



ENTAC2006

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

EVOLUÇÃO DA COBERTURA VEGETAL E SEUS IMPACTOS ENERGÉTICO-AMBIENTAL EM PORTO ALEGRE, RS.

Juan José Mascaró (1)

(1) Universidade de Passo Fundo – Faculdade de Engenharia e Arquitetura – Curso de Arquitetura e Urbanismo
Campus I – Bairro São José – BR 285 – CEP 99001-970 Passo Fundo – RS - Brasil
arqmascaro@terra.com.br

RESUMO

Analisa-se a evolução da cobertura vegetal em Porto Alegre e sua influência na ambiência urbana local e, através do estudo do desempenho ambiental de ruas arborizadas e ruas secas (sem arborização), quantificam-se os aspectos ambientais mensurados. Os consumos de energia elétrica da edificação sombreada pela vegetação urbana são analisados para verificar os efeitos de redução da iluminância natural que a sombra projetada pela arborização sobre as janelas produz no interior dos espaços edificados. O significado energético-ambiental da vegetação urbana é descrito, fornecendo bases econômicas para a escolha da arborização pública que levam em consideração aspectos de poupança energética da cidade. O método de pesquisa usado é o de medições *in situ* de temperatura, umidade relativa do ar e iluminância natural de ruas secas e arborizadas da cidade, observação de usos dos espaços públicos e edificados. Os resultados permitem estimar o desempenho ambiental-energético da vegetação urbana e fazer uma proposta de sombreamento mínimo urbano no verão para a cidade subtropical úmida.

Palavras-chave: ambiência urbana; vegetação urbana; poupança energética.

ABSTRACT

This work analyses the way of the soil occupation in the Porto Alegre city through the evolution and loss of vegetal coverage with the urbanization development, commenting the main occurred environmental impacts. This aspect is fundamental for the ecological system balance where the city is established. The microclimatic changes in two urban precincts, one dry and other with vegetation, area related through of temperature and air humidity and wind direction and velocity

Keywords: urban environment; urban forestry; energy conservation

1 INTRODUÇÃO

Qualquer aproximação a uma teoria sobre o ambiente da cidade deve partir da consideração de um meio intensamente artificial, aglomerado e transformado. O meio urbano supõe uma modificação tão importante das condições naturais da região na que se insere, que seus habitantes ficam isolados da realidade natural. Problemas ambientais estão diretamente relacionados com o desenvolvimento da sociedade industrial e com as modernas estruturas urbanas. Desde poucas décadas, a importância do biótipo dos espaços urbanos tem sido reduzida devido a essas fortes tensões ambientais às que estão submetidos e talvez seja a rapidez da mudança a que impede aos organizadores da paisagem urbana apreender por experiência a forma de humanizar a matéria prima que têm a sua disposição.

Tudo está acelerado.

Os diferentes microclimas urbanos mostram já alterações devidas à perda da cobertura vegetal combinada com a edificação do solo urbano. De outro lado, a vegetação urbana está sob a ação da “pressão antropogênica” que pode ser entendida com “um complexo sistema de interações entre natureza e engenharia, ambiente abiótico e população humana” (TROJAM, 1981). Em termos quantitativos, tem-se a fragmentação das áreas verdes e a diminuição da percentagem de cobertura vegetal com a consequente modificação da ambiência urbana. Áreas construídas e cobertura vegetal devem ser entendidas como medidas da intensidade de urbanização.

Tão importante como a atuação à escala regional é o planejamento a escala urbana, no qual a intervenção deve enfatizar três aspectos relacionados entre si: em primeiro lugar, a sombra protetora nos espaços abertos, principalmente a da vegetação; em segundo lugar, um tipo de pavimentação que não contribua para o aumento da temperatura no verão; e, finalmente, uma adequada distribuição das zonas verdes no interior do núcleo urbano.

