaturas momentâneas internas entre os três bairros as 13:00 no período de 22/12/2014 a 20/03/2015. 78

Gráfico 12 – Comparação das temperaturas momentâneas internas entre os três bairros as 18:00 no período de dezembro a março (22/12/2014 a 20/03/2015). 79

Gráfico 13: Médias semanais da temperatura máxima e mínima da Base Aérea de Santos no período de 22/12/2014 a 20/03/2015. 80

Gráfico 14: Médias semanais ds temperaturas mínimas da Base Aérea de Santos e das medições de temperaturas mínimas dos pontos fixos no período de 22/12/2014 a 20/03/2015. 81

Gráfico 15: Médias semanais das temperaturas máximas da Base Aérea de Santos e das medições de temperaturas máximas dos pontos fixos no período de 22/12/2014 a 20/03/2015. 81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UNISANTA	—	Universidade Santa Cecília
FVC	—	Fator de visão do céu
AVC	—	Ângulo de visão do céu
SEADE	—	Sistema Estadual de Análise de Dados
EUA	—	Estados Unidos da América
IBGE	—	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
COPLAN	—	Conselho Consultivo do Plano Diretor
CMDU	—	Conselho Municipal de Desenvolvimento urbano

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 13

2. REVISÃO HISTÓRICA 21

2.1. A CIDADE DE SANTOS 21

2.2. A VERTICALIZAÇÃO DA ORLA DA PRAIA 28

2.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DA CIDADE DE SANTOS 30

2.4. CONFORTO AMBIENTAL 32

2.4.1 CONFORTO HUMANO 33

2.4.2. CONFORTO TÉRMICO 34

2.4.3. VARIÁVEIS DO CONFORTO TÉRMICO 35

2.4.4. VENTO E VENTILAÇÃO NATURAL 36

2.4.5. RADIAÇÃO SOLAR 39

2.4.6. TEMPERATURA DO AR 42

2.4.7. A UMIDADE RELATIVA DO AR 43

2.4.8. RECURSOS NATURAIS DE CONFORTO 44

2.5. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS URBANAS 45

2.6. ILHAS DE CALOR OU MICRO-CLIMA URBANO 48

2.6.1. FATORES QUE INFLUENCIAM NA FORMAÇÃO DE ILHAS DE CALOR OU MICRO-CLIMA URBANO 52

2.7. FATOR DE VISÃO DO CÉU (FVC) 53

2.8. VEGETAÇÃO URBANA 56

2.8.1 ARBORIZAÇÃO E CONFORTO TÉRMICO 57

3. MATERIAL E MÉTODOS 59

3.1. JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DOS BAIRROS 59

3.1.1. CARACTERIZAÇÃO DOS BAIRROS ESCOLHIDOS E DOS PONTOS DE MEDIÇÂO:..... 60

3.1.2. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS FIXOS DE MEDIÇÃO DE TEMPERATURA: 61

3.2. LEVANTAMENTO DE DADOS DE TEMPERATURA DOS PONTOS FIXOS:..... 66

3.3. CALCULO DA AMPLITUDE NA VISÃO DO CÉU:..... 68

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES..... 69

4.1. PADRÃO TÉRMICO NO BAIRRO A (GONZAGA):..... 69

4.1.1. TEMPERATURA MOMENTÂNEA EXTERNA: 69

4.1.2. TEMPERATURA MOMENTÂNEA INTERNA:..... 69

4.2. PADRÃO TÉRMICO NO BAIRRO B (ENCRUZILHADA):..... 70

4.2.1. TEMPERATURA MOMENTÂNEA EXTERNA: 70

4.2.2. TEMPERATURA MOMENTÂNEA INTERNA:..... 71

4.3. PADRÃO TÉRMICO NO BAIRRO C (VALONGO):..... 72

4.3.1. TEMPERATURA MOMENTÂNEA EXTERNA: 72

4.3.2. TEMPERATURA MOMENTÂNEA INTERNA:..... 73

4.4. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS TRÊS BAIRROS:..... 74

4.4.1. TEMPERATURA MOMENTÂNEA EXTERNA (8:00 horas):..... 74

4.4.2. TEMPERATURA MOMENTÂNEA EXTERNA (13:00 horas):..... 75

4.4.3. TEMPERATURA MOMENTÂNEA EXTERNA (18:00 horas):..... 76

4.4.4. TEMPERATURA MOMENTÂNEA DO ESPAÇO INTERNO:..... 77

4.5. COMPARAÇÃO DO PADRÃO TÉRMICO DOS TRÊS BAIRROS COM OS DADOS OBTIDOS DO JORNAL A TRIBUNA NO PERÍODO DO ESTUDO 79

4.6. O FATOR DE VISÃO DO CÉU (FVC) E A SUA RELAÇÂO COM O CONFORTO AMBIENTAL:..... 85

4.6.1. CALCULO DO ÂNGULO DE VISÃO DO CÉU (AVC) NOS PONTOS FIXOS DE MEDIÇÃO DE TEMPERATURA:..... 85

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS 893

ANEXO 1 – Tabelas comparativas das temperaturas momentâneas externas entre os três bairros 99

1. INTRODUÇÃO

As preocupações com a qualidade ambiental urbana e, consequentemente, os estudos científicos sobre o clima nas grandes cidades, tiveram início ainda no século XIX, na Europa, com o trabalho de Luke Howard sobre o clima da cidade de Londres, publicado pela primeira vez em 1818. Esse pesquisador foi o primeiro a observar que as temperaturas do ar são frequentemente mais altas na cidade que na área rural à sua volta. Estudos deste tipo multiplicaram-se na segunda metade do século XIX na França e na Alemanha, em virtude da expansão das redes de observação meteorológica. Assim, em 1855, Emilien Renou publicou um trabalho expressivo sobre a alteração climática em Paris, analisando, além do problema da temperatura, a questão da ventilação na cidade (LANDSBERG, 1981).

É óbvio que o processo de urbanização tem se intensificado por influência da chamada “Revolução Industrial”. Em meados do século XIX, a população mundial superou o primeiro bilhão de pessoas. Entretanto, menos de 2% habitavam áreas urbanas. Aproximadamente cem anos depois, em 1940, a população mundial chegou a 2,3 bilhões de habitantes, dentre os quais 20% residentes em áreas urbanas. Na Europa e nos Estados Unidos esse percentual ultrapassava os 50%. Em 2013, e de acordo com o Banco Mundial 91% dos argentinos vivem em centros urbanos, na Austrália e no Bahrain 89%, Bélgica 98%, Bermuda 100%, Brasil 85%, Chile 89%, Alemanha 75%, EUA 81%, entre vários outros[1].

No Brasil, a ocorrência de crescimento demográfico em áreas urbanas é agravada, sobretudo, pela falta de planejamento, fato que compromete a qualidade ambiental em nossas cidades. Dentre os impactos resultantes da ocupação desordenada do solo em área urbana, podemos citar a modificação das condições iniciais do clima por meio da alteração do balanço energético no sistema superfície-atmosfera, em escala meso-climática. A alteração na cobertura vegetal natural do solo e o incremento de massa edificada, dentre

[1] http://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS

outros fatores, criam um clima peculiar denominado “clima urbano”. O clima urbano caracteriza-se, frequentemente, pelo aumento da temperatura, tanto superficial quanto do ar, em relação ao seu ambiente rural circunvizinho. O incremento nos valores de temperatura deve-se às condições particulares do meio ambiente urbano, seja por sua rugosidade, ocupação do solo, orientação, permeabilidade e propriedades físicas dos materiais constituintes, entre outros fatores, como afirma (OKE, 1996 apud SOUZA *et al*., 2004).

Segundo o SEADE, o município de Santos com seus 421.042 habitantes, (SEADE/IBGE, 2012, Figuras 1 e 2), vem crescendo ao longo dos anos, com mudanças significativas no cenário da cidade, em decorrência dos grandes empreendimentos, que na ultima década se expandiram fortemente (MELLO, 2008). Como a cidade de Santos (Figuras 3 e 4) não pode crescer horizontalmente por sua geografia, acaba se verticalizando de maneira a alterar toda a característica e forma de disposição dos edifícios. Em razão desse crescimento da cidade e o aumento do número de edificações, as áreas verdes ficaram reduzidas o que acabou levando o município a sofrer grandes consequências ambientais e, como resultado a interferência na qualidade de vida dos seus habitantes. “A verticalização da cidade e a redução drástica das áreas verdes”, denunciadas também por Sampaio *et al.,* (2009) acabaram resultando em aumento térmico em bairros onde se concentram aglomerados de edifícios independentes da geografia local.

O conceito do Urbano regulamentado na cidade de Santos surgiu com a criação da Comissão do Plano da cidade em 1948, sendo instituída em 1953 a Comissão Consultiva do Plano da cidade, que unindo os interesses do poder publico e da sociedade civil, iniciou-se um trabalho de normatização do uso do solo. Em 1968 foi instituído o primeiro Plano Diretor de Santos, evidenciando a efetiva participação de grupos dominantes da cidade, com a criação do Conselho Consultivo do Plano Diretor (COPLAN), que foi substituído pelo Conselho Municipal de Desenvolvimento Urbano (CMDU) em 1998. Sendo assim, pode-se concordar com a colocação de Nunes, (2005).

> A construção do que denominamos como esfera publica não obedeceu a uma lógica linear e, apesar de sua institucionalização corresponder a demandas no campo do pensamento urbanístico, a utilização, e efetividade, desse espaço dependeram, e ainda depende, quase que exclusivamente do conteúdo ideológico dos grupos que detém o poder, e consequentemente, da concepção que esses grupos elaboram sobre a cidadania, democracia e da própria participação (NUNES, 2005).

As alterações na urbanização, a implementação de novos edifícios ou novos bairros deveriam ser, rigorosamente, planejadas, envolvendo, entre outros, os fatores responsáveis pelo conforto ambiental e pela qualidade de vida da população, e não foram contempladas por nenhum dos planos.

Figura 1 - Cidade de Santos e região - Área de 280.674 km², Censo 2010
Fonte: **Cidade/IBGE, 2015**

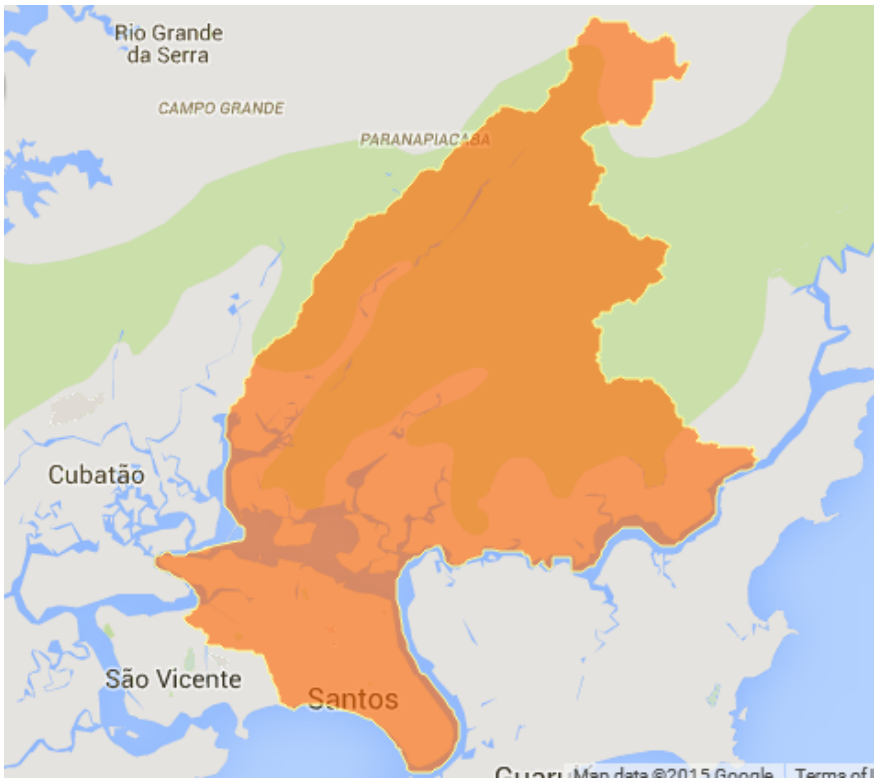


Figura 2 - Município de Santos, território - Área de 280.674 km², Censo 2010
Fonte: **Cidade/IBGE, 2015**

Ao longo desses anos pode-se observar o crescimento de Santos e junto com ele os impactos ambientais (NASCIMENTO, 2013).

Figura 3 - Foto aérea da cidade de Santos
Fonte: Histórias e Lendas de Santos

Figura 4 - **Foto aérea da cidade de Santos**
Fonte: Histórias e Lendas de Santos

A ecologia urbana, como ciência, enfatiza a importância da vegetação e das áreas verdes no ecossistema urbano. Pesquisas e investigações técnicas, neste sentido, foram realizadas na cidade de Santos, inclusive, por Sampaio *et al*., (2009), que conseguiram mapear toda a área verde do município.

O conforto, a saúde e a questão ambiental na qualidade de vida da população são fatores que influenciam de forma direta o comportamento do ser humano em seu cotidiano (MASCARÓ, 2007).

Segundo Barcellos (2009), existem estudos que mostram que em função de aumento da temperatura ambiente e suas conseqüências diretas no fator psicológico das pessoas houve aumento das doenças respiratórias. “A poluição sonora também tem influência no comportamento do dia a dia do munícipe que não tem nenhuma proteção para receber toda a carga de decibéis” (CALIXTO, RODRIGUES, 2004). Existe ainda o efeito térmico causado por falta de ventilação vinda do mar: “O fato de Santos estar localizada numa baixada, sem proteção eficaz contra o mar, cria problemas, como registram Martins e Johnston (2012) apud Nascimento (2013): “O calor da cidade pode ser

sufocante, pois os ventos do mar não penetram muito no interior da cidade, daí o incômodo".

> O micro clima urbano ou "ilhas de calor",fenômeno que ocorre quando a temperatura em determinadas regiões dos centros urbanos fica muito maior do que a temperatura nas regiões periféricas, devido à alta concentração de fontes de calor, como: edifícios, vias pavimentadas, poluição atmosférica, veículos consumindo combustível e liberando energia, falta de vegetação resultando baixa taxa de evaporação, refletem todo o desconforto gerado por estes fatores climáticos que se formam quando há barreiras geomorfológicas, ou onde as construções e emissões de poluentes atmosféricos que dão origem ao aumento da temperatura (TAJIRI, CAVALCANTI e POTENZA, 2011).

Segundo Wmo (1996) apud Assis (2005), nas áreas urbanas a quantidade de energia usada se transforma nas maiores fontes de produção de gases responsáveis pelo efeito estufa e com o crescimento rápido das populações urbanas provoca uma pressão cada vez maior sobre o sítio local, pela intensificação do uso e ocupação do solo, aumentando as mudanças climáticas.

Atualmente Santos caracteriza-se pelo aglomerado de edifícios que se expandiram pela cidade ao longo dos anos, devido à grande especulação imobiliária que se teve a partir de 2008 vinculada à divulgação da instalação de base da Petrobras para exploração do pré-sal.

Caracterizado como área nobre os bairros localizados na orla da praia acabaram por fazer uma extensa barreira de edifícios que prejudicam a circulação das correntes de ar vindas do oceano em direção aos bairros localizados na zona intermediária e central. Esta alteração de gabarito de altura promovida pela Lei nº 312 de 23/11/1998, com interesses primordiais de especulação imobiliária, deu a cidade impactos negativos no que tange tanto nas questões ambientais e alteração dos micro-climas urbanos, como vemos nesta pesquisa, como nas questões urbanísticas com aumento populacional significativo destas regiões, mas ainda existe uma carência de informações em relação a este assunto e seus impactos.

Um dos fatores importantes para uma boa circulação de ar na cidade seria um bom planejamento urbano, respeitar a geografia, a orientação e as

condições climáticas do local no momento de se projetar novos edifícios, buscando sempre o melhor conforto ao usuário.

São preocupantes as características das unidades habitacionais projetadas atualmente, caracterizando uma arquitetura de interesse comercial, voltada para especulação imobiliária, com cômodos pequenos, sanitários com ventilação forçada e mal posicionada em relação ao terreno, o que deixa a desejar o conforto ambiental. Ao contrário das unidades construídas nas décadas anteriores, que eram amplas, com pés direito altos, bem dimensionadas e ventiladas. Outra preocupação é em relação às leis de gabarito de altura que interferem tanto na formação do micro-clima urbano.

Algumas cidades sofrem com esse problema como é o caso de São Paulo e Nova York, entre outras. Com edifícios altos e ruas estreitas quase não se tem uma visão do céu, formando grandes “canyons” (Figuras 5 e 6). Algumas pesquisas foram feitas, calculando o fator de visão do céu (FVC) através de software apropriado como 3Dskyview ou ArcGis, desta forma pesquisadores chegaram à conclusão que a relação entre a altura do edifício com a largura da rua (fator que define o calculo de visão do céu) é um dos fatores principais para a formação de ilhas de calor urbano (RIBEIRO, 2003).

Figura 5 – Bairro do Gonzaga
Fonte: Google Maps

Figura 6 – Bairro do Embaré
Fonte: Google Maps

Ao pensar na qualidade de vida da população santista e seu conforto ambiental, o presente estudo tem como objetivo investigar, comparativamente, a influência do grau da verticalização urbana no conforto térmico em três realidades distintas, além de avaliações de possíveis interferências de outros fatores ambientais. Os bairros escolhidos para o estudo foram Gonzaga, Encruzilhada e Valongo, porque considerou-se que estes são os que representam a maior parte das variações urbanas no município de Santos, conforme será detalhado.

A pesquisa inclui revisão bibliográfica, com estudos realizados anteriormente sobre a questão de conforto ambiental, suas variáveis, bem como os principais fatores que levam as cidades a sofrerem o efeito de “ilhas de calor” ou micro-clima urbano. Dentro desse conceito foram sugeridas propostas para minimizar o desconforto térmico causado por estes efeitos, pensando sempre no conforto e qualidade de vida do homem.

2. REVISÃO HISTÓRICA

2.1. A CIDADE DE SANTOS

Segundo Azevedo (1965) apud Mello (2008), a cidade de Santos surgiu por volta de 1536 e foi elevada à categoria de vila em 1545. O desenvolvimento do povoado se deu devido às atividades portuárias e comerciais. Em 1867 com a inauguração da ferrovia São Paulo Railway, ligando São Paulo a Santos, aumentaram as atividades urbanas locais e com a construção do porto em 1888, ocorreu a abertura de novas ruas e a canalização dos ribeirões.

Com a implantação do projeto de Saturnino de Brito no início do século XX, toda a planície foi urbanizada. Este projeto permitiu a expansão da cidade até as praias, então ocupadas por chácaras de veraneio de propriedade dos Barões do Café. Assim, foram criados os canais de drenagem a céu aberto. A orla da praia tornou-se verticalizada a partir da década de 50 devendo-se, entre outros fatores, em decorrência da inauguração da Via Anchieta (1947), que proporcionou facilidade de acesso ao litoral (MELLO, 2008).

Santos, no início foi povoada na região do bairro que hoje conhecemos como Valongo (Figuras 7 e 8), hoje com seus 251 habitantes (Censo, 2010), onde se desenvolveu como um local comercial e residencial.

> Por volta de 1.850, a cidade começa a tomar novas proporções, ocupando outras regiões, dentre elas Vila Nova e Paquetá. Com o crescimento do comércio cafeeiro e o desenvolvimento do porto, a área foi dotada de uma estrutura de comércio, saúde e transporte, que auxiliou no desenvolvimento desses bairros, onde se instalaram as famílias abastadas. (MELLO, 2008).

No início do século XX, os bairros Vila Nova e Paquetá passaram a abrigar a elite santista, em casarões de alto padrão, tornando-se o local mais rico de Santos. Com a chegada dos imigrantes, o porto passa a ter uma imagem não muito favorável, as condições de salubridade eram as piores possíveis, agravadas pelas características geográficas da cidade.

O porto era a porta de entrada de grandes epidemias e doenças, por exemplo, a febre amarela, que se fixaram no país, tornando na época uma preocupação nacional.

É neste contexto histórico da cidade de Santos, no período entre o final do século XIX e início do século XX, que surgiram os primeiros cortiços no município. Período em que a cidade passava pela epidemia da febre amarela, as famílias mais nobres começaram a ocupar outros bairros da cidade, e os bairros do Paquetá, Vila Nova e Centro passaram a ser ocupados por uma população mais carente. Surgindo assim outros bairros, a cidade desenvolve-se em direção à orla. Nessa época os proprietários de terras ocupavam e disputavam de forma exagerada por suas propriedades.

Figura 7 - Santos- Bairro do Valongo – Década de 20
Fonte: Fala Santos

Figura 8 - **Santos – Bairro do Valongo – 2011**
Fonte: Fala Santos

A construção da Avenida Ana Costa (Figuras 9 e 10) começou em maio de 1889 quando abriram um caminho que ligava a Vila Matias ao Gonzaga, que deve seu nome a um bar pertencente a Luís Antônio Gonzaga, o “Bar do Gonzaga”, situado na avenida da praia. O local era ponto de referência para os bondes que ligavam as praias ao centro. O bar tornou-se ponto para os passageiros. E assim o bairro ganhou esse nome. [2]

Outro fato pouco conhecido é que a Avenida Ana Costa foi a primeira via pública em Santos a receber iluminação elétrica. Esse serviço foi executado por etapas. No dia 15 de agosto de 1903, a Companhia de Ferro Carril Santista iluminou pela primeira vez o trecho de suas oficinas até a esquina da Rua Carvalho de Mendonça. As lâmpadas foram colocadas de 50 em 50 metros, e os moradores da avenida na época ficaram impressionados com a beleza da mesma.[2]

Uma importante referência ao bairro do Gonzaga é o Parque Balneário, que no início do século XX era usado para festas, cassino, shows e recepções da alta sociedade santista.

[2] www.turismoemsantos.com.br

Nos anos 80 foi construído o segundo “shopping Center” do bairro chamado Miramar, que também comporta hotel com 3 e 5 estrelas. Em 2010 foi construído o Pátio Iporanga, com lojas, cinemas e escritórios comerciais que fizeram quadruplicar o número de lojas com produtos e serviços diversificados que contribuem na transformação do Gonzaga em pólo comercial e turístico.

