

INSTRUMENTOS URBANÍSTICOS PARA INCREMENTO DE VEGETAÇÃO EM ÁREAS URBANAS: Análise comparada a partir da quota ambiental do município de São Paulo

Priscila W. Stark da Silva¹
Henrique Sala Benites²
Leonardo M. Monteiro³
Denise Helena S. Duarte⁴

RESUMO: Os instrumentos urbanísticos têm evoluído ao considerarem quantitativamente a inclusão de vegetação nas cidades, visando o manejo de águas pluviais, aumento da biodiversidade além dos benefícios microclimáticos. Neste contexto, e tomando como referência a Quota Ambiental (QA) do município de São Paulo, este trabalho analisou comparativamente parâmetros de projeto exigidos em diferentes instrumentos, de diferentes cidades, objetivando melhorar a compreensão sobre a QA. O método incluiu levantamento de dados disponibilizados pelos órgãos oficiais responsáveis por cada instrumento, estes dados foram compilados e cruzados para utilização em simulações computacionais. Posteriormente, para aplicação dos instrumentos, foi selecionada uma área em Zona Eixo de Estruturação da Transformação Urbana (ZEU), destinada a promover usos residenciais e não residenciais com densidades demográfica e construtiva altas, visando à qualificação paisagística e de espaços públicos, articulados com o sistema de transporte público coletivo. Foram definidos e estudados cinco cenários comparativos com a utilização dos seguintes instrumentos urbanísticos: Quota Ambiental de São Paulo, *Biotope Area Factor* de Berlim (BAF), *Malmö Green Space Factor* (GSF) e *Seattle Green Factor* (SGF). Essa comparação permitiu identificar que somente os instrumentos QA e SGF consideram quantidade e porte da vegetação arbórea, apesar do baixo peso que assumem nos cálculos. Ainda assim, nenhum deles utiliza diretamente, indicadores que permitem a quantificação de serviços ecossistêmicos como interceptação de água, absorção de carbono e promoção de sombreamento, tais quais o “índice de área foliar” ou a “densidade de área foliar”, como acontece no *Green Plot Ratio*, de Singapura.

Palavras-chave: Vegetação Urbana, Quota Ambiental, Planejamento Urbano, Instrumentos Urbanísticos.

ABSTRACT: Urban planning instruments have evolved by quantitatively considering the inclusion of vegetation for stormwater management, biodiversity enhancement and microclimate benefits. In this context, drawing upon São Paulo’s Environmental Quota (QA), this study has performed a comparative analysis of the design parameters required in different instruments from different cities aiming at improving a better comprehension of the QA. The method included data

¹ Doutoranda, Mestre em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Tecnologia da Arquitetura, Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética, (FAUUSP/LABAUT) priscila.stark@usp.br.

² Doutorando, Mestre em Meio Ambiente e Arquitetura Bioclimática, The University of New South Wales, Faculty of Built Environment, h.salabenites@unsw.edu.au.

³ FAUUSP/LABAUT, Livre-docente em Arquitetura e Urbanismo, Professor Associado, Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Tecnologia da Arquitetura, Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética, leo4mm@gmail.com.

⁴ FAUUSP/LABAUT, Livre-docente em Arquitetura e Urbanismo, Professor Titular, Universidade de São Paulo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Departamento de Tecnologia da Arquitetura, Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética, dhduarte@me.com.

collection from the responsible organizations for each of the tools, which were then compiled and cross-analysed for use in the computer simulations. Then, for applying the instruments, an area was selected in a Structural Axis of Urban Transformation Zone (ZEU) destined for the promotion of residential and non-residential uses with high demographic and built densities, as well as encourage the enhancement of landscape and public spaces articulated with public transit. Five scenarios have been deployed for simulation with the selected tools: São Paulo's 'Environmental Quota' (QA), Berlin's 'Biotope Area Factor' (BAF), 'Malmö Green Space Factor' (GSF) and 'Seattle Green Factor' (SGF). From the comparison, it was possible to conclude that only QA and GSF consider quantity and size of trees, despite their low weighing influence on calculations. Yet, none of them consider the 'leaf area index' or 'leaf area density', which would allow a more accurate accounting of ecosystem services such as water interception, carbon sequestration and shading effects, as in Singapore's 'Green Plot Ratio'.

Keywords: Urban Vegetation, Environmental Quota, Urban Planning, Planning instruments.