2 A CIDADE E A ENERGIA

A cidade ocupa hoje o primeiro lugar entre os consumidores de energia assim como o que maior deterioro ambiental causam. A questão ambiental é a mais importante, profunda e de maior alcance social. Não envolve apenas a sensação dos usuários perante uma situação específica, mas o futuro da humanidade em longo prazo e a qualidade de vida a médio e curto prazo. Portanto, muito provavelmente suas consequências serão maiores que as do desperdício energético. As próximas décadas estarão, sem dúvida, dedicadas à questão ambiental, entendida mais amplamente sob a denominação de desenvolvimento sustentável. Definitivamente, assume seu caráter de maior artefato construído pelo homem, o que mais deteriora o meio ambiente no qual se instala, o que mais energia consome.

2.1 Arborização urbana e energia

Os verões cada ano mais quentes podem custar dinheiro à prefeitura local porque o aumento de temperatura em áreas urbanas impacta diretamente nos custo de refrigeração. Em cidades com mais de 100.000 habitantes o pico da demanda utilitária aumenta 1,5% a 2% para cada 0,6°C de aumento de temperatura (US DOE, 1999). As temperaturas urbanas ao longo dos EUA, por exemplo, têm aumentado em média entre 1,1°C e 2,2°C nos últimos 40 anos, o que significa que as cidades estão pagando para manter - se frescas no verão. Em Washington, DC, por exemplo, o ar condicionado é usado por cerca de 1.300 h / ano. Esses custos representam o pago de taxas de cerca de US\$ 40,00 por cada hora de operação, ou US\$ 52 milhões por ano! Reduzindo as cargas de refrigeração da cidade é possível se obter significativos benefícios ambientais e econômicos para a comunidade.

Dos métodos disponíveis e eficientes para diminuir a demanda por refrigeração, o uso de árvores e superfícies de alto albedo são freqüentemente mencionado como os mais adequados na bibliografia sobre o tema. E esta pesquisa confirma o anteriormente dito. O foco central

desta questão está no uso de árvores como o melhor método de resfriar as áreas urbanas, convivendo em harmonia com os equipamentos e as infra-estruturas urbanas.

Em Tucson, Arizona (US DOE, 1999), está-se usando árvores para reduzir o calor no verão desde 1989, quando começou o Programa de Arborização Urbana, que propunha o plantio de 500.000 árvores adaptadas às condições desérticas da região. Esto significa uma árvore por cada residente na cidade. Sabe-se que este programa não somente poupara dinheiro de refrigeração à prefeitura, mas melhorará a qualidade de vida da comunidade. Em dias quentes de verão a diferença entre a temperatura do ar no centro de Porto Alegre e sua periferia rural chega a 4°C e até 7 °C na cidade de Novo Hamburgo, RS (MASCARÓ et al, 2002).

As causas da ilha de calor são bem conhecidas, embora seja necessária mais pesquisa para quantificar seus efeitos. O aquecimento das cidades no verão contribui para níveis altos de poluição e essa poluição contribui para acentuar o efeito da ilha de calor. A maior temperatura mais rápido se produzem às reações químicas que levam a altas concentrações de ozono, e a noite, a poluição sobre a cidade inibe a perda térmica.

Outro fator exacerbante da situação é que o desenvolvimento de edificações e indústrias em áreas urbanas continua crescendo sem que se realize o replantio a vegetação que sua construção destrui. Em Porto Alegre a cobertura vegetal vem diminuindo sensivelmente a medida que o solo urbano se adensa e não se procede a substituição das árvores que foram cortadas ou simplesmente morreram. Nas cidades americanas somente é plantada uma árvore para cada quatro removidas. Na cidade de New York, por exemplo, perdeu-se 20% de sua floresta urbana (175.000 árvores) no final das décadas passadas. Em Porto Alegre não há estatística sobre o número de espécies perdidas por ano nem nas últimas décadas, mas a Prefeitura Municipal informa que há plano de reposição de árvores urbanas em andamento. E isto é importante porque a cidade sem a arborização urbana e seu sombreamento não seria habitável.

2.2 A arborização como uma estratégia de resfriamento

Uma das estratégias mais simples e mais baratas para conter o efeito da ilha de calor é aumentar o número de árvores e outras plantas na cidade. A vegetação resfria diretamente por sombreamento e indiretamente através da evapotranspiração, processo pelo qual as plantas produzem o vapor de água. A poupança energética pode ser significativa. Nos EUA o efeito anual das árvores corretamente usadas representa uma poupança média de cerca de 20% a 25% dos custos energéticos residenciais, comparados com os mesmos custos para uma casa numa área desprotegida, sem vegetação.

