

An aerial photograph of a densely populated urban neighborhood. The image shows a grid-like pattern of streets with numerous houses, many of which have red-tiled roofs. There are several green spaces, including trees and small parks, interspersed among the buildings. The overall scene depicts a typical suburban or urban residential area.

Conforto Térmico Humano e Desenho da Floresta Urbana

Marina Cromberg

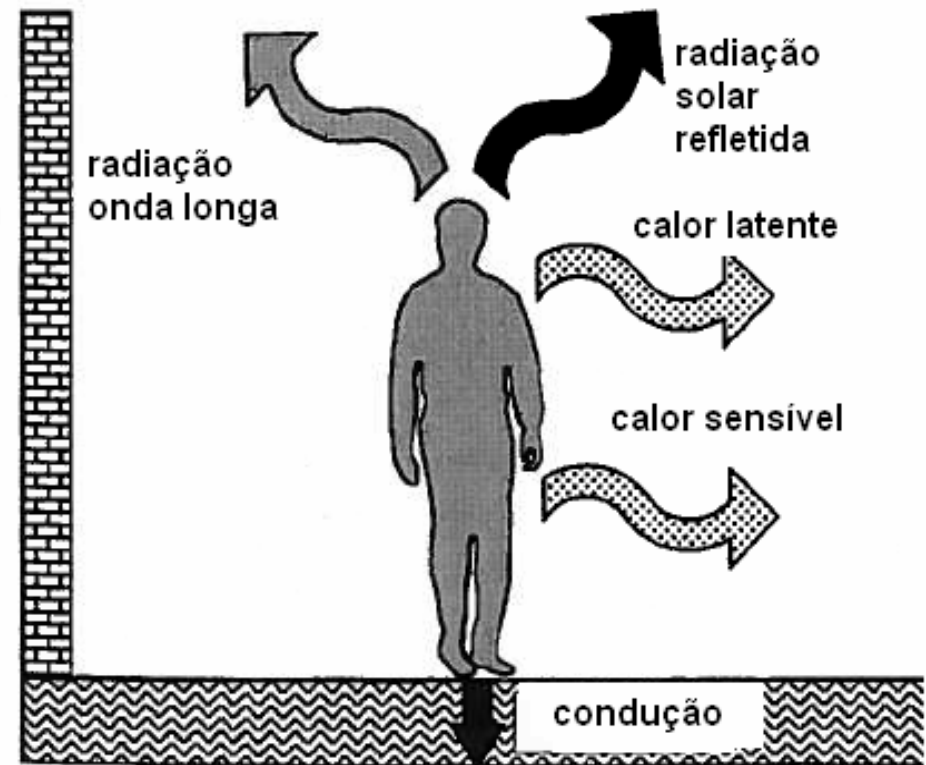
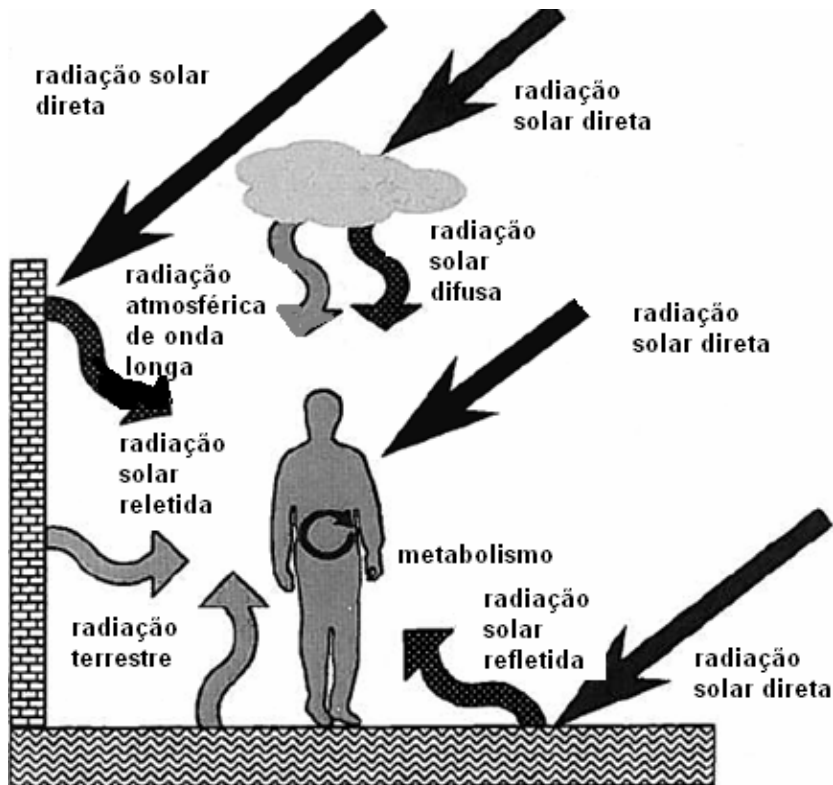
Introdução

- O que é conforto térmico?
- Importância da Pesquisa
- Conforto e floresta urbana
- Objetivos
- Materiais e Métodos
- Resultados
- Questões

O que é Conforto Térmico?

- Satisfação em relação as condições térmicas do ambiente
- Interações complexas:
 - Meteorológicas (temperatura do ar, UR, radiação, vento)
 - Fisiológicas (pressão sanguínea, vaso dilatação/constricção)
 - Psicológicas (expectativa / história)
 - Comportamentais (vestimenta, hábitos alimentares)
- Modelado de acordo com a equação de balanço energético humano.

Balanço Energético



Trocas térmicas : convecção, radiação e evaporação

Fatores : Temp. do ar, Temp. da pele, metabolismo, UR, vestimenta, velocidade do ar

Importância da Pesquisa

- Mudanças climáticas
- Mudanças nas características térmicas da superfície, nas taxas de evaporação e circulação de ar, impermeabilização do solo e remoção da vegetação
- Alto consumo de energia para resfriamento
- Estresse térmico
- Inatividade : Uso de espaços (duração da atividade)
- Conflitos com a pesquisa de conforto térmico em ambientes internos.
- Benefícios de um desenho baseado em estudos de conforto

Conforto e Floresta Urbana

- Estabilidade microclimática : redução das amplitudes térmicas, da insolação direta e da velocidade dos ventos e ampliação das taxas de evapotranspiração.
- Interação social, recreação, aspectos estéticos.
- Valor econômico.
- Saúde física e psicológica.
- Rain storm management.