INTRODUÇÃO

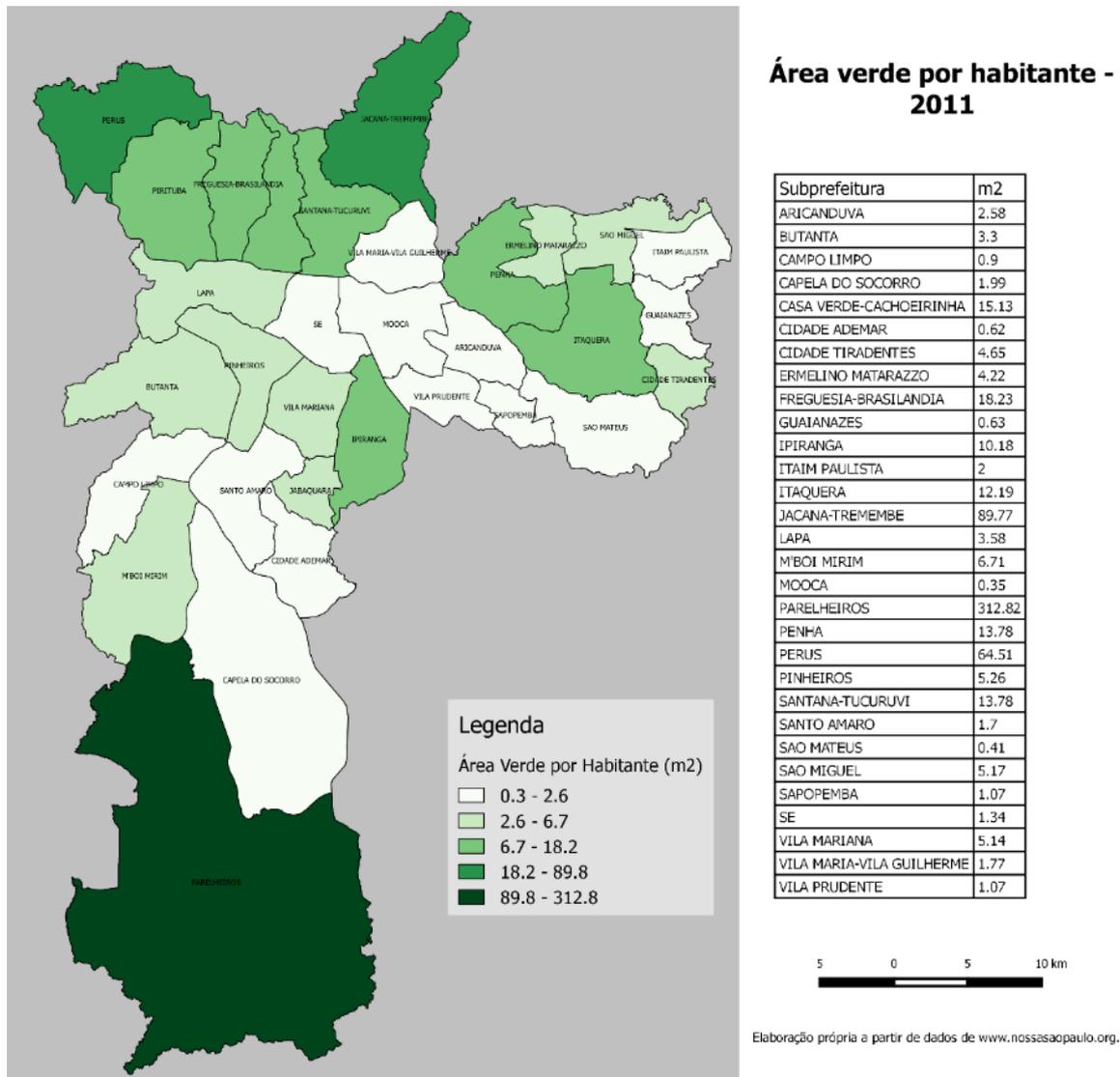
Estratégias capazes de atenuar o estresse provocado pelo calor serão cada vez mais necessárias em áreas urbanas devido aos diferentes fenômenos de aquecimento urbano que podem ser agravados pelas mudanças climáticas. O uso da vegetação para regulação do clima é um dentre os diversos serviços ecossistêmicos (SE) desempenhados, tais como prover alimentos, água doce, regular a qualidade do ar, clima, erosão, etc. (*Millenium Ecosystem Assessment*, MEA, 2005).

Do ponto de vista climático na escala local, o balanço de energia em áreas urbanas inclui, questões de geometria, propriedades termofísicas e radiativas de materiais e componentes das superfícies urbanas, bem como a parcela de calor latente relacionada à disponibilidade de água no solo, na superfície e na atmosfera, dentre outros. Thom *et al.* (2016), ao avaliarem a influência do aumento da cobertura arbórea sobre a variação espacial de Temperatura Radiante Média (TRM) para Adelaide, Austrália, sugerem incrementar a arborização viária como estratégia mais econômica e com diversos benefícios ao ecossistema urbano, uma vez que redesenhar a geometria urbana consolidada nestas áreas, nem sempre é viável.

No estudo de Coutts *et al.* (2016) para Melbourne, Austrália, que estabeleceu como meta um aumento da cobertura do dossel dos atuais 22% para 40% em 2040, observou-se ser necessário cuidar e manter a arborização urbana, garantindo seus benefícios proporcionados na melhoria do microclima urbano em dias quentes. Devido à natureza variável e localizada de sombreamento e evapotranspiração das árvores para os cânions

urbanos, o estudo sugere que a vegetação esteja distribuída por toda a paisagem urbana para melhorar as condições microclimáticas e de conforto térmico.

A cidade de São Paulo possui um dos índices mais baixos de vegetação por habitante do Brasil: 14,02m² de área verde per capita⁵, comparados aos 31,5 m²/hab. de Maringá⁶ e 64,5 m²/hab. de Curitiba⁷. Com vegetação distribuída heterogeneamente, tornando a situação ainda mais crítica em áreas centrais e alguns subúrbios das zonas leste e sul, como apresenta a **Fig. 1**.



⁵ Disponível em <http://www.redesocialdecidades.org.br/> Acesso: novembro de 2016.

⁶ Dados SAMPAIO, A.; ANGELIS, B.; Rev. SBAU, Piracicaba, v.3, n.1, mar 2008, p 37-57.

⁷ Dados da Prefeitura de Curitiba – medição por fotografia aérea concluída em dezembro de 2012.

Figura 1 - Porcentagem de área verde por habitante na cidade de São Paulo, 2011. Fonte: dados disponíveis em www.nossasaopaulo.org.br, acesso junho de 2015, sobre base do Mapa Digital da Cidade (CESAD-FAU/USP e L. Ferreira).

Resultando na necessidade de aprofundamento dos estudos, incorporando aos processos de planejamento urbano, os potenciais desempenhos dos serviços ecossistêmicos, definindo parâmetros mínimos para lotes e sistemas de espaços livres urbanos. Dessa forma, serão abordadas neste documento algumas das políticas públicas que vêm sendo desenvolvidas neste sentido.

A implantação do *Biotope Area Factor* (BAF), iniciada em 1994 em Berlim, Alemanha, é estabelecida principalmente em planos paisagísticos como indicador de planejamento ambiental. Segundo o Departamento de Ambiente e Proteção do Clima de Berlim⁸, o BAF formulou metas básicas e medidas para promoção de desenvolvimento com qualidade e respeito ao ecossistema, proteção aos biótopos e espécies, à aparência da paisagem e às áreas de uso recreacional. Implementado em 2007 em Seattle, Estados Unidos, o *Seattle Green Factor* (SGF) objetiva melhorar a qualidade da paisagem urbana e proporcionar benefícios ambientais (SEATTLE, 2016).