Em situações específicas, a poupança energética por sombreamento pode ser importante. No Sul da Flórida, pesquisadores estimaram que árvores e arbustos próximos à edificação possam reduzir os custos de condicionamento artificial de verão em 40%. Medidas muito simples podem poupar dinheiro. Dados de Penssylvânia indicam que a sombra pode reduzir o custo de refrigeração de uma pequena “casa rodante” (*motor home*) em até 75%, por exemplo.

2.3 Desempenho térmico dos pavimentos urbanos dos recintos estudados

Uma das características térmica mais destacável dos pavimentos urbanos é sua escassa capacidade de refletância, o que significa que são uns extraordinários acumuladores de calor. Durante o verão a radiação solar recebida por uma superfície horizontal é, aproximadamente, o dobro da recebida por uma superfície vertical. Em Porto Alegre, as elevadas temperaturas que se registram são as resultantes de uma radiação solar incidente que se mantém relativamente alta grande parte do ano. A capacidade de refletância das superfícies asfaltadas, a irradiação recebida através do ano e sua emitância para o entorno construído são relevantes para a ambiência urbana. O asfalto atinge uma temperatura máxima entre 55°C e 59°C quando exposto à radiação solar no verão. A acumulação diária de energia apresenta um máximo ao redor da metade da tarde e um mínimo – compreendido entre 30°C e 35°C – a partir do pôr do Sol. Somente ele – dentre os materiais de pavimentação – atinge o mínimo de

temperatura no início da manhã e a máxima temperatura à sombra, muito próxima dos 40°C, mostrando sua enorme capacidade de absorção e emissão. Isto indica que a busca do elemento sombra resulta fundamental para a ambiência urbana subtropical.

2.3 Proposições de caráter ambiental – energético

A cidade deve ser sombreada durante o período quente, principalmente, por uso de vegetação, a que deve ser programado em conjunto com as redes de infra-estrutura urbana para se obter uma paisagem harmoniosa e eficiente.

Um fator de visão de céu de 45° ou maior é aconselhável para um bom desenvolvimento da vegetação urbana.

As árvores serão de folha caduca e as espécies selecionadas, do ponto de vista ambiental, em função de:

- Altura total e largura e altura de início da copa
- Forma da copa levando em consideração a sua função de sombreamento
- Densidade da folhagem e densidade dos ramos (sem folhas) à penetração da radiação solar, (20% como mínimo, condição de inverno) e à passagem do vento (condição de verão, 50% recomendada)
- Taxa de crescimento – são preferíveis as que apresentarem maior taxa no início e menor no fim de seu desenvolvimento
- Menor necessidade de poda
- Raízes em função de sua localização em relação à edificação e à infra-estrutura urbana

Localização do material vegetal

Deve satisfazer os seguintes critérios:

- Limitar a incidência dos raios solares em, pelo menos, dois terços da área dos caminhos de pedestres e praças no período sobre aquecido.
- Idem para os locais de recreio infantil
- Garantir a insolação dos locais de recreio infantil durante, pelo menos, 4 horas durante os períodos mais convenientes (inverno e fim de outono e início da primavera)
- Sombrear as superfícies envidraçadas dos edifícios no verão, particularmente as expostas ao nascente e poente.
- Garantir a insolação das fachadas norte no inverno durante, pelo menos 2 horas.
- Interceptar a radiação das superfícies construídas nas situações em que o seu efeito represente recargas térmicas prejudiciais ao homem
- Garantir a insolação de qualquer coletor solar (para o que deverão situar-se 45° ao leste ou ao oeste destes e assegurar a incidência solar desde os equinócios e no inverno, 60° de altura para a latitude -30)
- Garantir a extensão de céu visível recomendada para a insolação de inverno

3 EVOLUÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DE PORTO ALEGRE, RS.

No primeiro estudo realizado sobre o tema (RUSZCZYK, 1986) mostra a situação da cobertura vegetal da cidade em 1985, com a formação de faixas paralelas com a mesma classe de vegetação e inclinadas na direção Sudoeste - Nordeste, que era a mesma faixa do gradiente de urbanização. Também já apontava que as favelas e vilas da periferia apresentavam valores baixos de cobertura vegetal devido à sobre ocupação do espaço disponível. Segundo o autor, a maior parte da cidade apresentava cobertura vegetal abaixo de 45% e nas áreas centrais – as mais utilizadas pela população - estava abaixo de 15%, situação encontrada em desertos.

