

ANÁLISE DOS MÉTODOS ‘GREEN SPACE FACTOR’ E ‘SEATTLE GREEN FACTOR’ APLICADOS EM ZONAS RESIDENCIAIS DE CURITIBA

(1) Flavia Osaku Minella; (2) Eduardo Krüger

(1) Arquiteta, Doutora pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologia (PPGTE/UTFPR), com pós-doutorado pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC/UTFPR),
flavia.osaku@gmail.com

(2) PhD, Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Departamento de Construção Civil | Universidade Tecnológica Federal do Paraná | Rua Deputado Heitor Alencar Furtado, 4900 | Curitiba – PR – Brasil | CEP 81280-340 | Tel.: (41) 32794521 | ekruger@utfpr.edu.br

RESUMO

A infraestrutura verde é composta por uma rede urbana multifuncional de fragmentos permeáveis, preferencialmente arborizados, na qual os serviços ecossistêmicos do meio urbano podem ser restabelecidos. De forma a fortalecer a infraestrutura verde, muitas cidades no mundo têm desenvolvido “índices verdes” como instrumento de planejamento urbano. Tais indicadores pretendem assegurar um padrão mínimo de superfícies ecologicamente eficientes em áreas intralotes. O objetivo do estudo é quantificar a vegetação arbórea necessária para que os valores alvo dos métodos *Green Space Factor* (GSF) e *Seattle Green Factor* (SGF) sejam alcançados, considerando zonas residenciais selecionadas de Curitiba (ZR-1, ZR-2, ZR-3 e ZR-4). Para isso, foram considerados como critérios: lote mínimo; máximo coeficiente de aproveitamento do lote; mínima taxa de permeabilidade; e, estabelecimento de uma única habitação unifamiliar por lote. Foi observado que, apenas quanto à estratégia de inserção de vegetação arbórea de grande porte, uma grande quantidade de árvores seria necessária para se atingir os valores alvo recomendados, havendo diferenças significativas em cada metodologia (SGF exigiu cerca de 150% a mais de árvores do que o GSF). Na prática, seria inviável atingir o valor alvo apenas com a estratégia de arborização, sendo necessário o uso de estratégias combinadas, como, por exemplo, o uso de telhado verde e aumento das superfícies permeáveis.

Palavras-chave: índices verdes, *Green Space Factor*, *Seattle Green Factor*, planejamento urbano; sustentabilidade.

ABSTRACT

Green infrastructure comprises a multifunctional urban network of permeable fragments, preferably with trees, in which ecosystem services of the urban environment can be restored. In order to promote green infrastructure many cities around the world have developed "green indices" as instruments of urban planning. Such indicators are intended to ensure a minimum standard of ecologically efficient surfaces in built areas. The objective of the study is to quantify the arboreal vegetation required to reach the target values of the *Green Space Factor* (GSF) and *Seattle Green Factor* (SGF) methods, considering selected residential areas of Curitiba (ZR-1, ZR-2, ZR-3 and ZR-4). For this, the following criteria were considered: minimum plot area; maximum occupation; minimum permeability rate; and a single-storied, single-family dwelling per plot. It was observed that a large number of trees would be required to achieve the recommended target values, with significant differences in each methodology (SGF demanded about 150% more trees from than the GSF). In practice, it would be unfeasible to reach the target value only with the tree-planting strategy, thus it would be necessary to use combined strategies, such as green roofs and by means of increasing pervious surfaces.

Keywords: green indices, *Green Space Factor*, *Seattle Green Factor*, urban planning, sustainability.

1. INTRODUÇÃO

Diversos são os benefícios atribuídos à presença de áreas verdes, sejam eles de caráter ambiental (como adaptação e mitigação de mudanças climáticas, aumento da biodiversidade, diminuição de riscos de enchentes, entre outros) ou sócio-econômicos (por exemplo, ao oferecer espaços de lazer e recreação impactando na comunidade e no turismo local). A interconexão de fragmentos permeáveis e vegetados (preferencialmente arborizados), formando uma rede multifuncional, que inclui propriedades públicas e privadas (HERZOG, 2010; DUARTE, 2015), compõe a denominada infraestrutura verde. Tal rede propõe o restabelecimento dos serviços ecológicos e ecossistêmicos no meio urbano, fornecendo a reestruturação do mosaico da paisagem.

Especialmente em Curitiba, a criação de uma infraestrutura verde ganha importância ao minorar problemas de concentração e má distribuição das áreas vegetadas. Do estudo realizado em 1987 para a cidade (FUNDAÇÃO..., 1987), destaca-se a má distribuição das áreas verdes no espaço urbano com 3,44 m²/hab na região central contrapondo com 2.624,76 m²/hab em bairros com menor grau de urbanização. Em 2000, Miguez (2001) utilizando ortofotocartas, detectou que a área física da cidade é composta por 18% de áreas verdes; destes apenas 4,3% encontram-se em áreas verdes públicas (parque municipais e áreas de proteção ambiental – APAs), a parcela mais significativa dos remanescentes florestais (95,7%) estão concentrados em terrenos particulares.

No que tange ao espaço intralote, em geral, no Brasil, a taxa de permeabilidade do terreno é o único parâmetro construtivo que garante área disponível para infiltração de água pluvial, não necessariamente composta por vegetação. Visando contribuir de forma efetiva na formação de uma infraestrutura verde, algumas cidades no mundo têm adotado “índices verdes” como instrumento regulamentador de planejamento urbano, o qual pretende assegurar uma quantidade mínima de cobertura vegetal em lotes públicos e/ou privados, reduzindo assim a quantidade de área impermeável.