Figura 9 - Santos – Av. Ana Costa - Década de 20.
Fonte: Instituto Histórico e Geográfico de Santos

Figura 10 - Santos – Av. Ana Costa – 2011.
Fonte: Diário do Litoral

O bairro do Gonzaga (Figuras 11 e 12) também é conhecido como um local onde as pessoas buscam boa comida, cultura, entretenimento, moda e diversão. Com avenidas movimentadas, “shoppings centers”, hotéis, cinemas, praia e a famosa Praça da Independência e Praça das Bandeiras que fazem parte do cotidiano da cidade, o Gonzaga representa o cartão-postal de Santos. Uma paisagem que contagia quem passa pelo calçadão, com um toque histórico do bonde que hoje restaurado encontra-se em exposição. [3]

Figura 11 - Santos – Bairro do Gonzaga - Década de 20
Fonte: Instituto Histórico e Geográfico de Santos

[3] www.turismoemsantos.com.br

Figura 12 - Santos – Bairro do Gonzaga – 2011
Fonte: Diário do Litoral

Com grande aglomerado de edifícios, o bairro do Gonzaga atualmente com 24.788 habitantes (Censo, 2010) acabou formando as “ilhas de calor” em função dos altos edifícios, construídos de maneira exacerbada, após uma grande especulação imobiliária que se deu a partir de 2008 com o surgimento do pré-sal e se estendeu até os dias atuais com a explosão imobiliária que a cidade vem vivenciando. A verticalização aumentou e cada vez mais edifícios são projetados e construídos lado a lado, comprometendo assim os espaços de ventilação entre eles, além de comprometer bairros vizinhos com a barreira de edifícios localizados em toda orla santista. Edifícios que se expandem em outros bairros da cidade como, por exemplo, a Encruzilhada (Figuras 13 e 14) que atualmente com 15.588 habitantes (Censo, 2010) se caracteriza por sua mista variedade de construções com prédios de três andares até torres de mais de 20 pavimentos.

Figura 13 - Santos – Bairro da Encruzilhada - Década de 20
Fonte: Instituto Histórico e Geográfico de Santos

Figura 14 - Santos – Bairro da Encruzilhada – 2011
Fonte: Diário do Litoral

No início do século XX o Bairro da Encruzilhada era tomado por chalés que foram substituídos por sobrados e edifícios. As últimas grandes áreas livres - onde ficavam os campos dos clubes XV de Novembro e da Praia, dois populares representantes do futebol varzeano - foram ocupadas pelos 23

prédios do Conjunto Residencial Ana Costa, que atualmente se localiza entre a Rua Luis de Camões e a Avenida Ana Costa. Essa rua é totalmente arborizada o que dá ao local um grande sombreamento. As únicas praças do bairro são Almirante Tamandaré e Padre Champagnat. O Bairro foi criado em 1968, de característica residencial[4].

No final do século XIX havia um caminho sinuoso, de terra mal batida, sem valas, com águas pluviais acumuladas aqui e ali, esperando que o sol forte viesse secá-las. Por ser oblíquo, acabava por "encruzilhar-se" com a vereda seguinte, que também se encontrava no mesmo estado: cheia de poças de água entre o mato rasteiro. Não se via nem sinal da Avenida Conselheiro Nébias. E justamente por causa daquele popular "cruzamento de veredas", todos começaram a chamar as áreas próximas de Encruzilhada. Não era um nome oficial até que, em 1968, quando se definiu o novo abairramento de Santos, a região ganhou *status* de bairro. No final das contas, prevaleceu a denominação tradicional. Marcada também pelos Jamboleiros localizados ao longo da Avenida Washington Luis[5].

2.2. A VERTICALIZAÇÃO DA ORLA DA PRAIA

A década de 40 representou um período de grande dinamismo em Santos, em função do crescimento das atividades portuárias e de comercio e serviços, do surgimento da indústria e da expansão da orla marítima. Como decorrência do crescimento econômico, ocorreu um importante crescimento populacional na região. A cidade cresce ao longo dessa década, tanto em termos econômicos e espaciais como em termos demográficos, com uma população de 118.896 habitantes em 1940, passa para 198.405 habitantes em 1950, portanto um crescimento de 66,8% (MULLER apud MELLO, 2008)

A construção da Via Anchieta (a primeira pista em 1947 e a segunda em 1950), representou antes de tudo, um avanço na qualidade do sistema rodoviário, até então dependente da antiga estrada de mão única, com curvas

[4] www.turismoemsantos.com.br.

[5] http://www.novomilenio.inf.br/santos/h0100b22.htm

muito fechadas, dificultando o trafego de veículos mais pesados, além da falta de segurança, devido a rampas muito íngremes (ASSECOB, 1984 p. 75-76). Até então o transporte de automóveis e ônibus era feito pela estrada caminho do mar e os passageiros usavam a Estrada de Ferro Santos-Jundiaí.

> A orla da praia trouxe para as metrópoles litorâneas um traço singular de enormes percussões políticas, urbanísticas, culturais e paisagísticas. As terras ao longo da orla começaram a ser privilegiadas a partir do final do século XIX. Seus proprietários passaram a ser detentores de um monopólio e sobre seus preços recaia um enorme componente de preço de monopólio. Sobre tais terras começou a incidir a demanda das burguesias para fins residenciais. Entretanto, sua oferta era restrita e aqui entrou as condições e possibilidades de deslocamento como elemento que atuava na oferta de terra (VILLAÇA apud MELLO, 2008).

O traçado da cidade partiu do centro em direção a orla da praia. Assim, a elite residencial da área central da cidade passa a se localizar na região da praia. Esta expansão urbana ocorre no ciclo do café. A abertura das avenidas Ana Costa e Conselheiro Nébias foram essenciais para que a cidade alcançasse a região da orla da praia. Tal fato altera todo o traçado da cidade, e esta expansão não foi traçada de forma continua.

> Essa expansão em direção às praias, não se deu de forma contínua, enquanto se fazia o crescimento dos bairros praianos, á custa da população de classe média e de classe proletária, os mais abastados foram diretamente para a orla praiana, onde, por volta de 1910, quase só havia chácara de veraneio, pertencentes em geral aos abastados negociantes ligados ao comércio do café, deixando um grande vazio representado por uma área intra-urbano no entremeio do centro e a praia nesta época (ARAUJO FILHO apud MELLO, 2008).

Segundo Andrade (1989) apud Mello (2008), entre a cidade e a Barra havia um enorme vazio, que aos poucos foi sendo preenchido. Assim a Barra foi sendo ocupada por casas e chácaras, numa expansão significativa. Esta expansão teve uma divisão social marcada, onde os abastados moravam nas chácaras mansões e chalés elegantes, os moradores de classe media ocupavam os bairros mais próximos ao centro como Vila Mathias e Vila Macuco.

A Pesquisa Ibope de 08/07/2012, apontava que entre as cidades com maior índice de verticalização, Santos lidera a lista com 63%, seguida por capitais como Balneário Camboriú, com 57%, e Porto Alegre, com 47%[6].

Vargas e Gonçalves (2000) apud Prata (2005), em relatório técnico sobre possível impacto de edifício alto na orla da cidade de Santos, destacam entre outras observações:

1. Volumes edificáveis de forma retangular representam verdadeiras barreiras físicas para as correntes de circulação de ventos predominantes vindos da orla;

2. A construção destas barreiras pode ocasionar a formação de turbulências de ar nas quatro fachadas o que, dependendo da altura do edifício, poderá causar problemas de desconforto urbano;

3. Quanto à altura dos edifícios e o dimensionamento das estratégias de medição microclimáticas, a definição do ideal somente seria possível por meio de estudo em laboratório de túnel de vento, utilizando modelos físicos reduzidos.

2.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS DA CIDADE DE SANTOS

A cidade de Santos possui um clima tropical úmido, presente principalmente, nas regiões litorâneas do Sudeste, apresenta grande influência da umidade vinda do Oceano Atlântico. As temperaturas são elevadas no verão (podendo atingir até 40°C) e amenas no inverno (média de 20º C). Em função da umidade trazida pelo oceano, costuma chover muito nestas áreas.

> Os ventos provenientes do sul e sudeste e que acompanham as massas polares são predominantes de abril a setembro, transportando umidade e ocasionando aumento de nebulosidade. Essa nebulosidade pode provocar neblina ou densa cerração que envolve a encosta da Serra do mar (predominante no outono e inverno). O vento noroeste é caracterizado pela chegada de frentes frias provocando mudanças no tempo, soprando com maior intensidade de maio a agosto. Mo mês de janeiro um vento de forte intensidade no sentido noroeste traz consigo as tempestades de verão (AFONSO apud PRATA, 2005).

[6] https://santosturismo.wordpress.com.

No cotidiano, soma-se aos ventos dominantes a alternância das brisas marítimas e terrestre. A proximidade entre a terra e o oceano ocasiona diferenças de temperatura que segundo Santos (1965) e Afonso (2001) apud Prata (2005), “estabelece no litoral uma troca térmica permanente realizada pela brisa marítima que sopra do oceano par ao continente durante o dia e da brisa terrestre que sopra em sentido inverso à noite”. Como mostra a Figura 15.

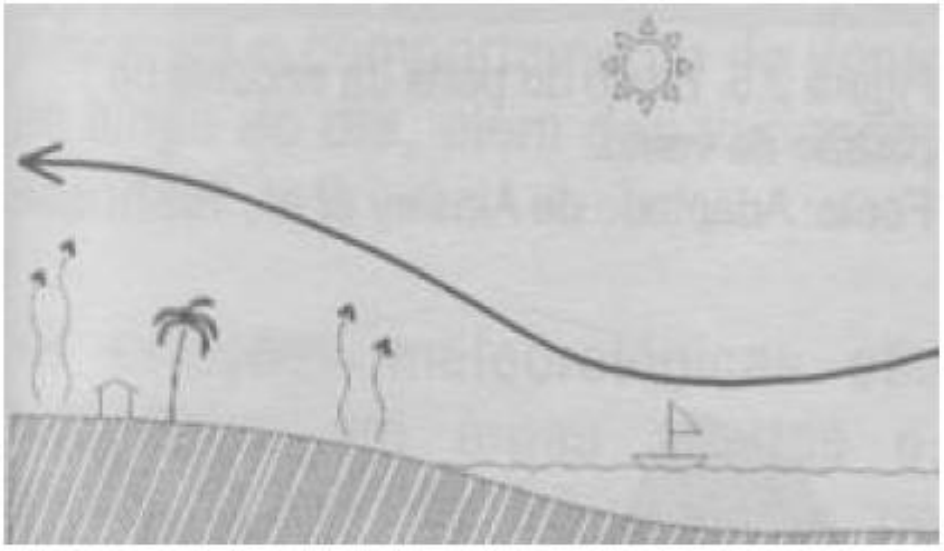


Figura 15 - Esquema da circulação atmosférica mar/terra x terra/ mar
Fonte: Bittencourt, 2005

A baixada santista como um todo possui características climáticas particulares.

> São ocasionadas pelo regime das massas de ar e a proximidade com a escarpa da Serra do Mar. Predomina a presença de massa tropical atlântica, sofrendo variações conforme as invasões de frente frias, da massa equatorial e da massa polar. Nos períodos de domínio da massa tropical atlântica sobre o continente, o tempo fica bom com aumento de temperatura e nebulosidade pela manhã e tarde. Na presença de massa polar, o tempo permanece bom e as temperaturas são mais amenas no verão e baixa no inverno. Quando a massa equatorial atinge a região, a sensação é caracterizada por ar parado com excessivo calor. A frente fria é responsável pelo mau tempo e nos casos em que a massa de ar é predominantemente quente e úmida, ocorrem chuvas e instabilidade. Quanto ao deslocamento desta é rápido, seus efeitos são pouco significativos, mas quando ocorre o encontro com a serra, esta pode permanecer estacionaria, tentando transpor a escarpa, o que torna o ar mais

> saturado e faz com que apareçam nuvens, nevoeiros, cerração densa, garoa ou chuvas torrenciais (AFONSO apud PRATA, 2005).

2.4. CONFORTO AMBIENTAL

Segundo Mascaró (2006), conforto ambiental “é a soma das condições físicas que propiciam ao organismo um melhor desempenho com menor gasto de energia e conseqüentemente sensação psicofísica de bem-estar”. Fitch (1972), “define as condições de conforto como requisitos essenciais para a apreciação estética. Branco, (1995), incorpora aspectos sociais, e diz: ”o conforto ambicionado por um milionário pode ser diferente do almejado por um intelectual”.

> Uma pessoa está confortável com relação a um acontecimento ou fenômeno quando pode observá-lo ou senti-lo sem preocupação ou incômodo. O corpo humano produz calor no seu interior que, em parte, se dissipa para o meio ambiente (por condução, por convecção, por radiação e pela evaporação da água produzida por transpiração). Existe um nível ótimo para o fluxo de perda de calor, no qual a temperatura da pele se mantém perto de 35 graus C e a pessoa se sente em neutrabilidade térmica, ou seja, em conforto térmico. Se o fluxo de perda de calor que deixa o corpo eventualmente aumenta (por exemplo, se a temperatura do ar desce), a reação será tentar diminuí-lo (os poros se fecham diminuindo a transpiração e a pessoa coloca mais roupa). Mas se o fluxo de perda continua a aumentar, a pessoa sente frio (CORDELLA, YANNAS, 2003).

Conforto ambiental embora seja considerado algo que nem todos sentem da mesma maneira, por varias razões como, por exemplo, idade, sexo, estado emocional. Deve ser a somatória de todas as condições físicas que auxiliam no melhor desempenho e bem estar físico e emocional.

> As condições de conforto e qualidade de vida são parte de situações mais amplas de salubridade ambiental e segurança, dentro das quais se estabelecem padrões de garantia da integridade física e mental das pessoas e de seus direitos a saúde, ao bem estar e a um ambiente seguro, tanto físico como socialmente; daí conclui-se, que meios desconfortáveis são insalubres e perigosos (ADAM, 2001).

Para que se tenha uma construção um dos principais fatores é atenuar as condições negativas a aproveitar os aspectos positivos oferecidos pelo clima

e pela localização. É necessário levar em conta que, o clima, afeta o corpo humano pela interação de cinco elementos: a temperatura do ar, a radiação solar, o vento, a umidade e as precipitações. Para que se tenha uma arquitetura apropriada ao ambiente, devem-se tratar esses cinco elementos de maneira particular, para se projetar uma construção que corresponda ao bem estar do homem. As relações entre esses elementos são fortes e simbólicas. A relação entre temperatura e radiação é um complemento, para se sentir confortável em um ambiente em temperaturas elevadas, é necessário que o nível de radiação seja baixo. Em contra partida a relação entre temperatura e umidade é muito forte, quando o ar se aquece a umidade abaixa. O movimento do ar pode regularizar tanto a temperatura quanto a umidade. A temperatura e umidade alta podem ser controladas com uma boa ventilação.

Nas regiões tropicais pode-se melhorar o conforto com uma boa ventilação e com uma absorção de radiação solar.

“Existe uma relação entre a temperatura externa e a interna de um edifício e é significativa quando se trata de um lugar com clima mais frio, já não tem tanta diferença em regiões quente-úmidas” (ADAM, 2001).

2.4.1 CONFORTO HUMANO

O conforto humano depende de vários fatores. As variáveis como vestimenta, estado emocional, idade, sexo interferem no conforto do homem. Em espaços abertos existem as influencias climáticas, posição geográfica, desenho da cidade, orientação entre outras variáveis. Nos espaços fechados existem outras variáveis como material de construção utilizado, aberturas de portas e janelas, posição em relação à orientação, entre outras vertentes. Assim como os espaços abertos que possuem outras variáveis do meio externo.

Segundo padrões da ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air, “a sensação humana de conforto térmico depende da combinação de vários fatores tanto do ambiente como do indivíduo, além de outros mais subjetivos, como idade, sexo, estado de saúde, adaptação

fisiológica ao clima local ou simplesmente preferências pessoais" (SILVA, 2011).

> Os fatores do indivíduo são: a atividade física exercida, representada pela taxa metabólica, e a resistência térmica da vestimenta utilizada. Quanto maior a atividade física, maior será o calor gerado pelo metabolismo. As atividades, tanto ativas quanto passivas, dos habitantes urbanos, necessitam de ambientes que sejam confortáveis termicamente. (LABAKI *et al*., 2011).

Na área urbana, o conforto humano depende basicamente da ventilação natural e da não incidência de radiação solar direta tanto nas próprias pessoas como nas construções, que absorvem o calor em vez de interrompê-los.

Como explica Silva *et al.* (2011), "a incidência solar direta pode ser interceptada de maneira muito eficaz através do sombreamento proporcionado pelas árvores e o vento, que é refrigerado ao entrar em contato com as superfícies foliares e realizar trocas por convecção".

O homem dependendo do clima fica condicionado ao estado de saúde, ao tipo de roupa, a maior ou menor adaptação ao meio ambiente, ao fato de estar trabalhando ou descansando, etc. O corpo humano perde calor pela radiação, pela convecção ou pela evaporação.

> A perda de calor pela radiação ou pela convecção pode ocorrer quando o ar e o meio ambiente têm temperatura mais baixa que a do corpo, a perda por evaporação de suor acontece quando o ar é seco o suficiente para absorver maior calor. O índice de perda varia com a umidade do ar e com a velocidade com que ele sopra contra a pele (HERTZ, 1998).

2.4.2. CONFORTO TÉRMICO

Lamberts (2005) define que, conforto térmico é o estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico em que permanece. A insatisfação pode ser causada pela sensação de desconforto pelo calor ou pelo frio, quando existe uma instabilidade térmica, ou seja, quando há diferenças entre o calor produzido pelo corpo e o calor perdido para o ambiente.

Rivero apud Adam (2001 p.43) afirma que, o conforto térmico humano, de uma forma mais objetiva, é a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico. O conforto térmico de um indivíduo se alcança quando as condições do meio permitem que seu sistema termorregulador esteja em estado de mínima tensão.

> O metabolismo do corpo humano é muito sensível e tem na circulação sanguínea um metabolismo termorregulador para suportar as variáveis térmicas. A circulação atende uma ordem de propriedades na manutenção da temperatura corporal: primeiramente garante o perfeito funcionamento do cérebro, coração, e outros órgãos importantes e gradativamente ocorre o resfriamento das extremidades corporais inferiores, gerando gradações de temperatura em todo o corpo (ADAM, 2001).

As variáveis do meio ambiente atuam diretamente na percepção térmica do ser humano. É necessário conhecer como as variáveis do meio (temperatura, radiação, umidade e movimento do ar) atuam sobre a percepção térmica do homem.

De acordo com Romero (2000): “Para se fazer um estudo sobre a influência no homem das condições térmicas de um ambiente é preciso medir as variáveis e expressar a relação entre a causa e efeito”. Já o conforto térmico urbano esta relacionado com a ocupação do solo urbana que altera todo o micro clima dependendo de como esta planejada.

“O estudo sobre o conforto térmico urbano é um importante indicador do impacto da ocupação urbana na alteração do micro-clima, podendo causar problemas referentes à saúde, qualidade de vida e ao consumo energético” (VALÉRIO, 2010).

2.4.3. VARIÁVEIS DO CONFORTO TÉRMICO

Em resumo as variáveis de conforto térmico ou climático são temperatura, radiação solar, vento e umidade do ar.

> As variáveis de conforto térmico estão divididas em variáveis ambientais e variáveis humanas. As variáveis humanas são: - metabolismo gerado pela atividade física - resistência térmica oferecida pela vestimenta e as ambientais são: - temperatura do ar; -

> temperatura radiante média; - velocidade do ar; - umidade relativa do ar. Além disso, variáveis como: sexo, idade, raça, hábitos alimentares, peso, altura, entre outros, podem exercer influência nas condições de conforto de cada pessoa e devem ser consideradas (LAMBERTS,1997).

No estabelecimento de seu equilíbrio térmico com o meio, ocorrem diversos processos de trocas térmicas nos seres humanos, quais sejam: troca por radiação, troca por condução, troca por convecção e troca por evaporação, de forma a manter a temperatura interna do corpo em torno de 37º C aproximadamente.

> O homem deve perder para o meio ambiente, na unidade de tempo, uma quantidade certa de calor, em função da atividade que esta exercendo, e dadas as condições ambientais que ora propiciam uma dissipação maior, ora uma menor do que a quantidade que esta sendo produzida, torna-se necessária a existência de meios de controle que façam com que a dissipação se processe de maneira regular com a conseqüente variação nas condições do meio (TOLEDO apud ROMERO, 2000, p. 49).

2.4.4. VENTO E VENTILAÇÃO NATURAL

Pode-se dizer que o vento é o ar em movimento, resultante do deslocamento de massas de ar. Essas massas são derivadas do efeito da diferença de pressão atmosféricas entre duas regiões distintas.

Essas diferenças de pressão segundo Silva *et al*. (2011), “são de origem térmica e estão diretamente relacionadas à radiação solar e processos de aquecimentos de massas de ar”.

> Os ventos são formados a partir de influencias como continentabilidade, maritimidade, latitude e amplitude térmica. A ventilação natural é o fenômeno da movimentação do ar no interior de edificações ou em ambientes externos sem a indução de nenhum sistema mecânico (SILVA *et al*., 2011).
>
> Existem três princípios que definem a movimentação do ar: o resultado do átrio onde o ar se movimenta mais lentamente próximo a superfície da terra do que na atmosfera; o resultado da inércia onde o ar tende a se movimentar na mesma direção que seguia antes de encontrar um obstáculo; o resultado da pressão, onde flui as zonas de alta para baixa pressão (BROWN E DEKAY, 2000 apud SILVA *et al*., 2011).

Brown e Dekay (2000) apud Silva *et al*. (2011), afirmam que “a modificação da rugosidade do terreno compromete a ventilação, pois cria obstáculos para a passagem de ventos ali predominantes, contribuindo para o aquecimento e promovendo a formação de novos micro-climas”.

Segundo Andreasi (2007) apud Silva *et al*. (2011), “a ventilação natural capaz de proporcionar a renovação do ar de um ambiente, provocando a dissipação de calor e a desconcentração de vapores, fumaças e poluentes e a velocidade do ar sobre as pessoas é fundamental par ao alcance do conforto térmico”.