Em Malmö, Suécia, o *Green Space Factor*, em conjunto com o *Green Points System*, começou a ser desenvolvido no contexto de uma exposição internacional de habitação realizada em 2001. A Quota Ambiental de São Paulo, o mais recente destes instrumentos, propõe-se a promover qualificação ambiental, especialmente na melhoria da retenção e infiltração da água nos lotes, melhoria do microclima e ampliação da vegetação (São Paulo, 2016, Art. 4º, inciso VII). Em Singapura, o *Green Plot Ratio* baseia-se essencialmente na média do LAI⁹ ou IAF (Índice de Área Foliar) para uma área construída, seus benefícios primários são a correspondência do IAF de um ecossistema natural permitindo o cálculo, medição e regulamentação para cada indivíduo vegetal.

OBJETIVOS

⁸ Disponível em:

http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/bff/index_en.shtml, Acesso: janeiro 2017.

⁹ Índice de Área Foliar definida como “metade da área de interceptação total (não projetada) por unidade de área de superfície do solo” (Chen e Black, 1992).

Realização de análise comparativa dos parâmetros de projeto exigidos em diferentes instrumentos urbanísticos que incentivam a inserção da vegetação em meios urbanos, tomando como referência a Quota Ambiental de São Paulo e comparando-a com instrumentos aplicados em outros países. Espera-se que este estudo ajude a melhorar a compreensão sobre a QA para futuras melhorias.

MÉTODO

O método é indutivo através da comparação dos resultados obtidos com a simulação de cenários de estudo e a aplicação dos seguintes instrumentos urbanísticos:

- Quota Ambiental (QA), de São Paulo;
- *Biotope Area Factor* (BAF), de Berlim;
- *Malmö Green Space Factor* (GSF), de Malmö;
- *Seattle Green Factor* (SGF), de Seattle.
-

Este estudo optou por não incluir em suas simulações o *Green Plot Ratio*, de Singapura, devido à consideração do IAF em seus cálculos, que não ocorre nos demais instrumentos. O IAF e a área do dossel são variáveis não tão simples de se obter, especialmente para plantas ornamentais tropicais. Os valores do IAF e da área do dossel são geralmente limitados ou inexistentes, não apresentando valores fixos, mas flutuantes de acordo com as condições ambientais. O IAF é um parâmetro importante que permite, a partir da quantificação de massa foliar, caracterizar trocas de energia da vegetação, a superfície foliar é primária neste processo relacionando-se de forma diretamente proporcional à interceptação pelo dossel, transpiração e fotossíntese (Pierce; Running, 1988).

QUOTA AMBIENTAL, SÃO PAULO (QA)

A Lei Municipal nº 16.402, de 22 de março de 2016, que disciplina o parcelamento, o uso e a ocupação do solo no Município de São Paulo (LPUOS) de acordo com a Lei nº

16.050, de 31 de julho de 2014 – Plano Diretor Estratégico (PDE)¹⁰. A LPUOS regulamenta um novo instrumento denominado Quota Ambiental (QA), com o objetivo de:

“promover a qualificação ambiental, em especial a melhoria da retenção e infiltração da água nos lotes, a melhoria do microclima e a ampliação da vegetação” (São Paulo, 2016, Art. 4º, inciso VII).

A QA se aplica a lotes com novas edificações ou reformas onde haja alteração superior a 20% da área, isentando lotes menores ou iguais a 500 m² (exceto lotes originários de desmembramento (Art. 76, § 2º); imóveis no perímetro da Operação Urbana Centro com T.O. > 0,7 (Art. 76, § 3º); Macroárea de Contenção Urbana e Uso Sustentável e Macroárea de Preservação dos Ecossistemas Naturais, agrupadas no Perímetro de Qualificação Ambiental – PA13 (Art. 76, § 4º); e estacionamentos localizados em subsolo (Art. 76, § 7º).

Sua pontuação mínima é variável em função do tamanho do lote e sua localização nos Perímetros de Qualificação Ambiental (PA) do município, ilustrados na **Fig. 2**, além do atendimento compulsório da taxa de permeabilidade mínima. Tal pontuação resulta da ponderação, em função da área e pontuação atribuída a elementos de um cardápio que inclui pavimentos permeáveis e semipermeáveis, vegetação sobre solo ou laje, telhado verde e jardim vertical. Segundo a Prefeitura de São Paulo, os PAs, e correlatamente a pontuação mínima, foram definidos a partir dos perímetros das Macroáreas do PDE, considerando-se:

- Microclima (baseado em apenas em um mapa de temperaturas superficiais do Atlas Ambiental do Município);
- Cobertura vegetal (presença ou não de vegetação);
- Drenagem (situação dos cursos d'água, condições das sub-bacias, pontos de enchente);
- Tipologia e padrão de uso do solo.

Dentre os diferentes perímetros, o PA-1 é o que exige o maior valor mínimo da QA. Seu cálculo deve seguir a **equação 1**, apresentada a seguir:

¹⁰ Disponível em < <http://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/wp-content/uploads/2016/03/PL-272-15-com-raz%C3%B5es-de-veto1.pdf>> Acesso: dezembro de 2016.

$$QA = V^{\alpha} \times D^{\beta} \quad (1)$$

Onde:

QA: Quota Ambiental

V: indicador Cobertura Vegetal, calculado a partir do Quadro 3B da lei

D: indicador Drenagem, calculado a partir do Quadro 3B da lei

A, β : fatores de ponderação, definidos no Quadro 3A desta lei.