Foi em 1994, em Berlim (Alemanha), que surgiu a primeira iniciativa no mundo direcionada a suprir os déficits de áreas verdes em lotes privados. O método denominado de *Biotope Area Factor* (BAF) é obrigatório nos 21 distritos (cerca de 16% da área urbana de Berlim) que fazem parte do Plano de Paisagem; no restante, a aplicação da metodologia tem caráter voluntário (BERLIM, s.d.). A partir da aplicação do BAF é estimulada a promoção do desenvolvimento dos biótopos, com a inclusão de todas as potenciais áreas verdes (jardins, telhados, muros e paredes verdes), com a consequente redução do impacto ambiental no centro urbano, mesmo mantendo o uso atual do solo (BECKER; RICHARD, 1990).

O uso do BAF estendeu-se para outras localidades, como: Canadá, Itália, Dinamarca, Finlândia e Porto Rico (KAZMIERCZAK; CARTER, 2010).

O ponto fraco dessa metodologia é a indiferença em relação aos diferentes tipos de cobertura vegetal (LAKES; KIM, 2012; VARTHOLOMAIOS *et al.*, 2013). A partir da otimização do BAF em índices subsequentes, como o *Green Space Factor* (GSF) e o *Seattle Green Factor* (SGF), as vegetações arbóreas e arbustivas passam a contar de forma individual como fatores de ponderação (FP).

Para o cálculo dos ‘índices verdes’ como o GSF e o SGF, inicialmente, são atribuídos fatores de ponderação para todos os tipos de superfícies que compõem um dado lote, de acordo com a importância do serviço ecossistêmico prestado, ou seu valor ecológico (descritos adiante, na seção 3). Assim, cada porção de área do lote deve ser multiplicada pelo fator de ponderação correspondente.

O respectivo índice é então calculado pela razão entre o somatório total das áreas individuais com função ecológica, isto é, áreas com efeito positivo no ecossistema pela área total do lote, segundo a Equação 1:

$$\text{Índices verdes} = \frac{\text{Área das superfícies ecologicamente efetivas}}{\text{Área total do terreno}} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i w_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad \text{Equação 1}$$

Onde: A_i é a área individual e w_i é o coeficiente ou fator de ponderação

1.2 *Green Space Factor* de Malmö (GSF)

Em 2014, a população estimada na cidade de Malmö (55°35'N, 13°00'L) era de 317.930 habitantes (MALMÖ, 2014), sendo a terceira maior cidade da Suécia. Em 2001, foi realizada na cidade a Exposição Europeia de Habitação, a qual propiciou a revitalização de Västra Hamnen (localizada a noroeste do centro da cidade), transformando essa antiga área portuária industrial de 175 ha em um bairro de uso misto, adensado, com a aplicação de tecnologias e soluções sustentáveis (AUSTIN, 2013). A reorganização daquele espaço foi baseada na implementação da metodologia denominada *Green Space Factor* (GSF) como ferramenta de planejamento de infraestrutura verde.

A primeira fase envolveu a construção do bairro conhecido como Bo01¹, o qual serviu de teste piloto para o desenvolvimento do GSF. Nas etapas subsequentes, os bairros foram denominados de Bo02 (Flagghusen, concluído em 2007) e Bo03 (Fullriggaren, concluído em 2013).

O método GSF foi desenvolvido com base no *Biotope Area Factor* (BAF), mas com uma mudança significativa em relação ao BAF, pois considera a cobertura arbórea e arbustiva, possibilitando que camadas distintas de vegetação sejam adicionadas a uma mesma porção de área. Além disso, com o objetivo de incluir qualidades com caráter ecológico que não são facilmente padronizadas ou quantificadas (VARTHOLOMAIOS *et al.*, 2013), em conjunto com o GSF, foi criado o *Green Points System*. Em uma recente versão do *Green Points System*, o mesmo pode ser descrito como uma lista na qual constam opções de biótopos dos quais pelo menos um deveria ser construído, opções de habitação animal ou habitats dos quais três deveriam ser construídos e a exigência de que as espécies de plantas devem ser ricas em néctar e/ou bagas, sementes e nozes (KRUUSE, 2011); objetivando unicamente a promoção da biodiversidade e desprezando os serviços ecossistêmicos. O valor alvo mínimo estabelecido é de 0,6 para todas unidades residenciais.

Desde o teste piloto em Bo01, o método GSF tem sido aprimorado, tendo sofrido críticas acerca do seu baixo alcance social e segregação social (AUSTIN, 2013); no entanto, há de se reconhecer o esforço em estabelecer um espaço urbano sustentável. Atualmente, o método é aplicado como instrumento de planejamento urbano para todas as novas edificações de Malmö, tendo aplicação também em Lund, cidade vizinha.

1.3 Seattle Green Factor (SGF)

Seattle (47°37'35" N, 122°19'59" O) possui cerca de 370 km² de área e uma população estimada de 662.400 (SEATTLE, 2015), sendo a cidade mais populosa do estado norte-americano de Washington. O *Seattle Green Factor* (SGF) foi a primeira iniciativa regulamentada nos Estados Unidos a usar um sistema de pontuação visando adicionar infraestrutura verde a áreas urbanas (STENNING, 2008).

As três prioridades básicas do SGF são: (1) habitabilidade, (2) serviços ecossistêmicos e (3) adaptações às mudanças climáticas. O SGF foi inicialmente implementado para zonas comerciais de Seattle em janeiro de 2007. Em 2009, a ferramenta foi expandida para uso em unidades residenciais. Tal revisão envolveu a mudança no valor da pontuação de alguns elementos e adicionou novas categorias ao sistema de ponderação (HIRST *et al.*, 2008).

Para as zonas comerciais fora do centro de Seattle, o SGF deve ser aplicado para novos empreendimentos que contenham mais de quatro unidades habitacionais, novos empreendimentos não residenciais com mais de 4.000 pés quadrados (equivalente a 372 m²) e novos estacionamentos com mais de 20 vagas para automóveis.