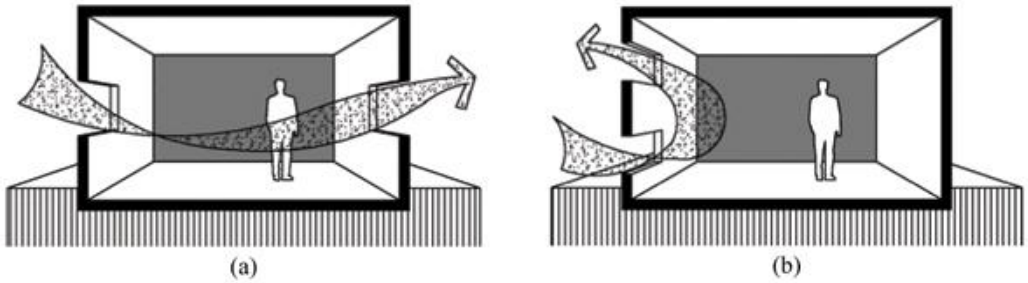


Figura 16 - Ventilação natural: (a) cruzada e (b) unilateral
Fonte: Souza *et al.*, 2011

A importância da vegetação e ressaltada em Algumas pesquisas de Mascaró (2004) no controle das correntes de ar, associadas às características de filtragem, redirecionamento ou obstrução do caminho do vento e redução da sua velocidade.

Lopes (2006) apud Silva *et al*. (2011), constatou que os espaços abertos com vegetação arbórea reduzem a velocidade dos ventos em nível do usuário em estudos realizados em Teresina, Piauí.

“A utilização da vegetação como quebra-vento é destacada em três momentos: redimensionamentos de ar para as áreas superiores, criando turbulências e absorvendo a energia do ar por átrio e de acordo com a altura e densidade da copa das arvores”. Lechner, (1990) apud Silva *et al*., (2011).

Boutet (1987) apud Silva *et al*. (2011), constatou a eficiência dos agrupamentos arbóreos na redução da velocidade do vento em mais de 50% em relação a espaços abertos.

Percebe-se que a eficiência na redução da velocidade dos ventos depende da disposição da vegetação nos espaços abertos. Em regiões de clima quente, o efeito da redução da velocidade do vento pelas arvores não e muito significativa.

A ventilação natural em áreas urbanas depende da altura dos edifícios, do espaçamento entre eles, da largura das ruas, além do padrão climático de cada cidade, incluindo, a direção e velocidade dos ventos. Alterações em gabaritos urbanos, sem estudos prévios, podem contribuir negativamente naquilo tudo que um cidadão consciente espera encontrar na sua cidade, incluindo o conforto climático, posição compartilhada por (PRATA, 2005).

Mallick (1996) apud Silva *et al*. (2011), diz que a “zona de conforto” esta intrinsecamente relacionada com a velocidade do ar. O fluxo de ar sobre a pele provoca a sensação de resfriamento em ambientes com temperaturas entre 30º C ou superiores a esse valor.

Segundo esses pesquisadores citados neste trabalho, a vegetação funciona como um obstáculo para o fluxo de ar e esse fenômeno é somente parcial. Quando a velocidade do vento é baixa, as correntes de ar penetram pelas copas das arvores, mas quando a velocidade do ar é alta, o fluxo de ar tende a circundá-las.

Para Schiffer e Frota (2003), “em regiões de clima quente e úmido, como no Brasil, a ventilação natural é a estratégia mais simples para promover o conforto térmico quando a temperatura interna torna-se elevada”.

Jones e West (2001) apud Silva *et al.* (2011), “consideram como um dos principais benefícios da ventilação natural a redução do consumo de energia, minimizando diretamente o uso de sistema de ventilação mecânica e ar condicionado”.

Em projetos arquitetônicos devemos aproveitar ao máximo as condições de ventilação natural. E uma das formas mais adequadas de se projetar.

Economizando energia com o aproveitamento total de aberturas, desenvolvendo ventilação cruzada para melhor conforto interno (Figura 16). Posicionando melhor os cômodos em relação aos ventos deixando ambientes mais ou menos ventilados, desta forma evitando o uso de ar condicionado. Dependendo da direção dos ventos é favorável ou não para as edificações. Figura 17.

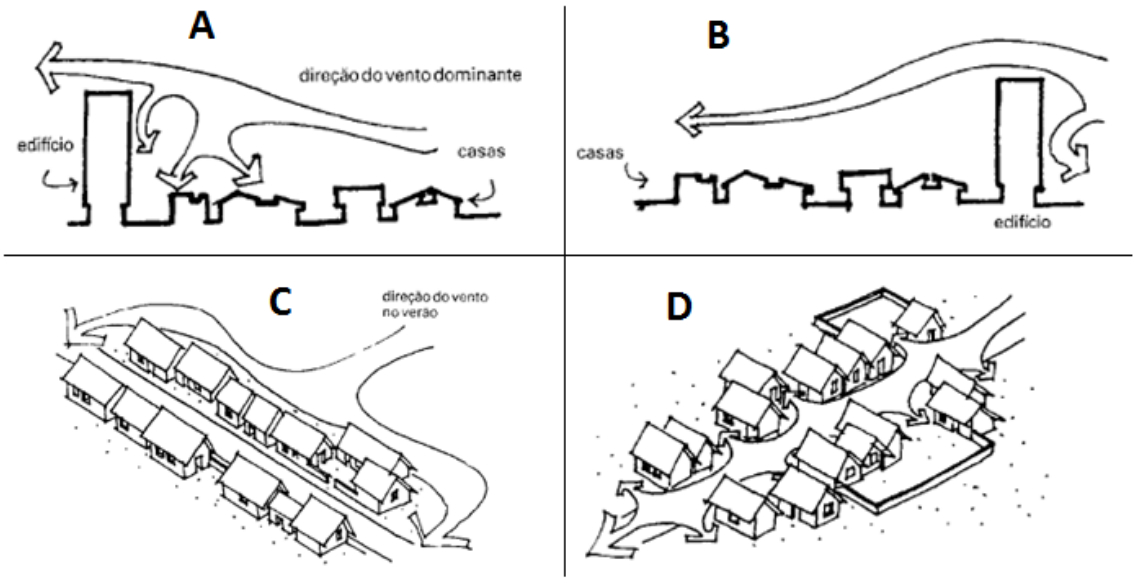


Figura 17 – A- Direção dominante do vento sem barreira de edifícios. B- Direção dominante do vento com barreiras de edifícios. C- Direção do vento. Má orientação das ruas impede a passagem do vento. D- Com boa orientação o vento dominante chega a todas as casas (Fonte: Lengen, Johan Van. Manual do arquiteto descalço. Curitiba, 2004. Pg.105)

2.4.5. RADIAÇÃO SOLAR

Radiação solar é uma energia eletromagnética, que atinge a Terra após ser parcialmente absorvida pela atmosfera. A maior influencia da radiação solar é na distribuição da temperatura do globo. As quantidades de radiação variam em função da época do ano e da latitude. Este fenômeno pode examinado de melhor maneira ao observar o movimento do Sol em relação à Terra (Frota e Schiffer, 2003).

> À medida que a radiação penetra na atmosfera terrestre, sua intensidade é reduzida e sua distribuição é alterada em função da absorção, reflexão e difusão dos raios solares pelos diversos componentes do ar. O ozônio absorve a maior parte dos raios ultravioletas e aqueles de menor comprimento de onda, fazendo com que uma pequena parcela chegue à superfície da terra. Os vapores d'água e o dióxido de carbono absorvem grande parte dos raios infravermelhos, reduzindo a sua carga térmica. O padrão diário e anual de energia solar incidente sobre a superfície da terra depende da intensidade da radiação solar e da duração da presença do sol na abóboda celeste (ROMERO, 2000).

De acordo com Moreno (2001) apud Prata (2005), a radiação solar aquece a atmosfera de maneira diferente. Como o ar frio é mais denso do que o quente, originam-se diferenças de pressão que, associada à rotação da terra, produzem a circulação dos ventos no mundo. Existe de forma geral, três tipos de correntes atmosféricas:

- Ventos alísios - entre as latitudes 30º N e 30º S que são fracos;
- Ventos oestes - entre as latitudes 30º e 60º tanto para latitude Norte como Sul que são rápidos;
- Ventos polares – latitudes de 60º até os pólos Norte e Sul que são tempestuosos.

No Brasil há predominância de ventos alísios que são provenientes de sentido sudeste. (Prata, 2005) Figura 21.

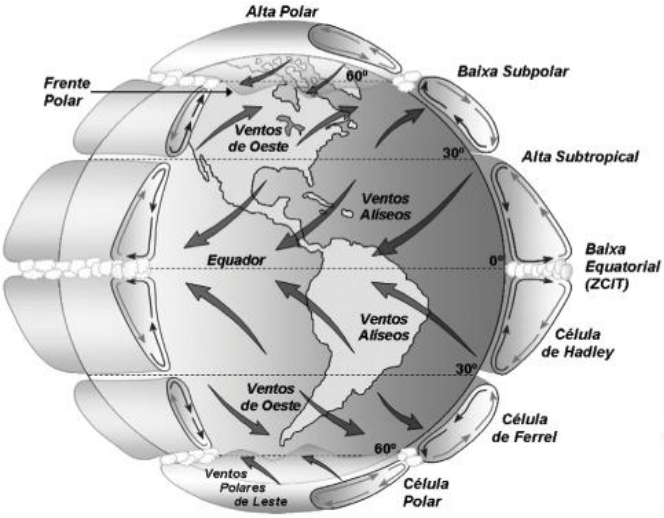


Figura 18 - Modelo Conceitual da circulação global atmosférica, indicando à direção dos ventos próximos a superfície terrestre.
Fonte: Meio Ambiente/ Cultura mix

Para os edifícios ecológicos, a energia solar é fundamental, pois serve para o aquecimento solar, para a obtenção de eletricidade fotovoltaica, energia hidráulica, eólica, entre outras. Deve-se buscar o máximo aproveitamento da iluminação natural, por meio de chaminés de luz, clarabóias, lanternins, tetos reflexivos e materiais translúcidos, minimizando o consumo de energia elétrica e ampliando as alternativas dos edifícios (ADAM, 2001).

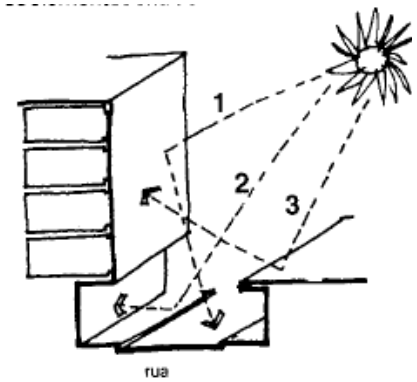


Figura 19 - Os raios do sol caem sobre fachada plana, refletem na rua e em outras construções, irradiando calor por toda parte. Rua de asfalto absorve muito calor, tetos planos refletem os raios na fachada do edifício.
Fonte: Lengen, Johan Van. Manual do arquiteto descalço. Curitiba, 2004. Pg.105

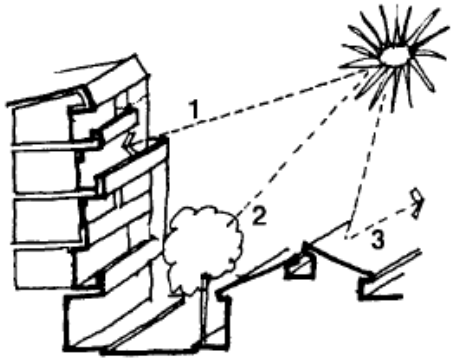


Figura 20 - Os raios do sol caem sobre fachada irregular, a fachada projeta sombra em si mesma. As árvores fazem sombra no asfalto. Com os tetos em formas diferentes e inclinados o reflexo é irregular, fazendo sombra nas outras construções.
Fonte: Lengen, Johan Van. Manual do arquiteto descalço. Curitiba, 2004. Pg.105

Para um melhor resultado quando se trata de construções arquitetônicas é necessário utilizar os recursos dos materiais de construção bem como elementos e formas mais adequadas possíveis, assim como mostra as figuras 22 e 23, edifícios posicionados e elaborados da maneira ideal faz com que a radiação solar seja mais amena possível.

2.4.6. TEMPERATURA DO AR

Pode-se considerar uma das mais importantes variáveis do conforto ambiental e principal fator de desconforto humano. A temperatura do ar influencia bruscamente no comportamento humano, impedindo-o de desempenhar algumas atividades dependendo do grau da temperatura. A sensação de conforto e bem estar depende muito da temperatura do ar.

> A temperatura do ar é a principal variável do conforto térmico. A sensação de conforto baseia-se na perda de calor do corpo pelo diferencial de temperatura entre a pele e o ar, complementada pelos outros mecanismos termos-reguladores. O calor é produzido pelo corpo através do metabolismo e suas perdas são menores quando e temperatura do ar está alta ou maiores quando a temperatura está mais baixa. A diferença de temperatura entre dois pontos no ambiente provoca a movimentação do ar, chamada de convecção natural: a parte mais quente torna-se mais leve e sobe enquanto a mais fria, desce, proporcionando uma sensação de resfriamento do ambiente (LAMBERTS, 1997).

O sol ilumina de forma desigual as varias partes da superfície terrestre. Esse fato associado aos diferentes coeficientes de absorção da radiação solar

dos diferentes tipos de solo e águas da superfície da terra ocasiona uma distribuição desigual da energia solar, cujos efeitos são o aparecimento dos movimentos de massa de ar e de águas (correntes marinhas) e as trocas de matéria e energia entre o ar, o mar e aterra (por exemplo a evaporação da água dos mares, as chuvas, etc.).

"O ar em contato com a superfície que obteve ganhos de calor é aquecido por condução, devido a este fenômeno, o calor adquirido e transferido às camadas superiores principalmente por convecção, assim as camadas inferiores ficam instáveis misturando-se com as camadas altas. "(ROMERO, 2000).

2.4.7. A UMIDADE RELATIVA DO AR

A umidade relativa do ar é a relação entre a quantidade de água existente no ar (umidade absoluta) e a quantidade máxima que poderia haver na mesma temperatura (ponto de saturação). Ela é um dos indicadores usados na meteorologia para se saber como o tempo se comportará. Essa umidade presente no ar é decorrente de uma das fases do ciclo hidrológico, o processo de evaporação da água. O vapor de água sobe para a atmosfera e se acumula em forma de nuvens, mas uma parte passa a compor o ar que circula na atmosfera.

Em um deserto a umidade relativa do ar pode chegar a 15%, sendo que a média mundial é de 60%.

A umidade relativa do ar vai variar de acordo com a temperatura. Quando a umidade do ar está muito baixa, ou mesmo, muito alta pode haver problemas, principalmente respiratórios. Com a umidade muito baixa (menos que 30%), as alergias, sinusites, asmas e outras doenças tendem a se agravar. Já, quando a umidade relativa do ar é muito alta, podem surgir fungos, mofos, bolores e ácaros. Quando a temperatura está baixa (mais ou menos 24ºC), se a umidade relativa do ar for muito alta, você sente calor do mesmo jeito, porque o suor evapora de sua pele com mais dificuldade o que faz com que a sensação térmica seja mais alta. Da mesma forma, se estiver muito quente e a umidade relativa do ar muito baixa, você conseguirá suportar até 37ºC sem passar mal porque seu suor evaporará mais rápido resfriando seu corpo.

O instrumento usado para medir a umidade relativa do ar é o higrômetro. Ele geralmente é feito usando-se sais de lítioque apresentam uma resistência variável de acordo com a quantidade de água absorvida (UNICAMP, 2013). (http://www.cpa.unicamp.br)

2.4.8. RECURSOS NATURAIS DE CONFORTO

Segundo Lombardo (1985), o clima urbano é produzido pela ação do homem sobre a natureza e se relaciona à produção de condições diferenciadas de conforto e desconforto térmico.

Para Lamberts *et al*. (1997), as "condições climáticas urbanas inadequadas significam perda da qualidade de vida para uma parte da população, enquanto para outra, conduzem ao aporte de energia para o condicionamento térmico das edificações".

A urbanização acelerada e desordenada tem comprometido a qualidade ambiental das grandes cidades, sobretudo pela perda da cobertura arbórea e a má ocupação dos solos que interferem diretamente na rugosidade do terreno, diminuindo a ventilação natural. A soma desses fatores trouxe como conseqüência o desconforto térmico e formação de "ilhas de calor" na malha urbana. Quando a arquitetura nas cidades é implantada sem um bom planejamento, é necessário buscar recursos da natureza para tentar solucionar ou amenizar desconforto nas cidades.

> O aumento da ventilação natural e da vegetação são recursos muito citados na literatura para obtenção do conforto devido às inúmeras funções benéficas que esses executam no meio. A partir da análise de diversos trabalhos relacionados à arborização urbana e ventilação natural é possível notar a eficiência desses recursos naturais na mitigação do ambiente urbano gerando um micro-clima que proporciona uma maior condição de conforto e redução do consumo energético melhorando a qualidade ambiental das cidades. Por meio da análise proposta neste trabalho deseja-se que os profissionais que atuam diretamente na organização e construção do espaço urbano, considerem mais ativamente os elementos que envolvem arborização e conforto térmico urbano (SILVA, ET AL 2011).

2.5. CONDIÇÕES CLIMÁTICAS URBANAS

Pode-se entender que cidades são organizações estritamente humanas, nas quais o homem atua com toda a sua força e plenitude, transformando a natureza em função de suas necessidades. “Com isso, o homem elegeu a cidade como sua morada e a cada ano que passa o número de pessoas nelas vem crescendo vertiginosamente” (SANTOS, 1993, APUD ALVES, 2010).

> Junto com o intenso crescimento populacional encontram-se elevadas taxas de exclusão social e falta de investimentos, o que gera cada vez mais, um número maior de excluídos que vivem em condições de miséria nas cidades. Como resultado desse crescimento, tem-se um agravamento dos problemas socioeconômicos, como também, dos problemas do meio ambiente urbano. Em busca de melhorar esse meio ambiente já deteriorado, o homem vem criando mais e mais ambientes artificiais para amenizar as carências ambientais (ALVES, 2010).

De acordo com Viana (2006) apud Alves (2010), esses ambientes são pensados de maneira a atender às necessidades humanas, e infelizmente é esquecida a questão da preservação do meio ambiente e a qualidade de vida. Assim sendo, ao construir ou edificar um ambiente para si, o homem modifica o equilíbrio entre a superfície e a atmosfera. Uma modificação que pode ser relacionada às mudanças climáticas de temperatura e umidade intra-urbana e rural, como é chamado clima urbano.

> A expansão da cidade é muitas vezes vista como um símbolo do progresso do mundo moderno, que se distingue do mundo rural, representante da imagem do retrocesso. Entretanto, na medida em que as cidades se expandem em tamanho e população, as alterações inerentes ao processo de modificação da paisagem afetam as condições essenciais à vida urbana, tais como a água, o solo e o ar, afetando o clima. Os fatores responsáveis pela formação do clima urbano criam condições de dotar a cidade de características particulares, que a diferenciam do entorno, tanto assim, que a conseqüência principal do processo de urbanização é o surgimento do fenômeno Ilha de calor, que se desenvolve na cidade, de de calor, que se desenvolve na cidade, de crescimento da malha urbana, como verificado nos estudos desenvolvidos por Lansberg e Maisel (1972), em Maryland; Hsu (1984) em Phoenix; Lee (1992) em Londres e Magee et. al. (1999) no Alaska. Além dos fatores citados, o tamanho da cidade (OKE, 1973), a velocidade do vento (OKE, 1982) e a geometria dos vales e dos prédios, podem auxiliar na formação da ilha de calor urbana (FIALHO, 2012).

As modificações climáticas podem ser tão significativas que as áreas urbanas resultem em verdadeiras *ilhas de calor.* Essas ilhas de calor, basicamente, são geradas a partir das modificações impostas como à drenagem do solo, pelo seu revestimento, por superfícies de concreto e asfalto, o distanciamento entre os edifícios, ausência de vegetação, entre outros fatores. Além destes fatores, as cidades também são produtoras de calor.

> Nelas se instalam grandes quantidades de equipamentos termoelétricos e de combustão para a produção de mercadorias e transportes de pessoas e cargas. Interferem, ainda, prejudicando a ventilação natural. Além disso, a poluição gerada em um meio urbano modifica as condições do ar quanto a sua composição química e odores. A quantidade de radiação solar recebida pelas diversas edificações inseridas numa cidade vai variar com relação às posições das edificações vizinhas, as quais podem construir barreiras umas às outras ao sol e ao vento (FROTA e SCHIFFER, 2003).

O clima urbano gerado pela cidade através da interferência de vários fatores tem os efeitos mais diretos percebidos pela população através de manifestações que acabam interferindo na qualidade vida de seus habitantes. Com isso o balanço de energia na área urbana é modificado devido às alterações promovidas pela substituição das superfícies naturais por superfícies artificiais (pavimentações e construções), que armazenam parte da energia incidente na superfície que seria utilizada na evaporação, aquecendo os ambientes urbanos, tornando-os mais quentes que as regiões periféricas. (MONTEIRO, 1976).

Devido a essas características de ocupação do solo os componentes do meio ambiente urbano são modificados de acordo com Mendonça, (1994) da seguinte forma:

• A radiação solar global é nas cidades reduzida de 15 a 20% e o ultravioleta de 5 a 30%; a radiação solar direta é também inferior à da área rural;

• A temperatura média anual e a temperatura mínima de inverno são superiores à rural cerca de 0,5°C a 1,0°C e 1,0°C a 2,0°C, respectivamente;

O fluxo de calor latente é mais importante na área rural, enquanto o fluxo de calor sensível é mais importante nas cidades, sendo nestas alimentado pelo

calor antropogênico e pela maior participação da superfície urbana nos processos de ondas longas;

• A maior concentração de aerossóis nas cidades aumenta em torno de 50 vezes o total de núcleos de condensação, elevando assim a nebulosidade urbana em relação à área rural e natural;

• A precipitação urbana é relativamente superior (5 a 10%) às áreas rurais, enquanto a umidade relativa se comporta de maneira inversa (média anual é inferior a 6%);

• A estrutura e morfologia urbana condicionam a movimentação do ar direcionando e reduzindo (de 10 a 30%) a velocidade do vento.

• O albedo médio das cidades é de 0,15, enquanto nas áreas rurais é de 0,18 a 0,25 e superior nas áreas florestadas, sendo que a insolação é cerca de 5 a 15% inferior à da área rural.

“Conceitualmente albedo é uma medida da refletância solar de um corpo, objeto ou de uma superfície. Ou seja, é a razão entre a radiação eletromagnética refletida e a quantidade incidente” (COSTA, 2007, p. 20 apud ALVES, 2010).

“O papel dos materiais de construção é decisivo no ganho térmico. Sua performance é determinada pelas características óticas e térmicas, sendo o albedo e a emissividade seus mais significantes fatores”. (COSTA, 2007, p. 20 apud ALVES, 2010).