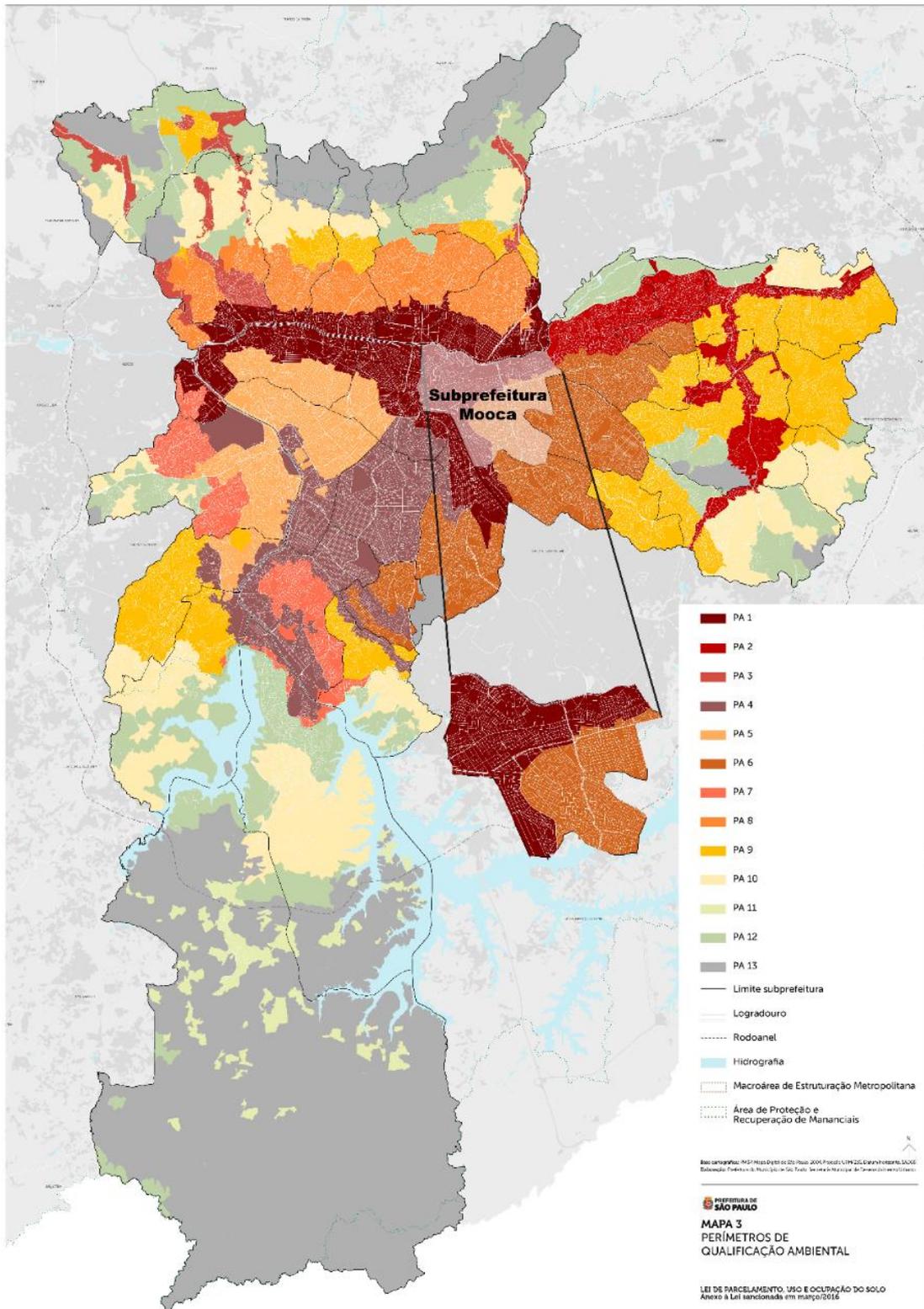


Fig. 2 – Perímetros de qualificação ambiental da Quota Ambiental sobre o mapa do município de São Paulo

Fonte: Editado sobre original de Prefeitura de São Paulo, 2016.

Segundo Caetano (2016), um dos autores da proposta da Quota Ambiental, a QA é uma “tropicalização” do BAF, e pretende satisfazer três critérios impostos internamente durante o processo de adaptação do BAF à cidade de São Paulo:

Simplicidade: o marco legal proposto tem que ser suficientemente simples para o projetista e as instâncias administrativas de aprovação e fiscalização;

Flexibilidade: o marco legal deve evitar restringir ao projetista e ao empreendedor a adoção de opções técnicas disponíveis que confirmam maior valor e qualidade ao projeto;

Embasamento teórico: o marco legal deve apresentar suficiente embasamento teórico para que seus aspectos técnicos possam ser cientificamente defendidos.

Destes três, apresenta-se obscuro o embasamento teórico e científico devido à falta de informações disponibilizadas clara e abertamente pela Prefeitura do Município de São Paulo, além da falta de estudos comprovando e relacionando a pontuação aos desempenhos esperados nos diferentes Perímetros de Qualificação Ambiental. Gonçalves *et al.* (2016) destacam uma série de problemas na QA como a isenção dos lotes abaixo de 500m² ou localizados no perímetro centro; além do foco apenas nos lotes, sem exigências para o espaço público, lembrando que grande parte do estoque da cidade, como por exemplo na Zona Leste do município, é composta por pequenos lotes, portanto, isentos da QA, região carente de vegetação e atenção especial para o manejo das águas pluviais e os fenômenos de aquecimento urbano. Ou seja, áreas de menor poder socioeconômico na cidade, em geral, menos arborizadas, e já consolidadas, podem não sofrer nenhuma influência na aplicação de um instrumento desta importância.