Nessa metodologia, o valor alvo mínimo varia de acordo o zoneamento urbano, de 0,3 (zonas comerciais) até 0,6 (zonas residenciais). O SGF conta com iniciativas importantes voltadas à possibilidade de sobrepor camadas e ao crédito adicional dado a quatro ações: (1) uso de plantas nativas ou tolerantes a seca; (2) áreas nas quais 50% das necessidades de irrigação venham da coleta de águas pluviais; (3) à visibilidade da paisagem a partir da rua, havendo uma colaboração indireta para a revitalização da paisagem do espaço público e (4) cultivo de alimentos.

A partir do SGF, outras cidades norte-americanas regulamentaram o *Green Factor*, como a cidade de Fife (Washington) e Columbia (Missouri).

2. OBJETIVO

O objetivo do estudo é quantificar a vegetação arbórea necessária para que os valores alvos dos métodos *Green Space Factor* e *Seattle Green Factor* sejam alcançados, considerando zonas residenciais selecionadas de Curitiba.

3. METODOLOGIA

Curitiba (25°31' S, 49°11' W, 917 m acima do nível do mar), capital do Estado do Paraná, abrange uma área de 435,036 km², possui uma população de mais de 1.800.000 habitantes, sendo a cidade mais populosa do sul do Brasil e a oitava em nível nacional (IBGE, 2014). De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, o clima da cidade é predominantemente mesotérmico com verões frescos (Cfb). Entre as médias mensais, a

¹ Bo é o verbo habitar em sueco.

temperatura máxima é de 26°C e a mínima é de 7,4°C, sendo que ventos advindos do Leste são comuns durante o ano todo (GOULART *et al.*, 1998).

Essa seção está dividida em duas partes. Na primeira, apresenta-se o sistema de ponderação das metodologias *Green Space Factor* e *Seattle Green Factor*. Na segunda, constam os critérios adotados quanto aos parâmetros construtivos das zonas residenciais selecionadas e ao porte da cobertura vegetal utilizada como estratégia de intervenção.

3.1 Sistema De Ponderação

No método *Biotope Area Factor*, o qual deu origem aos métodos GSF e SGF, cada porção de área do lote é categorizada segundo suas características, sendo as pontuações (ou fatores de ponderação) avaliadas segundo o desempenho individual de cada categoria, considerando o serviço ecossistêmico prestado (Tabela 1). Citam-se alguns critérios: eficiência da evapotranspiração, capacidade de barrar a poeira, habilidade para infiltração e armazenamento da água da chuva, desempenho das funções do solo e disponibilidade como habitat para animais e plantas (BECKER; RICHARDS, 1990).

Tabela 1 – Fatores de ponderação para as diferentes categorias, considerando os métodos GSF e SGF

| CATEGORIA | | GSF | SGF | DESCRIÇÃO |
|-----------|---|-----|---------|---|
| A | Superfícies impermeáveis | 0 | 0 | Superfícies impermeáveis ao ar e à água, sem crescimento de plantas (como exemplos, incluem-se superfícies com cobrimento de concreto, asfaltadas, lajes com sub-base sólida, etc). |
| B | Superfícies parcialmente impermeáveis / semi-impermeáveis (sem vegetação) | 0,2 | 0,2 | Superfícies permeáveis ao ar e à água, porém que não permitam crescimento de plantas (como exemplos, têm-se acabamentos cerâmicos, pavimentação em mosaico, lajes com sub-base de areia ou cascalho, etc). No SGF é mencionada a altura da camada de substrato, que deve ter entre 15 cm até 60 cm. |
| C | Superfícies parcialmente impermeáveis / semi-abertas (com vegetação) - áreas cobertas por cascalho ou areia | 0,4 | 0,5 | Superfícies permeáveis ao ar e à água, com infiltração e crescimento de plantas (como exemplo, têm-se cascalho, cobertura de grama, blocos de madeira, pavimentos concretados intertravados com grama, etc). |
| D | Vegetação sem conexão com o solo raso abaixo | 0,7 | 0,1 | Superfície com vegetação encontrada, por exemplo, sobre garagens subterrâneas. Nessa situação, considera-se que a altura do solo não seria suficiente para conter um indivíduo arbóreo. A profundidade média do solo é de 20 cm até 80 cm para GSF e até 24 polegadas (61 cm) para o SGF. |
| E | Vegetação sem conexão com o solo profundo abaixo | 0,9 | 0,6 | Superfície pode ser utilizada sobre garagens subterrâneas, mas com uma camada de substrato mais alta. A profundidade do solo está relacionada ao melhor desenvolvimento da cobertura vegetal, incluindo árvores, sendo superior a 80 cm para o GSF e 24 polegadas (61 cm) para o SGF. |
| F | Vegetação conectada com o solo abaixo | 1 | | Superfície disponível para o desenvolvimento da flora e da fauna. |
| G | Vegetação Vertical <10 m (altura) | 0,7 | 0,7 | Paredes externas, sem janelas, até a altura de 10m. |
| H | Telhado verde | 0,6 | 0,4/0,7 | No SGF, um telhado verde com camada de substrato de 5 cm até 10 cm possui fator de ponderação de 0,4, enquanto aquele com espessura de no mínimo 10 cm, possui fator de ponderação de 0,7. |
| I | Infiltração de águas pluviais por m ² de área de telhado | 0,2 | 1 | Pontua para cada m ² de área de telhado, a partir do qual a água é drenada para as superfícies com vegetação existente. Para o SGF é considerada a categoria de “facilidades de bioretenção”, as quais são descritas como áreas ajardinadas que recebem águas pluviais advindas do entorno, que utilizam plantas e o solo preparado para aumentar a infiltração pelo solo, reduzir o escoamento e aumentar a qualidade do mesmo e efeito de filtro (redução da poluição) (HIRST <i>et al.</i> , 2008). |
| J | Superfícies de água | 1 | 0,7 | No SGF, para a contabilização dos pontos, a coleta de águas pluviais deve ser suficiente para abastecer o local em pelo menos 50% do seu fluxo anual, sendo o reservatório mantido por pelo menos 6 meses (HIRST <i>et al.</i> , 2008). |
| K | Sistema estrutural do solo | NF | 0,2 | Categoria incluída apenas no SGF. Entre as funções no ecossistema, citam-se: a redução de danos às calçadas, já que contribuem com o crescimento das árvores e melhoram a infiltração de águas pluviais, se cobertas com um material de revestimento poroso (HIRST <i>et al.</i> , 2008). |