Um estudo (MASCARÓ, 2006) atualiza os dados, mostrando que a cobertura vegetal diminui na cidade, mantendo-se a situação de deserto da área central. A zona de edifícios altos, ou de alta intensidade de urbanização e as áreas industriais e as áreas comerciais continuam a apresentarem, em geral, valores abaixo de 20% de cobertura vegetal, dos quais as áreas verdes públicas foram as que mais contribuíram e continuam a contribuir para se ter esse valor. A zona de casas e edifícios, ou de média intensidade de urbanização, apresentaram e apresentam valores entre 15% e 30%. A zona de casas estava acima de 45% e hoje apresenta uma diminuição de 5%; o valor máximo continua a estar na zona Sul da cidade, mas baixou de 75% para 64%. O valor mínimo continua a ser verificado nas proximidades da Estação Rodoviária, sendo da ordem de 7%.

3.1 Temperatura e umidade relativa do ar de recintos urbanos de Porto Alegre – transmitância luminosa da vegetação

3.1.1 Materiais e Métodos

Foram realizadas medições *in loco* em recintos urbanos, secos e com vegetação, de temperatura e umidade relativa do ar e direção e velocidade do vento, nas estações fria e quente. Os aparelhos usados foram 2 luxímetros Lutron LX-101, 2 termo-higrômetros digitais TFA, 2 anemômetros Sper, 1 bússola e 1 máquina fotográfica Ashai Pentax. O métodos utilizados são os das normas francesas AFNOR e brasileira ABNT correspondentes.

3.3.2 Recinto Urbano Seco

Foi estudada uma rua da área central da cidade, espaço de uso misto, caracterizada pelo trânsito intenso de pessoas e veículos automotores. Esse trecho se configura como recinto deteriorado, no qual estão presentes casas térreas e edificações de 8 pavimentos.

Como toda rua orientada para Leste – Oeste na região subtropical, somente sua fachada Norte e parte da calçada e rua recebem insolação no inverno, criando um efeito ambientalmente assimétrico, com espaços diferenciados. Por ser uma rua de perfil heterogêneo, a fachada Norte recebe poucas sombras projetadas no inverno enquanto que no verão a rua e a edificação orientada para o Norte recebem insolação total. Impõe, assim, à edificação que a delimita características no seu comportamento climático e energético.



Figura 1 – Rua seca, sem arborização, Porto Alegre, R.S.

A ausência de vegetação acentua a situação de deserto urbano, sendo a maior percentagem de respostas obtido na aplicação de questionário sobre a percepção do recinto pelos usuários, de intenso calor no verão (deve-se apresá o passo para chegar a um lugar mais aconchegante, não é sítio para ficar, mas percorrer por necessidade,...) e de frio no inverno (65% das respostas recebidas correspondem a essas sensações, 10% não respondeu e 5% não sabe).

Os valores registrados nas medições realizadas *in loco* estão informados na Tabela I, na qual se podem verificar as condições de ambiência da rua, caracterizada pela dominância de superfícies construídas, ausência de vegetação e presença de poluição ambiental e visual. O recinto aquece mais do esperado no verão, apresentando características de deserto, neste caso artificial. No inverno, a intensa insolação direta nos dias claros faz menores as diferenças de temperaturas registradas pelo Serviço Meteorológico e *in situ*, mas o vento se mantém com velocidade maior devido à proximidade de uma avenida larga, à morfologia da rua e à orientação do recinto urbano.