A falta de relação lote-calçada nos instrumentos é outro ponto de crítica, colocado por Gonçalves *et al.* (2016) à QA. Este entendimento de que o verde nas cidades não deve ocorrer de forma isolada, mas como parte de uma rede, conectando espaços intraurbanos ao entorno das cidades é endossado, dentre outros, por Wong e Chen (2009). Entretanto, os autores destacam a necessidade de desenvolvimento de mais pesquisas para compreender-se a quantidade de vegetação que deve ser introduzida e como o ambiente responderá, posto que necessita-se demonstrar os impactos da vegetação em seu ambiente urbano.

BIOTOPE AREA FACTOR, BERLIM (BAF)

Em Berlim, a implantação do Biotope Area Factor (BAF), iniciada em 1994, estabelece-se principalmente em planos paisagísticos como parâmetro de planejamento ambiental. O BAF propõe-se a determinar a porção da área destinada à implantação de vegetação, assumindo outras funções ecossistêmicas locais, contribuindo à padronização e colocação em termos concretos das seguintes metas:

- Salvar e melhorar o microclima e qualidade do ar;
- Estimular e garantir a manutenção da permeabilidade do solo e balanço hídrico;
- Criar e melhorar o habitat para plantas e animais;
- Melhorar o entorno de áreas residenciais.
-

O cálculo do BAF, (**equação 2**), expressa a relação entre área de vegetação realmente eficaz e área total do terreno. Onde as partes individuais do lote são ponderadas de acordo com o seu “valor ecológico”.

$$BAF = \frac{\text{área de superfície efetivamente ecológica}}{\text{área total de terreno}} \quad (2)$$

Os valores a adotar estão na **tabela 1** e são aplicáveis às diversas estruturas e usos.

Tabela 1 – Tabelas de valores aplicáveis para definição das áreas verdes necessárias ao atendimento do BAF

Objetivos do BAF		
Edificações a Reformar e Ampliar		Novas Edificações
DC	BAF	
Criação de um espaço residencial extra ou ampliação do nível de cobertura (DC)		
Unidades Residenciais (uso residencial ou misto sem utilização do espaço aberto para fins comerciais)		
Até 0,37	0,60	0,60
0,38 a 0,49	0,45	
Acima de 0,50	0,30	
Uso comercial (uso comercial somente e misto com utilização do espaço aberto para fins comerciais)		
	0,30	0,30
Usos típicos em áreas principais (empreendimentos comerciais e administrativos em geral)		
	0,30	0,30
Instalações Públicas (propostas culturais ou sociais)		
Até 0,37	0,60	0,60
0,38 a 0,49	0,45	
Acima de 0,50	0,30	
Educativa (educação geral, centros vocacionais, complexos educacionais, instalações esportivas em área externa)		
	0,30	0,30
Escolas de enfermagem e Locais de cuidados diários		
Até 0,37	0,60	0,60
0,38 a 0,49	0,45	
Acima de 0,50	0,30	
Infraestrutura Técnica		
	0,30	0,30

Fonte: Disponível em

<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/bff/index_en.shtml>

Acesso: janeiro 2017.

GREEN SPACE FACTOR, MALMÖ (GSF)

O GSF, segundo Kruuse (2011) foi desenvolvido inicialmente para um empreendimento em Malmö, em 2001, e desde então, teve uma série de ajustes para aplicação em outros projetos, servindo ainda de modelo para a elaboração de outros instrumentos. Focado na gestão das águas pluviais e acesso à biodiversidade, o GSF enfatiza a importância da adaptação às mudanças climáticas através da infraestrutura verde para redução de temperaturas extremas, riscos de enchentes e auxílio à adaptação das espécies às novas condições climáticas. Seu cálculo é realizado pontuando estratégias aplicadas em função de sua área sobre o terreno, similar às demais ferramentas, como ilustrado na **equação 3**:

$$GSF = \frac{(Área A \times Fator A) + (Área B \times Fator B) + (Área C \times Fator C) + (...)}{Área total do lote} \quad (3)$$

Onde:

GSF: Quota Ambiental

Área A (B, C...): Área, em m², possuindo uma mesma estratégia ambiental aplicada

Fator A (B, C...): Fator de desempenho equivalente à estratégia aplicada na área

Área total do lote: Área total, em m², do lote simulado

Adicionalmente ao GSF, implementou-se o Green Points System, um cardápio de medidas ambientais complementares, que são será abordado neste estudo.

SEATTLE GREEN FACTOR (SGF)

Implementado em 2007, objetivando proporcionar benefícios ambientais e melhorar a qualidade da paisagem urbana (Seattle, 2016), o SGF incide em algumas zonas do novo desenvolvimento urbano de Seattle, é aplicável a qualquer novo empreendimento com mais de quatro unidades habitacionais ou terrenos a partir de 370m² de uso não residencial.

Green Factor Score Sheet		SEATTLE <i>green factor</i>	
Project title:		enter sq ft of parcel	
Parcel size (enter this value first)		5,000	SCORE -
Landscape Elements**	Totals from GF worksheet	Factor	Total
A Landscaped areas (select one of the following for each area)			
1 Landscaped areas with a soil depth of less than 24"	enter sq ft 0	0.1	-
2 Landscaped areas with a soil depth of 24" or greater	enter sq ft 0	0.6	-
3 Bioretention facilities	enter sq ft 0	1.0	-
B Plantings (credit for plants in landscaped areas from Section A)			
1 Mulch, ground covers, or other plants less than 2' tall at maturity	enter sq ft 0	0.1	-
2 Shrubs or perennials 2'+ at maturity - calculated at 12 sq ft per plant (typically planted no closer than 18" on center)	enter number of plants 0	0	0.3
3 Tree canopy for "small trees" or equivalent (canopy spread 8' to 15') - calculated at 75 sq ft per tree	enter number of plants 0	0	0.3
4 Tree canopy for "small/medium trees" or equivalent (canopy spread 16' to 20') - calculated at 150 sq ft per tree	enter number of plants 0	0	0.3
5 Tree canopy for "medium/large trees" or equivalent (canopy spread of 21' to 25') - calculated at 250 sq ft per tree	enter number of plants 0	0	0.4
6 Tree canopy for "large trees" or equivalent (canopy spread of 26' to 30') - calculated at 350 sq ft per tree	enter number of plants 0	0	0.4
7 Tree canopy for preservation of large existing trees with trunks 6"+ in diameter - calculated at 20 sq ft per inch diameter	enter inches DBH 0	0	0.8

Fig. 3 – Visão parcial da tabela de cálculo do Seattle Green Factor

Fonte: City of Seattle, 2015, p.16.