Fonte: Adaptado de: Becker e Richards (1990), Malmö Stad (2014), Seattle (2010)

No método GSF, a superfície ecologicamente estável ocupada por árvore ou arbusto (em m²) deve ser calculada segundo Equação 2:

$$\text{superfície ecologicamente estável ocupada por árvore ou arbusto (GSF)} = n \times x \times y \quad \text{Equação 2}$$

Onde: n é o número de árvores ou arbustos; x (Tabela 2) é a variável relacionada à altura da árvore madura ou arbusto maduro e y (Tabela 2) é a variável relacionada à circunferência do tronco ou a altura do arbusto no momento do plantio.

No método GSF o fator de ponderação para árvores e arbusto não segue valores fixos, sendo dado pela combinação da altura da árvore madura ou arbusto maduro (variável x) e pela circunferência do tronco ou a altura do arbusto no momento do plantio (variável y).

Por exemplo, em um lote com 3 árvores com altura média (entre 12 a 18 m) e circunferência do tronco no momento do plantio de 16 – 20 cm, considera-se o seguinte cálculo:

$$\text{superfície ecologicamente estável ocupada por vegetação (GSF)} = 3 \times 8 \times 1,6 = 38,4$$

Tabela 2 – Cálculo do Fator de Ponderação para árvores no método GSF

| Fator de ponderação | | Altura da árvore madura | | | |
|--|---------|-------------------------|-------------------|--------------------|---------------------|
| | | > 18 m (alta) | 12 - 18 m (média) | 8 - 12 m (pequena) | <8m (muito pequena) |
| Circunferência do tronco no momento do plantio | | x = 10 | x = 8 | x = 6 | x = 4 |
| > 25 cm | y = 2,5 | 25 | 20 | 15 | 10 |
| 20 - 25 cm | y = 2,0 | 20 | 16 | 12 | 8 |
| 16 - 20 cm | y = 1,6 | 16 | 12,8 | 9,6 | 6,4 |
| 10 - 16 cm | y = 1,0 | 10 | 8 | 6 | 4 |

Fonte: Malmö Stad (2014)

No cálculo do fator de ponderação para arbustos é levada em conta a altura no momento do plantio, bem como expectativa de altura quando o arbusto estiver no seu estágio de desenvolvimento completo (Tabela 3).

Tabela 3 – Cálculo do Fator de Ponderação para arbustos no método GSF

| Fator de ponderação | | Altura do arbusto maduro | | |
|---|---------|--------------------------|---------|---------|
| | | alto | médio | pequeno |
| Altura do arbusto no momento do plantio | | x = 4,0 | x = 3,0 | x = 2,0 |
| 150 - 200 cm | y = 2,0 | 8,0 | 6,0 | 4,0 |
| 100 - 150 cm | y = 1,5 | 6,0 | 4,5 | 3,0 |
| <100 cm | y = 1,0 | 4,0 | 3,0 | 2,0 |

Fonte: Malmö Stad (2014)

No método SGF, considera-se a Equação 3 para o cálculo da superfície ecologicamente estável ocupada por árvore ou arbusto (em m²).

$$\text{superfície ecologicamente estável ocupada por vegetação (SGF)} = n \times \text{área efetiva} \times FP \quad \text{Equação 3}$$

Onde: n é o número de árvores ou arbustos; área efetiva é o valor quantitativo que representa cada vegetação e FP é o fator de ponderação.

A Tabela 4 contém o cálculo do fator de ponderação para vegetação no método SGF, sendo considerados como elementos de diferenciação: a área ocupada pela mesma no interior do lote e a envergadura do dossel.

Tabela 4 – Cálculo do Fator de Ponderação para vegetação no método SGF

| Descrição da vegetação | Área efetiva | FP |
|--|--|-----|
| Cobertura vegetal ou plantas maduras com menos de 2' (60,96 cm) de altura | Medida da área | 0,1 |
| Plantas maduras com mais de 2' (60,96 cm) de altura | 12 ft ² (1,1 m ²) | 0,3 |
| Árvores de pequeno porte – envergadura do dossel 8' (2 m) até 15' (5 m) | 75 ft ² (7,0 m ²) | 0,3 |
| Árvores de pequeno/médio porte – envergadura do dossel 16' (5 m) até 20' (6 m) | 150 ft ² (13,9 m ²) | 0,3 |
| Árvores de médio/grande porte – envergadura do dossel 21' (6 m) até 25' (8 m) | 250 ft ² (23,2 m ²) | 0,4 |
| Árvores de grande porte – envergadura do dossel 26' (8 m) até 30' (9 m) | 350 ft ² (32,5 m ²) | 0,4 |
| Árvores de grande porte preservadas – troncos com mais de 6" (15,24 cm – Diâmetro à altura do peito) | 20 ft ² (1,9 m ²) | 0,8 |

Fonte: Seattle (2010)

3.2 Critérios utilizados quanto aos parâmetros construtivos e porte arbóreo

Para esse estudo foram selecionadas as quatro zonas residenciais (ZR) mais representativas em termos de abrangência de Curitiba (Figura 1): Zona Residencial 1 (ZR-1), Zona Residencial 2 (ZR-2), Zona Residencial 3 (ZR-3) e Zona Residencial 4 (ZR-4). Além destas, Curitiba possui outras ZRs específicas para algumas regiões, a saber: Zona Residencial de Ocupação Controlada (ZR-OC); Zona Residencial Batel (ZR-B); Zona Residencial Mercês (ZR-M); Zona Residencial Alto da Glória (ZR-AG); Zona Residencial Santa Felicidade (ZR-SF); Zona Residencial Umbará (ZR-U); Zona Residencial Passaúna (ZR-P).