Tabela I – Temperatura e umidade relativa do ar de um recinto urbano seco, sem vegetação

	Informações 8º D.M.	Valores registrados	Variação	estação
Temperatura Máxima	33°C (15h)	37°C (15h)	+ 5°C	verão
Temperatura	32°C (16,30h)	35°C (16,30h)	+ 3°C	
Umid. Relat. Ar mín.	66 % (15h)	21% (16,30h)	- 45%	
Vento	leste 2,5 Km/h	leste 8 Km/h	+ 5,5 Km/h	
Temperatura máxima	18°C (13h)	18,5°C (13h)	+ 0,5°C	inverno
Temperatura		17,0°C (14,30h)		
Umid. Rel. ar	76%	52%	- 34%	
Vento	sudeste 0,5 Km/h	2,5 Km/h	+ 2 Km/h	

Obs.: Abóbada celeste clara

3.3.3 Recinto urbano úmido, com vegetação.

Localizado na mesma área da cidade que o anterior, apresenta uma vegetação de grande porte que forma quase um túnel sobre a rua, delimitada por edificações antigas de dois pavimentos apenas, com a presença de dois edifícios de 4 andares, sendo seu perfil irregular, fig. 2. O domínio da vegetação,

neste caso, determina a ambiência urbana, não tendo influência significativa as edificações. A topografia é plana e uso predominantemente residencial.



Figura 2 – Vista de uma rua com vegetação, Porto Alegre, RS.

A espécie dominante é o jacarandá, mas também se encontram tílias e salgueiros. Seu grande fator de céu visível, $\Psi = 95\%$, está reduzido pela vegetação a $\Psi = 35\%$, o que significa uma diminuição de 60%, mas peneirada (sombreamento da vegetação), o que permite que a radiação solar seja amenizada e não suprimida e o ar aquecido possa sair do recinto através da folhagem das árvores. As superfícies construídas estão protegidas da intensa insolação do verão, mas a disponibilidade de luz natural está reduzida, em média, em cerca de 70% (transmitância luminosa do jacarandá no verão), sendo necessário o uso da iluminação artificial durante o dia para a realização de tarefas visuais de exigência média; já no inverno, essa disponibilidade de luz natural aumenta para cerca de 95% porque a transmitância luminosa da espécie é de 4,7% nessa estação. A temperatura do ar registrada foi $3,8^{\circ}\text{C}$ menor que a informada pelo Serviço Meteorológico, medida à sombra das árvores, no verão e de $1,5^{\circ}\text{C}$ inferior no inverno. A umidade relativa do ar foi maior em 6,5% no inverno em 7% no verão. 60% das pessoas entrevistadas responderam estarem satisfeitas com a presença da vegetação. A tabela II informa os valores registrados nas medições realizadas “in loco”.

Tabela II – Temperatura e umidade relativa do ar de um recinto urbano úmido, com vegetação

	Informações 8° D.M.	Valores registrados	Variação	Estação
Temperatura Máxima	$35,8^{\circ}\text{C}$ (15,30h)*			verão
Temperatura	33°C (11,30h)*	$29,2^{\circ}\text{C}$	$-3,8^{\circ}\text{C}$	
Umidade Relat.Ar min.	66%	59,0%	-7%	
Vento	calmaria	leste		
Temperatura Máxima	$22,5^{\circ}\text{C}$			inverno
Temperatura	$19,5^{\circ}\text{C}$ (12h)*	18°C	$-1,5^{\circ}\text{C}$	
Umidade Relat.Ar min.	61%	67,5%	+6,5%	
Vento	leste 2 Km/h	leste 3,6 Km/h	+1,6 Km/h	

* Horário de verão

Obs.: No verão abóbada celeste clara; no inverno abóbada celeste com nuvens esparsas.

A direção do vento (Leste) verificada no local coincide com a informada pelo 8º Distrito de Meteorologia; já a velocidade varia conforme a morfologia do trecho da rua. A rugosidade pequena e a segmentação das fachadas assim como a pouca ação de filtragem da vegetação não reduzem, mas aumentam a velocidade do fluxo de ar. A presença da vegetação não aumenta significativamente a umidade relativa do ar.