Para o cálculo, é feita uma soma ponderada de cada elemento da paisagem em função da área e fator específico relacionado ao seu desempenho (Fig. 3). Recebem maior pontuação: coberturas e paredes verdes, pavimentos permeáveis, além da vegetação em solo com profundidade superior a 61 cm. Espécies nativas ou tolerantes à seca, hortas, uso de água da chuva para irrigação ou plantio de vegetação em lugares de visibilidade pública garantem bônus (0,1 a 0,2 - não incluídos neste estudo).

SELEÇÃO DA ÁREA E DEFINIÇÃO DOS PARÂMETROS

Determinou-se um terreno padrão, fictício, localizado em área com previsão de uso misto, gabarito e adensamento atuais segundo o novo Plano Diretor Estratégico (PDE) do município de São Paulo. As “Zonas Eixo de Estruturação da Transformação Urbana” (ZEU) encaixam-se neste perfil destinando-se a promover usos residenciais e não residenciais com elevadas densidades demográfica e construtiva em relação aos padrões atuais,

promovendo qualificação paisagística e dos espaços públicos articulados ao sistema de transporte público coletivo (São Paulo, 2016).

A área selecionada, uma ZEU-1, em Perímetro de Qualificação Ambiental PA-1, no distrito da Mooca, uma antiga área industrial adjacente ao centro em São Paulo. Embora localizada na Zona Leste do Município, a Mooca apresenta-se bem-dotada de infraestrutura e com grandes lotes com uso industrial decadente. A tipologia a ser adotada será uso misto com embasamento comercial e torre residencial, e QA mínimo de 0,60. Para definição de lote modelo, avaliaram-se lançamentos residenciais desde 2012 no entorno da região, em quadras de ZEU do PA-1 ou a 1km de distância delas. A partir do cálculo da área média, chegou-se a um terreno de 1.640m², inserido com os demais parâmetros no simulador da QA (**Tabela 2**).

Tabela 2 – Parâmetros relacionados às características do lote inseridos no simulador da Quota Ambiental

Elementos de projeto	
Área total do lote - A (m²)	1,640.00 m ²
Localização do lote	ZEU
Perímetro de Qualificação Ambiental	PA 1
Taxa de ocupação	70%
Gabarito do empreendimento (em metros)	36 m
Taxa de permeabilidade mínima - TP	0.25
Fator alfa α	0.50
Fator beta β	0.50
QA mínimo obrigatório	0.60

Fonte: Preparado pelos autores com base em São Paulo (2016).

Modelou-se então, uma edificação sem qualquer elemento vegetal (cenário 0) onde testaram-se estratégias de vegetação em cinco diferentes cenários (cenários 1 a 5). Em cada um destes cenários avaliou-se o cumprimento à linha de corte mínima das ferramentas. Embora haja variações quanto à linha de corte mínima, geralmente, todos os instrumentos possuem zonas com linhas de corte mínima igual a 0,60, em função da área em que se encontra o projeto e também na classificação do terreno de referência adotado para esta simulação baseado na QA. A extensão da pontuação nos instrumentos não é apontada, e

irá variar com a inserção dos elementos no projeto. Os resultados foram comparados e discutidos.

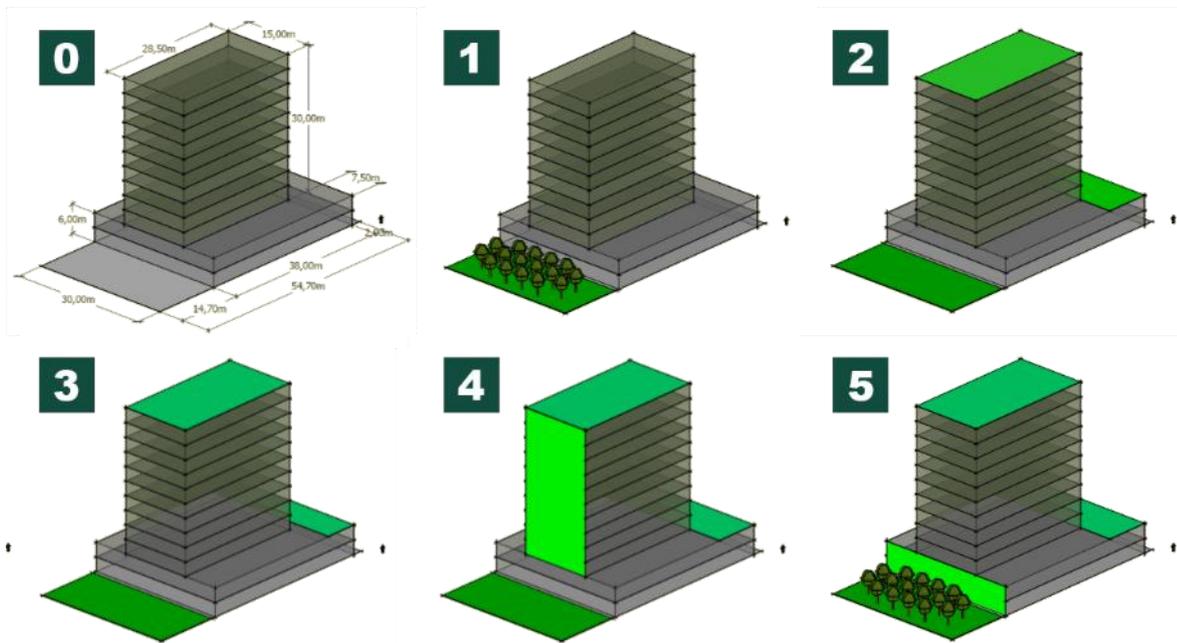


Fig. 4 – Modelos esquemáticos dos cenários base e simulados

Fonte: Preparado pelos autores

A composição dos elementos modelados e simulados em cada cenário pode ser visualizada na **Fig. 4** e na **Tabela 3**. Para cada um dos 5 cenários, foi criado um cenário alternativo (acrescido da letra “A”) representando a variação a partir da presença de um sistema de biorretenção do SGF – elemento que difere dos reservatórios de retenção da QA, sendo uma área natural para infiltração. Em todos os casos, a área ajardinada sobre solo natural é de 410m².