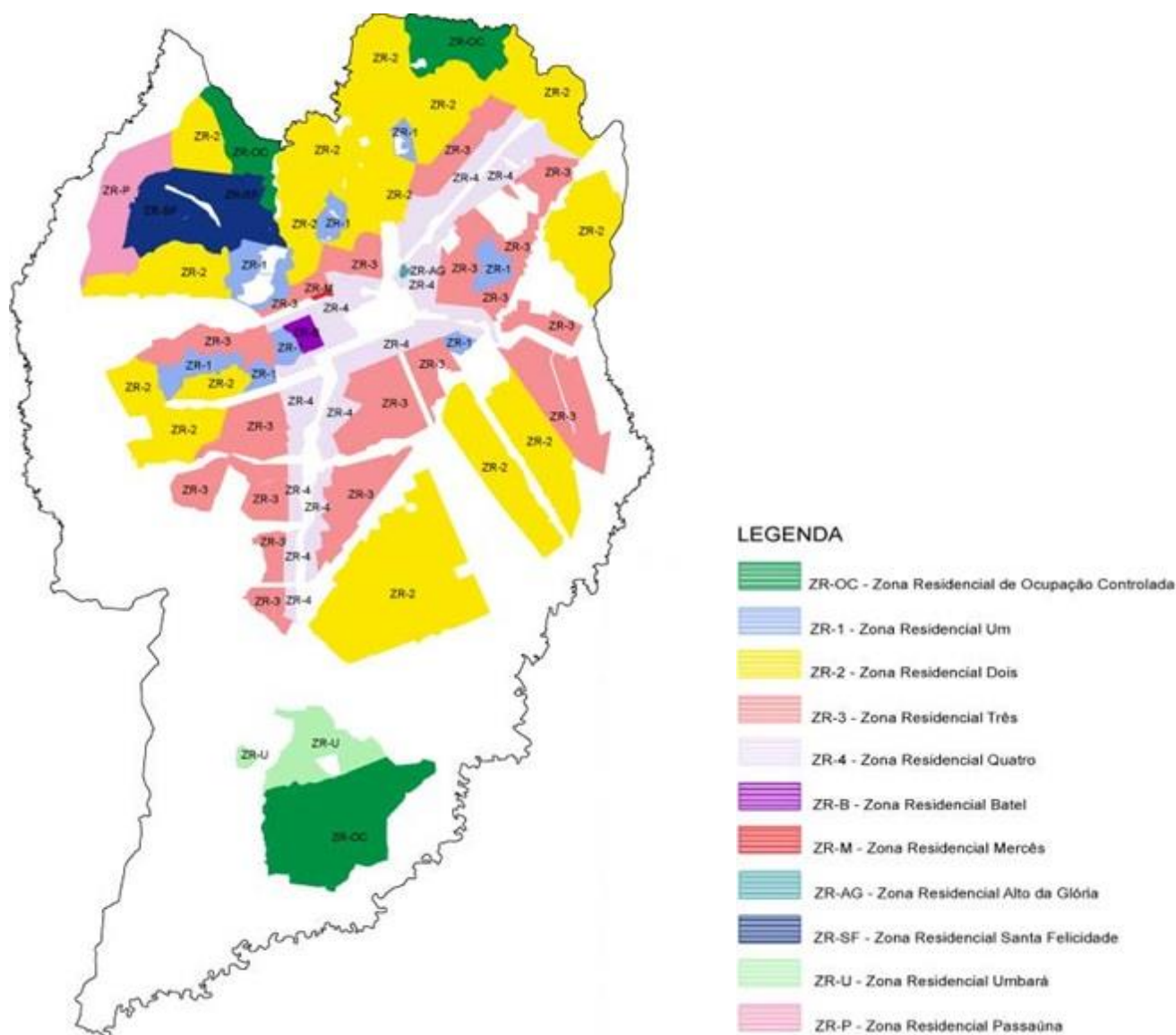


Figura 1: Mapa de zoneamento residencial de Curitiba

Fonte: IPPUC (2000)

Na Tabela 5, são apresentados os parâmetros construtivos das zonas residenciais (ZRs) 1, 2, 3 e 4 de Curitiba. A taxa de ocupação é dada pela relação (em %) entre a projeção horizontal da edificação e a área do lote, sendo de 50% para todas as ZRs consideradas. O valor do coeficiente de aproveitamento multiplicado pela área do lote indica a metragem máxima da construção (em m²), incluindo a área de todos os pavimentos. Nas ZRs 1, 2 e 3 nota-se que a metragem passível de ser construída é igual à área do lote, enquanto na ZR-4, pode-se construir duas vezes a área do lote. A taxa de permeabilidade (em %) indica a quantidade de área no lote que deve estar em condições para infiltração de águas pluviais, devendo ser considerado o percentual de ¼ do lote para esse fim. Conforme observado na Tabela 5, existe diferença entre as ZRs 2 e 3 no que se refere ao número de pavimentos. Porém, como esse parâmetro construtivo não faz diferença na análise do presente estudo, as ZRs 2 e 3 são aqui denominadas como ZR-2/3.

Assim, para todas as zonas residenciais consideradas na pesquisa (ZR-1, ZR-2/3 e ZR-4), foram estabelecidos três critérios para um lote com dimensões mínimas: (1) uso do máximo coeficiente de aproveitamento (valor variável para cada ZR), (2) uso da mínima taxa de permeabilidade (25%, para todos os casos) e o estabelecimento de uma única edificação ou habitação unifamiliar por lote. Sobre esse último critério, explica-se: nas ZR-2/3 e ZR-4 considera-se a densidade máxima de 80 habitações/ha, sendo que na ZR-3 são permitidas três habitações para lotes com 360 m². Na ZR-1, habitações unifamiliares em série são permitidas em terrenos com dimensões menores que 15.000 m² e desde que garantida a fração de terreno de pelo menos 600 m² por unidade de habitação, excluídas as áreas de uso comum. Para facilitar a comparação entre as ZRs, foi estabelecido o critério de uma única habitação unifamiliar por lote.