Segundo Monteiro (1976), essas modificações ocorridas nos elementos climáticos fazem com que a cidade gere um clima próprio, resultante da interferência das indústrias, da circulação de veículos, da retirada da vegetação, da pavimentação e grande quantidade de concreto, que agem de maneira direta alterando o clima em escala local. Essas modificações criam anomalias, e seus efeitos são sentidos pela população através do conforto térmico, qualidade do ar, e alterações nos impactos pluviais.

> As anomalias que ocorrem na umidade e na temperatura são oriundas do aquecimento diferenciado das diferentes feições do ambiente urbano, são elas: ilha úmida (IU) e ilha seca (IS), ilha de frescor (IF) e ilha de calor (IC).
> As ilhas de frescor são caracterizadas por apresentarem temperaturas mais amenas em relação aos outros locais citadinos.

> As ilhas úmidas ocorrem no meio urbano devido a maior arborização de alguns locais, a presença de corpos hídricos, e são caracterizadas por apresentarem claramente taxas mais elevadas de umidade se comparadas as taxas de outros ambientes, que não possuem árvores e superfícies com água. Geralmente as ilhas úmidas estão intimamente ligadas às ilhas de frescor. As “ilhas de calor” e as ilhas secas são originadas por diversos fatores. Alguns independem da ação humana, por exemplo, os ventos regionais. Porém, outros são manipuláveis, como os materiais utilizados na construção civil: rocha, tijolo, concreto, ferragens, e asfalto, materiais que absorvem radiação solar, conservando energia durante o dia, e liberando aos poucos durante o período noturno, aumentando a temperatura em determinados pontos, e diminuindo em outros (MENDONÇA, 1994 apud SOUZA *et al*., 2004).

2.6. ILHAS DE CALOR OU MICRO-CLIMA URBANO

O micro clima urbano ou *ilhas de calor* “fenômeno que ocorre quando a temperatura em determinadas regiões dos centros urbanos fica muito maior do que a temperatura nas regiões periféricas” (TAJIRI, et al 2011).

Este fenômeno acontece devido à alta concentração de fontes de calor, como: grande quantidade de edifícios, muitas vias pavimentadas, poluição atmosférica, veículos consumindo combustível e liberando energia, falta de vegetação resultando em baixa taxa de evaporação. Refletem todo o desconforto gerado por estes fatores climáticos que se formam quando há barreiras geomorfológicas, aumentando a temperatura. Ver figura 24.

Ilha de calor urbana é sem dúvida causada pela ação do homem e que tem como palco os grandes espaços urbanos. Diversos autores e pesquisadores atribuem à causa da ilha de calor urbana a diferentes fatores. Cada um deles enfatiza este ou aquele fator, sem que exista um consenso, ou mesmo uma convergência, para um fator único; nem mesmo podemos afirmar que tal fator exista. Entretanto, podemos apontar um conjunto destes fatores, que de uma forma ou de outra, repetem-se de forma independente, na opinião desses autores.

Podemos enumerá-los como sendo: o uso do solo (no espaço urbano), a ausência de áreas verdes, a verticalização, a contaminação ou poluição do ar, a baixa umidade relativa, devido à baixa evaporação a partir do solo, a

concentração de geração de calor pelas atividades que têm lugar na área urbana.

O tema ilha de calor urbano requer conceitos e informações provenientes de diversas áreas de conhecimento em virtude da complexidade e da amplitude do tema.

> Embora, o termo ilha de calor tenha hoje se transformado em um conceito, este carrega em si muitas incertezas, porque não há um critério claro e objetivo que o defina. Por exemplo, ao se comparar dois locais com o mesmo uso da terra, mas em vertentes com maior e menor insolação, isso acarretaria uma diferenciação da temperatura do ar entre os locais, contudo, isso não é suficiente para dizer que exista uma ilha de calor. Neste caso, acredito que a melhor terminologia seria *núcleo de calor*, uma vez que a orientação das vertentes é o fator responsável pela diferença que possa existir entre ambientes homogêneos. A princípio, o conceito de ilha de calor está relacionado às atividades humanas sobre a superfície e sua repercussão na troposfera inferior, ainda assim, não está claro, na literatura, em que momento ou qual diferença de temperatura do ar se pode atestar a existência do fenômeno em questão (FIALHO, 2012).

O fato é que as metrópoles são capazes de gerar um gradiente de temperatura, isto é, as cidades são geralmente mais quentes do que as respectivas áreas ao seu entorno. Esse aumento de temperatura é conhecido por se constituir na essência da ilha de calor urbana (MAGALHÃES FILHO *et al.*, 2010).

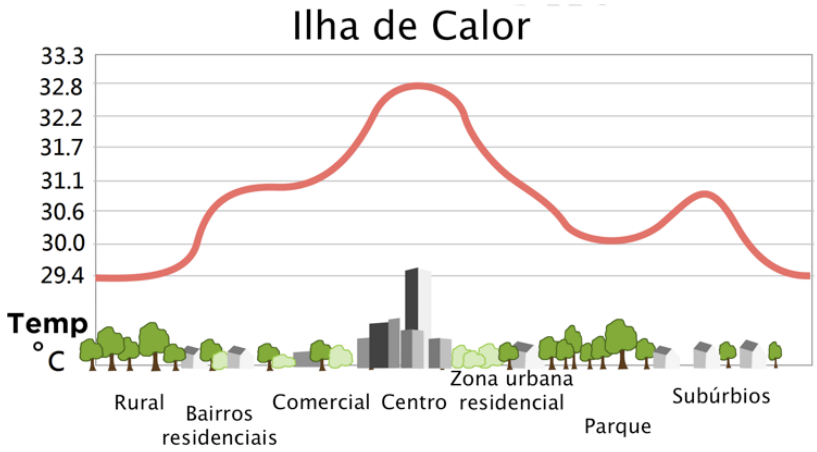


Figura 21 - Ilha de Calor
Fonte: Epa - Unitate State Environmental Protection Agency

> Ilha de calor (ou ICU, ilha de calor urbana) é a designação dada à distribuição espacial e temporal do campo de temperatura sobre a cidade que apresenta um máximo, definindo uma distribuição de isotermas que faz lembrar as curvas de nível da topografia de uma ilha, dai a origem do nome *ilha de calor*. A origem das ilhas de calor decorre da simples presença de edificações e das alterações das paisagens feitas pelo homem nas cidades. A superfície urbana apresenta particularidades em relação à menor capacidade térmica e densidade dos materiais utilizados nas construções urbanas: asfalto, concreto, telhas, solo exposto, presença de vegetação nos parques, ruas, avenidas, bulevares e também, alterações do albedo (reflexão das ondas curtas solares) devido às sombras projetadas das construções e à impermeabilização da superfície do solo que implica aumento da velocidade do escoamento superficial da água de chuva e maior risco de cheias das baixadas, várzeas etc.(Wikipedia)[7]

Segundo Fialho (2012), o conceito de ilha de calor está meramente relacionado às atividades humanas sobre a superfície e sua repercussão na camada da atmosfera que esta em contato com a superfície terrestre (troposfera). Não fica claro na literatura e nem em que momento a diferença de temperatura do ar pode-se afirmar a existência do fenômeno *ilha de calor*. Este conceito é muito vulnerável. Atualmente existem algumas formas de se identificar a ilha de calor, como: registradores contínuos de temperatura do ar e umidade relativa (data-loggers), balões meteorológicos e imagens de satélites, que permitem novas observações, leituras e correlações combinadas entre a geometria urbana e os parâmetros climáticos, ficando claro que ainda existem estudos em relação a este tema.

De acordo com Oke (1978), as principais causas da formação da “ilha de calor”nas cidades são:

• O aumento da entrada de radiação de ondas longas, devido a absorção da mesma que sai e é reemitida pelos poluentes da atmosfera urbana;

[7] http://pt.wikipedia.org/wiki/Ilha_de_calor

• Menores perdas de radiação de ondas longas nas ruas e canyons urbanos, devido à redução do "*Fator de visão do céu"* pelos prédios e edifícios;

• Maior absorção da radiação de ondas curtas pela superfície urbana, devido ao efeito das construções no albedo;

• Grande estocagem de calor durante o dia, devido às propriedades térmicas dos materiais urbanos e grande emissão de radiação durante a noite;

• Adição de calor antropogênico na área urbana, devido à utilização de aquecedores e refrigeradores, transportes e operações industriais;

• Menor evaporação, devido à retirada da vegetação e à diminuição de superfícies líquidas, o que diminui o fluxo de calor latente ou evapotranspiração e aumenta o fluxo de calor sensível.

As anomalias que ocorrem na temperatura e na umidade são oriundas das diferentes feições do ambiente urbano. Sendo que a tendência em ocorrer um aumento da temperatura do ar da periferia para o centro das cidades, por sua configuração espacial, caracteriza o fenômeno de *ilha de calor*. (MONTEIRO, 1976, OKE, 1978, LOMBARDO, 1985, MENDONÇA, 1994, MAITELLI, 1994, BRANDÃO, 1996, CARVALHO, 2001, VIANA, 2006, LEÃO, 2007). Figura 25

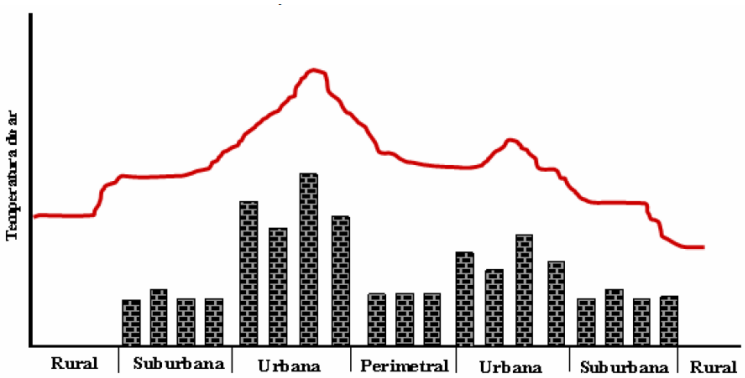


Figura 22 - Representação das variações da temperatura do ar.
Fonte: Adaptado de (MAITELLI, 1994)

2.6.1. FATORES QUE INFLUENCIAM NA FORMAÇÃO DE ILHAS DE CALOR OU MICRO-CLIMA URBANO

Como mencionamos anteriormente, “ilha de calor” ou micro-clima é o nome que se dá a um fenômeno climático que ocorre principalmente nas cidades com elevado grau de urbanização. Nestas cidades, a temperatura média costuma ser mais elevada do que nas regiões rurais próximas.

Para entendermos melhor este fenômeno climático, podemos usar como exemplo a cidade de São Paulo que é considerada uma ilha de calor para Lombardo (1985). Como esta cidade tem grande concentração de asfalto (ruas, avenidas) e concreto (prédios, casas e outras construções), ela concentra mais calor, fazendo com que a temperatura fique acima da média dos municípios da região. A umidade relativa do ar também fica baixa nestas áreas.

Segundo Lombardo (1985), “outros fatores que favorecem o aquecimento da temperatura são: pouca quantidade de verde (árvores e plantas) e alto índice de poluição atmosférica, que favorece a elevação da temperatura”.

Muita pavimentação, grande quantidade de indústrias, grande quantidades de concreto proveniente de construções entre outros fatores favorecem para a formação de tal fenômeno.

> A temperatura de uma cidade pode ser elevada em até 6 °C por conseqüência do conjunto das seguintes ações: substituição da vegetação pelo asfalto, concreto e outras superfícies impermeáveis, que ocasiona uma grande absorção da radiação solar; verticalização das construções (edifícios), formando uma barreira para a circulação do ar e emissão de gases poluentes na atmosfera (LOMBARDO, 1985).

O concreto absorve bastante radiação solar (cerca de 98%) da radiação que atinge a superfície), enquanto que as áreas verdes conseguem dissipar essa energia. Para agravar a situação, a construção de edifícios prejudica a circulação do ar, dificultando a dispersão do ar quente. A emissão de gases poluentes intensifica o efeito estufa, promovendo *ilhas de calor*, ou seja, aumento da temperatura local.

A formação e presença de ilhas de calor no mundo são negativas para o meio ambiente, pois favorecem a intensificação do fenômeno do aquecimento global.

Um das medidas para evitar a formação das *ilhas de calor urbanas* e o plantio de árvores em grande quantidade nas grandes cidades. Criação de parques e preservação de áreas verdes (LOMBADO, 1985).

2.7. FATOR DE VISÃO DO CÉU (FVC)

Pesquisadores concluem que a geometria urbana é uma das principais causas para a formação de “ilhas de calor”. A geometria urbana pode ser determinada tanto pela relação entre a altura e a largura da via (a relação H/W), como pelo fator de visão do céu (FVC). Figuras 26 e 27.

> O FVC é uma medida mais apropriada para a geometria de radiação de determinado local, pois representa a fração de céu disponível para a troca de calor. O FVC é uma estimativa da área visível do céu a partir de um ponto de observação na malha urbana e está relacionado com diversos processos ambientais urbanos. É também chamado de fator de forma ou de configuração. É, portanto, um parâmetro adimensional que indica a quantidade do céu visível em um ponto. Dessa forma, a área resulta de limites impostos pelos elementos urbanos e suas inter-relações (OKE 1982, apud SOUZA et al, 2004).

“A geometria urbana, que pode muitas vezes ser descrita pelo fator de visão do céu, é uma das principais causas da ilha de calor urbana”, conforme apontado por Oke (1982) apud Souza *et al*. (2004), “o resfriamento das superfícies terrestres é proporcional à área de céu visível para um ponto nessa superfície”.

> O fator de visão do céu (FVC) é um parâmetro adimensional também chamado de fator de configuração ou ainda fator angular. Ele indica uma relação geométrica entre a Terra e o céu e representa uma estimativa da área visível de céu. O céu, por apresentar normalmente sua temperatura inferior à da superfície terrestre, é elemento essencial no balanço de energia. Em termos geométricos, qualquer edificação, elemento ou equipamento urbano pertencente ao plano do observador posicionado na camada intra-urbanas representa uma

> obstrução à abóbada celeste. A projeção dessa edificação na abóbada celeste é a fração do céu por ela obstruída para o observador (ou ainda, representa a parte obstruída do fluxo de radiação, que deixa o observador, em direção ao céu). Seu valor numérico é sempre menor que a unidade, pois dificilmente se encontram regiões urbanas que não apresentem nenhuma obstrução do horizonte (situação para a qual seu valor seria a unidade). (OKE, 1981 apud SOUZA *et al*., 2004).

Para Chapman (2000) apud Souza *et al*. (2004), não existe uma técnica definitiva para o cálculo do FVC e os métodos geométricos não são precisos. É apontado que o cálculo por imagens obtidas por fotografias geradas com lente olho de peixe é mais preciso, porém o processamento dessas imagens é lento e pode se tornar um procedimento de longa duração.

Ratti e Richens (1999) apud Souza *et al.* (2004), também desenvolvendo técnica para processamento de imagem, “indicam o FVC como parâmetro para previsão de máxima intensidade de ilha urbana de calor”, conforme proposto por Oke (1981) apud Souza *et al*., (2004). Explorando as relações entre o fator de visão do céu e o ambiente térmico urbano, o estudo de Blankenstein e Kuttler (2003) apud Souza *et al*. (2004), relaciona o FVC com a quantidade de radiação de onda longa. “O estudo mostra que essa radiação chegou a aumentar 27,3% onde o FVC era de aproximadamente 0,4, ou seja, houve uma quantidade adicional de ondas longas armazenadas pela configuração dos edifícios”.

Apesar de existir um consenso de que o FVC é um fator importante no balanço energético e nas temperaturas da cidade, nem todos os estudos conseguem provar isso, como mostra a pesquisa de (SVENSSON, 2004 apud SOUZA *et al*., 2004).

Sobre esse assunto, vale salientar a opinião de Sousa *et al*., 2010, “que muitas vezes as influências da área urbana na temperatura do ar apresentam ordem de grandeza diferenciada em função das diferentes situações climáticas, sob diferentes tipos de tempo“.

O calculo do fator de visão do céu (FVC) pode ser feito por meios tradicionais como: processos analíticos (gráficos), por fotografia, ou processamento de imagens. O primeiro é praticamente manual e envolve uma base de dados angulares, plantas e cortes relativos às edificações. O segundo usa uma lente especial conhecida como “olho de peixe”, que possui uma

abertura angular de 180° e produz uma imagem em projeção estereográfica. Para gerar a obstrução, ela deve ser acoplada a uma câmera fotográfica, ser apontada para cima e ter um aparato provido de bússola e nível. Já o terceiro usa uma técnica de tratamento digital de imagem. Porém, a obtenção do FVC por meio de um processo de cálculo automatizado em que se utilizam recursos computacionais é recente.

Souza (2003) desenvolveu uma técnica que substitui as rotinas tradicionais, automatizando o processo de cálculo do FVC, com a vantagem de permitir a obtenção simultânea do FVC em diversos pontos. Essa técnica foi implantada diretamente no programa ArcView 3.2® (software de SIG), através de uma extensão denominada 3Dskyview, “que tem como princípio básico a sobreposição espacial de uma malha estereográfica de pontos da abóbada celeste sobre a projeção da camada intra-urbana em plano horizontal”.

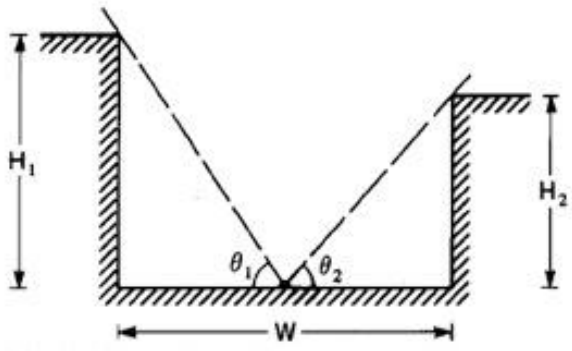


Figura 23 - Fator de visão do céu (FVC) - Relação entre a altura e largura
Fonte: Oke, 1988

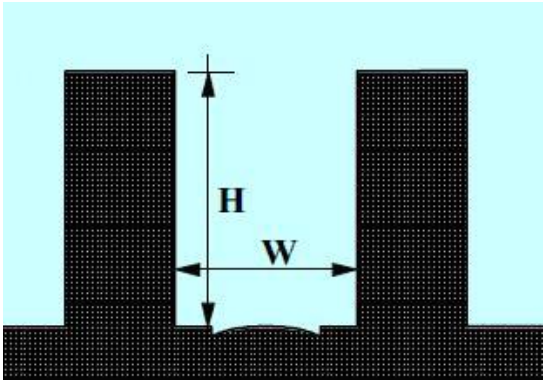


Figura 24 - Fator de visão do céu (FVC) - Relação entre a altura e largura
Fonte: Analise Geo

2.8. VEGETAÇÃO URBANA

“A paisagem urbana é composta por um mosaico de edifícios, usos da terra, e ruas com forma complexa e disposição, criando um micro-clima próprio. Estudos mostram que uma das causas deste clima é o projeto ou geometria da cidade” (Arnfield; Grimmond, 1998) apud Sampaio *et al*., (2009).

Emmanuel et al. (2007) apud Sampaio *et al*. (2009), “consideram o urbano sua geometria e sombreamento mais importante para o conforto térmico do que a característica da superfície materiais, isto é, a interação entre o urbano forma de área e da radiação solar incidente”.

Segundo Foresti *et al*. (1987) apud Sampaio *et al*. (2009), no sistema urbano a vegetação apresenta papel fundamental, desempenhando funções associadas a aspectos sociais, estéticos, psicológicos e ecológicos, diminuindo desta forma, alguns efeitos negativos dos processos urbanos. Muitas vezes as áreas verdes são vistas como um aspecto ecológico esquecendo a sua função social.

De acordo com a literatura existente, em geral, “o conceito de Áreas Verdes se aplica a diversos tipos de espaços urbanos que têm em comum o fato de serem abertos, acessíveis; relacionados com saúde e recreação ativa e passiva, proporcionando interação das atividades humanas com o meio ambiente” (DEMATTÊ, 1997) apud Sampaio *et al*., (2009).

Barbosa (2011), “quantificou os impactos positivos da presença da vegetação urbana na melhoria das condições microclimáticas da cidade de Maceió, de modo a determinar micro-climas favoráveis ao conforto térmico na malha urbana”.

De uma forma ou de outra a importância das vegetação urbana esta definida por vários estudiosos de maneira a nos mostrar que tem fundamental valor por várias razões como proporcionar interação nas atividades humanas, melhoria nas condições climáticas com a presença da vegetação em centros urbanos, desempenha seu papel social, ecológico e interfere na saúde e nas áreas de recreação.

2.8.1 ARBORIZAÇÃO E CONFORTO TÉRMICO

A história da humanidade mostra que nem sempre a interferência humana na paisagem foi marcada por degradação ambiental e insalubridades, porém, atualmente com a urbanização acelerada, esses impactos ambientais adquiram uma escala global, sendo muito mais danoso ao planeta.

Leff, (2001) apud Silva *et al*. (2011), diz que “passamos de um urbanismo *suportável e problemático* para um urbanismo *caótico*, *segregado e explosivo* com produtos e serviços de alta entropia. Por causa dessa situação caótica a Ambiência Urbana tem sido amplamente estudada”.

O significado de Ambiência Urbana é o espaço, arquitetonicamente organizado que constitui um meio físico e, ao mesmo tempo, meio estético, ou psicológico, especialmente preparado para o exercício de atividades humanas no meio urbano (LEFF, 2001 apud SILVA *et al*., 2011).

O ser humano é sensível às alterações climáticas bruscas, com grandes variações de temperatura, pois necessita manter sua temperatura corporal por volta dos 36,5ºC.

Mediante isso, trabalhos como os de Mascaró, 2009, “demonstram que ambientes onde existem áreas verdes associadas com a arborização urbana contribuem para a melhoria da ambiência urbana de varias maneiras, principalmente relacionadas à diminuição do desconforto térmico”.

Segundo Silva, Gonzalez, Silva Filho, (2011), ”em recintos urbanos arborizados, as copas das árvores reduzem o fator de céu visível e, conseqüentemente, gera o resfriamento passivo do recinto”.

De acordo com Spangenberg *et al.* (2008), “após varias simulações realizadas em um determinado estudo, que a temperatura das superfícies naturais são consideravelmente mais fria do que a construção utilizando materiais como concreto e asfalto”.

Sem duvida, estudos mostram que regiões com mais presença de vegetação e arborização é mais confortável em relação a temperatura do que locais com ausência das mesmas.