Tabela 3 – Parâmetros para os cenários simulados

Elementos de projeto	Cenários de simulação									
	1	1A	2	2A	3	3A	4	4A	5	5A
Árvores pequeno porte (un.)	16	16	-	-	-	-	-	-	16	16
Telhado verde intensivo ¹¹ (m ²)	-	-	-	-	660	660	660	660	660	660
Telhado verde extensivo ¹² (m ²)	-	-	725	725	-	-	-	-	-	-
Fachada/muro verde, trepadeira (m ²)	-	-	-	-	-	-	450	270	270	270
Reserv. detenção natural (m ²)	10332	-	10332	-	10332	-	10332	-	10332	-
Área natural biorretenção (m ²)	-	410	-	410	-	410	-	410	-	410

Fonte: Preparado pelos autores

ANÁLISE DOS RESULTADOS

A **Tabela 4** compila os resultados, diferenciando os cenários que não atendem aos critérios mínimos em laranja, e os que atendem, em verde.

Na **QA**, a área mínima permeável não atende suficientemente à legislação do município, mesmo com árvores no terreno. Valoriza-se mais telhado verde do que solo permeável e vegetação arbórea, claramente desconsiderando taxas de infiltração pluviais no terreno, absorção de carbono e outros serviços ecossistêmicos – algo totalmente sem sentido. Diferencia-se o telhado verde em função da profundidade do substrato, valorizando-se mais o telhado verde do que fachada verde. Outro ponto que necessita maior investigação é o fato da QA valorizar mais fachadas verdes com trepadeiras do que jardins verticais com estrutura própria e vegetação plantada. Um contrassenso posto que a presença de substrato e outros elementos verticais trazem uma série de benefícios adicionais ao edifício como, por exemplo, desempenho térmico e acústico, quando comparados apenas à presença de folhas nas trepadeiras, com substrato no solo.

¹¹ Substrato com menos de 40 cm de espessura.

¹² Substrato com mais de 40cm de espessura

Tabela 4 – Resultados das simulações para os diferentes cenários e instrumentos

Instrumento	Linha de corte	Cenários de simulação ¹³									
		1	1A	2	2A	3	3A	4	4A	5	5A
QA	0,60	0,31	-	0,61	-	0,64	-	0,70	-	0,94	-
BAF	0,60	0,25	-	0,55	-	0,53	-	0,69	-	0,61	-
GSF	0,60	0,33	-	0,56	-	0,53	-	0,56 *	0,66 **	0,73	-
SGF	0,60	0,17	0,42	0,33	0,58	0,43	0,68	0,62	0,87	0,66	0,69

Fonte: Preparado pelos autores

Na simulação do **BAF**, incluiu-se, além de solo permeável e telhado verde, parede verde para alcançar o parâmetro mínimo. O BAF não valoriza especificamente árvores, diferenciando apenas um solo que permite cultivo e outro que não permite. Tampouco determina tamanho mínimo do lote para necessidade de aplicação do índice.

O **GSF** diferencia e valoriza espécies vegetais distintas, porém não referencia tipos de paredes verde, considerando-as apenas até uma altura de 10m. Elementos com presença de água são valorizados na pontuação.

O atendimento ao **SGF** só é alcançado a partir do cenário 3A, apresentando telhado verde intensivo, com melhor desempenho ao inserir sistema de fachada ou muro verde. Seu sistema de biorretenção¹⁴ não equivale ao reservatório de retenção de águas pluviais da QA.

CONCLUSÃO

Pela análise dos resultados, verifica-se que a QA é o mais permissivo dos instrumentos avaliados. Apenas a QA e o SGF consideram o número de árvores e seu porte no cálculo, apesar do baixo peso que os indivíduos assumem em ambos os casos.

¹³ Para jardins verticais/muros verdes, aplicam-se as seguintes condições: *apenas 15m² estão abaixo de 10m de altura; ** jardim vertical todo abaixo de 10m. Cenários “A” representam variação pela presença de sistema de biorretenção pelo *Seattle Green Factor*.

¹⁴ Sistemas de biorretenção das águas pluviais funcionam utilizando áreas naturais vegetadas sobre solo.

Nenhum instrumento referencia um indicador como o IAF¹⁵, similar ao GPR, não avaliado aqui. Apesar de a QA ter potencial para proporcionar qualificação ambiental do lote, ainda se desconhece a verdadeira contribuição ambiental de determinados elementos combinados e o nível de desempenho dos serviços ecossistêmicos atingidos relativamente à pontuação exigida. Cabe entender como a definição dos PAs relaciona-se a parâmetros microclimáticos, como temperatura (superficial, do ar e média radiante), risco de enchentes, e também aos cenários futuros de adensamento do município considerando-se as mudanças climáticas previstas.

Ainda que fontes oficiais informem que critérios microclimáticos foram considerados, realizar um zoneamento microclimático adequado a uma megalópole como São Paulo apenas a partir de um único mapa de temperaturas superficiais obtidas a partir de sensoriamento remoto por imagem de satélite, não apresentando temperatura do ar ou temperatura radiante média, é um ponto crítico. A legislação é insuficientemente clara quanto a seus critérios e bases científicas, tampouco disponibiliza informações detalhadas nos canais oficiais.