Tabela 5 – Parâmetros Construtivos das zonas residenciais 1, 2, 3 e 4

| Parâmetros Construtivos | ZR-1 | ZR-2 | ZR-3 | ZR-4 |
|---|----------|----------|----------|----------|
| Lote mínimo (testada x área), em m ² | 15 × 600 | 12 × 360 | 12 × 360 | 15 × 450 |
| Taxa de ocupação (%) | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Coeficiente de aproveitamento | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Altura da edificação (nº de pavimentos) | 2 | 2 | 3 | 6 |
| Taxa de permeabilidade (%) | 25 | 25 | 25 | 25 |

Fonte: Curitiba (2000)

A área restante do lote, isto é, excluindo-se a projeção horizontal da edificação e a área mínima permeável, foi considerada como área de calçada intralote, segundo a Equação 4.

$$\text{Área de calçada} = \text{área do lote} - (\text{área da projeção horizontal da edificação} + \text{área permeável})$$

Equação 4

De forma a avaliar a situação atual dos três lotes em cada zona residencial analisada, foram estabelecidos dois critérios: (1) todas as áreas permeáveis foram consideradas como “vegetação conectada com o solo abaixo” (categoria F, Tabela 1) e (2) as áreas de calçada foram classificadas como “superfícies parcialmente impermeáveis / semi-impermeáveis (sem vegetação)” (categoria B, Tabela 1). O somatório dessa relação (área × fator de ponderação) dividido pela área do lote fornece os valores de GSF e SGF na situação atual (ver Equação 1).

O valor alvo nos métodos GSF e SGF a ser alcançado corresponde a 0,6, sendo este um valor fixo e preestabelecido. Como estratégia para verificar o quantitativo de vegetação arbórea necessária para atingimento do valor alvo (0,6), foi adotada uma espécie de árvore de grande porte. Deve-se levar em conta, que esse porte exige um espaço maior para plantio e, em geral, demanda mais manutenção quando comparado às de menor porte. Para o estudo, tal porte foi selecionado para representar a situação em que os valores alvos mínimos seriam mais facilmente atingidos.

Como exemplo de uma espécie de grande porte, cita-se a árvore da espécie *Cordia americana* (L.), família *Boraginaceae*, conhecida como guajuvira ouapé branco. Em geral, são atribuídas as seguintes características: altura até 35 m na idade adulta (grande porte), DAP de 60 a 80 cm e 10 m de diâmetro da copa (INSTITUTO..., 2016).

4. RESULTADOS

Na Tabela 6 constam os valores dos índices *Green Space Factor* (GSF) e *Seattle Green Factor* (SGF) segundo a situação original. Em comparação com o GSF, nota-se que, pelo valor mais baixo do fator de ponderação (FP) atribuído à categoria “vegetação conectada com o solo abaixo” (FP=1,0 no GSF e FP=0,6 no SGF), o valor atingido na situação original para o SGF (correspondente a 0,2 para as três zonas residenciais) é inferior ao GSF na condição original (equivalente a 0,3 para todas ZRs estudadas). Isso demonstra uma maior rigidez no método SGF para se alcançar o valor alvo de 0,6.

Tabela 6 – Situação original das ZRs segundo os métodos GSF e SGF

| ZR | Área (m ²) | | GSF | | SGF | |
|--------|------------------------|-------|------------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|
| | | | FP | Área × FP | FP | Área × FP |
| ZR-1 | Permeável | 150 | 1,0 | 150 | 0,6 | 90 |
| | Calçada | 150 | 0,2 | 30 | 0,2 | 30 |
| | Lote | 600 | Situação original 0,3 | | Situação original 0,20 | |
| ZR-2/3 | Permeável | 90 | 1,0 | 90 | 0,6 | 54 |
| | Calçada | 90 | 0,2 | 18 | 0,2 | 18 |
| | Lote | 360 | Situação original 0,3 | | Situação original 0,20 | |
| ZR-4 | Permeável | 112,5 | 1,0 | 112,5 | 0,6 | 67,5 |
| | Calçada | 112,5 | 0,2 | 22,5 | 0,2 | 22,5 |
| | Lote | 450 | Situação original 0,3 | | Situação original 0,20 | |

Para o GSF, observa-se que, o fator de ponderação para árvore de grande porte é 25 (ver Tabela 2). Conforme observado na Tabela 7, para a ZR-1 (A = 600 m²) seriam necessárias sete árvores de grande porte para atingir o valor alvo de 0,6. Para a ZR-2/3 (A = 360 m²), quatro árvores de grande porte seriam suficientes, enquanto para a ZR-4, cinco árvores seriam necessárias para atingimento do GSF alvo (0,6).

Tabela 7 – GSF pós intervenção com vegetação arbórea de grande porte

| ZR | Variáveis | | GSF | |
|------|------------------------------------|----------|--------------------------------------|-----------|
| | | | FP | Área × FP |
| ZR-1 | Área permeável (m ²) | 150 | 1 | 150 |
| | Área de Calçada (m ²) | 150 | 0,2 | 30 |
| | Árvore de grande porte (un) | 7 | 25 | 175 |
| | Área do lote (m ²) | 600 | Pós-intervenção 0,6 (150+30+175/600) | |
| ZR-2 | Área permeável (m ²) | 90 | 1 | 90 |
| | Área de Calçada (m ²) | 90 | 0,2 | 18 |
| | Árvore de grande porte (un) | 4 | 25 | 100 |
| | Área do lote (m ²) | 360 | Pós-intervenção 0,6 (90+18+100/360) | |
| ZR-4 | Área permeável (m ²) | 112,5 | 1 | 113 |
| | Área de Calçada (m ²) | 112,5 | 0,2 | 23 |
| | Árvore de grande porte (un) | 5 | 25 | 125 |
| | Área do lote (m ²) | 450 | Pós-intervenção 0,6 (113+23+125) | |

Para o índice SGF, foram consideradas “árvores de grande porte – envergadura do dossel 26’ (8 m) até 30’ (9 m)” (ver Tabela 4) cuja medida da área a ser considerada é 32,5 m², sendo de 0,4 o fator de ponderação, totalizando 13 m² (32,5 m² × 0,4).