As condições de conforto podem melhorar ou piorar com os elementos da paisagem que podem mudar o movimento do ar e sua velocidade. As arvores e arbustos, muros e barreiras podem formar zonas de baixa e de alta pressão, formando assim ao redor de edifícios um micro-clima. Existem regras para melhor uso de vegetação, que Segundo Hertz, (1998), “a vegetação deve ser pensada de maneira estratégica, como por exemplo”:

- Quanto mais intensa é a grama e mais numerosa são as arvores, mais fresco é o ar;
- Quando se necessita do calor do sol no inverno, deve-se utilizar arvores de folhas caducas;
- Quando as plantas estão localizadas perto do edifício, as janelas nas paredes devem ser baixas;
- Quanto mais longe do edifício, os arbustos devem ser baixos, para não correr o risco de bloquear a ventilação;
- O uso de arvores para bloquear o vento pode também funcionar para neutralizar o ar mais quente no verão, se for o caso, o ar demasiado frio no inverno;
- As treliças com trepadeiras de folhas caducas podem funcionar bem para dar sombra;
- As trepadeiras que crescem nas paredes podem protegê-las da radiação solar;
- As trepadeiras nos telhados podem lhe dar sombra;
- E conveniente evitar a maior quantidade de pavimento possível;
- O melhor é sombrear com árvores já existentes.

> Nas zonas úmidas observa-se o problema do controle da vegetação e da seleção de alguns tipos de arvores e plantas, porque estas, alem de dar sombra, podem limitar a ventilação natural que é tão importante. Em razão da tendência de interferir na circulação do movimento natural do ar, alem de formar zonas de alta e de baixa pressão, e fundamental a localização de arvores e arbustos em relação aos espaços abertos dos edifícios. Se estiverem bem situadas, as plantas poderão, inclusive, acelerar o movimento do ar para o interior, o que resultara em uma melhor ventilação, aumentando as condições de conforto (HERTZ, 1998). Figura 28.

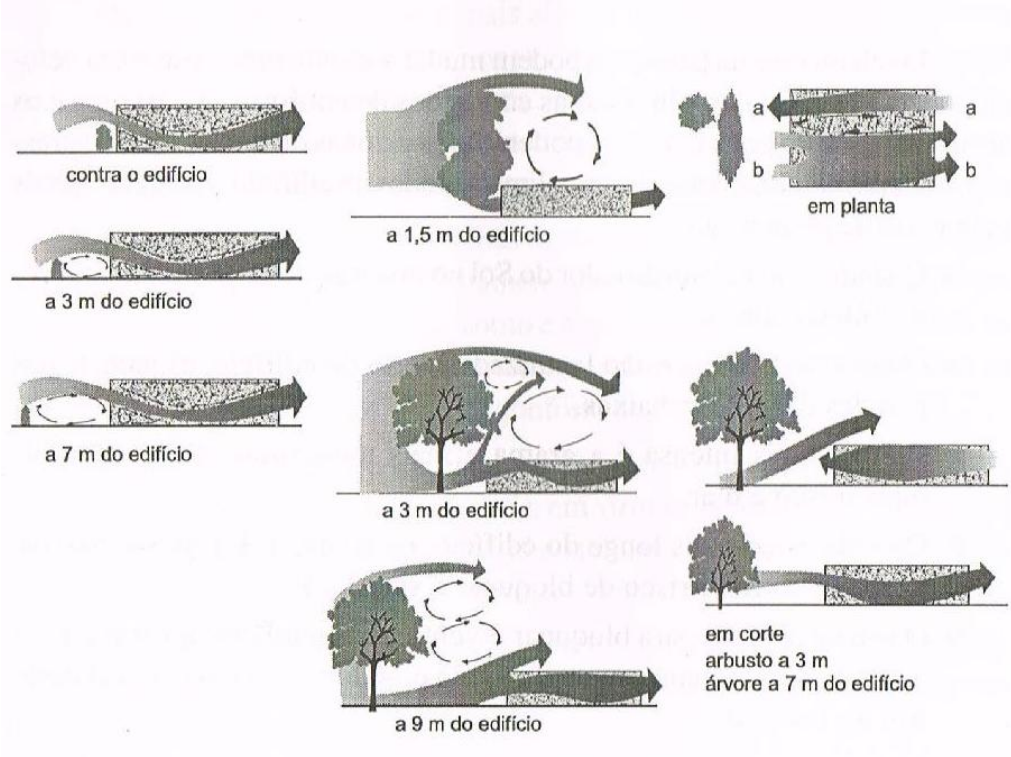


Figura 25 - Modificações da corrente de ar produzidas pela vegetação.
Fonte: Gonzalez e outros. Vol. II. Pg. 69-70

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Justificativa da escolha dos bairros

Foi adotada a faixa amostral tendo como referencia a Av. Ana Costa no sentido praia / porto variando 530 metros à esquerda e 285 metros a direita. Tendo como ponto A (Gonzaga), ponto B (Encruzilhada) e ponto C (Valongo). Como mostra a figura 29. Ainda, buscou-se uma variação estrutural, entre três bairros, os quais poderiam representar a realidade urbana da cidade.

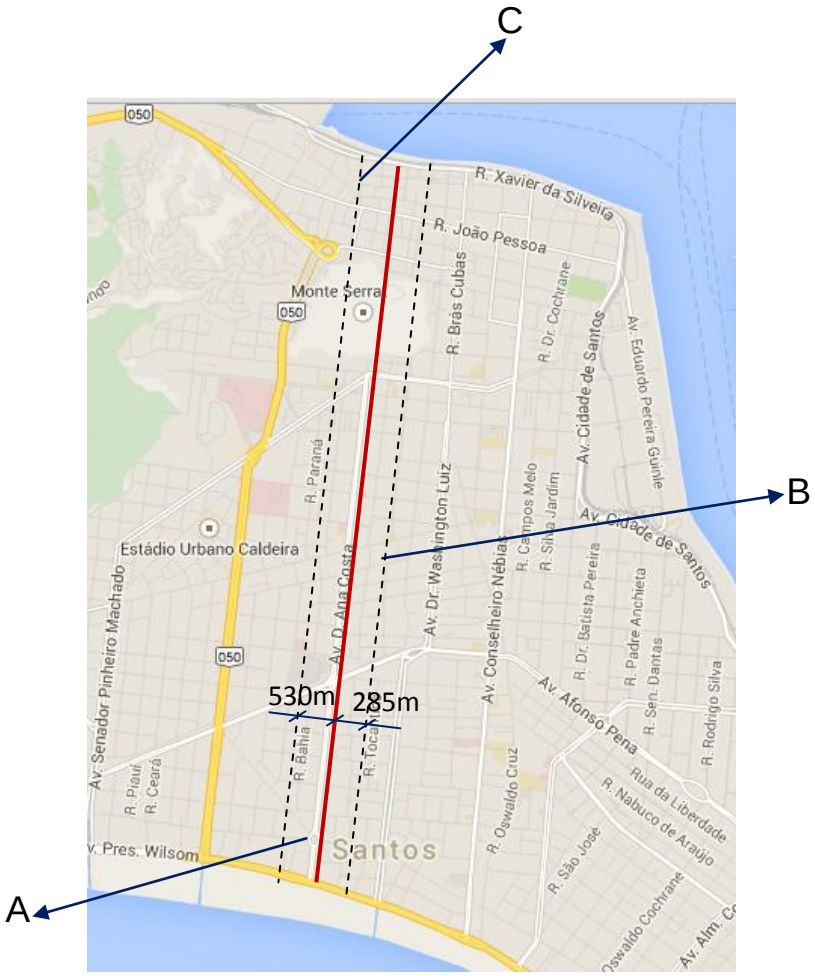


Figura 26 – Localização dos três bairros, em relação à Faixa amostral
Fonte: Google Maps

3.1.1. CARACTERIZAÇÃO DOS BAIRROS ESCOLHIDOS E DOS PONTOS DE MEDIÇÂO:

Os Bairros foram escolhidos estrategicamente, por serem distintos e possuírem características marcantes. O bairro do Gonzaga está localizado próximo a orla da praia com pouca presença de vegetação e um aglomerado de edifícios altos com características arquitetônicas desde a década de 50 até os dias atuais. Composto por edifícios destinados ao comércio, serviços e também residências. O ponto escolhido foi um consultório dentário localizado no 2º pavimento de um edifício de 10 pavimentos da década de 70 próximo a uma das praças mais importantes da cidade (Praça da Independência).

O bairro da encruzilhada está localizado na zona intermediária, com edificações variadas (desde casas térreas, sobrados até edifícios altos), predominando o caráter residencial do bairro, com presença de arborização

espalhadas pelas ruas e avenidas. O ponto escolhido foi um apartamento localizado no 3º pavimento de edifício residencial construído em 1995.

O bairro do Valongo possui uma característica marcante por estar localizado na zona central próximo ao porto e ao morro Monte Serrat, caracterizado com sua arquitetura de grande valor histórico. Possui pouca vegetação e edificações mais baixas com um ou dois pavimentos em geral destinado ao comercio e serviços. O ponto escolhido foi a secretaria do Santuário de Santo Antonio do Valongo localizado no térreo. Construção de 1641.

3.1.2. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS FIXOS DE MEDIÇÃO DE TEMPERATURA:

Figura 27 - Localização do ponto fixo de medidas de temperatura - Imagem aérea do Bairro do Gonzaga - Fonte: Sedurb – Secretaria de Desenvolvimento Urbano /2014

Figura 28 - Localização do ponto fixo - Imagem do Bairro do Gonzaga
Fonte: Google Maps

Figura 29 - Localização do ponto fixo A - Imagem do Bairro do Gonzaga
Fonte: Google Maps

ENCRUZILHADA

Figura 30 - Localização do ponto fixo de medidas de temperatura Imagem aérea do Bairro da Encruzilhada
Fonte: Sedurb - Secretaria de Desenvolvimento Urbano /2014

Figura 31 - Localização do ponto fixo B - Imagem do Bairro da Encruzilhada
Fonte: Google Maps

Figura 32 - Localização do ponto fixo B - Imagem do Bairro da Encruzilhada
Fonte: Google Maps

VALONGO

Figura 33 – Localização do ponto fixo de medidas de temperatura - Imagem aérea do Bairro do Valongo
Fonte: Sedurb – Secretaria de Desenvolvimento Urbano / 2014

Figura 34 - - Localização do ponto fixo C - Imagem do Bairro do Valongo
Fonte: Google Maps

Figura 35 -Localização do ponto fixo - Imagem do Bairro do Valongo
Fonte: Google Maps

3.2. LEVANTAMENTO DE DADOS DE TEMPERATURA DOS PONTOS FIXOS:

Para o presente estudo foi feito uma pesquisa de levantamento de dados de medição de temperatura de três locais diferentes da cidade de Santos. O termômetros foram instalados em pontos fixos no bairro do Gonzaga próximo à Praça Independência (Figuras 30, 31 e 32), local com aglomerado de edifícios, grande quantidade de asfalto e pouca vegetação, no bairro da Encruzilhada (Figuras 33, 34 e 35), região com uma mistura de edifícios, residências, prédios de três andares, edifícios com mais de 20 pavimentos, grande quantidade de asfalto e presença de vegetação em alguns trechos, e no bairro do Valongo (Figuras 36, 37 e 38), local caracterizado com edificações baixas e de grande valor histórico, pouca presença de vegetação, próxima à área portuária e grade quantidade de asfalto.

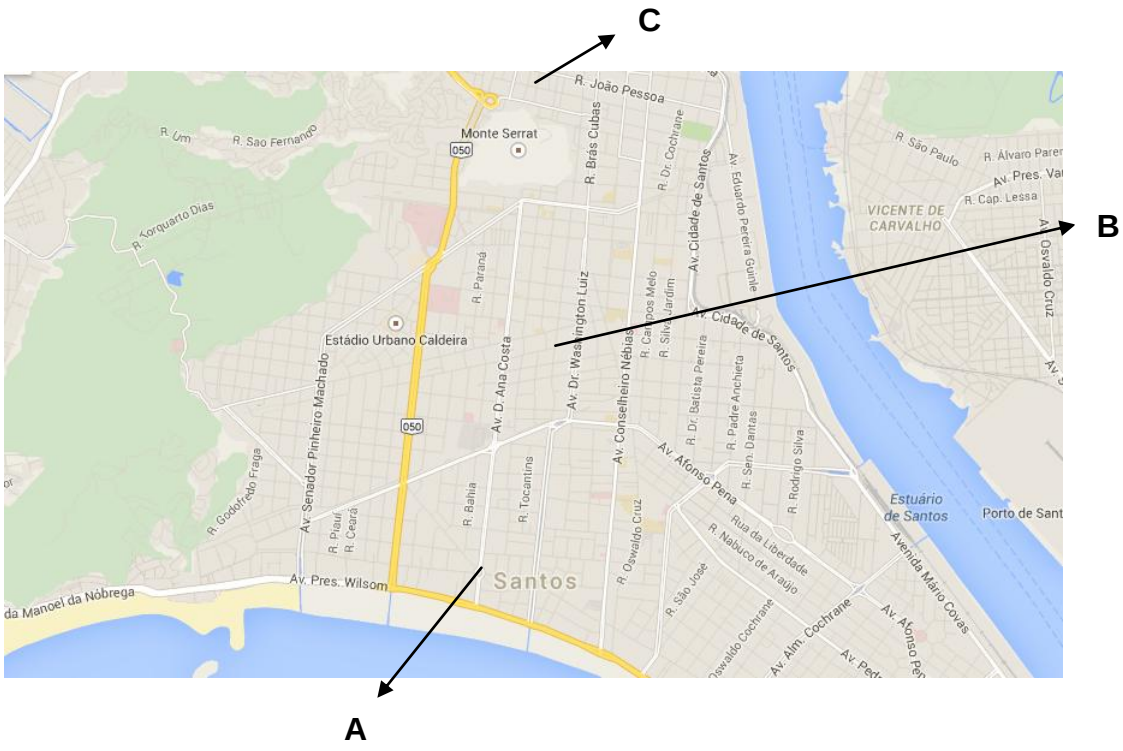


Figura 36 - Localização dos pontos fixos de medidas de temperatura
Fonte: Google Maps

As medições foram feitas com termômetro digital da marca Western (termômetro digital para ambientes), durante o período do verão de 22/12/2014 à 20/03/2015 (três meses), em três dias da semana (segunda, quarta e sexta)

em três horários diferentes (8:00, 13:00 e as 18:00). As medidas foram feitas a 1,50m do solo, na sombra, com orientação norte, evitando-se o efeito de contato com os raios solares ou com paredes, seguindo o mesmo padrão usado por Lombardo (1985). Foram coletadas temperaturas mínimas, máximas e momentâneas.

Os voluntários que anotaram os resultados obtidos de temperatura usaram uma planilha feita no programa computacional Microsoft®EXCEL. Posteriormente foram desenvolvidos gráficos e os resultados foram tratados por Anova.

Local das medições (Figura 39):

A - Rua Marechal Deodoro, Gonzaga (Edifício Comercial)

B - Rua Comendador Martins, Encruzilhada (Edifício Residencial)

C - Rua São Bento, Valongo (Edifício Religioso - Igreja do Valongo)

Características dos locais de medições:

A – Consultório odontológico localizado no 2º andar de um edifício comercial da década de 70.

B – Apartamento localizado no 3º andar de edificio residencial construído em 1.995.

C – Secretaria do Santuário Santo Antonio do Valongo localizada no térreo da edificação construída em 1.641.

Descrição do Termômetro usado na pesquisa (Figura 40):

Termômetro digital com relógio mede temperatura interna e externa.

Indica temperatura máxima, mínima e atual com sensor de temperatura externa.

Dados técnicos:

Temperatura interna: -10ºC a +50ºC

Temperatura externa: -50ºC a +70ºC

Precisão: +-1ºC

Precisão do relógio: +-1/minuto/mês

Utiliza uma pilha AA

Figura 37 – Termômetro digital Western
Fonte: Preciolândia

3.3. CALCULO DA AMPLITUDE NA VISÃO DO CÉU:

Foi feito também um levantamento de medidas utilizando trena eletrônica e trena flexível de 30m para desenvolver desenhos no programa AutoCad, relacionando a altura do edifício com a largura da rua para poder mostrar o ângulo de visão do céu com o objetivo de obter dados geométricos tradicionais que possam elucidar o quanto pode ser visto do céu em cada situação estudada, como indicador indireto do FVC (Fator de Visão do Céu). A rua, cada vez mais larga, e os prédios mais baixos, o ângulo inferior será maior e consequentemente, maior área do céu será vista. Enquanto que ruas de menor largura e maior altura nas suas construções terão ângulo menor e, por sua vez, menor área do céu será vista. Como instrumento adicional foi tirado imagens fotográficas com lentes “olho de peixe”, lente Worldview, modelo Fisheye CS-6,5 mm, acoplada a uma câmera fotográfica Canon DSLR, para estimar áreas de visualização do céu em cada bairro, para auxiliar na comparação. O programa Autocad, também, foi utilizado para verificar os cálculos da percentagem da área do céu, nas fotos tiradas com a lente “olho-de-peixe”.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. PADRÃO TÉRMICO NO BAIRRO A (GONZAGA):

4.1.1. TEMPERATURA MOMENTÂNEA EXTERNA:

Observa-se pelos dados obtidos que a temperatura momentânea externa no bairro “A” no período de dezembro a março comportou-se, durante os 88 dias de observação da seguinte maneira, conforme as médias semanais das temperaturas momentâneas, conforme gráfico 1. No Início do dia (às 8:00 horas) percebe se que a temperatura oscilava entre 28,5º C a 30,4º C. No horário das 13:00 oscilava entre 28,9ºC a 31,7º C. As leituras das 18:00 mostraram que no final de dezembro a média semanal foi de 30,9º C, terminado o período com 26,6ºC, no mês de março, com uma queda térmica forte no final de janeiro. Início de fevereiro, possivelmente devida ás chuvas daquele período. De um modo geral, constata-se uma queda gradual na temperatura durante o período do estudo.

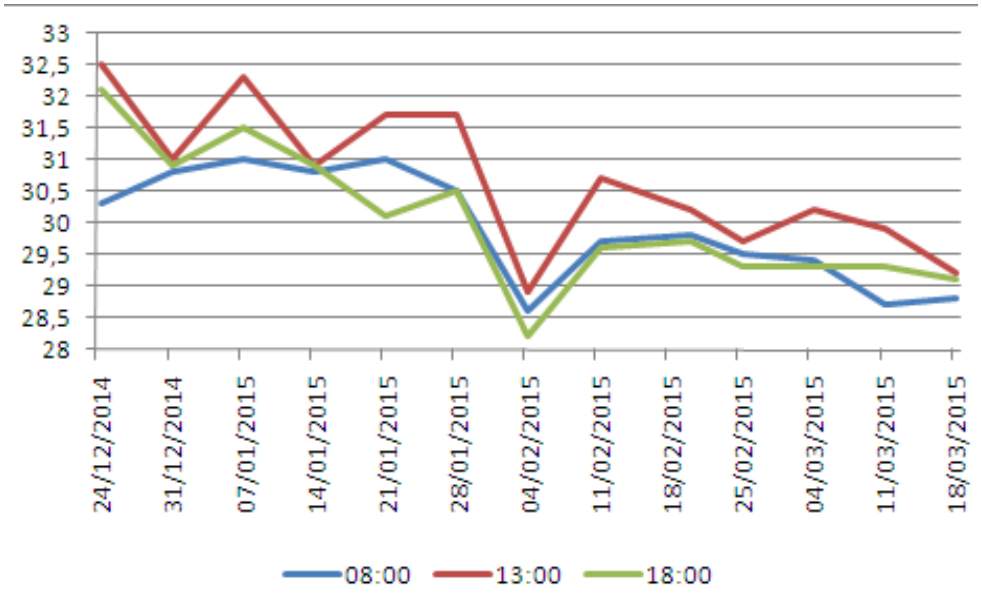


Gráfico 1 - Média semanal da temperatura externa momentânea do bairro do Gonzaga, através de três leituras diárias, no período de 22/12/2014 a 20/03/2015.

4.1.2. TEMPERATURA MOMENTÂNEA INTERNA:

O padrão térmico momentâneo interno (dentro do escritório) localizado no Bairro “A” no período de dezembro a março mostrou variações bem menores entre as médias da mesma semana, durante o período do estudo, o

que era esperado por se tratar de ambiente fechado. Verifica-se também que houve uma queda térmica no início de fevereiro, possivelmente devido à queda na temperatura externa no mesmo período, detectada anteriormente, conforme gráfico 2.

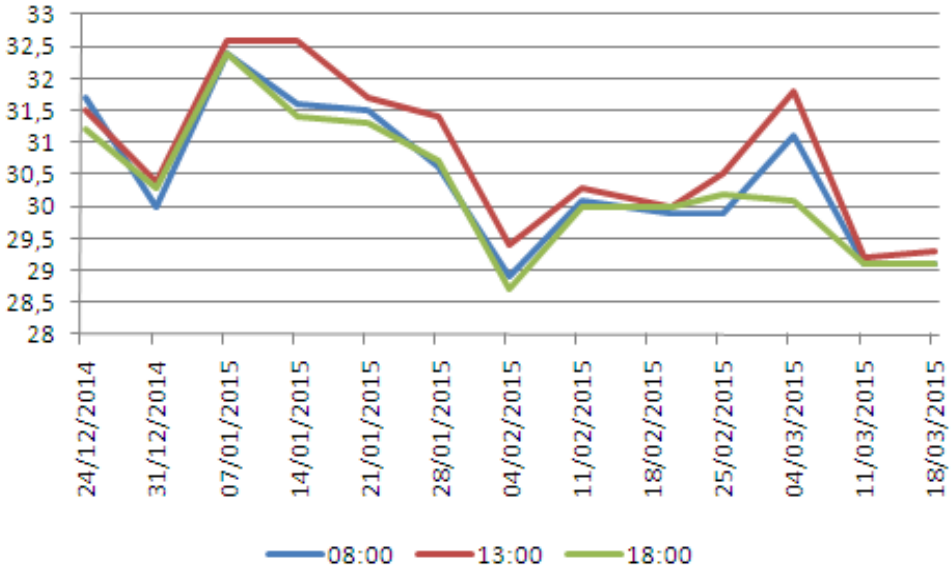


Gráfico 2 - Média semanal da temperatura interna momentânea do bairro do Gonzaga, através de três leituras diárias, no período de 22/12/2014 a 20/03/2015.