Outra questão é qualificação ambiental do estoque construído já existente da cidade – lotes e espaços abertos – se quisermos melhorar a biodiversidade, gestão das águas pluviais e os fenômenos de aquecimento urbano que devem se intensificar. Se, para os edifícios existentes, a adoção de novos regulamentos não se aplica, instrumentos de incentivo financeiro, como o IPTU verde, por exemplo, podem ser uma alternativa. Nos espaços abertos, os Planos de Bairros previstos pelo PDE podem ser uma alternativa, assim como o engajamento com a comunidade que cada vez mais se dispõe a colaborar com a melhoria da sua cidade, e deve sempre ser ouvida, pois dela é a cidade.

Independente do instrumento, é preciso que o seu embasamento científico adotado e as concessões para fins de simplificação ou atendimento ao mercado imobiliário, sejam claramente divulgados. Desta forma, a população e a comunidade científica podem realizar sua validação, realizar simulações mais refinadas para confrontar os reais desempenhos e serviços ecossistêmicos em função do contexto, e propor melhorias contínuas. Os atuais desafios das cidades são grandes e requerem que a ciência seja usada como um instrumento de apoio à tomada de decisões e políticas públicas.

¹⁵ Índice de Área Foliar definido como “metade da área de interceptação total (não projetada) por unidade de área de superfície do solo” (Chen e Black, 1992).

REFERÊNCIAS

CAETANO, P. M. D. **Fundamentação teórica da Quota Ambiental e estudo de caso de seu desenvolvimento em São Paulo**. 328p. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2016.

CITY OF SEATTLE. Director's Rule 30-2015. **Standards for Landscaping, including Green Factor**. Department of Planning & Development, Seattle, 2015.

CHEN, J. M.; BLACK, T.A. Defining leaf area index for non-flat leaves, **Plant Cell Environ.**, vol. 15, pp. 421-429, 1992.

COUTTS, A.M.; TAPPER, N.J.; LOUGHNAN, M.; BERINGER, J.; DEMUZERE, M. **Watering our Cities: The capacity for water sensitive urban design to support urban cooling and improve human thermal comfort in the Australian context**. *Progress in Physical Geography*, 2012. Disponível em <http://ppg.sagepub.com/content/early/2012/11/06/0309133312461032> > Acesso: março, 2016.

COUTTS, A.M.; WHITE, E.; TAPPER, N.; BERINGER J.; LIVESLEY, S. **Temperature and human thermal comfort effects of street trees across three contrasting street canyon environments**. *Theoretical and Applied Climatology*, 124, p. 55-68, September 2016.

GONÇALVES, J. *et al.* **Manifesto Ambiental - Que cidade é essa que vamos construir com a LPUOS, a nova Lei de Parcelamento Uso e Ocupação do Solo da cidade de São Paulo?** 2016. Disponível em <http://www.fau.usp.br/noticias/manifesto-ambiental-fauusp-joana.pdf> >. Acesso: 02. Mai.2016.

KRUUSE, A. **GRaBS expert paper 6: The green space factor and the green points**

system. Town and Country Planning Association. Malmö, 2011.

LANDSCHAFT PLANEN & BAUEN; BECKER GISEKE MOHREN RICHARD. **The Biotope Area Factor as an Ecological Parameter- Principles for its determination and identification of the target – excerpt.** Berlin, 1990. Disponível em

<http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/bff/index_en.shtml>. Acesso: 02.Mai.2016.

MILLENNIUM ECOSYSTEM ASSESSMENT (MEA). **Ecosystems and Human Well-being: Synthesis.** Washington, DC: Island Press, 2005.

PIERCE, L. L.; RUNNING, S. W. Rapid Estimation of Coniferous Forest Leaf Area Index Using a Portable Integrating Radiometer. **Ecology**, v. 69, n. 6, p. 1762-1767, 1988.

SÃO PAULO (cidade). **Manual Técnico de Arborização Urbana.** 2a. ed. Secretaria do Verde e Meio Ambiente. 2005.

SÃO PAULO (cidade). Lei municipal nº 16.402, de 22 de março de 2016. **Disciplina o parcelamento, uso e ocupação do solo no Município de São Paulo.** São Paulo: Diário Oficial da Cidade de São Paulo, ano 61, nº 54. 2016. Disponível: <<http://www.docidadesp.imprensaoficial.com.br/NavegaEdicao.aspx?ClipID=2QUAFFO7S38BLEER7VNEFPVLQBE&PalavraChave=16.402>>. Acesso: 26.Mar.2016.

SÃO PAULO (cidade). **Revisão Participativa do Marco Regulatório da Política Urbana.** Sancionado em 31 de julho de 2014 Disponível em <<http://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/marco-regulatorio/plano-diretor/>>. Acesso: maio 2017.

THOM, J.K.; COUTTS, A.M.; BROADBENT, A.M.; TAPPER, N.J.; **The influence of increasing tree cover on mean radiant temperature across a mixed development suburb in Adelaide, Australia.** *Urban Forestry & Urban Greening*, 20, p. 233–242, 2016.

WONG, N.; CHEN, Y. **Tropical urban heat islands**. London: Taylor & Francis, 2009.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP, pelo auxílio pesquisa, processo número 2016/02825-5, e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico Tecnológico – CNPq, pela Bolsa de Produtividade em Pesquisa e Bolsa de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Estado de São Paulo. O autor Henrique Sala Benites agradece à University of New South Wales (UNSW) pelo apoio da bolsa de estudos 'University International Postgraduate Awards' para seu doutorado. [The author Henrique Sala Benites acknowledges the University of New South Wales (UNSW) for support of a University International Postgraduate Award for his PhD candidature.] Agradecimentos especiais a Mayumi Hirye, envolvida na fase inicial do estudo que originou esta pesquisa durante a disciplina “Conforto Ambiental em Espaços Urbanos Abertos”, na FAUUSP, no ano de 2016.