(Miano, 2003) (Ganglof 1996)



Objetivo Geral

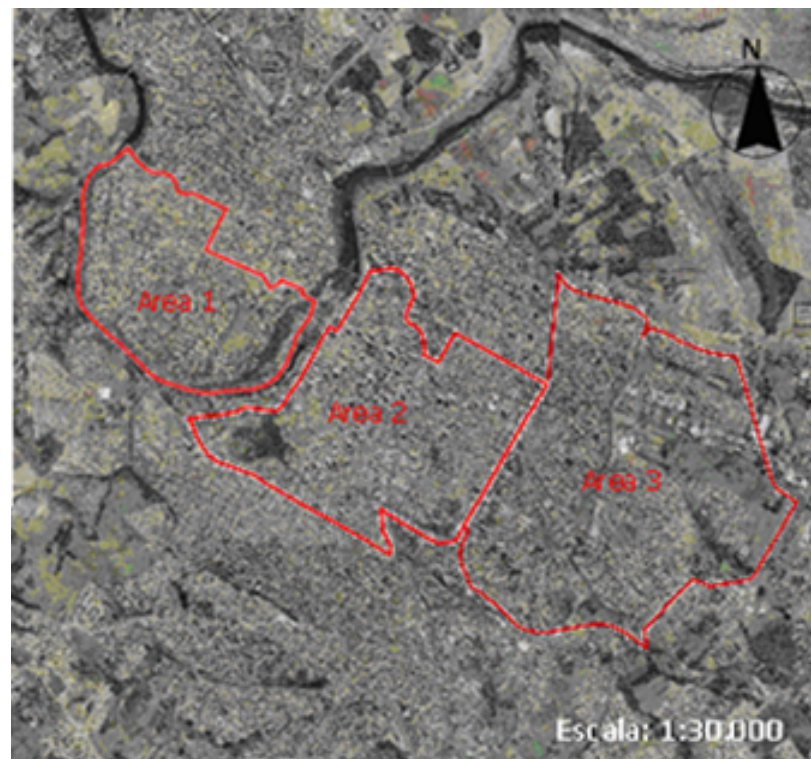
- Avaliar os efeitos da arborização urbana para obtenção de espaços termicamente confortáveis. A partir da utilização de **modelos de conforto térmico** pretende-se aprimorar o desenho da paisagem urbana, de forma a reduzir gastos energéticos e ampliar os benefícios das árvores em promover conforto físico e psíquico às pessoas.

Objetivos Específicos

- Adequar o modelo de Conforto Térmico ao ar livre (Comfa), desenvolvido no Canadá, ao contexto de Piracicaba.
- Calcular o Conforto Térmico para determinadas áreas de Piracicaba com diferentes percentuais de cobertura arbórea.
- Simular novos cenários para a cidade de Piracicaba com o objetivo de tornar a cidade mais confortável termicamente e diminuir o consumo de energia.
- Desenvolver propostas de desenho urbano para as áreas mais desconfortáveis.

Local de Estudo

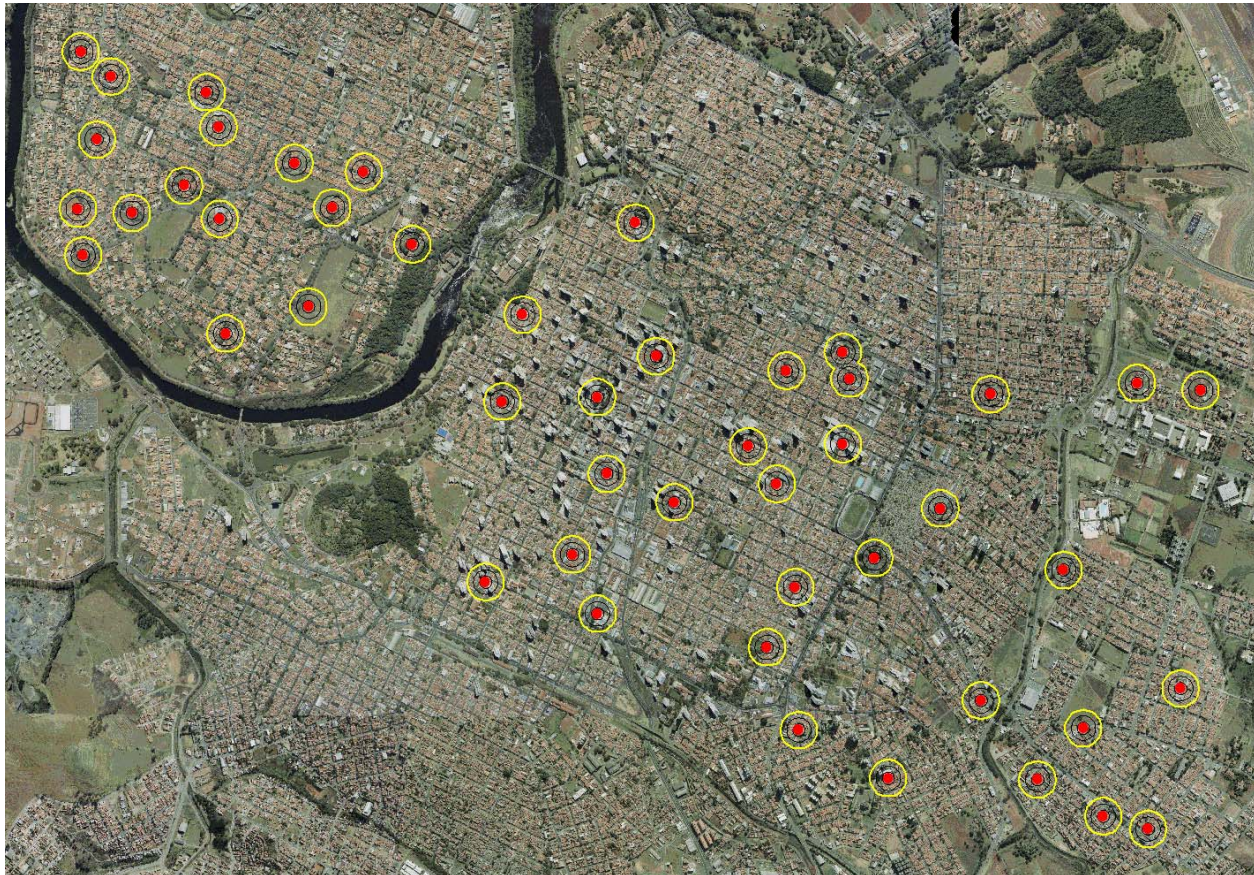
Bairros	Área	Cobertura Arbórea (%)
Nova Piracicaba	1	22.29
Jd. Monumento	1	6.82
Centro	2	6.82
Cidade Alta	2	5.31
Vila Monteiro	3	15.22
Morumbi	3	21.17
Piracicamirim	3	6.2
Santa Cecília	3	21.17
Vila Independência	3	8.57
Jardim Elite	3	6.86
Nova América	3	9.37



Grupo A : Nova Piracicaba, Santa Cecília e Morumbi.