4.2. PADRÃO TÉRMICO NO BAIRRO B (ENCRUZILHADA):

4.2.1. TEMPERATURA MOMENTÂNEA EXTERNA:

Observa-se pelos dados obtidos que a temperatura momentânea externa no bairro “B” durante os 88 dias de observação, conforme as médias semanais apresentadas no gráfico 3, teve queda significativa nas média da temperatura da semana de 31/12 . Outra queda com intensidade pouco maior que a primeira foi detectada na semana de 04/02. É possível que as chuvas e frente fria sejam responsáveis por isso. O bairro B, também, seguiu a mesma tendência de queda gradual no padrão térmico, durante o período do estudo.

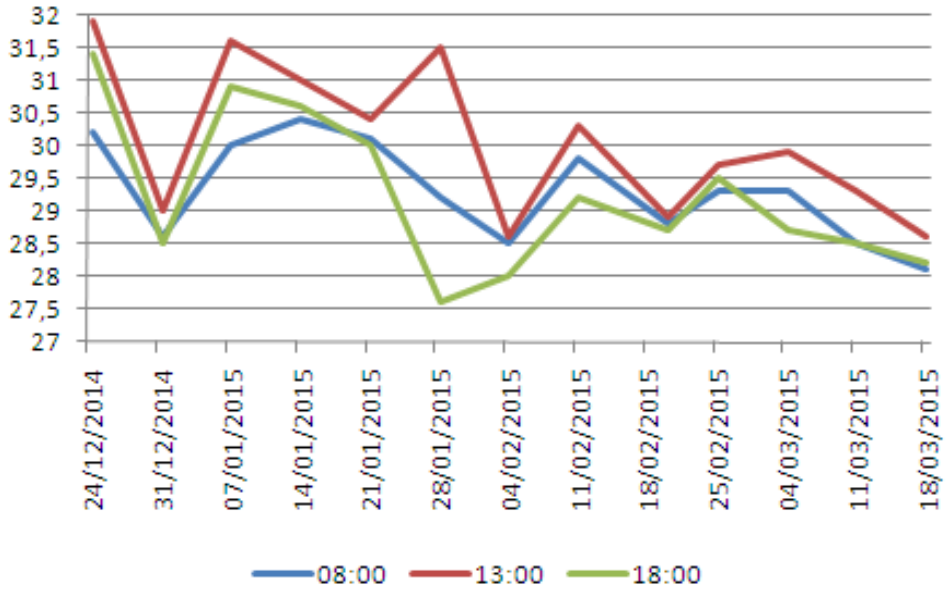


Gráfico 3 – Média semanal da temperatura externa momentânea do bairro da Encruzilhada, através de três leituras diárias, no período de 22/12/2014 a 20/03/2015.

4.2.2. TEMPERATURA MOMENTÂNEA INTERNA:

O comportamento térmico do ambiente interno (apartamento residencial), avaliado pela temperatura momentânea, nos três horários no bairro “B”, durante o período de estudo, revelou menos oscilações térmicas entre os diferentes horários do mesmo dia, por se tratadas de ambiente fechado. As quedas da temperatura externa nas semanas de 31/12/2014 e de 04/02/2015, também, foram observadas no espaço interno, conforme gráfico 4. Observou-se, também, a queda geral e gradual na temperatura neste ambiente interno durante o período do estudo.

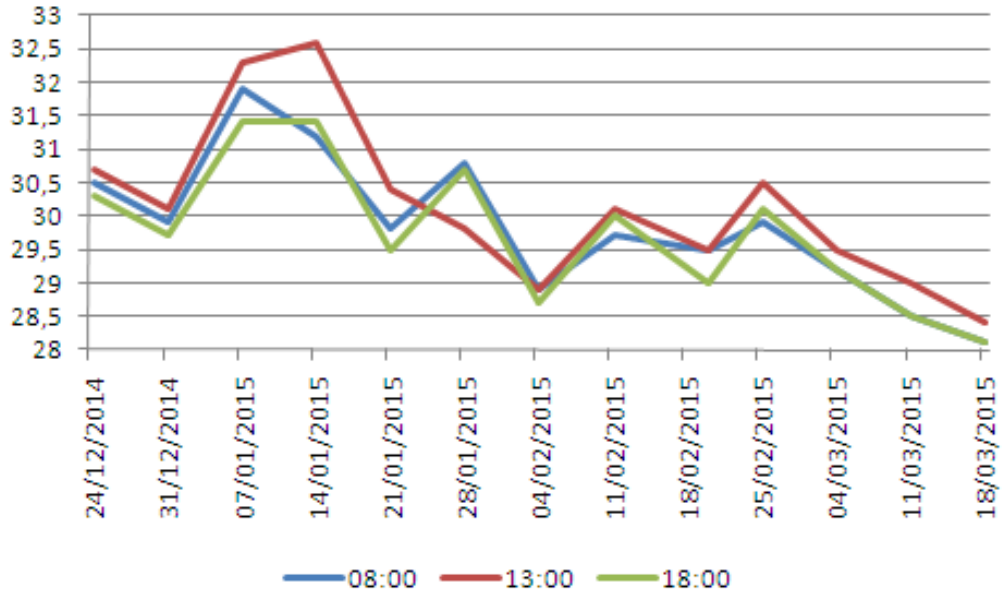


Gráfico 4 – Média semanal da temperatura interna momentânea do bairro da Encruzilhada, através de três leituras diárias, no período de 22/12/2014 a 20/03/2015.

4.3. PADRÃO TÉRMICO NO BAIRRO C (VALONGO):

4.3.1. TEMPERATURA MOMENTÂNEA EXTERNA:

Este bairro, pela sua localização, com o monte Serrat no sul e o Porto de Santos no norte, revela um padrão térmico muito diferente. As medias semanais, nos três horários, da temperatura externa, revelar uma situação parecida com “ilhas de calor”, onde as oscilações térmicas são bastante reduzidas, embora o período das 13:00 horas sempre revelou as temperaturas mais elevadas. Os dados apresentados no gráfico 5, ainda, revelam uma queda gradativa do padrão térmico durante os 88 dias de observação.

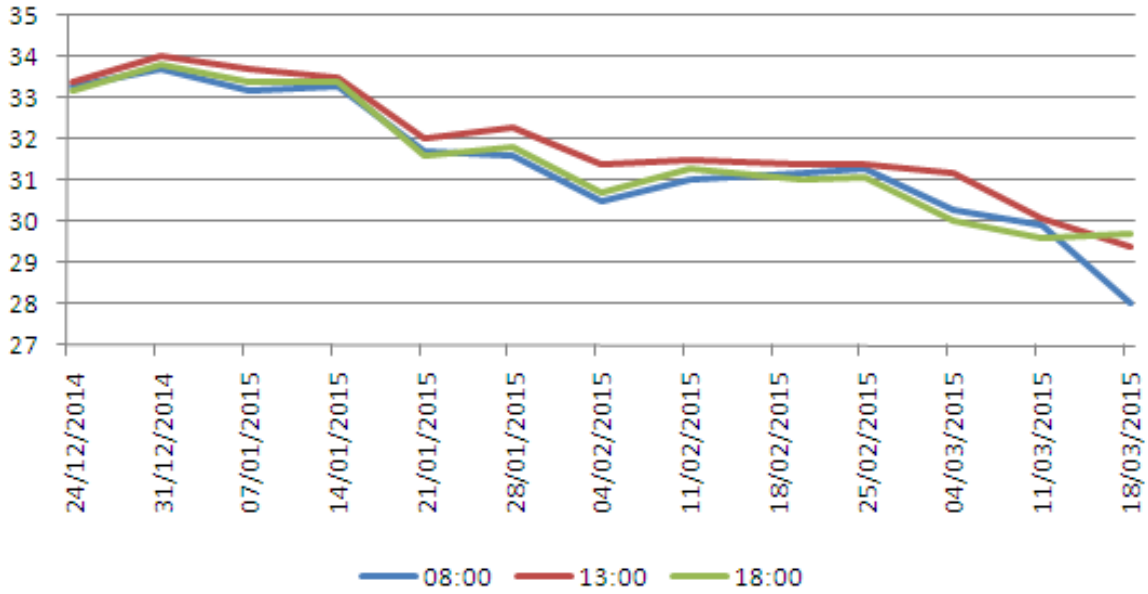


Gráfico 5 – Média semanal da temperatura externa momentânea do bairro do Valongo, através de três leituras diárias, no período de 22/12/2014 a 20/03/2015.

4.3.2. TEMPERATURA MOMENTÂNEA INTERNA:

O comportamento térmico no espaço interno (secretaria da igreja), além de manter o mesmo padrão geral dos demais bairros, revelou um aquecimento maior no horário das 13:00 horas. Tal aquecimento, provavelmente, tem como justificativa, a localização geográfica do escritório, onde uma das suas paredes se localiza na posição leste, recebendo com isso uma carga de radiação solar desde o nascer do sol até o início da tarde, fazendo com que a temperatura média das 13:00 horas supera, significativamente,os demais horários (gráfico 6).

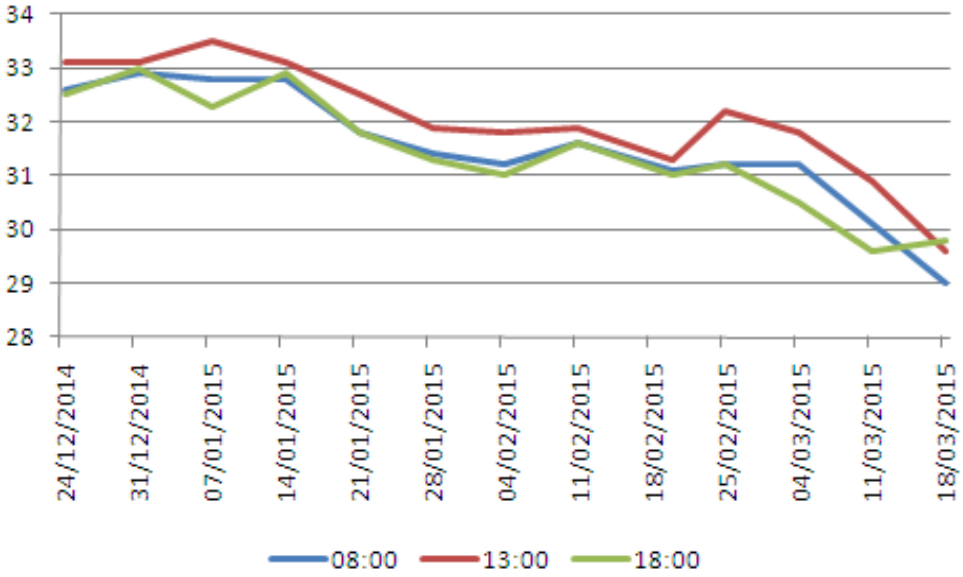


Gráfico 6– Média semanal da temperatura interna momentânea do bairro do Valongo, através de três leituras diárias, no período de 22/12/2014 a 20/03/2015.

4.4. ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS TRÊS BAIRROS:

4.4.1. TEMPERATURA MOMENTÂNEA EXTERNA (8:00 horas):

Observa-se pelos dados obtidos no gráfico 7, que o bairro Valongo sempre amanhece mais quente que os demais bairros. Examinando a temperatura registrada às 18:00 horas no mesmo bairro, verificou-se a mesma singularidade térmica (gráfico 5); ou seja, as suas temperaturas ao final do dia são sempre mais elevadas que os outros dois bairros. Mais uma vez, verifica-se o efeito “ilha de calor” nesse bairro e a sua baixa eficiência na dissipação do calor, inclusive, durante a noite. A diferença entre os três bairros no que se refere a temperatura média às 8:00 horas foi bastante significativa, confirmando o Valongo como o menos confortável, o Gonzaga numa posição intermediária, e o Encruzilhada com a temperatura mais amena (vide Anexo 1).

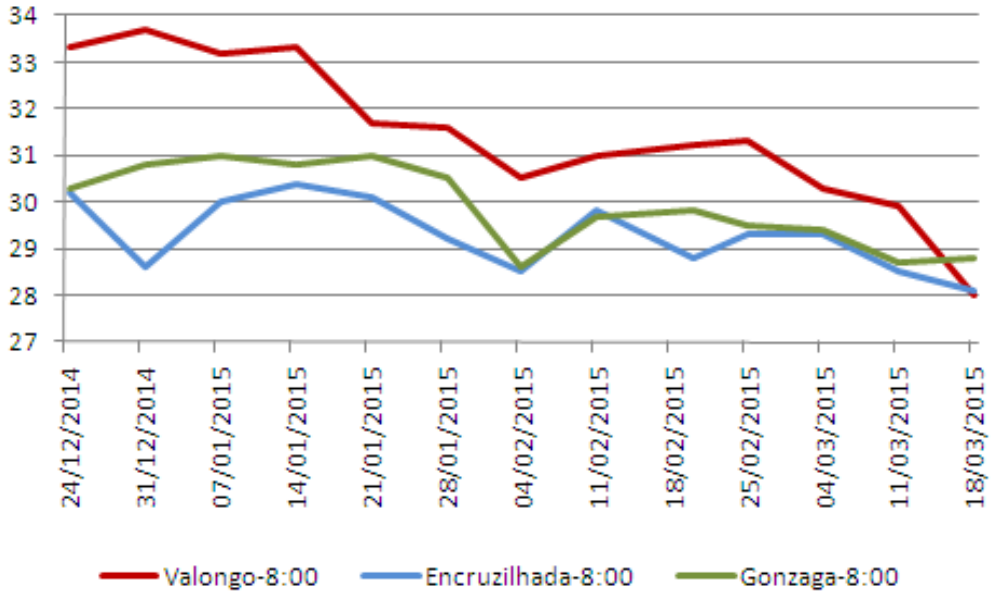


Gráfico 7 – Comparação das temperaturas momentâneas externas entre os três bairros as 8:00 horas no período de 22/12/2014 a 20/03/2015.

4.4.2. TEMPERATURA MOMENTÂNEA EXTERNA (13:00 horas):

Observa-se pelos dados obtidos que a temperatura externa nos três bairros, às 13:00, durante o período de estudo, comportou-se igual, embora num patamar térmico mais elevado, ao período matutino, durante os 88 dias de observação. Ou seja, o bairro Valongo é mais quente, Gonzaga intermediário e Encruzilhada foi o mais ameno, conforme gráfico 8 e anexo 2. Na semana de 4/2 percebe-se que a queda acentuada da temperatura registrada nos dois bairros Encruzilhada e Gonzaga não atingiram o bairro Valongo com a mesma intensidade, confirmando, mais uma vez, o efeito “ilha de calor”. Observa–se também que as temperaturas, nos três bairros, caem conforme se aproxima o mês de março, sem perder a hierarquia.

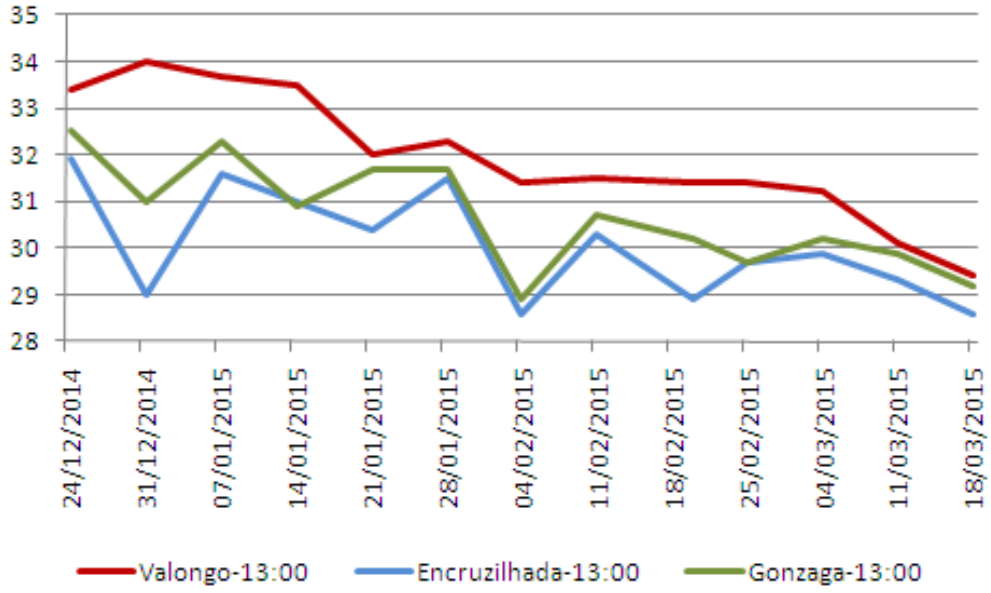


Gráfico 8 – Comparação das temperaturas momentâneas externas entre os três bairros as 13:00 no período de dezembro a março (22/12/2014 a 20/03/2015).

4.4.3. TEMPERATURA MOMENTÂNEA EXTERNA (18:00 horas):

Observa-se pelos dados obtidos que a temperatura externa nos três bairros, às 18:00 no período de estudo, continuou mantendo a mesma hierarquia observada nos horários anteriores, conforme as médias semanais das temperaturas momentâneas (gráfico 9 e anexo 3). Observa-se, também, que o distanciamento do patamar térmico do bairro Valongo, continua sendo maior, em relação aos demais bairros, os quais mantêm, entre eles, diferenças menores. Observa–se também que as temperaturas caem conforme se aproxima o mês de março.

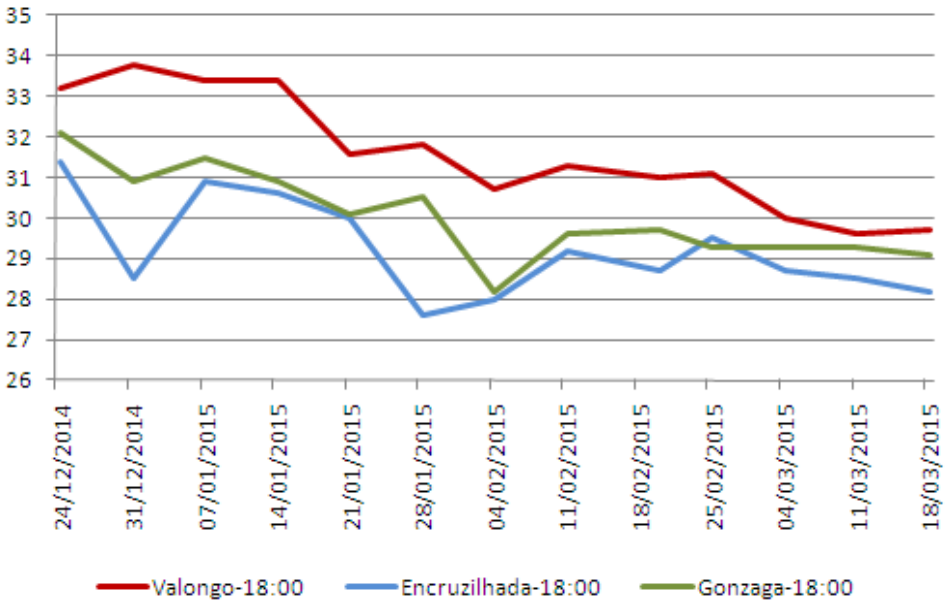


Gráfico 9 – Comparação das temperaturas momentâneas externas entre os três bairros as 18:00 no período de dezembro a março (22/12/2014 a 20/03/2015).

4.4.4. TEMPERATURA MOMENTÂNEA DO ESPAÇO INTERNO:

As médias semanais das temperaturas, nos espaços internos dos três bairros, seguem o mesmo padrão térmico observado no espaço aberto. No horário das 8:00 horas, e durante o período da pesquisa, conforme gráfico 10 e anexo 4, o bairro da Encruzilhada apresentou as temperaturas mais amenas, enquanto o Valongo as temperaturas mais altas e o Gonzaga ocupou a posição intermediária. O ambiente interno (fechado), no bairro do Valongo, mostrou menos oscilação térmica, igualmente o seu espaço aberto. Por outro lado, tanto o espaço interno, quanto ao externo nos demais bairros, a oscilação térmica foi mais acentuada. Isto é, o ar se movimenta com maior facilidade nos bairros Gonzaga e Encruzilhada, e quase parado no bairro Valongo, com a clara sensação de “ilha de calor” neste último. Nos horários das 13:00 horas (gráfico 11 e anexo 5) e das 18:00 horas (gráfico 12 e anexo 6), a temperatura do espaço interno segue o mesmo padrão descrito para o horário das 8:00 horas, embora num patamar um pouco superior, mantendo e confirmando o fenômeno de “ilha de calor” no bairro Valongo.

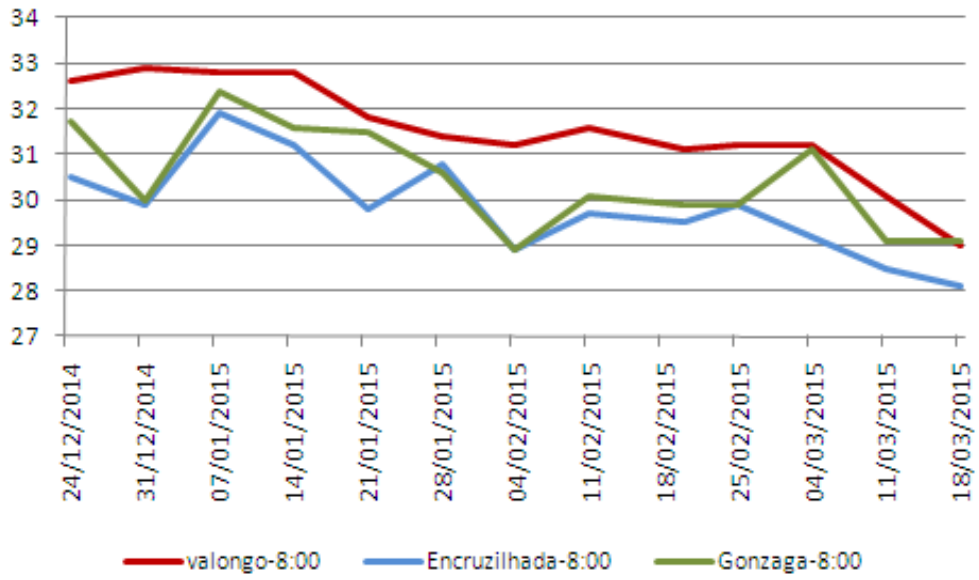


Gráfico 10 – Comparação das temperaturas momentâneas internas entre os três bairros as 8:00 no período de 22/12/2014 a 20/03/2015.