No SGF, um número mais significativo de vegetação arbórea é exigido quando comparado ao método GSF, conforme esperado. Isso ocorre em razão do valor mais baixo atribuído a categoria “vegetação conectada com o solo abaixo” e ao fator de ponderação mais baixo considerando a vegetação arbórea de grande porte adotada na análise. Segundo observado na Tabela 8, são necessárias árvores de grande porte nas seguintes quantidades: 17, 10 e 13, para as ZR-1, ZR-2/3 e ZR-4, respectivamente.

Tabela 8 – SGF pós intervenção com vegetação arbórea de grande porte

| ZR | Variáveis | | SGF | |
|------|------------------------------------|-----------|-----------------|---------------------|
| | | | FP | Área × FP |
| ZR-1 | Área permeável (m ²) | 150 | 0,6 | 90 |
| | Área de Calçada (m ²) | 150 | 0,2 | 30 |
| | Árvore de grande porte (un) | 17 | 13 | 221 |
| | Área do lote (m ²) | 600 | Pós-intervenção | 0,6 (90+30+221/600) |
| ZR-2 | Área permeável (m ²) | 90 | 0,6 | 54 |
| | Área de Calçada (m ²) | 90 | 0,2 | 18 |
| | Árvore de grande porte (un) | 10 | 13 | 130 |
| | Área do lote (m ²) | 360 | Pós-intervenção | 0,6 (54+18+130/360) |
| ZR-4 | Área permeável (m ²) | 112,5 | 0,6 | 68 |
| | Área de Calçada (m ²) | 112,5 | 0,2 | 23 |
| | Árvore de grande porte (un) | 13 | 13 | 169 |
| | Área do lote (m ²) | 450 | Pós-intervenção | 0,6 (68+23+169/450) |

Ressalta-se que, no GSF, além do valor alvo a ser alcançado, deve ser cumprida uma lista (*Green Points*) contendo exigências voltadas à biodiversidade e aos serviços ecossistêmicos. Nesse sentido, embora o sistema de ponderação da vegetação arbórea e arbustiva do GSF seja mais maleável, o mesmo faz exigências pontuais. Outra ressalva é que no método SGF, são dados pontos extras para certas condições que não estão sendo consideradas no presente estudo, por exemplo, parte da cobertura arbórea poderia ser inserida no recuo frontal, acrescentando pontos extras.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Destaca-se que a grande vantagem dos índices verdes é o estabelecimento de um padrão mínimo de qualidade ambiental por meio de uma metodologia simples. Diferente do método *Biotope Area Factor* - que deu origem aos índices verdes, aqueles que consideram a vegetação de porte arbóreo e arbustivo no sistema de pontuação, como o *Green Space Factor* (GSF) e o *Seattle Green Factor* (SGF) têm a vantagem de agregar pontos extras, já que diferentes categorias pontuam para uma mesma área intralote, isto é, é considerada a superfície da área gramada, bem como a quantidade de cobertura arbórea nela inserida.

Neste estudo, foi observado que, apenas com a estratégia de inserção de vegetação arbórea, uma grande quantidade de árvores seria necessária para se chegar ao alvo de 0,6, valor fixo e preestabelecido. Conceitualmente, ambos os métodos foram inspirados no mesmo indicador, porém, para as zonas residenciais estudadas (tendo como base o lote mínimo), a quantidade de indivíduos arbóreos necessária em cada metodologia diverge significativamente. Comparado ao GSF, no método SGF são necessárias cerca de 150% a mais de árvores no interior do lote; sendo, na prática, inviável atingir o valor alvo apenas com tal estratégia. Fica evidente, portanto, a importância e necessidade do uso de estratégias combinadas, por exemplo, o uso de telhado verde e aumento das superfícies permeáveis / áreas gramadas. Em avaliação feita pela prefeitura de Seattle foi observado que na primeira geração de projetos pós-implementação do SGF, 75% deles incluíram paredes verdes, 50% telhados verdes, 50% pavimento permeável, e cada projeto tinha pelo menos um dos três elementos (AMERICAN..., 2010).

Considerando o GSF, ressalta-se que, mesmo com uma exigência menor na quantidade de árvores necessárias, ainda assim seria inviável apenas o uso de vegetação arbórea para que o valor alvo seja atingido.

Em uma próxima etapa da pesquisa, está prevista a inclusão de outros índices verdes, bem como de outras categorias de usos. No caso da cidade de Curitiba, destaca-se que, a aplicação na legislação de uso do solo, de um método semelhante aos estudados, poderia minorar problemas de má concentração das áreas verdes na cidade. Destaca-se que o uso de índices verdes como instrumento de planejamento urbano das cidades tem impacto direto no equilíbrio ambiental das mesmas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY OF LANDSCAPE ARCHITECTS. **Professional Awards: Seattle Green Factor**, 2010. Disponível em: <<https://www.asla.org/2010awards/519.html>>. Acesso em: 16 nov. 2016.