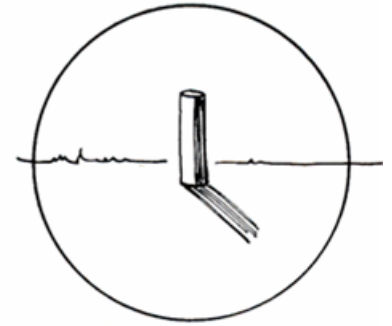
Grupo B: Centro, Cidade Alta, Piracicamirim, Jardim Monumento e Jardim Elite

Aquisição dos Dados



- Coletas: 48 pontos - 2 estações (jan/ago) 3 dias - 7:00 , 9:00, 15:00, 21:00
- Posto Agrometeorológico (ESALQ – USP) – radiação e vento

COMFA – COMfort Formula



- Brown & Gillespie (1995):
- **Budget = $R_{abs} + M - Conv - Evap - T_{Remitted}$**

R_{abs} – solar radiation absorbed by a person

M – metabolic energy

$Conv$ – Convective gain or loss

$Evap$ – evaporative heat losses

$T_{Remitted}$ – terrestrial radiation emitted by a person

Resultados COMFA

- Níveis de Conforto originais

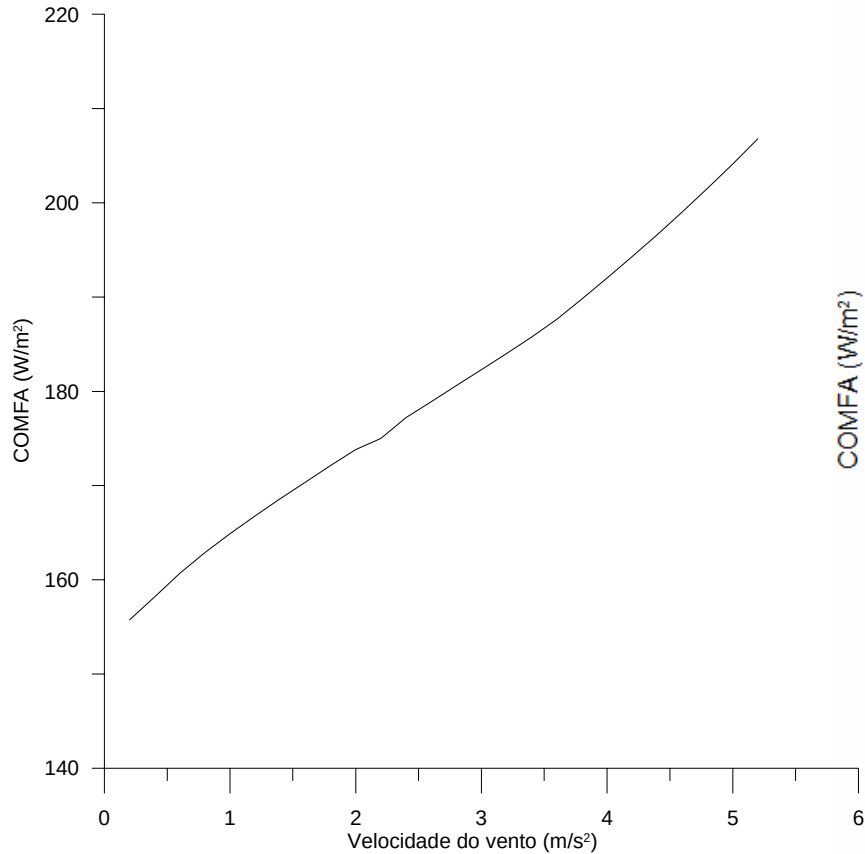
Balanço Energético (COMFA, W/m ²)	Interpretação
Balanço energético < -150	preferiria estar muito mais quente
-150 < balanço energético < -50	preferiria estar mais quente
-50 < balanço energético < 50	conforto térmico
50 < balanço energético < 150	preferiria estar mais frio
balanço energético > 150	preferiria estar muito mais frio

- Níveis sugeridos

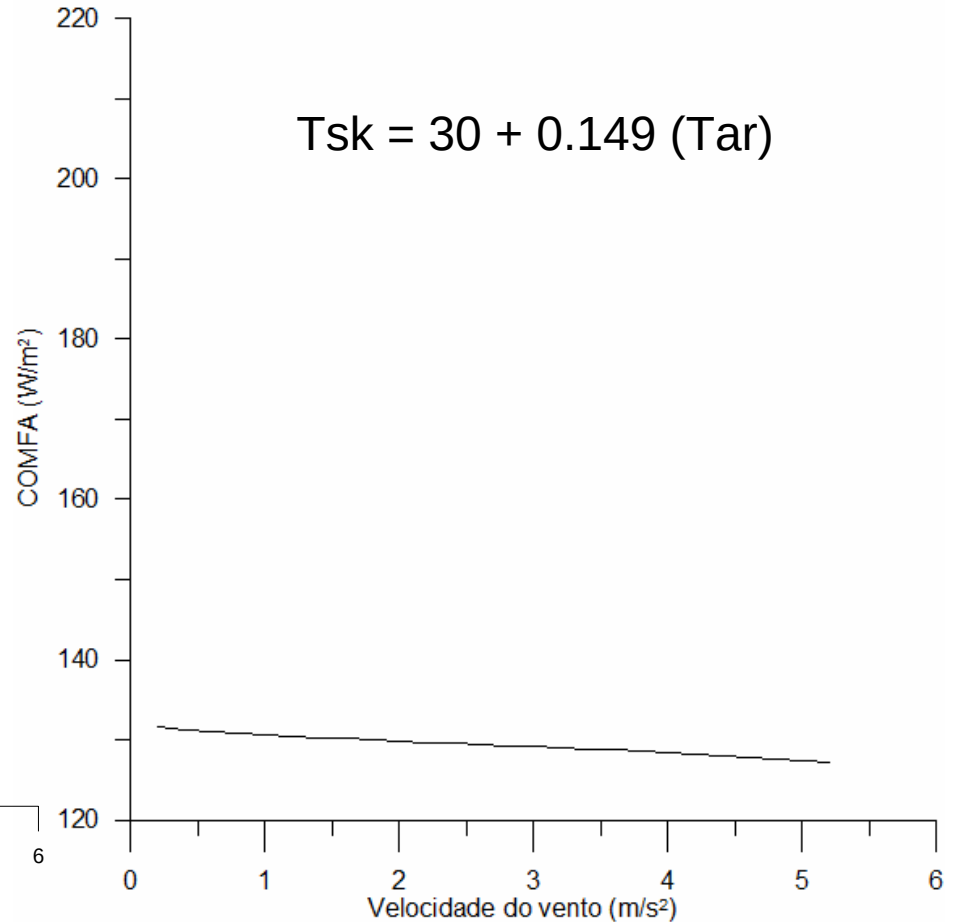
Balanço Energético (COMFA, W/m ²)	Interpretação
balanço energético < -120	preferiria estar muito mais quente
-120 < balanço energético < -20	preferiria estar mais quente
-20 < balanço energético < 80	conforto térmico
80 < balanço energético < 180	preferiria estar mais frio
balanço energético > 180	preferiria estar muito mais frio