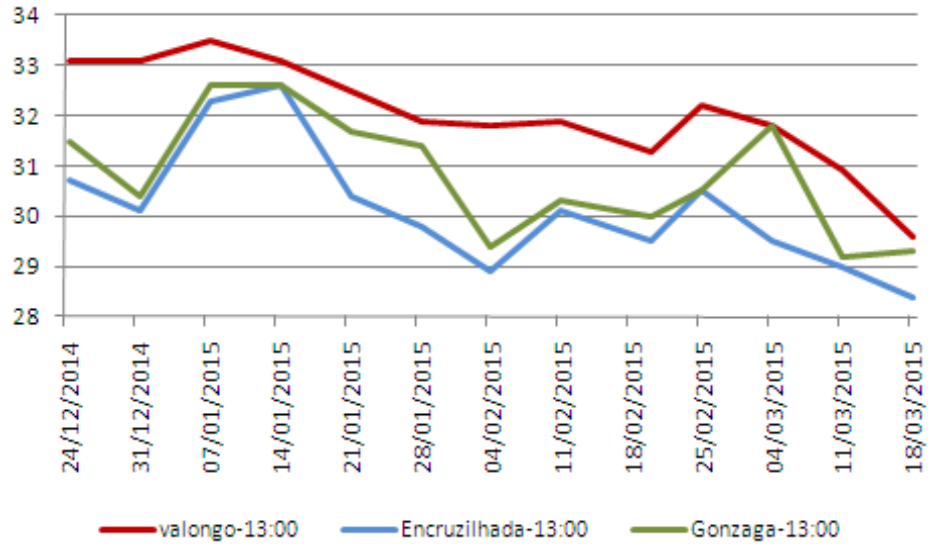


Gráfico 11 – Comparação das temperaturas momentâneas internas entre os três bairros as 13:00 no período de 22/12/2014 a 20/03/2015.

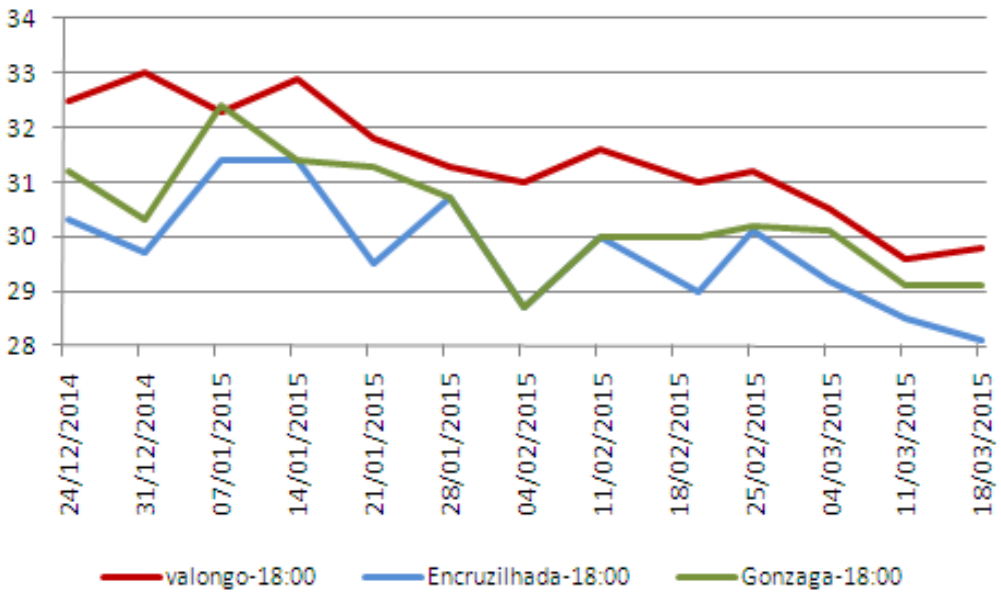


Gráfico 12 – Comparação das temperaturas momentâneas internas entre os três bairros as 18:00 no período de dezembro a março (22/12/2014 a 20/03/2015).

4.5. COMPARAÇÃO DO PADRÃO TÉRMICO DOS TRÊS BAIRROS COM OS DADOS DA BASE AÉREA OBTIDOS DO JORNAL A TRIBUNA NO PERÍODO DO ESTUDO

Segundo dados obtidos, da Base Aérea de Santos e publicados pelo Jornal “A Tribuna”, constatou-se que as médias semanais das temperaturas máximas e mínimas, publicadas diariamente, para a cidade de Santos, seguiam dois padrões distintos de oscilação. Enquanto a média das máximas oscilava entre 37ºC e 28ºC (com diferença de 9ºC), a média das mínimas variava entre 23ºC e 19ºC (com diferença menor de apenas 4ºC), conforme gráfico 13. Observa-se, ainda, que a queda da temperatura, por nós detectada nos três bairros, durante a semana de 4/2, também foi registrada e publicada pelo jornal.

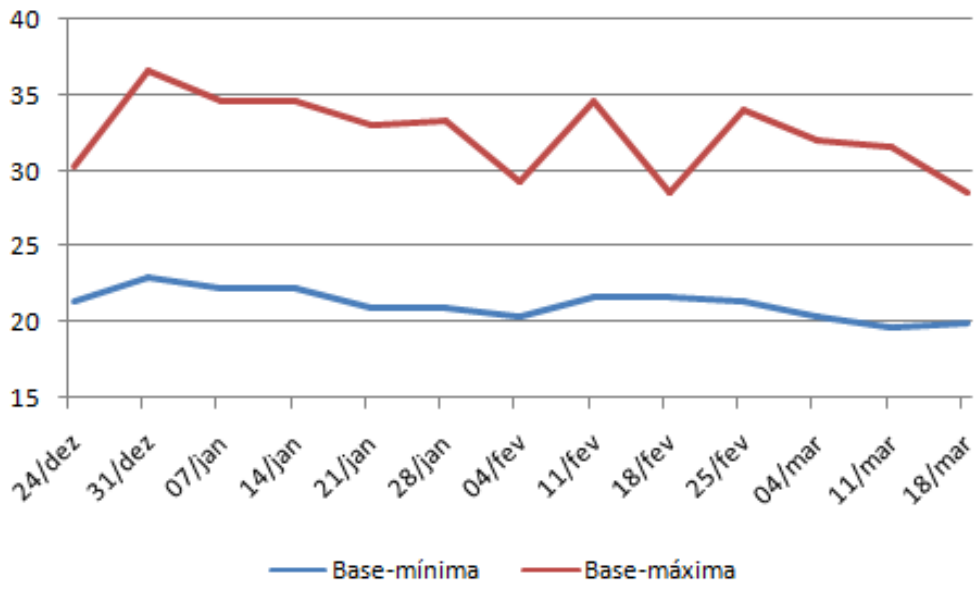


Gráfico 13: Médias semanais da temperatura máxima e mínima da Base Aérea de Santos no período de 22/12/2014 a 20/03/2015.

Percebe-se que existe uma diferença em relação às temperaturas mínimas, quando comparamos os dados da base com os dos bairros estudados, conforme mostra o gráfico 14 e o anexo 7. A temperatura obtida da Base Aérea de Santos é significativamente inferior às temperaturas mínimas encontradas por nós, no presente estudo para o mesmo período, nos três bairros estudados.

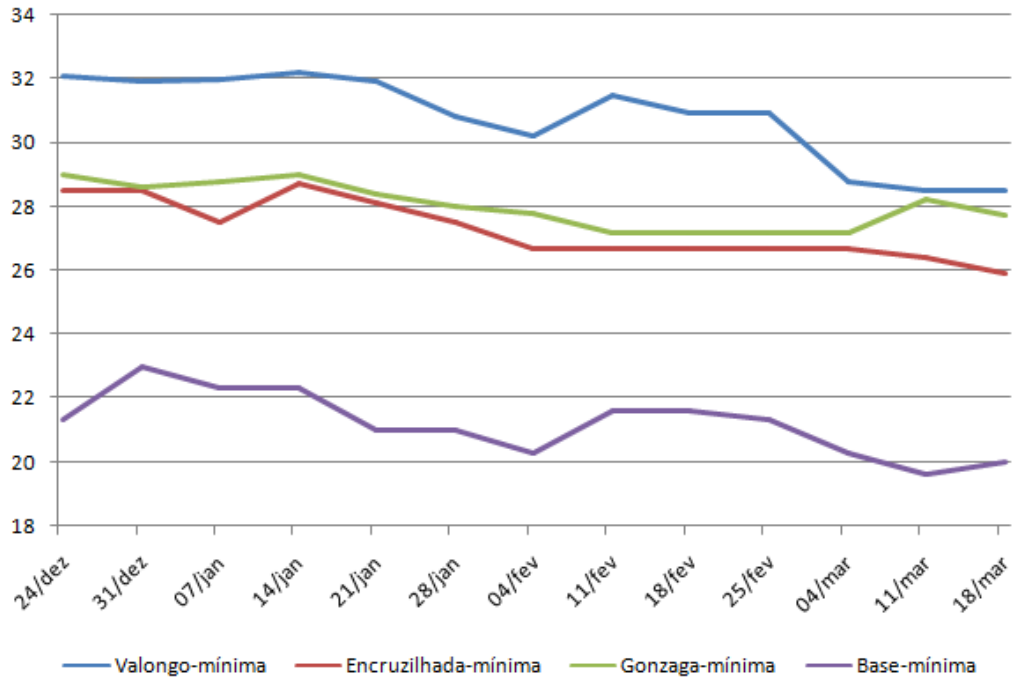


Gráfico 14: Médias semanais ds temperaturas mínimas da Base Aérea de Santos e das medições de temperaturas mínimas dos pontos fixos no período de 22/12/2014 a 20/03/2015.

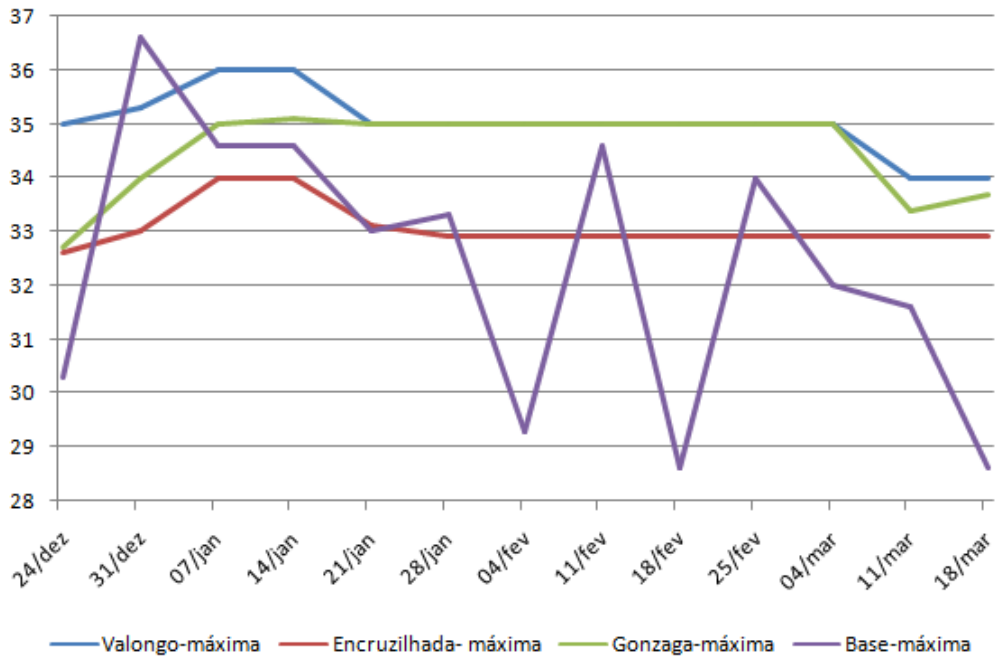


Gráfico 15: Médias semanais das temperaturas máximas da Base Aérea de Santos e das medições de temperaturas máximas dos pontos fixos no período de 22/12/2014 a 20/03/2015.

A comparação, aqui apresentada, revela, claramente, que o padrão térmico da Base Aérea, localizada na Ilha de Guarujá, não representa o mesmo padrão da Cidade de Santos, possivelmente, pelo tipo de ocupação de solo, pela topografia, ou mesmo pelas atividades humanas exercidas em cada um desses dois ambientes (anexo 8). Tal fato nos leva a reconhecer a necessidade de instalação de uma estação meteorológica própria para a cidade de Santos, devido à interferência das atividades humanas no padrão climático da cidade.

O bairro Gonzaga é um exemplo de quanto à intervenção humana modifica o padrão climático local (figura 41), confirmando a citação de Lopes (2003, apud Prata, 2005), de que as atividades humanas são o que define o padrão climático das cidades. Os dados do presente trabalho nos levam a sugerir ao poder público municipal a necessidade urgente de arborização da Praça Independência, e das ruas do bairro, através de plantio de árvores de sombra, sem prejuízo ao patrimônio histórico local. Segundo, Silva *et al*. (2011), “o aumento da ventilação natural e da vegetação são recursos muito citados na literatura para obtenção do conforto devido às inúmeras funções benéficas que esses executam no meio”. Segundo Spangenberg (2008), “após varias simulações realizadas em um determinado estudo constatou-se que a temperatura das superfícies naturais é consideravelmente mais fria do que a construção utilizando materiais como concreto e asfalto”.

Figura 38 - Praça da Independência e seu piso.
Fonte: Google Maps

Na sua tese de doutorado, Prata (2005) estudou a interferência positiva da ventilação natural no conforto climático na cidade de Santos, SP, mostrando o impacto negativo da verticalização e o seu bloqueio dos ventos, em especial oriundos do sul e do sudeste. A autora, além de reconhecer a importância da cobertura verde, também, recomenda mais estudos no que se refere às possíveis ilhas de calor, a diversidade da morfologia urbana e a sua interferência no clima da cidade, preocupada sempre com o aprimoramento dos índices de neutralidade da maior cidade da Baixada Santista.

A temperatura do bairro do Valongo mostrou ser a mais elevada, em comparação com os demais bairros estudados. O morro Monte Serrat bloqueando o vento sul, pavimentação em excesso, falta de arvores de sombra e trafego intenso de caminhões indo e vindo do Porto de Santos (figura 42), entre outros, podem ser a causa de uma possível da formação de “ilha de calor” neste bairro.

Figura 39 - Trafego de caminhos e carros na região do Valongo
Fonte: Diário do litoral

Esforços de recuperar algum conforto térmico, neste bairro, devem incluir algumas medidas urgentes, tais como criação de bosques e jardins, plantio de arvores de sombra, planejamento e aprimoramento na engenharia de

trafego de carros e caminhões e impedir por lei a construção de edificações superiores a quatro andares.

Vários estudos apontam a influência positiva da vegetação nas cidades. Entre vários benefícios, podemos citar a amenização da temperatura, a manutenção da umidade do ar e a redução de poluentes, entre outros (Llardent, 1982: Barbosa *et al*., 2003: Silva *et al*., 2011) .

O bairro da encruzilhada representou o padrão térmico mais ameno, entre as três realidades urbanas estudadas. Este bairro, além de estar distante de barreiras bloqueadoras de vento, é caracterizado por possuir uma variedade de edificações como casas, sobrados, edifícios baixos e outros altos. Ainda, é o bairro mais arborizado, em comparação com os demais bairros estudados. Como consideração adicional, este mesmo bairro é o único, entre os três, por ser de ruas planejadas formando quadras, de fato, retangulares (figura 43).

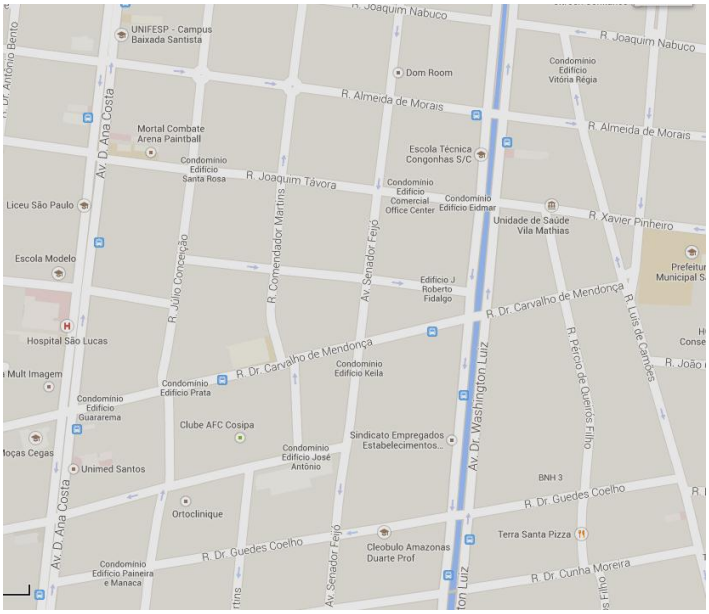


Figura 40 - Traçado retangular do Bairro da Encruzilhada

Fonte: Google Maps

Para o bairro da Encruzilhada é suficiente recomendar a não verticalização e o plantio de mais árvores e áreas verdes de lazer.

4.6. O FATOR DE VISÃO DO CÉU (FVC) E A SUA RELAÇÂO COM O CONFORTO AMBIENTAL:

No presente trabalho optou-se pela aplicação direta do princípio básico do ”FVC”. Como o presente estudo não visava diretamente o estudo desse fator, medimos apenas o grau do ângulo formado entre as duas retas que se encontram no meio da rua, e cada uma termina no ponto superior da edificação de seu respectivo lado. É um instrumento simples e prático para elucidar a relação entre a largura da rua e a altura dos edifícios dos dois lados e, conseqüentemente, a circulação do ar.

4.6.1. CALCULO DO ÂNGULO DE VISÃO DO CÉU (AVC) NOS PONTOS FIXOS DE MEDIÇÃO DE TEMPERATURA:

A partir dos pontos fixos de medição, nos três bairros avaliados, foram obtidos os seguintes resultados de AVC (Figuras 44, 45 e 46).

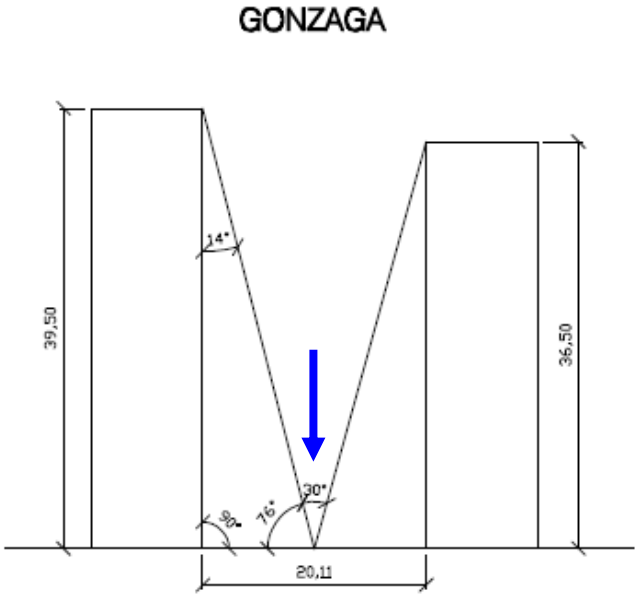


Figura 41 – Ângulo de visão do céu (AVC) Gonzaga (30º)

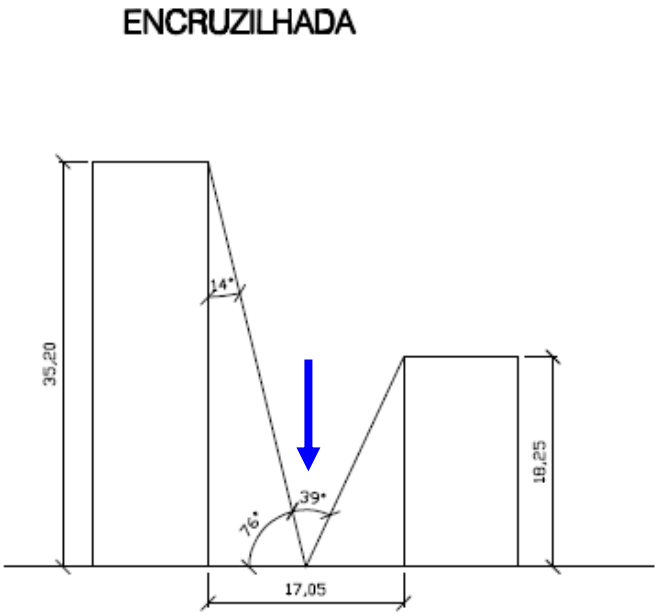


Figura 42**– Ângulo de visão do céu (AVC)**
Encruzilhada (39º)

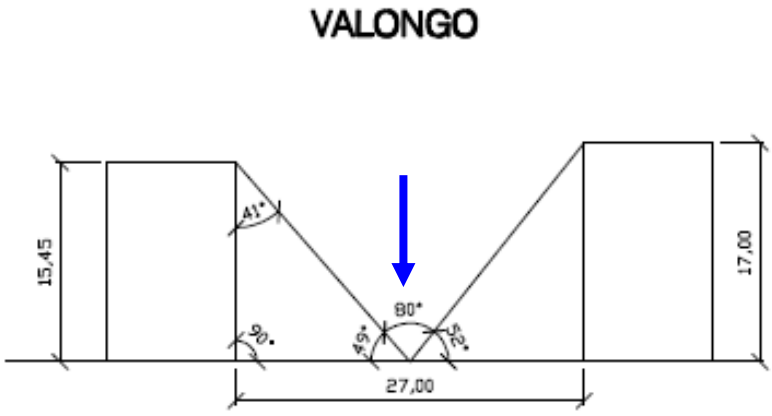


Figura 43 – Ângulo de visão do céu (AVC)
Valongo (80º)

Esses resultados mostram, claramente, que o valor do ângulo depende, diretamente, da largura da rua e da altura dos edifícios dos dois lados. Quanto

maior a largura da rua, ou seja, o espaço entre os edifícios, maior o ângulo de visão do céu, conseqüentemente maior o espaço de circulação de ar, assim menor é a probabilidade de acumulo de calor. Avaliando algumas ruas localizadas, exclusivamente, no bairro do Gonzaga, observou-se que existem algumas ruas muito estreitas e com edificações bastante altas, o que podemos chamar de “canyons”. Essas ruas, normalmente, contam com pouca ventilação e acumulo de calor, causando sempre a sensação de desconforto térmico. Por isso, no bairro do Gonzaga, constatou-se que o ângulo de visão é pequeno em relação aos outros bairros em questão, a Encruzilhada por possuir variedade em relação à altura dos edifícios consegue ter um ângulo maior de visão do céu. O bairro do Valongo, por sua vez, foi o que mostrou o maior ângulo de visão do céu, porém, e pelas justificativas apresentadas anteriormente, foi o bairro mais quente.