Resumindo:

- a) **A vegetação urbana:** interfere no desempenho luminoso do recinto urbano e de seus edifícios orientados para o Norte, Leste e Oeste. Árvores de folha caduca, no inverno, apresentam obstruções da luz natural que varia entre 5% e 65% segundo as espécies arbóreas, sendo consideradas adequadas para a latitude -30 as que bloqueiam até 20%; é importante considerar este efeito na estimativa do consumo de energia dos edifícios. O valor de transmitância luminosa da vegetação no inverno deve ser, pelo menos, 40% para se ter valores de iluminância adequados para tarefas visuais de exigência média (cerca dos 300 lux). No verão, a transmitância luminosa na maioria das espécies varia entre 5% e 10%, reduzindo significativamente a disponibilidade de luz natural nas janelas sombreadas.
- b) **Gramados:** apesar da evidência de um melhor desempenho ambiental, do ponto de vista do uso racional de energia propõe-se minimizar as áreas gramadas porque consomem combustível fóssil nas máquinas de seu corte e água em quantidades nem sempre disponíveis. Outro problema dos gramados, do ponto de vista energético, é que eles não protegem nem as fachadas dos edifícios nem os usuários dos espaços públicos nem seus carros nos quentes dias do verão.
- c) **Temperatura e umidade relativa do ar:** folhagens densas ocasionam diferenças superiores a 5°C entre a temperatura ao Sol e a temperatura sob a árvore, o que é desfavorável em condição de inverno. As diferenças de temperatura e umidade relativa do ar entre áreas sombreadas e ensolaradas são amenizadas com ventos superiores a 1,5m/s, sendo mais pronunciada acima dos 5m/s. Em recintos urbanos onde árvores com transmitância luminosa superior a 80% e localizadas em espaços onde o porcentual de céu aberto ficou inferior a 30%, a umidade relativa do ar atingiu níveis satisfatórios para o verão, em torno e 55%.

A obtenção deste equilíbrio, quando prevista na legislação urbana, implica em termos de energia uma poupança considerável se comparada com o custo dos sistemas de condicionamento artificial do ar – custos estes econômicos e ambientais tanto em relação às crescentes tarifas da energia elétrica num Estado que tem grandes restrições para o fornecimento como à poluição ambiental produzida até hoje por esses aparelhos – e dos corretivos a introduzir na envolvente construída dos edifícios, principalmente das torres, completamente expostas aos agentes climáticos menos favoráveis.

Exemplo dos benefícios da radiação solar no inverno (sem sofrer a ação resfriante do vento nesse período, não significativa até o décimo andar em prédios situados em zonas de média densidade): uma janela aberta na fachada Norte, permite, em média, num dia do mês de junho, a entrada de 14,20W/m² de radiação solar. Se a janela for de, por exemplo, 4m², entrariam no local 56,80W/dia. O que representa a energia fornecida por um irradiador elétrico de mais de 1/2kW funcionando sem interrupção durante 10 horas. Com o preço atual da energia elétrica na região de R\$ 0,48 kWh, , o gasto diário de R\$ 2,70 por dia; em 100 dias de inverno seriam R\$ 270,00 por ano. Caro demais para a maioria da população local, situação de doenças respiratórias para os que não podem pagar nem sequer um consumo mínimo de energia elétrica. Grave em termos ambientais para a comunidade como um todo pela poluição local e a produzida nas áreas de produção e transporte de energia elétrica.

4 CONCLUSÕES

A cidade de Porto Alegre apresenta temperaturas elevadas (muito maiores que as informadas pela Estação Meteorológica local) nos bairros cujas ruas estão asfaltadas e expostas à radiação solar do verão, sem sombreamento adequado na estação quente, a mais longa e crítica do clima local. A umidade relativa do ar chega a ser baixa demais, com valores próprios de sítios desérticos, o que contribui a aumentar a sensação térmica e o desconforto. As condições de ventilação, tanto dos recintos urbanos como dos edifícios estão comprometidas na zona alta da cidade pela sua morfologia (com predominância de torres isoladas que produzem efeitos aerodinâmicos desagradáveis para seus vizinhos e para o recinto urbano, além de estarem expostas à ação intensa do vento nos pavimentos superiores, hoje a maioria já fechados como consequência dessa exposição).