Temperatura da pele

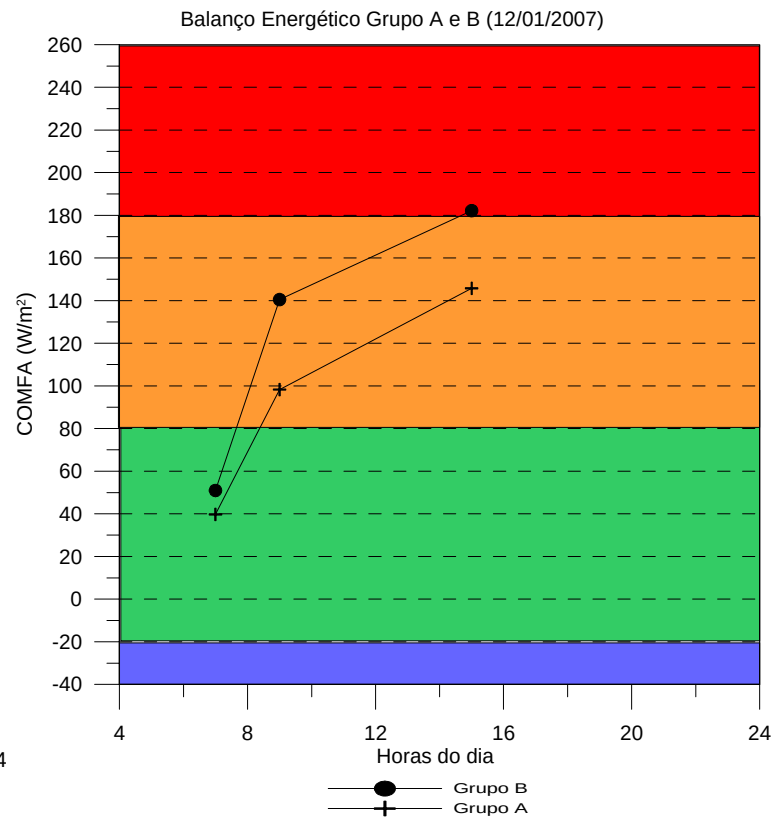
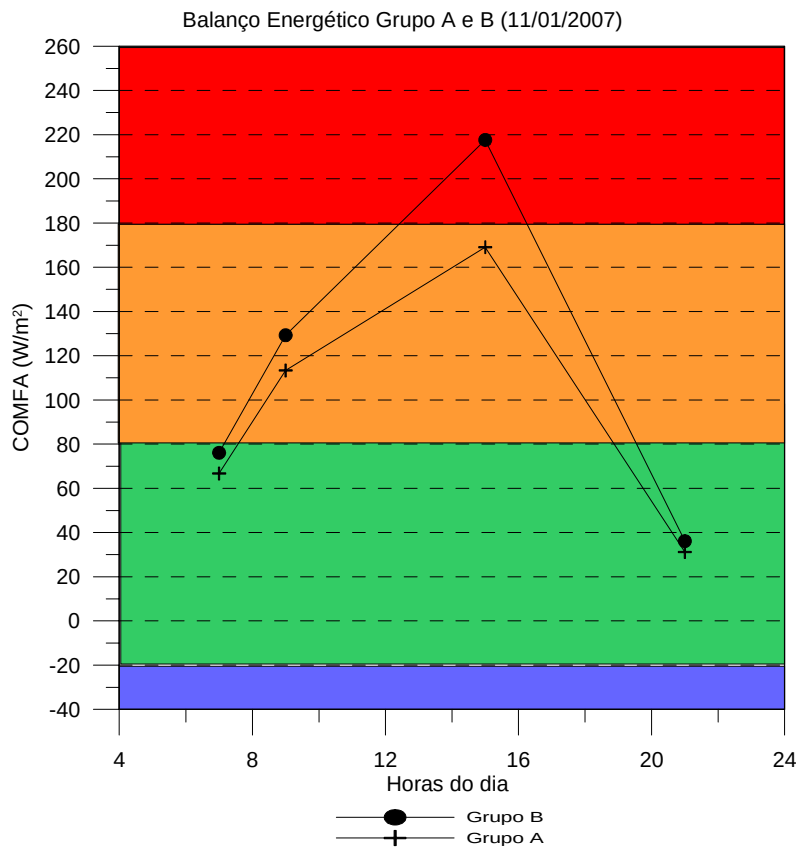
Velocidade do vento e balanço energético usando equação original



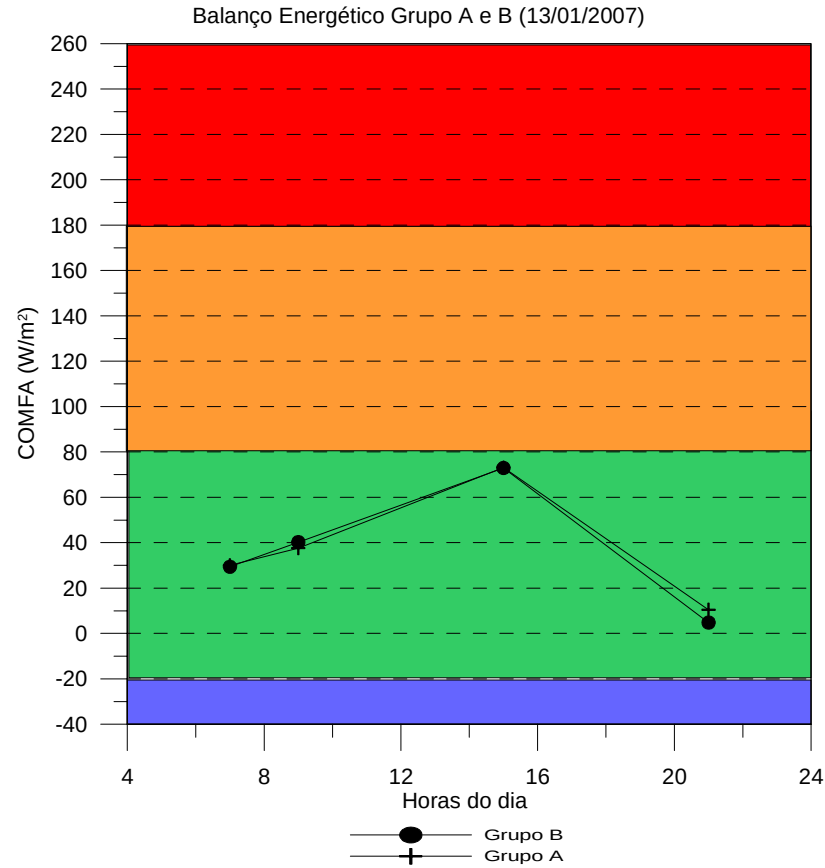
Velocidade do vento e balanço energético usando equação nova