- AUSTIN, G. Case study and sustainability assessment of BO01, Malmö, Sweden. **Journal of Green Building**, v. 8, n. 3, p. 34-50, 2013.
- BECKER, G.; M. RICHARD. **The Biotope Area Factor as an Ecological Parameter** – Principles for its Determination and Identification of the Target. Berlin: Landschaft Planen & Bauen, 1990. Disponível em: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/bff/download/Auszug_BFF_Gutachten_1990_eng.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2016.
- BERLIM. **Biotope Area Factor**.sem data. Disponível em: <http://www.stadtentwicklung.berlin.de/umwelt/landschaftsplanung/bff/index_en.shtml>. Acesso em: 08 nov 2016.
- CURITIBA. **LEI Nº 9800/2000**. Dispõe sobre o zoneamento, uso e ocupação do solo no município de Curitiba, revoga as leis nº 4199/72, 5234/75, 5263/75, 5490/76, 6204/81, 6769/85, 7068/87 e 7622/91, e dá outras providências. Disponível em: <<http://multimidia.curitiba.pr.gov.br/2010/00084665.pdf>>. Acesso em: 14 mar 2017.
- DUARTE, D. **O impacto da vegetação no microclima em cidades adensadas e seu papel na adaptação aos fenômenos de aquecimento urbano**. Contribuições a uma abordagem interdisciplinar. 2015. 167f, Tese (Livre Docência) – Departamento de Tecnologia da Arquitetura FAUUSP, São Paulo, 2015.
- ERELL, E.; PEARLMUTTER, D.; WILLIAMSON, T. **Urban microclimate** : designing the spaces between buildings. Earthscan/James & James Science Publishers, London, 2011, 266p.
- FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS DO PARANÁ. **Mapeamento das áreas verdes do Município de Curitiba-PR**. Curitiba, 1987. 40 p.
- GOULART, S.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. Florianópolis: PROCEL/Núcleo de Pesquisa em Construção, UFSC, 1998.
- HERZOG, C. Infraestrutura verde para cidades mais sustentáveis. In: **Teoria e práticas em construções sustentáveis no Brasil** – Projeto CCPS. Rio de Janeiro: Secretaria de Estado do Ambiente do Rio de Janeiro; ICLEI – Governos Locais pela Sustentabilidade, 2010. Disponível em: <https://inverde.files.wordpress.com/2011/05/secacao_iv_3_infra_verde_docfinal_rev.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2016.
- HIRST, J.; MORLEY, J.; BAN, K. **Functional landscapes**: Assessing elements of Seattle Green Factor. Seattle: City Department of Seattle, 2008. Disponível em: <http://www.seattle.gov/dpd/cs/groups/pan/@pan/documents/web_informational/dpds021359.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2016.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Anuário Estatístico do Brasil 2013**. v. 70. Rio de Janeiro: IBGE, 2014.
- INSTITUTO DE PESQUISAS ECOLÓGICAS. Disponível em: <<http://flora.ipe.org.br/sp/182>>. Acesso em: 08 nov 2016.
- INSTITUTO DE PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA (IPPUC). Mapa de Zoneamento Consolidado 2015 Lei 9800/2000 e Legislações complementares. 2000. Disponível em: <<http://www.ippuc.org.br/>>. Acesso em 16 mar. 2017
- KAZMIERCZAK, A.; CARTER, J. **Adaptation to climate change using green and blue infrastructure**. A database of case studies. Manchester: University of Manchester. 2010. Disponível em: <http://orca.cf.ac.uk/64906/1/Database_Final_no_hyperlinks.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2016.
- KRUUSE, A. **GRaBS expert paper 6**: The green space factor and the green points system. Londres: The GRaBS project. London, Town and Country Planning Association and GRaBS, 2011. Disponível em: <http://malmo.se/download/18.d8bc6b31373089f7d980008924/1383649554866/greenspacefactor_greenpoints_grabs.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2016.
- LAKES, T.; KIM, H.-O. The urban environmental indicator “Biotope Area Ratio”—An enhanced approach to assess and manage the urban ecosystem services using high resolution remote-sensing. **Ecological Indicators**, v. 13, p. 93–103, 2012.
- MALMÖ STAD. **Årsavstämning: befolkning**, 2014. Disponível em: <http://malmo.se/download/18.76b7688614bb5ccea092f8c3/1425313686187/%C3%A5rsavst%C3%A4mning2014_%C3%A4ndrad3.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2016.
- MALMÖ STAD. Riktlinjer för Grönytefaktor, 2014. Disponível em: <<http://malmo.se/download/18.5a4985371574d2c19f82f9e9/1477570075592/gr%C3%B6nytefaktordec%2B2014.pdf>>. Acesso em: 08 nov 2016.
- MIGUEZ, L. A. L. **Mapeamento e monitoramento dos maciços vegetais do município de Curitiba, Pr**. Monografia (Especialização em Qualidade de Vida Urbana) – Faculdade de Administração e Economia do Paraná. Curitiba - Instituto de Engenharia do Paraná, 2001. 36 p.
- OKE, Tim R. **Boundary Layer Climates**. 2 ed. Londres: Routledge, 1987. 435p.
- SEATTLE. **Population & Households Quick Statistics**, 2015. Disponível em: <<http://www.seattle.gov/dpd/cityplanning/populationdemographics/aboutseattle/population/default.htm>>. Acesso em: 08 nov 2016.
- SEATTLE. **Green Factor Score Sheet** . 2010. Disponível em:<<https://www.seattle.gov/dpd/cs/groups/pan/.../dpds021340.xlsx>>. Acesso em: 14 mar 2017.
- STENNING, E. **An Assessment of the Seattle Green Factor**: Increasing and Improving the Quality of Urban Green Infrastructure. 2008. 110f. Master (Master of Urban Planning) – University of Washington, Seattle, WA, 2008. Disponível em: <http://www.seattle.gov/dpd/cs/groups/pan/@pan/documents/web_informational/dpds021358.pdf>. Acesso em: 08 nov 2016.
- VARTHOLOMAIOS, A. *et al*. The green space factor as a tool for regulating the urban microclimate in vegetation-deprived Greek cities. In: International Conference on “Changing Cities”: Spatial, morphological, formal & socio-economic dimensions. Skiathos island, Grécia. **Proceedings...Grécia**: Changing Cities, 2013, p. 18-21.
- SANTANA, M. V. **Influência de parâmetros construtivos no consumo de energia de edifícios de escritório localizados em Florianópolis** – SC. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis, 2006.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de pós-doutorado.