O clima local, no verão, está acentuado nas suas piores características, tendo sido criados microclimas urbanos desconfortáveis, nos quais a vegetação existente não desempenha função ambiental, em alguns casos pelo seu pequeno porte relativo quando comparado com os edifícios que a rodeiam, em outros por sua ocasional idade e falta de adequação ao recinto urbano.

A diminuição da cobertura vegetal em Porto Alegre está modificando a ambiência urbana de forma desfavorável porque a vegetação atua como termoregulador microclimático. A semelhança da água modifica o albedo das superfícies porque interfere na radiação solar recebida durante o dia e perdida durante a noite. Ameniza a radiação solar na estação quente entre 2,5°C e 6°C, dependendo da espécie arbórea usada, sem incrementar de forma importante a umidade relativa do ar. Modifica favoravelmente, quando corretamente usada (por exemplo: evitando que o túnel formado pelas árvores se feche reduzindo a possibilidade de saída do ar aquecido do recinto urbano e da entrada da radiação termo luminosa no inverno).

Assim, a principal função da arborização no meio ambiente urbano, principalmente nos climas tropical e subtropical úmidos, é de sombreamento. Quando a rua tem árvores de grande porte que se iguala com a altura dos edifícios, o sombreamento da vegetação é mais significativo, reduzindo a importância dos efeitos da geometria e da orientação do recinto urbano, diminuindo a assimetria das sombras decorrentes da orientação do eixo da rua. Devido ao baixo valor do albedo, a energia que gasta nos processos fisiológicos e a quantidade de vapor de água que produz, a vegetação constitui o material ideal para ser utilizado como sombreamento de verão.

Valores de transmitância luminosa das copas das árvores entre 60% a 80% ou mais são considerados satisfatórios para o período frio. Permite a iluminação natural suficiente para a realização de tarefas visuais de exigência média e calefação solar nos dias de céu claro. No verão, valores próximos dos 20% de transmitância luminosa são considerados como limite superior, sendo recomendáveis valores menores quando a sombra da copa das árvores não se projeta sobre as fachadas dos edifícios.

A correlação entre a qualidade ambiental do recinto urbano (medida através da temperatura e umidade do ar) e a presença da vegetação (cobertura vegetal) é estreita, devendo ser estudada com maior profundidade a influência da vegetação na sua ventilação natural. Continua sendo mais importante, nesta etapa da pesquisa, o variável fator de céu visível para explicar não somente a diferença de temperatura entre os recintos urbanos como também o retardamento de temperaturas mínimas e o adiantamento das temperaturas máximas, assim como os momentos de maior resfriamento.

A pesquisa de opinião mostra que a população tem hoje uma atitude mais ecológica em relação a presença da vegetação na cidade; os bairros periféricos mais carentes são os que continuam apresentar menos cobertura vegetal, sendo a presença da vegetação uma decisão adotada pelos moradores, não pelas autoridades locais, ao contrário do que acontece no centro da cidade onde a pouca área verde existente deve-se aos espaços verdes públicos. As áreas de exclusão urbana são as que menos cobertura vegetal apresentam..

5 REFERÊNCIAS

MASCARÓ, J. J et al. **Análise da evolução da edificação residencial e seus impactos ambientais em Porto Alegre. Comparação com a de Passo Fundo.** Passo Fundo: FAER UPF FAPERGS, 2006. Relatório de pesquisa.

MASCARÓ, L. et al. **PREAMBE, Preservação do meio ambiente pelo uso racional de energia.** Porto Alegre: PROPAR – UFRGS MCT FINEP, 2002. Relatório de pesquisa.

RUSZCZYK, A. Análise da cobertura vegetal da cidade de Porto Alegre, RS. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 9, p. 225 –229, 1986.

TROJAN, P. Urbafauna: faunistic, zoogeographical and ecological problems. **Memorab Zool.** v. 34, p. 3-12, 1981.

UFRGS PMPA. **Atlas ambiental de Porto Alegre**, Porto Alegre.

US DEPARTAMENT OF ENERGY. **Cooling ours cities**. Washington: 1999.