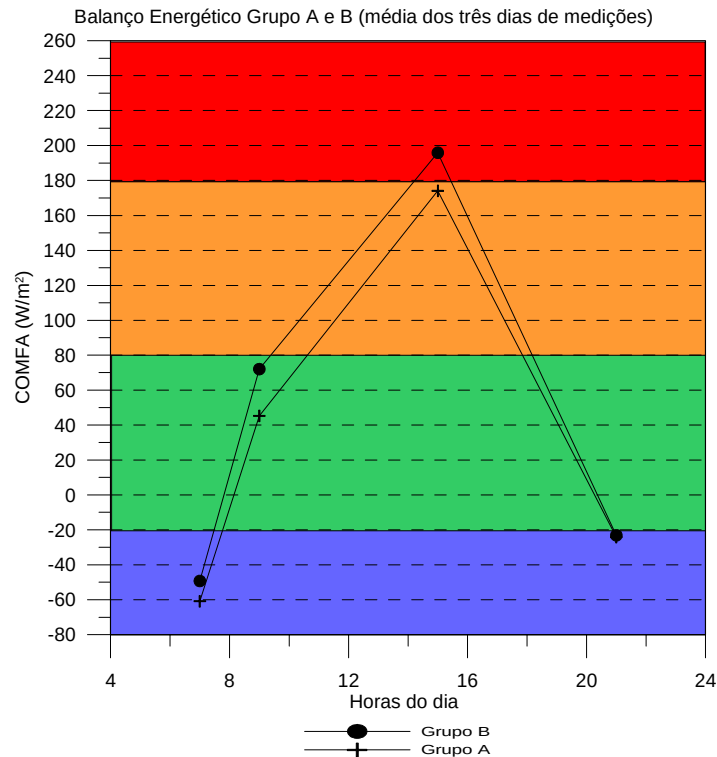
COMFA Grupos A e B (Verão)



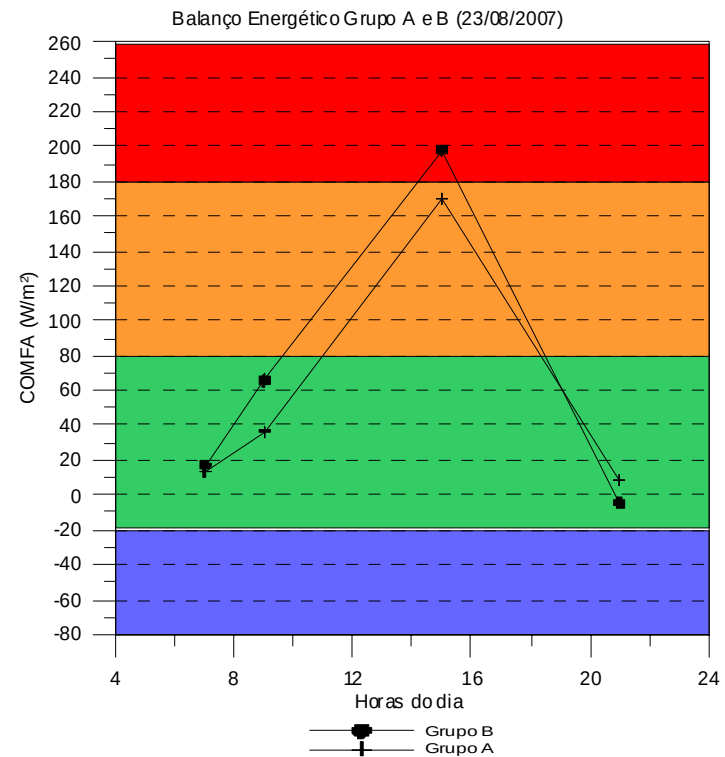
COMFA Grupos A e B (Verão)



COMFA Grupos A e B (Inverno)

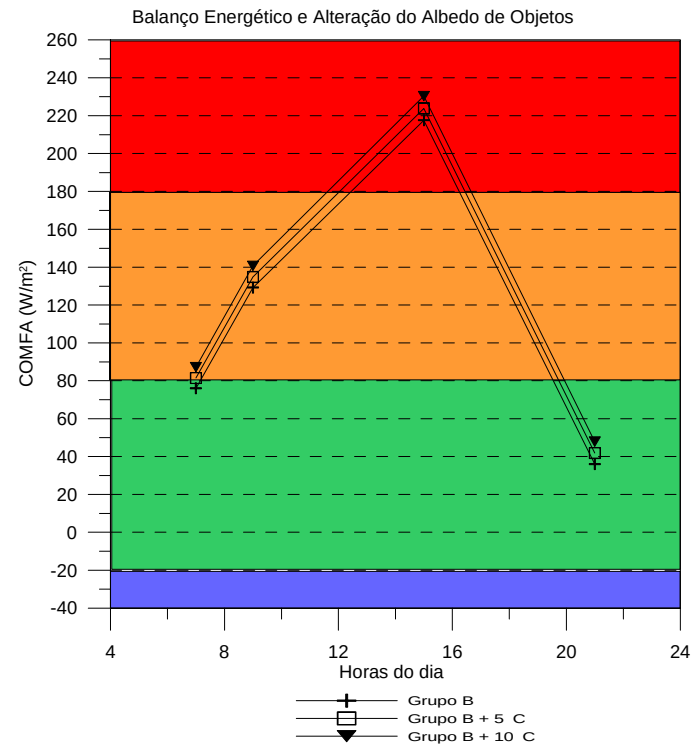
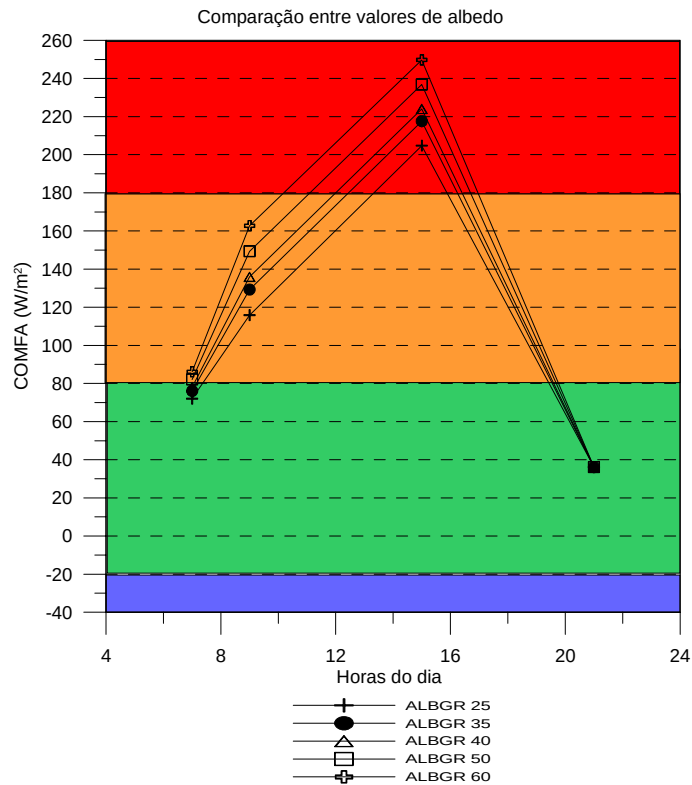