Percebe-se que o ângulo de visão do céu é apenas um indicador indireto da qualidade climática no ambiente urbano, o qual junto com os demais indicadores podem contribuir para maior compreensão do assunto. Vegetação urbana, presença ou ausência de bloqueadores naturais ou artificiais de vento, tráfego de veículos pesados e outras atividades humanas poluidoras, São alguns fatores que interferem diretamente no padrão climático urbano.

As imagens fotográficas obtidas, através de lente “olho-de-peixe”, confirmam a análise feita acima, pois conforme as figuras 47, 48 e 49, verifica-se que a média da percentagem da área do céu foi de 70,77% para o bairro Valongo, 49,20% para Encruzilhada e 32,45% para Gonzaga. Para calcular a área de visão do céu não foi considerada a área de vegetação presente nas figuras 47 e 48, por se tratar de estruturas não permanentes.

Figura 44 – Área de visão do céu – Valongo
Fonte: Luiz Nascimento, 2015

Figura 45 – Área de visão do céu - Encruzilhada
Fonte: Luiz Nascimento, 2015

Figura 46 – Área de visão do céu – Gonzaga
Fonte: Luiz Nascimento, 2015

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A cidade de Santos, SP, vem sofrendo nas últimas décadas, alguns problemas, inclusive, climáticos, por falta de mecanismos eficientes na arquitetura e também pelo planejamento urbano ser voltado à interesses no setor imobiliário. A expansão urbana e a ocupação desordenada do solo, incluindo a verticalização de edifícios e a redução da vegetação natural, além da poluição atmosférica, são fatores que resultam frequentemente em desconforto climáticos.

Através de estudos comparativos em três bairros da cidade, percebeu-se que atitudes humanas podem causar distúrbios térmicos. Em outros casos, fatores naturais, em parte assumem essa responsabilidade. Enquanto o bairro do Gonzaga é um grande exemplo do impacto negativo da verticalização podendo formar "*ilhas de calor urbana*s" devido ao alto grau de temperatura, o bairro do Valongo está sendo vítima, em parte, da topografia local, sendo cercado do lado sul pelo morro de Monte Serrat, bloqueando o vento e se responsabilizando pela possível formação de "*ilha de calor*". O bairro da

Encruzilhada, por receber menor interferência humana, apresentou as condições climáticas mais aceitáveis, entre os bairros estudados.

Para cada um dos três bairros, algumas recomendações devem ser encaminhadas ao poder público, visando à recuperação de maior conforto térmico e melhor qualidade de vida para a comunidade de cada.

Em áreas com pouca ventilação, são aconselháveis aberturas no conjunto arquitetônico para auxiliar no escoamento do ar. Estas aberturas podem ser obtidas pela inserção de espaços abertos como áreas verdes e praças, com melhor utilização do espaço, buscando maior harmonia funcional entre estruturas e usos;

Soluções de projetos de arborização, permeabilização do solo e criação de parques e jardins, devem ser estudadas na busca de conforto térmico;

A vegetação e áreas sombreadas devem ser estimuladas para o aprimoramento do clima urbano, bem como a implantação de paredes e telhados verdes, hortas e repensar a quantidade de áreas permeáveis nas edificações;

Estudos em relação a futuras alterações no desenho urbano podem ser repensados, buscando sempre indicadores de cidades verdes e sustentáveis;

Em relação à altura das edificações, devem-se tomar cuidados, buscando sempre aumentar a largura das ruas e o espaçamento entre os edifícios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAM, R. S.. **Princípios do Ecoedifício: interação entre Ecologia, consciência e edifício.** São Paulo: Ed. Aquariana, 2001. 157p.

ALVES, E. D. L. - Revista Espaço Acadêmico nº 110 – julho de 2010 – Ano X – ISSN 1519-6186 - **Ilha de Calor ou Ilha de Energia Térmica: um conceito aberto à discussão.** Universidade Federal de Mato Grosso. 2010.

APANGENBERG, J. SHINZATO, P.; JOHANSSON, E.; DUARTE, D.. **Simulação da influência da vegetação no micro-clima e Conforto térmico na cidade de são Paulo.** São Paulo, 2008.

ASSIS, E. S. de**. A abordagem do clima urbano e aplicações no planejamento da cidade: reflexões sobre uma trajetória.** Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte: UFMG, 2005

BARBOSA, A. de M.; MARTORANO, L. G. ; FRANCO, I. M.; MONTEIRO, D. C. A. **Influencia da verticalização na temperatura do ar e tetos verdes para mitigar o efeito térmico na grande Belém.** Belém, 2011.

BRANCO, Samuel Murgel. **Conflitos conceituais nos estudos sobre meio ambiente**. São Paulo: Ed. Moderna/Universidade de São Paulo, 1995.

BRANDÃO, A. M. de P. M. **O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro - 1996.** 362f. Tese(Doutorado), Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Universidade de São Paulo. São Paulo: USP, 1996.

CALIXTO, A. **O Ruído Gerado pelo Tráfego de Veículos em Rodovias Grandes Avenidas situadas dentro do Perímetro Urbano de Curitiba, analisado sob parâmetros acústicos objetivando seu impacto ambiental**. 2002. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – UFPR - Universidade Federal do Paraná.

CARFANL, A. C.; GAVANIL, E. and TEIXEIRA, J. **Study of the microclimate effect in the urban vertical structure in Ourinhos, São Paulo State.**

Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade Estadual de São Paulo, Rua do Lago, 717,

CARVALHO, B. de. **Ecologia e Arquitetura**. Rio de Janeiro: 1ª Edição. Globo, 1984.

CARVALHO, M. M. de. **Clima urbano e vegetação: estudo analítico e prospectivo do parque das dunas em Natal - 2001**. 283f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo,Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 200l.

Cidade Universitária, São Paulo, Brazil.

CORDELLA, O.; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos- conforto ambiental.** Rio de Janeiro: Ed. Revan, 2003. 288p.

COSTA, A. D. L. **Análise bioclimática e investigação do conforto térmico em ambientes externos. Uma experiência no bairro de Petrópolis em Natal/RN**. Dissertação de mestrado Universidade Federal do RGN, 2008.

COSTA, A. D. L. **O revestimento de superfícies horizontais e sua implicação microclimática em localidade de baixa latitude com clima quente e úmido. 2007.** 242f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

FARIA, A. C. de; CUNHA, I.; FELIPE, Y. X.. **Manual prático para elaboração de monografias. Trabalhos de Conclusão de Curso, Dissertações e Teses.** São Paulo: Ed. Vozes, 2012.

FIALHO, E. S. **Ilha de Calor: reflexões acerca de um conceito.** Universidade Federal de Viçosa. ACTA Geográfica, Ed. Esp. Climatologia Geográfica, Boa Vista, 2012.

FITCH, J. M. **American building: the environmental forces that shape it**. 2 ed. V. 2, New York .Ed. Shoken Books, 349p. 1972. FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo: Ed. Studio Nobel, 2003.

GOMES, P. S.; LAMBERTS, R. **O estudo do clima urbano e a legislação urbanística: considerações a partir do caso Montes Claros, MG.** Ambiente Construído, v. 9, n. 1, p. 73-91, 2009.

HERTZ, J. B. **Ecotécnicas em Arquitetura. Como Projetar nos Trópicos Úmidos do Brasil.** São Paulo: Ed. Pioneira, 1998. 125p.

HERTZ, J.. **Arquitectura Bioclimática**. Lima: Itintec, 1981.

HSU, S. I. Variation of an urban heat island in Phoenix. *Professional geographer*, New York, v. 36, n. 2, 1984. pp. 196–200.

IBGE. **Censos Demográficos**, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2000.

LABAKI, L. C.; SANTOS, R. F.; BUENO-BARTHOLOMEI, C. L.; ABREU, L. V. Artigo: **Vegetação e conforto térmico em espaços urbanos abertos.** Belo Horizonte: Fórum Patrimônio. Mudanças climáticas e o impacto das cidades, v.4, n.1, p. 23-42, 2011.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O.R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: Ed. PW, 1997.

LANDSBERG, H. E.; MAISEL, T. N. Micrometeorological observations in na area of urban growth. *Boundary-layer meteorology*, London, v. 2, n. 3, 1972. pp. 365–370.

LEÃO, E. B. **Carta Bioclimática de Cuiabá. 2007**. 147f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2007.

LEE, D. Urban warming: An analysis of recent trends in London´s heat island. *Weather,* London, v. 47, n. 2, 1992. pp. 50–56.

LENGEN, J. V.. **Manual do arquiteto descalço**. Curitiba: Ed. Livraria do Arquiteto, 2004. 345p.

LOMBARDO, M. A.. **Ilha de calor nas metrópoles - O exemplo de São Paulo.** São Paulo: Ed. Hucitec, 1985.

MAGALHÃES FILHO, L. C. A.; Abreu, J. F. de. **Ilha de calor urbana, metodologia para mensuração: Belo Horizonte, uma análise exploratória.** Belo Horizonte, 2010.

MAGEE, N,; CURTIS.; J.; WENDLER. The urban heat island effect at Fairbanks, Alaska. *Theoretical and applied climatology*, Viena, v. 64, n. 1-2, 1999. pp. 39–47.

MAITELLI, G. T. **Uma Abordagem Tridimensional do Clima Urbano em Área**

MASCARÓ, J. J. **Revista de Urbanismo e Arquitetura**, Vol. 7 nº 1, 2006 – Significado ambiental-energetico da arborização Urbana.

MASCARÓ, L.; MASCARÓ, J.. **Vegetação Urbana.** Porto Alegre: Ed. L e J Mascaró, 2005. 204p.

MELLO G. H. **Expansão e estrutura urbana de Santos (SP): aspectos da periferização, da deterioração, da intervenção urbana, da verticalização e da sociedade**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo- São Paulo, 2008.

MENDONÇA, F. de A. **O Clima e o Planejamento Urbano das Cidades de Porte Médio e Pequeno: Proposições Metodológicas para Estudo e sua Aplicação à Cidade de Londrina/PR**. 300f. 1994. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo: Série teses e monografias, n. 25. 1976.

MONTEIRO, K. C. R.; OLIVEIRA, R. P.S. de. **Reflexos sobre as conseqüências da verticalizaçõa para o clima urbano na cidade de Vitória da Conquista- BA – Brasil.**

MORENO M. C., Martin V. J. **Algumas ideas propias de La climatologia urbana e cara a La palnificación urbana y rural.** Aportaciones Geográficas em Memoria Del prof. L Miguel Yetano Ruiz. 2002. p.395-400.

NASCIMENTO, L. C. T.. **Análise da percepção de mídia dos cidadãos de Santos e Cubatão/ SP: ecologia, questões ambientais e seus impactos, no período de 2005 a 2012** – Dissertação de Mestrado, Santos, 2013.

NUNES, L. A. de P. **A construção da esfera publica no planejamento urbano. Um percurso histórico: Santos, 1945 – 2000. Tese de Doutorado** Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2005.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates. London: Methuem & Ltd. A. Halsted Press Book**. New York: John Wiley & Sons, 1978.

OKE, T. R. **Street Design and Urban Canopy Layer.** Energy and Buildings. 11 New York, 1988.

OKE, T. R. City size and urban heat island. *Atmospheric environment*, New York, v. 7, n. 8, 1973. pp. 769–779.

OKE, T. R. **The energetic basis of the urban heat island.** *Quarterly journal of the Royal meteorological society*, London, v. 108, n. 455, 1982. pp. 1–24.

PRATA, A. R.. **Impacto da altura de edifícios nas condições de ventilação natural do meio urbano**. Tese de Doutorado. São Paulo, 2005

RIBEIRO, C. A. M. **Aplicação de técnicas de geoprocessamento para análises das relações entre o fator de visão do céu e as diferentes orientações da malha urbana** . João Pessoa. Monografia – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnológica da Paraíba, 2003.

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: Ed. Pro, 2000. 123 p.

SAMPAIO, A. F. P.; LIMA JUNIOR, N. G...; RIBEIRO, R. B..; SAMPAIO, P. de S. P. .; **Diagnóstico preliminar de áreas verdes na área insular do município de Santos.** Projeto de Pesquisa e Proposta para o Plano Diretor de Santos. Santos, 2009.

SANTOS**,** I. G. .; LIMA, H. G. de**;** ASSIS, E. S. **A comprehensive approach of the Sky view factor and building a mass in na urban area of the city oh Belo Horizonte, Brazil.** The Federal University of Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brazil, 2003.

SANTOS, M. A urbanização brasileira. São Paulo: HUCITEC, 1993.

SANTOS, M.. **O Centro da cidade de Salvador – Estudo da Geografia Urbana**. Universidade da Bahia, Salvador, 1959.

SILVA, I. M. da; GONZALEZ, L. R.**;** SILVA FILHO, D. F.. **Recursos naturais de conforto térmico: um enfoque urbano**, 2011. Revsbau, Piracicaba **-** SP, v.6, n.4, p. 35-50, 2011.

SOUZA, L. C. L. de; TENTE, C. M.; GIUNTA, M. B.; NAKATA, C. M. **Sky view factor and urban heat islands intensity at the pedestrian level.** Porto Alegre, 2010.

SOUZA, L. C. L. **Determinação e apresentação do fator de visão do céu através de um SIG 3 D**. Bauru. Livre-docência – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação da Universidade de São Paulo, 2003.

SOUZA, H. A., AMPARO, L. R. , GOMES, A. P. **Influencia da inércia térmica do solo e da ventilação natural no desempenho térmico: um estudo de caso de um projeto residencial em light steel framing.** Ambiente construído vol. 11 nº. 4. Porto Alegre, 2004.

SPANGENBERG, J.; SHINZATO, P.; JOHANSSON, E. and DUARTE, D. **Simulation of the influence of vegetation on microclimate and thermal comfort in the city of São Paulo.** Rev. SBAU, Piracicaba, v.3, n.2, jun. 2008, p. 1-191.

TAHA, H. Energy and Buildings 25 (1997) 99-103 - **Urban climates and heat islands: albedo, evapotranspiration, andanthropogenic heat** Energy and Environment Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA 94720, USA.

TAJIRI, C. A. H.; CAVALCANTI, D. C.; POTENZA, J. L. **Habitação Sustentável – Cadernos de Educação Ambiental –** Governo do Estado de São Paulo, 2011. 111p. Secretaria do Meio Ambiente – Coordenadoria de Planejamento Ambiental

Tropical Continental: o exemplo de Cuiabá/MT. 1994. 204f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

VALÉRIO, M. M. T. B. **Critérios da Sustentabilidade da Ocupação Urbana. Caso de estudo da cidade de Aveiro.** Universidade de Coimbra. Minas Gerais, 2010.

VIANA, S. S. M. **Caracterização do Clima Urbano em Teodoro Sampaio/SP.** 2006. 190f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós- Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2006.

Análise Geo - Geoprocessamento e Clima Urbano. Disponível em: < https://analisegeo.wordpress.com/fator-de-visao-do-ceu/>. Acesso em: 02 de jun. 2015.

Cepagri Meteorologia UNICAMP – Centro de Pesquisas Meteorologicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br>. Acesso em: 15 de abr. 2015.

Diário do Litoral. Disponível em <http:// www.diariodolitoral.com.br/ conteudo/28623>. Acesso em: 09 de abr. 2015.

Epa - Unitate State Environmental Protection Agency / heatisland/. Disponível em: < http://www.epa.gov/heatisland/reurb.blogspot.com.br/2014/05/ilha-de-calor-urbano-urban-heat-island.html>. Acesso em: 15 de abr. 2015.
Fala Santos. Disponível em :<http://www.falasantos.com.br>. Acesso em: 09 de abr. 2015.

Google Maps. Disponível em : <https://www.google.com.br/maps/. Acesso em 1 de jun.2015.

Historias e Lendas de Santos. Disponível em: <http://www.historialendassantos.blogspot.com.> Acesso em 01 de junho de 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/cidades. Acesso em: 2 de abril. 2015.

Meio Ambiente/ Cultura mix. Disponivel em: <http:// www.meioambiente.culturamix.com.> Acesso em 09 de abr. 2015.

Novo Milênio. Disponível em: < http://www.novomilenio.inf.br/santos/h0100b22.htm>. Acesso em: 09 de abr. 2015.

Preciolândia. Disponível em: <http://www.preciolandia.com/br/termometro-digital-com-relogio-medicao>. Acesso em: 02 de jun.2015.

Prefeitura de Santos. Disponível em: <http://www.santos.sp.gov.br>. Acesso em: 09 de abr. 2015.

Turismo em Santos – SP. Disponivel em: <https://santosturismo.wordpress.com http://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS>. Acesso em: 09 de abr. 2015.

Wikipedia – Enciclopédia livre. Disponível em: < http://pt.wikipedia.org/wiki/Ilha_de_calor>. Acesso em: 28 de mai. 2015.
Urban Street Canyons - MIT Architecture. Disponível em:< http://architecture.mit.edu/class/nature/archive/student_projects/2009/jcalamia/Frame/03_urbastreetcanyon.html>. Acesso em: 28 de mai. 2015.

ANEXO 1 – Tabelas comparativas das temperaturas momentâneas externas entre os três bairros

Tabela 1 - Comparação das temperaturas momentâneas externas entre os três bairros as 8:00 no período de dezembro a março (22/12/2014 a 20/03/2015). 100

Tabela 2 - Comparação das temperaturas momentâneas externas entre os três bairros as 13:00 no período de dezembro a março (22/12/2014 a 20/03/2015). 101

Tabela 3 - Comparação das temperaturas momentâneas externas entre os três bairros as 18:00 no período de dezembro a março (22/12/2014 a 20/03/2015). 102

Tabela 4 – Comparação das temperaturas momentâneas internas entre os três bairros às 8:00 horas no período de dezembro a março (22/12/2014 a 20/03/2015)......103

Tabela 5 – Comparação das temperaturas momentâneas internas entre os três bairros às 13:00 horas no período de 22/12/2014 a 20/03/2015. 104

Tabela 6 – Comparação das temperaturas momentâneas internas entre os três bairros às 18:00 horas no período de 22/12/2014 a 20/03/2015. 105

Tabela 7 – Comparação das temperaturas mínimas entre os três bairros e a Base Aérea de Santos no período de dezembro a março (22/12/2014 a 20/03/2015)......106

Tabela 8 – Comparação das temperaturas máximas entre os três bairros e a Base Aérea de Santos no período de dezembro a março (22/12/2014 a 20/03/2015)......107

Tabela 1 - Comparação das temperaturas momentâneas externas entre os três bairros as 8:00 no período de dezembro a março (22/12/2014 a 20/03/2015).

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
Valongo-8	13	409	31,46154	2,655897
Encruzilha	13	380,8	29,29231	0,572436
Gonzaga-8	13	388,9	29,91538	0,779744

ANOVA

Fonte da varia	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grup	32,43231	2	16,21615	12,13761	9,35E-05	3,259446
Dentro do	48,09692	36	1,336026			
Total	80,52923	38				

Tabela 2 - Comparação das temperaturas momentâneas externas entre os três bairros as 13:00 no período de dezembro a março (22/12/2014 a 20/03/2015).

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
Valongo-1	13	415,3	31,94615	1,957692
Encruzilha	13	390,7	30,05385	1,362692
Gonzaga-1	13	398,9	30,68462	1,29641

ANOVA

Fonte da varia	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grup	24,13744	2	12,06872	7,84227	0,001489	3,25944
Dentro do	55,40154	36	1,538932			
Total	79.53897	38				

Tabela 3 - Comparação das temperaturas momentâneas externas entre os três bairros as 18:00 no período de dezembro a março (22/12/2014 a 20/03/2015).

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
Valongo-1	13	410,6	31,58462	2,133077
Encruzilha	13	379,8	29,21538	1,408077
Gonzaga-1	13	390,5	30,03846	1,190897

ANOVA

Fonte da varia	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grup	37,61897	2	18,80949	11,92474	0,000106	3,259446
Dentro do	56,78462	36	1,57735			
Total	94,40359	38				

Tabela 4 – Comparação das temperaturas momentâneas internas entre os três bairros às 8:00 horas no período de dezembro a março (22/12/2014 a 20/03/2015).

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
valongo-8	13	409,7	31,51538	1,274744
Encruzilha	13	387,9	29,83846	1,142564
Gonzaga-8	13	395,9	30,45385	1,267692

ANOVA

Fonte da varia	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grup	18,70974	2	9,354872	7,615906	0,001745	3,259446
Dentro do	44,22	36	1,228333			
Total	62,92974	38				

Tabela 5 – Comparação das temperaturas momentâneas internas entre os três bairros às 13:00 horas no período de 22/12/2014 a 20/03/2015.

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
valongo-1	13	416,7	32,05385	1,141026
Encruzilha	13	391,8	30,13846	1,502564
Gonzaga-1	13	400,7	30,82308	1,420256

ANOVA

Fonte da varia	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grup	24,49282	2	12,24641	9,040507	0,000659	3,259446
Dentro do	48,76615	36	1,354615			
Total	73,25897	38				

Tabela 6 – Comparação das temperaturas momentâneas internas entre os três bairros às 18:00 horas no período de 22/12/2014 a 20/03/2015.

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
valongo-1	13	408,5	31,42308	1,166923
Encruzilha	13	386,6	29,73846	1,095897
Gonzaga-1	13	394,5	30,34615	1,102692

ANOVA

Fonte da varia	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grup	18,92359	2	9,461795	8,434193	0,000991	3,259446
Dentro do	40,38615	36	1,121838			
Total	59,30974	38				

Tabela 7 – Comparação das temperaturas mínimas entre os três bairros e a Base Aérea de Santos no período de dezembro a março (22/12/2014 a 20/03/2015).

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
Valongo-r	13	400,2	30,78462	1,913077
Encruzilha	13	354,6	27,27692	0,84359
Gonzaga-r	13	364,3	28,02308	0,490256

ANOVA

Fonte da varia	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grup	88,7759	2	44,38795	41,01232	5,22E-10	3,259446
Dentro do	38,96308	36	1,082308			
Total	127,739	38				

Tabela 8 – Comparação das temperaturas máximas entre os três bairros e a Base Aérea de Santos no período de dezembro a março (22/12/2014 a 20/03/2015).

Anova: fator único

RESUMO

Grupo	*Contagem*	*Soma*	*Média*	*Variância*
Valongo-r	13	455,3	35,02308	0,340256
Encruzilha	13	429,9	33,06923	0,182308
Gonzaga-r	13	448,9	34,53077	0,640641

ANOVA

Fonte da varia	*SQ*	*gl*	*MQ*	*F*	*valor-P*	*F crítico*
Entre grup	26,84923	2	13,42462	34,62317	4,11E-09	3,259446
Dentro do	13,95846	36	0,387735			
Total	40,80769	38				