Sem influência de vestimenta



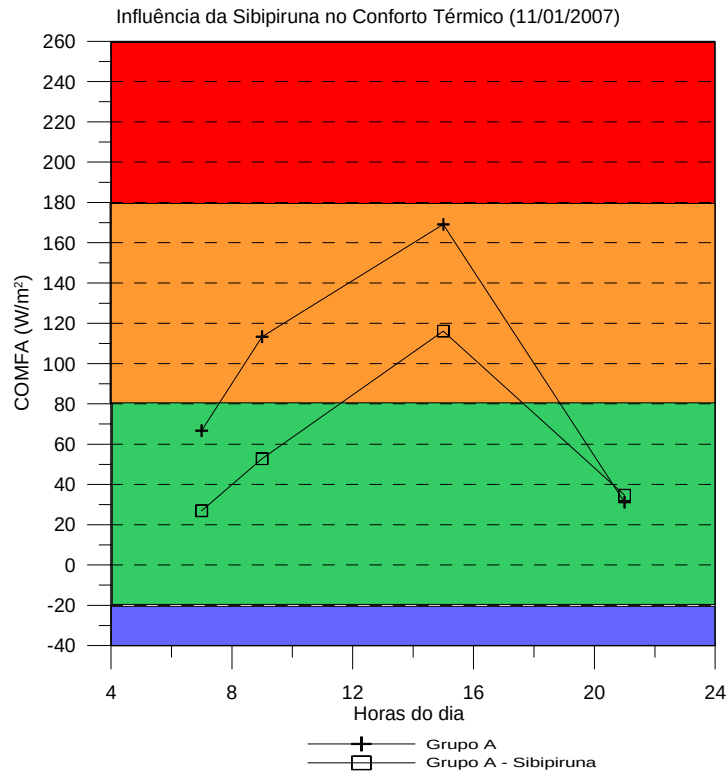
Influência de vestimenta

Simulações – Albedo Grupo B

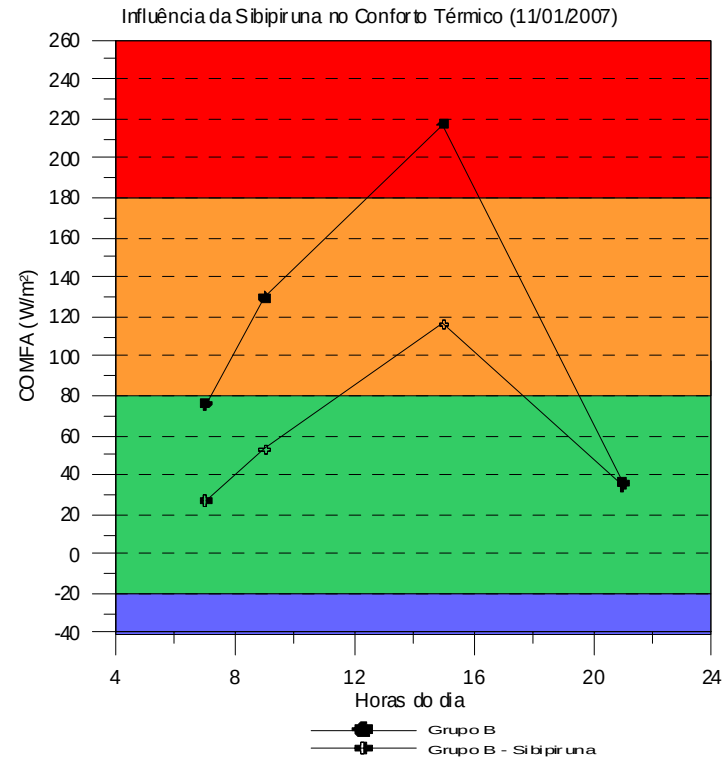


Simulações – Cobertura Arbórea

Dia 11/01/2007



Grupo A



Grupo B

Cobertura arbórea

- A vegetação ameniza os efeitos da radiação solar filtrando os raios diretos, controlando a radiação refletida e pela absorção de calor irradiado da superfície do solo.
- Sibipiruna – folhas pequenas e copa elevada (maior circulação do ar)
- Folhas largas – dificultam a ascensão do ar quente, tornando mais difícil sua dissipação.
- Idéias de estudos – correlacionar área foliar, cor da folha, altura e formato da copa, deciduidade com a quantidade de radiação interceptada e conforto térmico proporcionado.

Graus Hora de Calor

- Graus-Hora - quantidade de graus que ultrapassou a temperatura de neutralidade térmica (T_n).
- T_n é a média de temperaturas do ar, em que a maioria das pessoas não sente calor ou frio (margem 2,5).
- $T_n = 17,6 + 0,31 \times TM_{Ext}$
- TM_{Ext} - dados de temperaturas médias dos meses de janeiro e agosto, dos últimos dez anos, fornecidos pelo Posto Meteorológico da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – USP (ESALQ).

Graus Hora de Calor

- Para a estimativa horária foram computadas as temperaturas mais altas de cada dia para identificar a diferença entre os pontos medidos e a estação de referência. Supondo-se que estas diferenças fossem mantidas ao longo do dia (VELASCO 2007).
- Após estimadas as temperaturas horárias de cada área (1,2,3 e referência), foi calculada hora a hora a quantidade de graus Celsius que ultrapassou o limite superior no período de um dia.

Resultados: Graus Hora de Calor

Horário	Médias de Tar (°C) Janeiro	Médias de Tar (C) coletadas		
		A1	A2	A3
1	21.90			
2	21.50			
3	20.90			
4	20.50			
5	20.20			
6	20.20			
7	21.10	25.15	25.23	26.86
8	22.30			
9	24.00	27.44	26.82	30.01
10	25.90			
11	27.50			
12	27.70			
13	28.00			
14	29.30			
15	30.10	33.97	37.53	35.74
16	30.30			
17	29.90			
18	27.80			
19	26.20			
20	25.30			
21	23.80	26.85	28.45	33.08
22	23.10			
23	22.60			
24	22.20			

A1 = 3,87 A2 = 7,43 A3 = 5,64

Horário	Médias de Tar (C) Agosto	Médias de Tar (C) coletadas		
		A1	A2	A3
1	15.40			
2	14.70			
3	14.20			
4	13.20			
5	12.50			
6	11.90			
7	11.90	18.2	19.1	20.32
8	13.10			
9	17.00	25	25.2	27.94
10	22.20			
11	25.70			
12	28.30			
13	29.30			
14	29.90			
15	30.20	34.8	32.68	33.72
16	30.30			
17	29.70			
18	27.60			
19	25.40			
20	23.70			
21	22.00	24.6	26	25.94
22	20.20			
23	19.00			
24	17.80			

A1 = 4,6 A2 = 2,48 A3 = 3,52

Temperaturas estimadas

Horário	Tar (C) janeiro			Tar (C) agosto		
	A1	A2	A3	A1	A2	A3
1	25.77	29.33	27.54	20.00	17.88	18.92
2	25.37	28.93	27.14	19.30	17.18	18.22
3	24.77	28.33	26.54	18.80	16.68	17.72
4	24.37	27.93	26.14	17.80	15.68	16.72
5	24.07	27.63	25.84	17.10	14.98	16.02
6	24.07	27.63	25.84	16.50	14.38	15.42
7	25.15	25.23	26.86	18.2	19.1	20.32
8	26.17	29.73	27.94	17.70	15.58	16.62
9	27.44	26.82	30.01	25	25.2	27.94
10	29.77	33.33	31.54	26.80	24.68	25.72
11	31.37	34.93	33.14	30.30	28.18	29.22
12	31.57	35.13	33.34	32.90	30.78	31.82
13	31.87	35.43	33.64	33.90	31.78	32.82
14	33.17	36.73	34.94	34.50	32.38	33.42
15	33.97	37.53	35.74	34.8	32.68	33.72
16	34.17	37.73	35.94	34.90	32.78	33.82
17	33.77	37.33	35.54	34.30	32.18	33.22
18	31.67	35.23	33.44	32.20	30.08	31.12
19	30.07	33.63	31.84	30.00	27.88	28.92
20	29.17	32.73	30.94	28.30	26.18	27.22
21	26.85	28.45	33.08	24.6	26	25.94
22	26.97	30.53	28.74	24.80	22.68	23.72
23	26.47	30.03	28.24	23.60	21.48	22.52
24	26.07	29.63	27.84	22.40	20.28	21.32

Graus Hora de Calor

$$T_n = 25,34 + 2,5 = 27,84 \text{ (jan)}$$

$$T_n = 23,77 + 2,5 = 26,28 \text{ (ago)}$$

Horário	janeiro 2007				agosto 2007			
	GHI	GHI	GHI	GHI	GHI	GHI	GHI	GHI
1	0	1.49	0	0	0	0	0	0
2	0	1.09	0	0	0	0	0	0
3	0	0.49	0	0	0	0	0	0
4	0	0.09	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	1.89	0.10	0	0	0	0	0
9	0	0	2.17	0	0	0	1.66	0
10	1.93	5.49	3.70	0	0.52	0	0.00	0
11	3.53	7.09	5.30	0	4.02	1.90	2.94	0
12	3.73	7.29	5.50	0	6.62	4.50	5.54	2.02
13	4.03	7.59	5.80	0.16	7.62	5.50	6.54	3.02
14	5.33	8.89	7.10	1.46	8.22	6.10	7.14	3.62
15	6.13	9.69	7.90	2.26	8.52	6.40	7.44	3.92
16	6.33	9.89	8.10	2.46	8.62	6.50	7.54	4.02
17	5.93	9.49	7.70	2.06	8.02	5.90	6.94	3.42
18	3.83	7.39	5.60	0	5.92	3.80	4.84	1.32
19	2.23	5.79	4.00	0	3.72	1.60	2.64	0
20	1.33	4.89	3.10	0	2.02	0	0.94	0
21	0	0.61	5.24	0	0	0	0	0
22	0	2.69	0.90	0	0	0	0	0
23	0	2.19	0.40	0	0	0	0	0
24	0	1.79	0	0	0	0	0	0

Interpretação GHC

	janeiro 2007				agosto 2007			
	A1	A2	A3	Ref	A1	A2	A3	Ref
C/dia	44.33	93.24	72.61	8.40	63.82	42.20	54.16	21.34

- A1 – menor necessidade de refrigeração artificial
- A 2 corresponde a zona central e mais densamente ocupada da cidade apresentou o valor mais elevado de Graus-Hora de calor.
- Em agosto a situação inverte-se, a área 1 é a que apresenta maior necessidade de refrigeração e a área 2 é a que possui menores valores para Graus-Hora de calor
- Estimativa rápida - não leva em conta o efeito das árvores e não inclui variáveis importantes

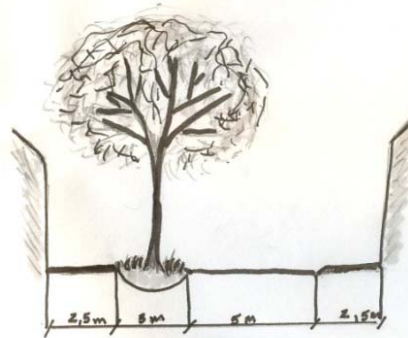
Desenho Urbano

- A história das ruas remete a aproximadamente **8000 anos** atrás e tem servido a uma variedade de funções: **sociais, políticas, ecológicas e econômicas.**
- Atualmente, as ruas representam **um terço** da paisagem urbana e possuem valiosas funções além de acesso e circulação. A rua residencial é o lugar em que vivemos e interagimos.

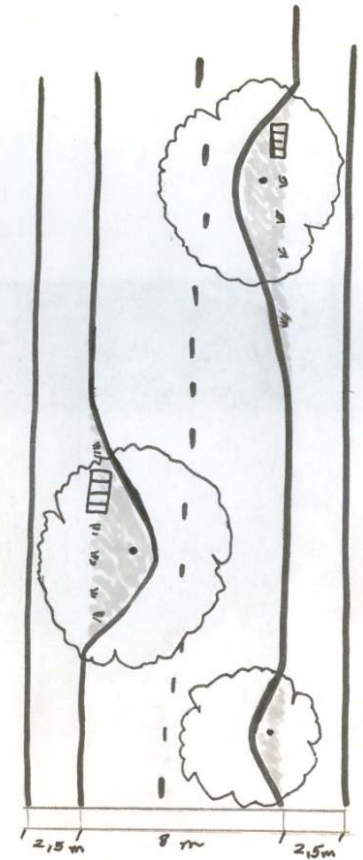
Design : Centro



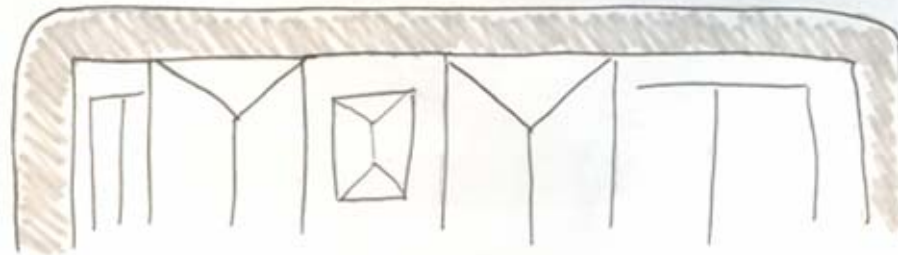
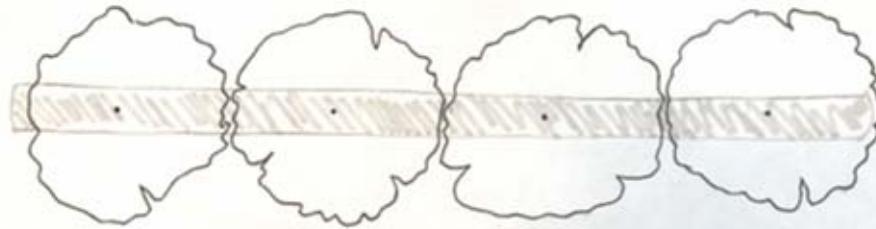
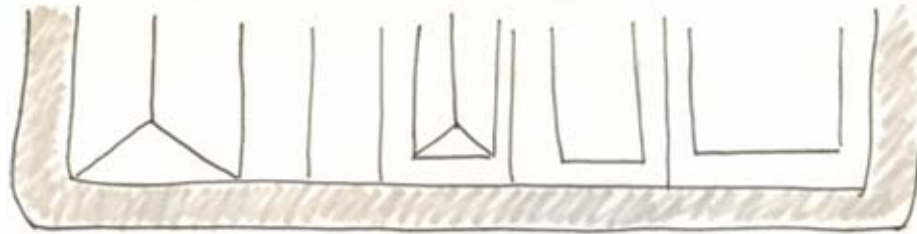
Rua Governador Pedro de Toledo



1:200



Design : Bairro Jd. Monumento



1:200

Bairro Jardim Monumento

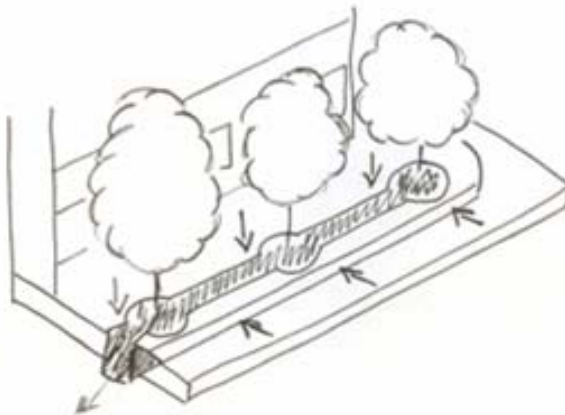
Ocupação urbana atual



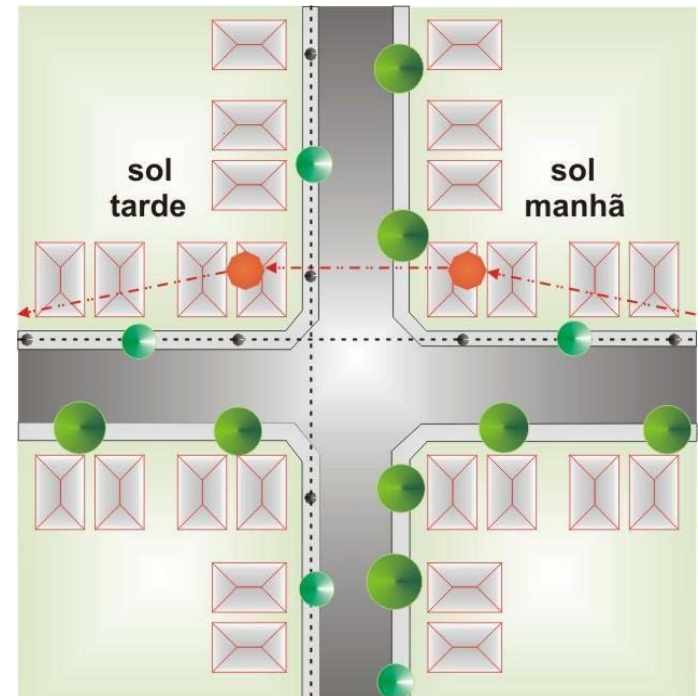
Ideal



Desenho da calçada



Posicionamento do plantio



Laterais voltadas para as faces:
norte e oeste

Calçadas Multifuncionais



Variáveis positivas das propostas:

- secções – redução do escoamento superficial e do problema das enchentes,
- O aumento da cobertura arbórea e sombreamento – conforto e melhora do microclima.
- Maior conforto e valor estético proporcionado - atrativo e incremento da atividade econômica.
- Aumento do uso de espaços externos, criando maior conectividade da população com os espaço públicos.

Conclusões

- As adaptações sugeridas ao modelo COMFA permitiram o estudo do conforto térmico na cidade de Piracicaba.
- Análise da influência dos estratos arbóreos no bem-estar humano e na qualidade de vida no ambiente urbano.
- O modelo mostrou ser uma importante ferramenta para simulações e previsões de cenários (seleção das melhores estratégias).
- Realizar questionários para comparar os valores de balanço energético previstos pelo modelo com os níveis de conforto experimentados pelas pessoas entrevistadas.

Conclusões

- O método Graus-Horas de calor apresentou uma estimativa da quantidade de graus Celsius necessários para refrigeração durante um dia na cidade de Piracicaba .
- No verão e no inverno a cidade de Piracicaba demanda grande quantidade de energia para resfriamento — necessidade de investir em cobertura arbórea.
- Método limitado
- As estratégias de desenho sugeridas mostram a possibilidade de arborizar regiões densamente ocupadas.

Conclusões

- Árvores de grande porte - conforto térmico ,redução de consumo energético e melhora da qualidade de vida da população.
- O estabelecimento, desenvolvimento e manutenção da arborização urbana de qualidade deve ser meta dos gestores públicos, assim como de empresas prestadoras de serviços.

Referências

- BROWN, R.D.; GILLESPIE, T.J. **Microclimatic Landscape Design**: Creating Thermal Comfort and Energy Efficiency. 1995. Canada: John Wiley & Sons, Inc., 1954. 193p.
- GANGLOFF, D. **Urban forestry in the USA**. In: Second National Conference on Urban Forestry. USA, K D. Collins, 1996. p. 27-29.
- MILANO, M.S.; DALCIN, E.C. **Arborização de vias públicas**. Rio de Janeiro, RJ: Light, 2000. 226p.

Obrigada!

